

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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
15 juillet 2010 (15.07.2010)

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2010/079302 A2**

(51) Classification internationale des brevets :

**B60L 11/00** (2006.01)    **H01G 9/00** (2006.01)  
**H02J 7/14** (2006.01)    **B60W 20/00** (2006.01)  
**B60L 11/12** (2006.01)    **B60K 6/28** (2007.10)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2010/050017

(22) Date de dépôt international :

7 janvier 2010 (07.01.2010)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0950115    12 janvier 2009 (12.01.2009)    FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :

**VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR** [FR/FR]; 2 rue André Boulle, F-94046 Creteil Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :

**DESSIRIER, Bruno** [FR/FR]; 55 rue de Paris, F-78100 St Germain En Laye (FR). **RANIER, Marc** [FR/FR]; 63bis, Avenue Aristide Briand, F-94290 Villeneuve Le

Roi (FR). **NEWIADOMY, Serge** [FR/FR]; 42 Chemin des Postes, F-93390 Clichy Sous Bois (FR). **SOUCAZE-GUILLOUS, Benoît** [FR/FR]; 104 Avenue Carnot, F-93400 Bondy (FR). **MASSON, Philippe** [FR/FR]; 62 Avenue Pasteur, F-91330 Yerres (FR). **SARDAT, Pierre** [FR/FR]; 47 allée de Montfermeil, F-93340 Le Raincy (FR). **CHEMIN, Michaël** [FR/FR]; 11bis, rue de Bel Air, F-51700 Festigny (FR). **MATT, Jean-Claude** [FR/FR]; 82 route de Corcelles, F-21000 Dijon (FR).

(74) Mandataire : **MARTIN, Joaquim**; VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR, 2 rue André Boulle, F-94046 Creteil Cedex (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF CONTROLLING AN ENERGY STORAGE UNIT IN A VEHICLE MICRO-HYBRID SYSTEM

(54) Titre : PROCEDE DE PILOTAGE D'UNE UNITE DE STOCKAGE D'ENERGIE DANS UN SYSTEME MICRO-HYBRIDE POUR VEHICULE

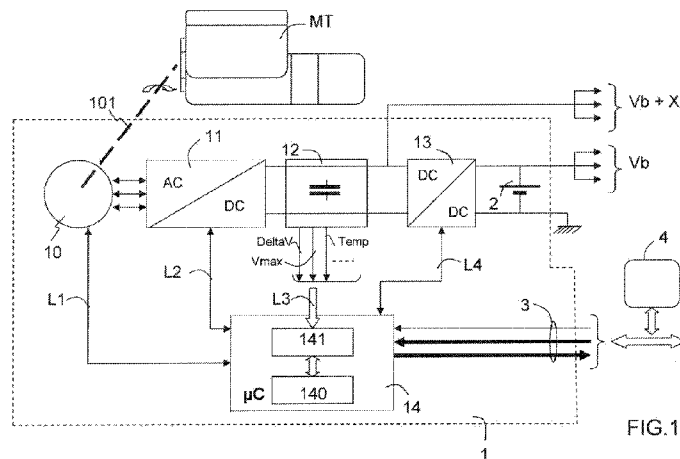


FIG.1

(57) Abstract : The method according to the invention allows control over a supercapacitor energy storage unit (12) included in a micro-hybrid system for a motor vehicle (1) able to perform the functions of alternator, starter, automatic stop-restart of a vehicle combustion engine (MT), regenerative braking and torque assistance. The energy storage unit comprises a plurality of supercapacitor cells mounted in series and delivers information (Vmax, Temp, DeltaV) regarding its internal status. The method comprises steps for comparing temperature information (Temp) delivered by the unit (12) against at least one temperature threshold and for deciding on a limit of availability of the functions of the system when the temperature information (Temp) reaches said at least one temperature threshold.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/079302 A2



(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (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, SE, SI, SK, SM,

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

---

Le procédé selon l'invention autorise le pilotage d'une unité de stockage d'énergie à supercondensateurs (12) incluse dans un système micro-hybride pour véhicule automobile (1) apte à assurer des fonctions d'alternateur, de démarreur, d'arrêt-relance automatique d'un moteur thermique (MT) du véhicule, de freinage récupératif et d'assistance en couple. L'unité de stockage d'énergie comprend une pluralité de cellules supercondensateur montées en série et délivre des informations (Vmax, Temp, DeltaV) sur son état interne. Le procédé comprend les étapes de comparer une information de température (Temp) délivrée par l'unité (12) à au moins un seuil de température et de décider d'une limitation de la disponibilité des fonctions du système lorsque l'information de température (Temp) atteint ledit au moins un seuil de température.

PROCEDE DE PILOTAGE D'UNE UNITE DE STOCKAGE D'ENERGIE  
DANS UN SYSTEME MICRO-HYBRIDE POUR VEHICULE

5           La présente invention est applicable de manière générale dans le  
domaine automobile. Plus particulièrement, l'invention concerne un  
procédé de pilotage d'une unité de stockage d'énergie à  
supercondensateurs dans un système micro-hybride pour véhicule apte  
à assurer des fonctions d'alternateur, de démarreur, d'arrêt-relance  
10 automatique du moteur thermique du véhicule, de freinage récupératif et  
d'assistance en couple, l'unité de stockage d'énergie comprenant une  
pluralité de cellules élémentaires de supercondensateur montées en  
série.

L'invention concerne également un système micro-hybride conçu  
15 pour une mise en oeuvre du procédé.

Pour réduire la consommation de carburant des véhicules  
automobiles, et par voie de conséquence la pollution qu'ils génèrent, il  
est connu d'équiper un véhicule d'un système micro-hybride, par  
exemple à alerno-démarreur, autorisant un mode de freinage  
20 récupératif.

Il est également connu de l'entité inventive, un système micro-  
hybride du type ci-dessus comportant une machine électrique tournante,  
un convertisseur alternatif-continu réversible, une unité de stockage

d'énergie à supercondensateurs et un convertisseur de tension continu-continu réversible.

L'unité de stockage d'énergie à supercondensateurs est formée d'une pluralité de condensateurs de très grande capacité appelés  
5 «supercondensateur», «ultra-capacité» ou «UCAP» par l'homme du métier.

L'énergie électrique récupérée au moyen de la machine électrique tournante est stockée dans les supercondensateurs et est restituée ensuite pour différents usages, notamment pour alimenter des  
10 consommateurs sous une tension continue flottante supérieure à la tension batterie.

Compte tenu des valeurs nominales de tension disponibles actuellement pour les supercondensateurs, il est connu d'assembler ceux-ci en série de manière à former une unité de stockage d'énergie à  
15 supercondensateurs apte à supporter les valeurs de tension habituellement présentes dans un système micro-hybride à freinage récupératif comme indiqué ci-dessus.

Dans ce système, les disparités existant sur les valeurs nominales de tension et de capacité des supercondensateurs ont amené  
20 les concepteurs à prévoir des circuits électroniques d'équilibrage.

Ces circuits électroniques d'équilibrage ont essentiellement pour fonction de protéger les supercondensateurs contre des tensions de charge trop élevées pouvant provoquer des claquages en tension ou un

vieillessement prématuré de l'unité capacitive. De plus, une certaine homogénéité entre les tensions de charge des différents supercondensateurs, facilitant l'exploitation de l'unité capacitive, est obtenue grâce à ces circuits d'équilibrage. L'introduction des circuits d'équilibrage a permis une avancée technique en termes de fiabilité et de durée de vie des packs de supercondensateurs.

Le demandeur, dans sa demande de brevet français N°0756124000 déposée le 28 juin 2007 et intitulée « Procédé de pilotage de système micro-hybride pour véhicule, ainsi qu'unité de stockage d'énergie et système micro-hybride pour la mise en oeuvre de celui-ci », a défini un ensemble d'informations représentatives de l'état d'une unité de stockage d'énergie électrique incluse dans un système micro-hybride à freinage récupératif.

L'invention propose de mettre à profit les informations disponibles, représentatives de l'état de l'unité de stockage d'énergie, pour améliorer le pilotage de l'unité de stockage d'énergie.

Selon un premier aspect, l'invention concerne un procédé de pilotage d'une unité de stockage d'énergie à supercondensateurs incluse dans un système micro-hybride pour véhicule automobile apte à assurer des fonctions d'alternateur, de démarreur, d'arrêt-relance automatique du moteur thermique du véhicule, de freinage récupératif et d'assistance en couple, l'unité de stockage d'énergie comprenant une pluralité de

cellules élémentaires de supercondensateur montées en série et délivrant des informations sur son état interne.

Conformément à l'invention, le procédé comprend les étapes de comparer une information de température, en tant qu'information délivrée  
5 par l'unité de stockage d'énergie, à au moins un seuil de température, et de décider d'une limitation de la disponibilité des fonctions lorsque l'information de température atteint ledit au moins un seuil de température.

Selon une caractéristique particulière, cette limitation de la  
10 disponibilité des fonctions comporte une interdiction de la fonction de freinage récupératif et/ou de la fonction d'assistance en couple lorsque l'information de température atteint un premier seuil de température.

Selon une autre caractéristique particulière, cette limitation de la disponibilité des fonctions comporte également une interdiction de la  
15 fonction d'arrêt-relance automatique lorsque l'information de température atteint un second seuil de température supérieur au premier seuil de température. De préférence, cette limitation de la disponibilité des fonctions comporte également une régulation à une valeur fixe prédéterminée d'une tension fournie par la fonction alternateur.

20 Selon une autre caractéristique particulière, cette limitation de la disponibilité des fonctions comporte également un avertissement donné à un utilisateur du véhicule sur une possible interdiction de l'ensemble

des fonctions lorsque l'information de température atteint un troisième seuil de température supérieur au second seuil de température.

De préférence, le premier seuil de température est de l'ordre de 55°C et/ou le second seuil de température est de l'ordre de 65 °C et/ou  
5 le troisième seuil de température est de l'ordre de 70°C.

Selon une forme de réalisation particulière, les informations délivrées par l'unité de stockage d'énergie incluent une information de tension élémentaire maximum provenant de la cellule élémentaire la plus chargée et le procédé comprend également les étapes de comparer  
10 l'information de tension élémentaire maximum à un premier seuil de tension et de décider d'une limitation de la disponibilité des fonctions lorsque l'information de tension élémentaire maximum atteint le premier seuil de tension pendant une durée prédéterminée. De préférence, le procédé comprend également l'étape d'interrompre la limitation de la  
15 disponibilité des fonctions lorsque l'information de tension élémentaire maximum chute et atteint un second seuil de tension inférieur au premier seuil de tension.

Selon une autre caractéristique particulière, les informations délivrées par l'unité de stockage d'énergie incluent une information d'état de  
20 santé basée sur une différence de tension entre la cellule élémentaire la plus chargée et la cellule élémentaire la moins chargée de l'unité de stockage d'énergie, et le procédé comprend les étapes de comparer ladite information d'état de santé à un troisième seuil de tension, et lorsque

l'information d'état de santé atteint le troisième seuil de tension, d'informer un utilisateur du véhicule de la nécessité de remplacer l'unité de stockage d'énergie et/ou d'accroître le premier seuil de tension et/ou le second seuil de tension et/ou la durée prédéterminée.

5            Selon un autre aspect, l'invention concerne également un système micro-hybride pour véhicule automobile, comprenant une unité de stockage d'énergie ayant une pluralité de cellules élémentaires de supercondensateur montées en série et délivrant des informations sur son état interne.

10           Conformément à l'invention, l'unité de stockage d'énergie comprend des moyens aptes à une mise en oeuvre du procédé décrit brièvement ci-dessus.

D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-dessous de  
15 plusieurs formes de réalisation particulières en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la Fig.1 est un bloc-diagramme général d'une forme de réalisation particulière d'un système micro-hybride selon l'invention;
- la Fig.2 montre la structure interne d'une unité de stockage  
20 d'énergie comprise dans le système de la Fig.1 et formée d'une pluralité de cellules élémentaires de supercondensateur ;
- la Fig.3 montre la structure interne d'un module de pilotage de l'unité de stockage d'énergie de la Fig.2 ;

- les Figs.4A à 4C sont des courbes montrant différents cas d'évolution de la tension aux bornes de la cellule élémentaire de supercondensateur la plus chargée ; et

- la Fig.5 montre différents modes de fonctionnement du système de la Fig.1, introduisant une limitation des fonctions avec la température.

En référence à la Fig.1, il est maintenant décrit une forme de réalisation particulière 1 d'un système micro-hybride à freinage récupératif selon l'invention.

Comme montré à la Fig.1, dans cette forme de réalisation particulière, le système micro-hybride 1 selon l'invention comprend essentiellement une machine électrique tournante 10, un convertisseur alternatif-continu (AC/DC) réversible 11, une unité de stockage d'énergie 12, un convertisseur de tension continu-continu (DC/DC) 13 et un microcontrôleur 14.

Le système micro-hybride 1 est relié à un réseau de bord bi-tension du véhicule capable de fournir une tension continue basse  $V_b$  et une tension continue haute flottante  $V_b+X$ .

La tension continue basse  $V_b$  est généralement celle de 12 V d'une batterie au plomb 2 équipant le véhicule. De préférence, la tension  $V_b$  pourra être utilisée pour alimenter dans le véhicule des consommateurs demandant une valeur de tension relativement stable, tels que les dispositifs d'éclairage et de signalisation.

Dans cette forme particulière de réalisation particulière, la tension continue  $V_{b+X}$  varie par exemple entre 12 et 60 V et est disponible aux bornes de l'unité de stockage d'énergie 12 dont la charge en tension est dépendante notamment du fonctionnement en freinage récupératif de la machine électrique tournante 10.

La tension  $V_{b+X}$  peut être utilisée prioritairement pour alimenter des consommateurs acceptant une tension variable tels que par exemple un dispositif de dégivrage. Cependant, dans certaines applications, la tension  $V_{b+X}$  pourra aussi être utilisée pour alimenter, à travers un convertisseur DC-DC dédié (non représenté), un consommateur demandant une tension continue stable, par exemple un dispositif autoradio alimenté sous 12 V. De plus, la tension  $V_{b+X}$  dans certaines applications est aussi utilisable pour alimenter avec une tension supérieure à 12 V la machine électrique tournante 10 fonctionnant en mode démarreur ou moteur.

Comme cela est représenté à la Fig.1, la machine électrique tournante 10 est couplée mécaniquement, liaison 101, à un moteur thermique MT du véhicule. La machine 10 est ici une machine triphasée de type alerno-démarreur qui, outre les modes de fonctionnement en démarreur et alternateur, est apte à fonctionner également en mode de freinage récupératif et en mode d'assistance en couple. Dans le mode d'assistance en couple, la machine 10 fournit un couple mécanique

additionnel pour la traction du véhicule en complément de celui fourni par le moteur thermique MT.

Le convertisseur AC/DC 11 est un dispositif réversible et permet, lorsque la machine électrique tournante 10 doit fonctionner en mode  
5 moteur/démarrreur, une alimentation de la machine 10 avec des tensions alternées triphasées obtenues à partir d'une tension continue présente aux bornes de l'unité de stockage d'énergie 12 , et, lorsque la machine électrique tournante 10 doit fonctionner en mode alternateur, un redressement sous la forme d'une tension continue redressée des  
10 tensions triphasées fournies par la machine 10. Cette tension continue redressée charge l'unité de stockage d'énergie 12 et, à travers le convertisseur DC-DC 13, la batterie 2.

L'unité de stockage d'énergie 12 est ici formée essentiellement d'un ensemble de supercondensateurs montés en série et de circuits  
15 électroniques appropriés.

L'unité de stockage d'énergie 12 est décrite en détail par la suite en référence à la Fig.2, et comporte, dans cette forme de réalisation, dix éléments supercondensateurs C1 à C10 montés en série.

L'unité de stockage d'énergie 12 autorise, en se chargeant à la  
20 tension continue délivrée par le convertisseur AC/DC 11, un stockage d'énergie électrique lorsque la machine électrique tournante 10 fonctionne en mode de freinage récupératif ou en mode alternateur. L'énergie stockée dans l'unité de stockage d'énergie 12 peut être

restituée sur le réseau de tension  $V_{b+X}$  pour alimenter différents consommateurs et, dans certains cas, sur le réseau de tension  $V_b$ , à travers le convertisseur DC/DC 13, par exemple lorsque la machine 10 ne débite pas et que la batterie 2 est incapable de répondre à une sollicitation de pic de courant sur le réseau de tension  $V_b$ . De plus, l'énergie stockée dans l'unité de stockage d'énergie 12, comme déjà indiqué plus haut, peut être utilisée pour un démarrage du moteur thermique ou une assistance en couple de celui-ci sous une tension  $V_{b+X}$  qui peut être très sensiblement supérieure aux 12 V classiques, facilitant ainsi une fourniture par la machine tournante 10 de couples mécaniques importants requis dans le cas de gros moteurs thermiques.

Le convertisseur DC/DC 13 est un dispositif réversible et permet, d'une part, un transfert d'énergie vers le réseau de tension  $V_b$  pour alimenter les consommateurs et charger la batterie 2 et, d'autre part, un transfert d'énergie dans le sens inverse à partir de la tension 12V de la batterie 2 pour charger l'unité de stockage d'énergie 12 si nécessaire et alimenter le convertisseur AC/DC 11 lorsque la machine tournante 10 fonctionne en moteur / démarreur.

Le microcontrôleur 14 gère le fonctionnement du système micro-hybride 1 à partir d'informations représentatives de l'état interne du système micro-hybride 1 et de l'état du véhicule.

Un module de stratégies de pilotage 140 est implémenté dans le microcontrôleur 14 et coopère avec un module de pilotage 141,

également implémenté dans le microcontrôleur 14 et dédié à l'unité de stockage d'énergie 12, de manière à piloter le système micro-hybride 1. Des informations d'état et des commandes peuvent être échangées entre le microcontrôleur 14 et différents éléments fonctionnels du système micro-hybride 1 à travers des liaisons d'échange de signaux. Des liaisons d'échange de signaux L1, L2, L3 et L4 entre le microcontrôleur 14 et les éléments 10, 11, 12 et 13 sont représentées à la Fig.1.

Comme montré aussi à la Fig.1, un bus de communication de données 3, par exemple de type CAN, est également prévu pour des échanges d'information entre le système micro-hybride 1 et une ou plusieurs unités électroniques de commande (ECU) 4 du véhicule. Des informations telles qu'un appui sur la pédale de frein ou sur la pédale d'accélérateur peuvent ainsi être transmises au système micro-hybride 1 par une unité ECU 4 à travers le bus de communication de données 3.

En référence plus particulièrement à la Fig.2, il est maintenant décrit en détail l'unité de stockage d'énergie 12 et des signaux  $V_{max}$ , Temp et  $\Delta V$  produits dans celle-ci et fournis au module de pilotage 141 à travers la liaison d'échange de signaux L3 avec le microcontrôleur 14.

Comme montré à la Fig.2, l'unité de stockage d'énergie 12 comporte essentiellement, dans cette forme de réalisation, dix éléments supercondensateurs C1 à C10 montés en série ainsi que des circuits

électroniques 120. Ces éléments supercondensateurs C1 à C10 forment autant de cellules élémentaires de supercondensateur montées en série et comprises dans l'unité 12.

Des circuits d'équilibrage, intégrés dans les circuits 120, sont donc prévus de manière à équilibrer les tensions aux bornes des éléments supercondensateurs et éviter ainsi des dépassements de tension susceptibles de provoquer des claquages ou un vieillissement prématurés de ces éléments. Des circuits d'équilibrage pour les assemblages d'éléments supercondensateurs sont connus de l'homme du métier et ceux-ci ne seront pas décrits dans la présente demande.

Les circuits 120 comportent également des circuits de mesure et d'interface 1201 aptes à produire des signaux de santé et de pilotage de l'unité 12, à savoir, notamment les signaux Vmax, Temp et DeltaV qui vont être décrits dans les paragraphes ci-après.

Les signaux Vmax, Temp et DeltaV permettent au module de pilotage 141 de gérer de manière optimale l'unité de stockage d'énergie 12.

Le signal DeltaV porte une information relative à l'état de santé de l'unité de stockage d'énergie 12. Les signaux Vmax, Vmin et Temp portent quant à eux des informations relatives à l'état interne de l'unité de stockage d'énergie 12 et facilitent le pilotage de celle-ci.

Les tensions élémentaires présentes aux bornes de chacun des éléments supercondensateurs C1 à C10 sont lues.

Le signal  $V_{max}$  permet au module de pilotage 141 de connaître la  
5 valeur de tension présente aux bornes du plus chargé (C2 dans l'exemple  
de la Fig.2) des éléments supercondensateurs. Connaissant cette valeur  
 $V_{max}$ , le module de pilotage 141 peut influencer sur la valeur maximale de la  
tension de charge de l'unité 12, de manière à ne pas risquer de provoquer  
une surtension destructrice sur l'un des éléments de l'unité 12 ou de  
10 provoquer le vieillissement prématuré de l'un d'eux ou de plusieurs d'entre  
eux.

Comme cela apparaîtra plus clairement dans le paragraphe suivant  
avec la description du signal  $\Delta V$ , le signal  $V_{max}$  permet également au  
module 141 de connaître avec précision la valeur d'une tension,  $V_{min}$ , aux  
15 bornes du moins chargé (C9 à la Fig.2) des éléments supercondensateurs,  
en effectuant la différence entre les deux signaux  $V_{max}$  et  $\Delta V$ . Cette  
information  $V_{min}$  est utile notamment lors des phases de décharge. En  
effet, lors de ces phases, il est souhaitable de ne pas provoquer l'apparition  
d'une tension négative aux bornes d'un élément supercondensateur qui  
20 était peu chargé au départ, car cela pourrait avoir pour conséquence un  
vieillissement prématuré de l'élément concerné ou une détérioration de  
l'électronique de mesure.

A partir des décalages en tension présents entre les éléments supercondensateurs et déduits des tensions élémentaires lues aux bornes des éléments supercondensateurs C1 à C10, il est obtenu une information d'état de santé, c'est-à-dire, une information représentative de l'aptitude de l'unité de stockage d'énergie à supercondensateurs à remplir sa fonction dans le système micro-hybride. Cette information d'état de santé de l'unité 12 est portée par le signal DeltaV qui indique la différence de tension entre l'élément supercondensateur qui est le plus chargé et celui qui est le moins chargé. A titre d'exemple, à la Fig.2, l'élément C2, aux bornes duquel est présente la tension  $V_{max}$ , est l'élément supercondensateur le plus chargé et l'élément C9, aux bornes duquel est présente une tension  $V_{min}$ , est l'élément supercondensateur le moins chargé.

Des essais réalisés par l'entité inventive montrent que plus les éléments supercondensateurs vieillissent et plus sont élevées les différences sur leurs propriétés électriques, notamment sur les valeurs de courant de fuite et les valeurs capacitives. En fin de vie de l'unité de stockage d'énergie, ces différences dégradent les performances de l'unité 12.

Le signal DeltaV permet au module de pilotage 141 d'être en mesure d'informer le système véhicule sur le fait que l'unité de stockage d'énergie demande à être remplacée, et de décider de façon optimale de la manière d'utiliser l'unité de stockage d'énergie pendant toute sa durée de

vie, sachant que la dégradation des performances de l'unité en fin de vie peut être lente.

Le signal Temp permet au module 141 de connaître la température de l'unité de stockage d'énergie 12 et de définir un mode de fonctionnement  
5 adapté pour préserver au mieux la santé de l'unité de stockage d'énergie qui généralement supporte mal les trop fortes températures (vieillessement ou destruction).

Les signaux Vmax, Temp et DeltaV sont produits dans l'unité de stockage d'énergie 12 à l'aide de moyens électroniques appropriés. Les  
10 signaux Vmax et Vmin peuvent être obtenus par exemple au moyen d'un circuit de comparaison de tensions (non représenté) inclus dans les circuits 1201. Les signaux DeltaV et Temp peuvent être obtenus par exemple au moyen d'un circuit soustracteur et d'un circuit de mesure de température (non représentés) également inclus dans les circuits 1201.

15 En référence plus particulièrement aux Figs.3, 4A à 4C et 5, il est maintenant décrit le pilotage de l'unité de stockage d'énergie 12 à partir des signaux Vmax, Temp et DeltaV.

Comme montré à la Fig.3, le module de pilotage 141 comporte un module de traitement 1410, un module de gestion de tension maximale  
20 Vmax 1411, un module de gestion de température Temp 1412, un module de gestion de différence de tension DeltaV1413 et un module de détection de défaillance 1414.

Le module de traitement 1410 a pour fonction de définir, de manière générale, le mode de fonctionnement du système micro-hybride 1 parmi différents modes disponibles et, en particulier, le mode de fonctionnement de l'unité de stockage d'énergie 12 parmi différents modes disponibles.

5 Le fonctionnement du module de gestion de  $V_{max}$ , 1411, est maintenant décrit en référence plus particulièrement aux Figs.4A à 4C.

Comme montré aux Figs.4A à 4C, deux seuils de tension, à savoir,  $V_{max1}$  et  $V_{max2}$ , sont définis dans le module 1411. Dans cette forme de réalisation, ces seuils de tension ont les valeurs  $V_{max1} = 2,7$  V et  $V_{max2} =$   
10  $2,55$  V. Le seuil  $V_{max1} = 2,7$  V représente sensiblement la tension nominale maximale d'une cellule élémentaire de supercondensateur de l'unité de stockage d'énergie 12, cette tension nominale maximale étant en fait légèrement supérieure à  $V_{max1}$ . Le seuil de tension  $V_{max2}$  est un seuil défini pour les besoins du procédé selon l'invention.

15 Dans le cas montré à la Fig.4A, pendant un temps de  $t_0$  à  $t_1$ , la tension  $V_{max}$  s'accroît jusqu'à atteindre  $V_{max} = V_{max1}$  à l'instant  $t_1$ . Conformément à l'invention, une temporisation T est enclenchée à l'instant  $t_1$  sur l'évènement  $V_{max} = V_{max1}$ . Cette temporisation T est égale à 1 seconde dans cette forme de réalisation. La temporisation T reste active et  
20 un décompte du temps est effectué tant que la tension  $V_{max}$  reste supérieure à  $V_{max1}$ . Comme cela apparaît à la Fig.4A, au terme de la temporisation T, compte tenu que la tension  $V_{max}$  n'est pas descendue en dessous de  $V_{max1}$ , des mesures, sous la forme d'une limitation de la

disponibilité des fonctions du système micro-hybride 1, sont prises pour provoquer une chute de la tension  $V_{max}$  en interdisant les modes de fonctionnement du système micro-hybride 1 susceptibles de charger davantage les cellules élémentaires de l'unité 12. La tension  $V_{max}$  chute  
5 alors du fait des consommateurs reliés au réseau  $V_{b+X}$  ou suite à une activation de moyens de décharge (non représentés) prévus dans le système micro-hybride 1. Une fois (instant  $t_2'$ ) que la tension  $V_{max}$  a chuté suffisamment pour atteindre le seuil  $V_{max2}$ , la limitation de la disponibilité des fonctions est annulée et l'ensemble de celles-ci sont à nouveau  
10 autorisées.

Toujours dans ce cas de la Fig.4A, à l'instant  $t_1$ , lorsque  $V_{max} = V_{max1}$ , le module 1411 transmet une information  $IV_1$  indiquant au module de traitement 1410 l'imminence d'une interdiction de tous les modes de fonctionnement susceptibles de charger davantage les cellules  
15 élémentaires de l'unité 12. A l'instant  $t_2$ , une information  $IV_2$  est transmise au module de traitement 1410 et requiert impérativement cette interdiction des modes chargeant davantage les cellules élémentaires de l'unité 12. A l'instant  $t_2'$ , une information  $IV_4$  est transmise au module de traitement 1401 et indique à celui-ci que l'ensemble des modes de fonctionnement sont de  
20 nouveau autorisés.

Dans le cas de la Fig.4B, pendant le temps de  $t_0$  à  $t_1$ , la tension  $V_{max}$  s'accroît jusqu'à atteindre  $V_{max} = V_{max1}$  à l'instant  $t_1$ , comme à la Fig.4A. La temporisation T est enclenchée à  $t_1$  sur l'évènement  $V_{max} =$

V<sub>max1</sub>. A un instant t<sub>3</sub>, alors que la temporisation T n'est pas écoulée, la tension V<sub>max</sub> décroît et atteint le seuil V<sub>max1</sub>. La temporisation T est alors suspendue, mais reste enclenchée et conserve le décompte effectué du temps t<sub>3</sub>-t<sub>1</sub>. Comme cela apparaît à la Fig.4B, entre l'instant t<sub>3</sub> et un instant 5 t<sub>4</sub> ultérieur, la tension V<sub>max</sub> évolue entre les 2 seuils V<sub>max1</sub> et V<sub>max2</sub> mais sans franchir aucun de ceux-ci. A l'instant t<sub>4</sub>, la tension V<sub>max</sub> repasse au-dessus du seuil V<sub>max1</sub> et, consécutivement, le décompte du temps de la temporisation T reprends et se poursuit jusqu'à un instant t<sub>5</sub>, la tension V<sub>max</sub> restant supérieure à V<sub>max</sub> entre t<sub>4</sub> et t<sub>5</sub>. A un instant t<sub>5</sub>, le décompte 10 du temps (t<sub>3</sub>-t<sub>1</sub>) + (t<sub>5</sub>-t<sub>4</sub>) atteint la durée de la temporisation T la disponibilité des fonctions est limitée de telle manière à provoquer une chute de la tension V<sub>max</sub>. Comme dans le cas de la Fig.4A, cette limitation consiste à interdire tous les modes de fonctionnement du système micro-hybride 1 susceptible de charger davantage les cellules élémentaires de 15 l'unité 12. La tension V<sub>max</sub> chute alors du fait des consommateurs reliés au réseau V<sub>b+X</sub> ou suite à une activation de moyens de décharge (non représentés) prévus dans le système micro-hybride 1.

De manière analogue au cas de la Fig.4A, à l'instant t<sub>1</sub>, lorsque V<sub>max</sub> = V<sub>max1</sub>, le module 1411 transmet l'information IV1 indiquant au 20 module de traitement 1410 l'imminence d'une interdiction de tous les modes de fonctionnement susceptibles de charger davantage les cellules élémentaires de l'unité 12. A l'instant t<sub>5</sub>, l'information IV2 est transmise au

module de traitement 1410 et requiert impérativement cette interdiction des modes chargeant davantage les cellules élémentaires de l'unité 12.

L'exemple de la Fig.4B montre seulement un seul intervalle de temps, de  $t_3$  à  $t_4$ , pendant lequel la tension  $V_{max}$  reste entre les deux seuils  $V_{max1}$  et  $V_{max2}$  après l'enclenchement de la temporisation T.

Conformément à l'invention, il peut y avoir plusieurs intervalles de temps tels que  $t_3$  à  $t_4$  pendant lesquels le décompte du temps est interrompu, mais la temporisation T reste enclenchée, et le décompte reprends lorsque la tension  $V_{max}$  redevient supérieure à  $V_{max1}$ . Comme cela apparaîtra plus clairement avec la description ci-dessous du cas montré à la Fig.4C, un dés-enclenchement de la temporisation T, de manière autre qu'à la fin de celle-ci par un décompte du temps égal à T, ne peut se produire que suite à un franchissement du seuil de tension  $V_{max2}$ , la tension  $V_{max}$  devenant inférieure à ce seuil.

Dans le cas de la Fig.4C, pendant le temps de  $t_0$  à  $t_1$ , la tension  $V_{max}$  s'accroît jusqu'à atteindre  $V_{max} = V_{max1}$  à l'instant  $t_1$ , comme aux Figs.4A et 4B. La temporisation T est enclenchée à  $t_1$  sur l'évènement  $V_{max} = V_{max1}$ . A un instant  $t_6$ , alors que la temporisation T n'est pas écoulée, la tension  $V_{max}$  décroît en dessous du seuil  $V_{max1}$  et ensuite, à un instant  $t_7$ , la tension  $V_{max}$  décroît en dessous du seuil  $V_{max2}$ . Lors du franchissement du seuil  $V_{max1}$ , la temporisation T est suspendue mais reste enclenchée et conserve le décompte effectué du temps  $t_6$ - $t_1$ . Lors du franchissement qui vient ensuite du seuil  $V_{max2}$ , la temporisation T est dés-

enclenchée. Un décompte ultérieur du temps, enclenché sur un franchissement de  $V_{max1}$ , comme décrit dans les paragraphes précédents, ne pourra démarrer qu'à partir de zéro.

De manière analogue aux cas des Figs.4A et 4B, à l'instant  $t1$ ,  
5 lorsque  $V_{max} = V_{max1}$ , le module 1411 transmet l'information IV1 indiquant au module de traitement 1410 l'imminence d'une interdiction de tous les modes de fonctionnement susceptibles de charger davantage les cellules élémentaires de l'unité 12. Par contre, de manière différente aux cas des Figs.4A et 4B, à l'instant  $t7$ , suite au dés-enclenchement de la temporisation  
10 T, une information IV3 est transmise au module de traitement 1410 et indique à celui-ci que l'alerte donnée par IV1 n'a plus d'objet.

Le fonctionnement du module de gestion de Temp 1412 est maintenant décrit en référence plus particulièrement aux Figs.3 et 5.

Conformément à l'invention, différents mode de fonctionnement du  
15 système micro-hybride 1 sont prévus en fonction de la température de l'unité de stockage d'énergie 12.

Dans cette forme de réalisation particulière, il est prévu quatre modes, désignés mode 1 à mode 4.

Le mode 1 intervient lorsque le signal TEMP indique une  
20 température de l'unité 12 qui est inférieure à  $ST1=55\text{ °C}$ . Dans ce mode 1, il n'y a pas de limitation imposée par l'unité 12 au fonctionnement du système micro-hybride 1. Toutes les fonctions sont donc autorisées.

Le mode 2 intervient lorsque le signal Temp indique une température de l'unité 12 comprise entre le seuil  $ST1=55\text{ °C}$  et un seuil  $ST2=65\text{ °C}$ . Dans ce mode 2, seules les fonctions alternateur et démarreur sont autorisées, ce qui rend disponible aussi la fonction d'arrêt-reprise automatique du moteur thermique. Par contre, les fonctions de freinage récupératif et d'assistance en couple sont interdites dans le système micro-hybride 1.

Le mode 3 intervient lorsque le signal Temp indique une température de l'unité 12 comprise entre le seuil  $ST2=65\text{ °C}$  et un seuil  $ST3=70\text{ °C}$ . Dans ce mode 3, toutes les fonctions sont interdites excepté le mode alternateur. La tension continue fournie par la machine 10 est alors régulée à une valeur, par exemple de l'ordre de 18 V, qui doit être suffisante pour maintenir une tension  $V_b = 14\text{V}$ . La tension  $V_b+X$  a dans ce cas une valeur fixe, de l'ordre de 18 V, égale à la tension continue régulée fournie par la machine 10. Les consommateurs sur les deux réseaux de tension,  $V_b$  et  $V_b+X$ , continuent ainsi à être alimentés.

Le mode 4 intervient lorsque le signal Temp indique une température de l'unité 12 supérieure au seuil  $ST3=70\text{ °C}$ . Dans ce mode 4, la totalité des fonctions peut être interdites, mais une telle interdiction totale ne peut intervenir que lorsque toutes les conditions de sécurité sont satisfaites, à savoir, lorsque le véhicule est à l'arrêt. De plus, le véhicule étant à l'arrêt, une décharge de l'unité 12 à travers une charge appropriée, par exemple une charge résistive, peut également être commandée dans

certaines applications. Lorsque toutes les conditions de sécurité ne sont pas remplies pour une interdiction totale des fonctions, la fonction alternateur avec une sortie de tension régulée à une valeur fixe (18 V) est maintenue et un avertissement est donné à l'utilisateur du véhicule pour l'informer d'une

5 température anormale de l'unité 12, d'une prochaine interdiction de la totalité des fonctions et de la nécessité de stationner au plus tôt le véhicule.

Des informations IT1 à IT4 correspondant respectivement aux modes 1 à 4 sont transmises par le module de gestion de Temp 1412 au module de traitement 1410 afin d'informer ce dernier du mode de

10 fonctionnement adapté pour le système micro-hybride 1.

Concernant le module de gestion de DeltaV 1413, celui-ci compare le signal DeltaV à un seuil de tension SD, par exemple  $SD = 0,2 \text{ V}$  dans cette forme de réalisation particulière. Si le dépassement du seuil  $\Delta V > SD$  se maintient pendant au moins une durée prédéterminée DD, il est

15 décidé que l'unité de stockage d'énergie 12 est hors service. La durée prédéterminée DD est adaptée en fonction des applications et peut être de quelques minutes, de plusieurs heures voire de plusieurs jours.

Lorsque le cas intervient, une information ID indiquant l'état « hors service » de l'unité 12 est transmise au module de traitement 1410 par le

20 module de gestion de DeltaV 1413. Cette information ID est communiquée par le module de traitement 1410 à une unité de contrôle de véhicule qui se charge d'informer l'utilisateur du véhicule de la nécessité de procéder à un remplacement de l'unité 12. Par contre, il n'est procédé à aucune limitation

particulière des fonctions du système micro-hybride 1. Toutes les fonctions restent autorisées pour ne pas limiter la disponibilité du système micro-hybride 1.

Concernant toujours le module de gestion de DeltaV 1413, dans  
5 certaines applications de l'invention, lors d'une détection par le module 1413 d'un état « hors service » de l'unité 12, il peut être prévu une gestion différente du signal  $V_{max}$ , par exemple, avec un accroissement d'un des seuils de tension  $V_{max1}$ ,  $V_{max2}$  ou de la temporisation T. Ces dispositions peuvent, dans certaines applications, compenser la perte de certaines,  
10 performances afin d'améliorer la disponibilité de l'unité 12.

Concernant le module de détection de défaillance 1414, celui-ci effectue une surveillance notamment des modules de gestion 1411, 1412 et 1413. Lorsqu'une défaillance des modules de gestion est détectée par le module 1414, le système micro-hybride 1 est commandé de manière à  
15 limiter autant que possible le courant dans l'unité de stockage d'énergie 12 de manière à éviter une éventuelle détérioration de celle-ci. Dans cette forme de réalisation, la limitation effectuée se traduit par une interdiction des fonctions d'arrêt-relance automatique du moteur thermique, de freinage récupératif et d'assistance en couple et par une fonction alternateur avec  
20 régulation à une tension continue fixe (par exemple 18 V), comme dans le cas traité plus haut du mode 3 pour le module de gestion de Temp 1412.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas aux formes de réalisation particulières qui ont été décrites ici à titre d'exemple. Différentes variantes

de réalisation pourront être réalisées par l'homme du métier selon les applications concernées.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de pilotage d'une unité de stockage d'énergie à supercondensateurs (12) incluse dans un système micro-hybride pour  
5 véhicule automobile apte à assurer des fonctions d'alternateur, de démarreur, d'arrêt-relance automatique du moteur thermique du véhicule, de freinage récupératif et d'assistance en couple, ladite unité de stockage d'énergie (12) comprenant une pluralité de cellules élémentaires de supercondensateur montées en série (C1 à C10) et délivrant des  
10 informations (Vmax, Temp, DeltaV) sur son état interne, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes de :

- comparer une information de température (Temp), en tant que dite information délivrée par ladite unité de stockage d'énergie (12), à au moins un seuil de température (ST1=55°C, ST2=65°C, ST3=70°C) ; et  
15
- décider d'une limitation de la disponibilité desdites fonctions lorsque ladite information de température (Temp) atteint ledit au moins un seuil de température (ST1=55°C, ST2=65°C, ST3=70°C).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite limitation  
20 (mode 2) comporte une interdiction de ladite fonction de freinage récupératif et/ou de ladite fonction d'assistance en couple lorsque ladite information de température (Temp) atteint un premier seuil de température (ST1=55°C).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite limitation (mode 3) comporte également une interdiction de ladite fonction d'arrêt-reprise automatique du moteur thermique lorsque ladite information de température (Temp) atteint un second seuil de température ( $ST2 = 65^{\circ}C$ ) supérieur audit premier seuil de température ( $ST1=55^{\circ}C$ ).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite limitation (mode 3) comporte également une régulation à une valeur fixe prédéterminée (18 V) d'une tension fournie par la fonction alternateur.

10

5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que ladite limitation (mode 4) comporte également un avertissement donné à un utilisateur du véhicule sur une possible interdiction de l'ensemble desdites fonctions lorsque ladite information de température (Temp) atteint un troisième seuil de température ( $ST3=70^{\circ}C$ ) supérieur audit second seuil de température ( $ST2=65^{\circ}C$ ).

15

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit premier seuil de température ( $ST1$ ) est de l'ordre de  $55^{\circ}C$  et/ou ledit second seuil de température ( $ST2$ ) est de l'ordre de  $65^{\circ}C$  et/ou ledit troisième seuil de température ( $ST3$ ) est de l'ordre de  $70^{\circ}C$ .

20

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, lesdites informations délivrées par ladite unité de stockage d'énergie (12) incluant une information de tension élémentaire maximum ( $V_{max}$ ) provenant de la cellule élémentaire la plus chargée (C2), le procédé
- 5 comprend également les étapes de :
- comparer ladite information de tension élémentaire maximum ( $V_{max}$ ) à un premier seuil de tension ( $V_{max1}$ ) ; et
  - décider d'une limitation de la disponibilité desdites fonctions lorsque ladite information de tension élémentaire maximum ( $V_{max}$ ) atteint
- 10 ledit premier seuil de tension ( $V_{max1}$ ) pendant une durée prédéterminée (T).
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend également l'étape d'interrompre ladite limitation lorsque ladite information
- 15 de tension élémentaire maximum ( $V_{max}$ ) chute et atteint un second seuil de tension ( $V_{max2}$ ) inférieur audit premier seuil de tension ( $V_{max1}$ ).
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 et la revendication 7, caractérisé en ce que, lesdites informations délivrées par
- 20 ladite unité de stockage d'énergie (12) incluant une information d'état de santé basée sur une différence de tension ( $\Delta V$ ) entre la cellule élémentaire la plus chargée (C2) et la cellule élémentaire la moins chargée

(C9) de ladite unité de stockage d'énergie (12), le procédé comprend les étapes de :

- comparer ladite information d'état de santé (DeltaV) à un troisième seuil de tension (SD=0,2 V) ; et

- 5           - lorsque ladite information d'état de santé (DeltaV) atteint ledit troisième seuil de tension (SD=0,2 V), informer un utilisateur dudit véhicule de la nécessité de remplacer ladite unité de stockage d'énergie (12) et/ou accroître ledit premier seuil de tension (Vmax1) et/ou ledit second seuil de tension (Vmax2) et/ou ladite durée prédéterminée (T).

10

10. Système micro-hybride pour véhicule automobile, comprenant une unité de stockage d'énergie (12) ayant une pluralité de cellules élémentaires de supercondensateur montées en série (C1 à C10) et délivrant des informations (Vmax, Temp, DeltaV) sur son état interne, caractérisé en ce

15 que ladite unité de stockage d'énergie (12) comprend des moyens (141) aptes à une mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.



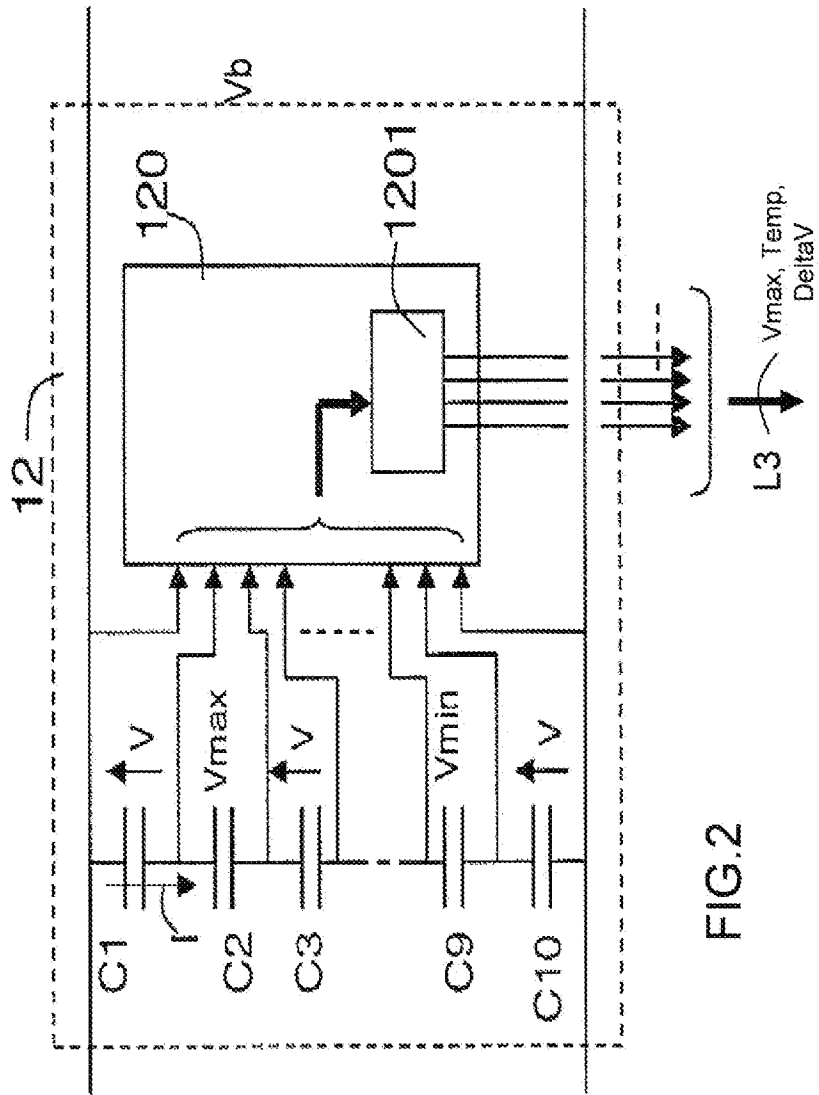


FIG.2

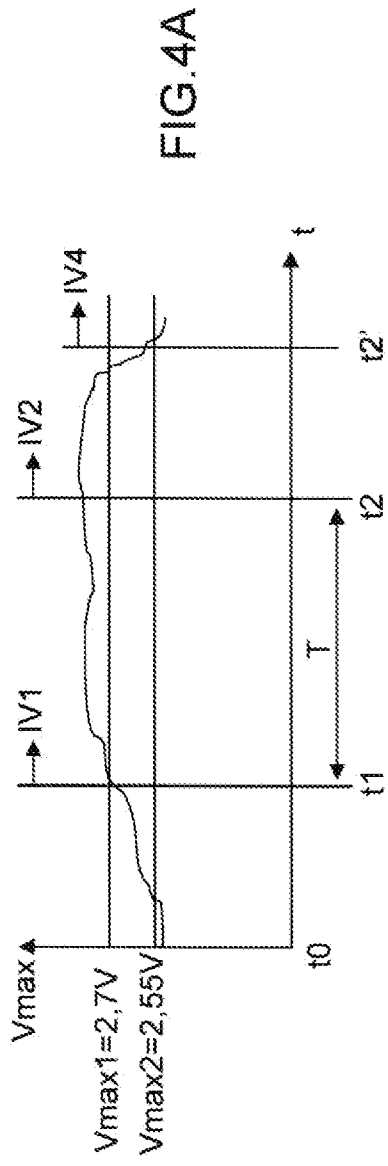


FIG. 4A

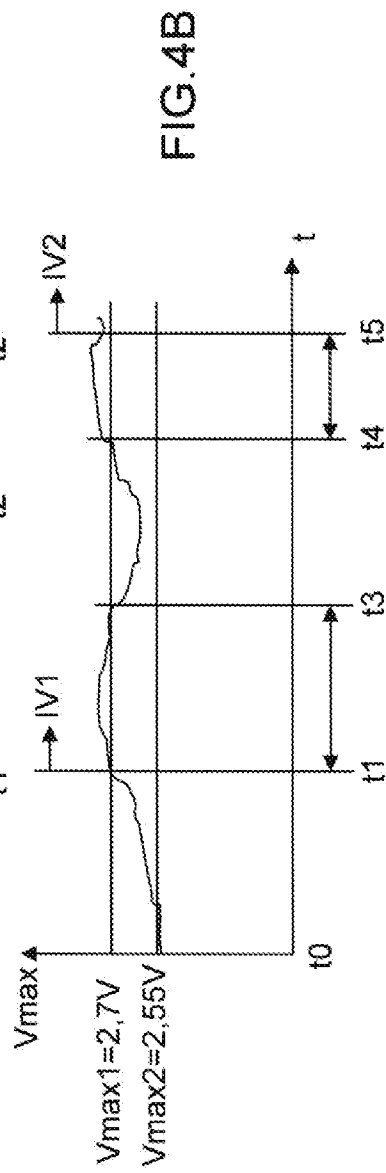


FIG. 4B

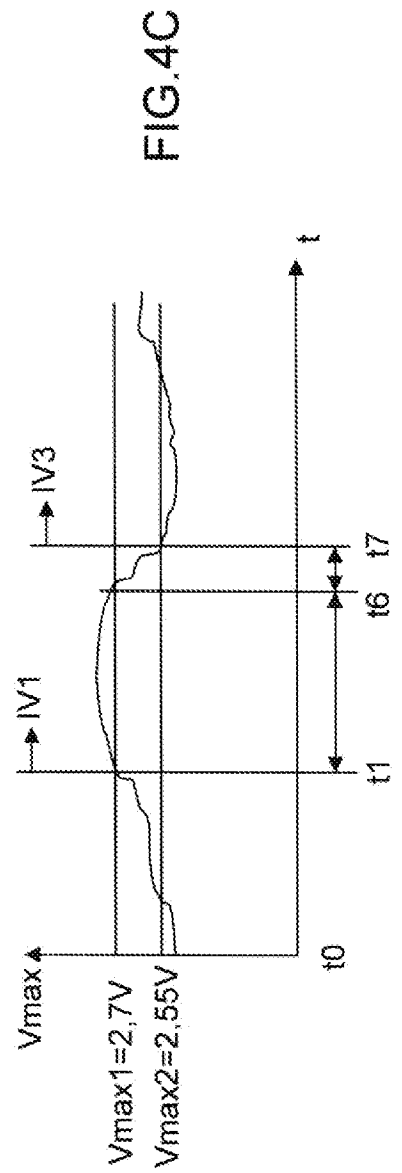


FIG. 4C

4/4

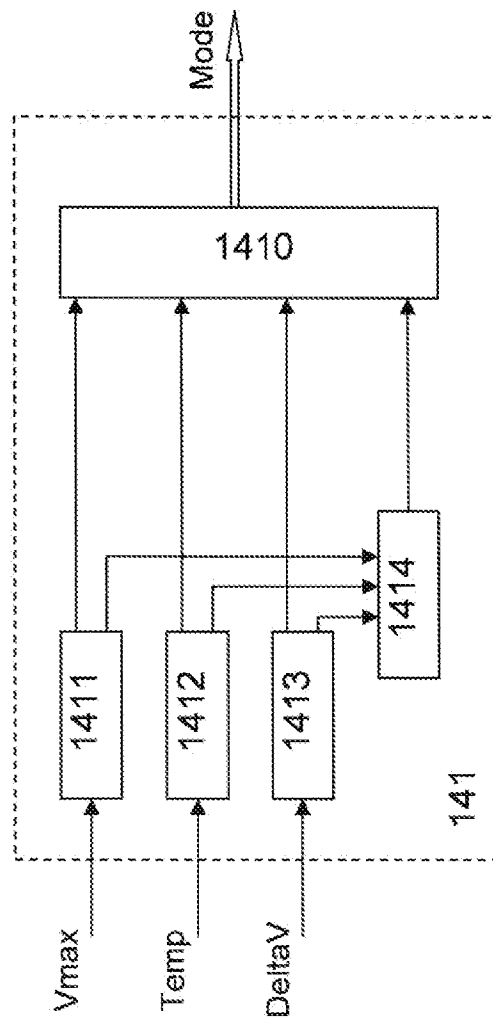


FIG.3

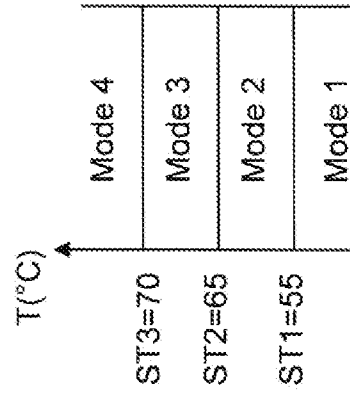


FIG.5