

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.01.15.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 29.07.16 Bulletin 16/30.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : VALEO SYSTEMES THERMIQUES
Société par actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : PUZENAT BERTRAND.

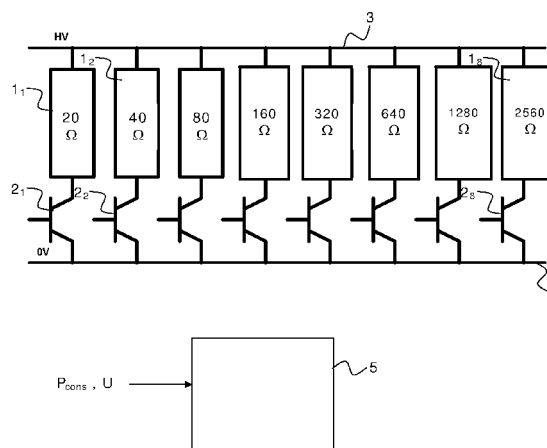
73 Titulaire(s) : VALEO SYSTEMES THERMIQUES
Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : VALEO SYSTEMES THERMIQUES.

54 CIRCUIT ELECTRIQUE COMPORTANT UNE PLURALITE D'ELEMENTS RESISTIFS CONNECTES EN PARALLELE.

57 L'invention concerne un circuit électrique comportant un ensemble d'éléments résistifs ($1_1, 1_2, \dots, 1_8$) connectés en parallèle, un interrupteur électronique ($2_1, 2_2, \dots, 2_8$) en série avec chaque élément résistif ($1_1, 1_2, \dots, 1_8$) dudit ensemble apte à permettre une alimentation sélective des éléments résistifs dudit ensemble par une tension continue, et des moyens (5) de pilotage aptes à déterminer dans ledit ensemble une combinaison finale d'au moins un élément résistif à alimenter par fermeture de l'interrupteur associé pour répondre à une puissance de consigne reçue. Conformément à l'invention, les éléments résistifs de l'ensemble ont des valeurs différentes de résistance constituant une progression géométrique de raison 2 entre une valeur de résistance minimum et une valeur de résistance maximum, et les moyens (5) de pilotage sont aptes à commander plusieurs cycles successifs comprenant chacun la commutation d'un ou de plusieurs interrupteurs électroniques ($2_1, 2_2, \dots, 2_8$) d'un état fermé à un état ouvert ou d'un état ouvert à un état fermé pour correspondre à une combinaison intermédiaire des éléments résistifs ($1_1, 1_2, \dots, 1_8$) dudit ensemble, jusqu'à l'obtention de ladite combinaison finale, pour atteindre la puissance de consigne par palier de puissance, chaque palier de puissance correspondant à chaque cycle étant

égal à la valeur de puissance produite par l'élément résistif dudit ensemble possédant ladite valeur de résistance maximum.



Circuit électrique comportant une pluralité d'éléments résistifs connectés en parallèle

La présente invention concerne de manière générale un circuit
5 électrique comportant une pluralité d'éléments résistifs connectés en parallèle.

L'invention concerne en particuliers les réchauffeurs électriques pour véhicules électriques ou hybrides, utilisés pour chauffer l'habitacle du véhicule en réchauffant l'eau du circuit de refroidissement. De tels réchauffeurs comportent en général plusieurs éléments résistifs chauffant connectés en
10 parallèle de manière à être alimentés par un courant de puissance venant de la batterie de haute tension du véhicule (de l'ordre de 400 Volts), appelée batterie de traction. Chaque élément résistif chauffant est classiquement piloté par un circuit de commande incluant un interrupteur électronique placé en série avec chaque élément chauffant de façon à permettre ou empêcher un
15 courant de traverser l'élément résistif associé en fonction de son état fermé ou ouvert.

A titre d'exemple, la figure 1 illustre schématiquement un réchauffeur électrique connu comportant trois éléments résistifs chauffant 1_1 , 1_2 et 1_3 avec leur interrupteur électronique 2_1 , 2_2 , 2_3 associé en série, connectés en
20 parallèle entre une alimentation haute tension 3 et une masse électrique 4 d'un véhicule automobile. Chaque interrupteur électronique 2_1 , 2_2 , 2_3 est de préférence un transistor de puissance IGBT. Un circuit de commande (non représenté) permet de piloter sélectivement les interrupteurs électroniques 2_1 , 2_2 , 2_3 de façon à répondre à une requête visant à obtenir une puissance de
25 chauffage correspondant à une puissance de consigne.

Dans l'état de l'art actuel, un réchauffeur électrique tel que celui représenté sur la figure 1 utilise trois éléments résistifs 1_1 , 1_2 et 1_3 identiques, aptes à générer chacun la même puissance, par exemple une puissance de 2000 Watts, et le circuit de commande pilote une modulation en puissance à
30 quelques hertz par la technique de modulation de largeur d'impulsion appliquée à la commande des interrupteurs électroniques. Les interrupteurs électroniques 2_1 , 2_2 , 2_3 sont commutés avec un déphasage de $2\pi/3$, de sorte

que les courants I_1 , I_2 , I_3 dans les éléments résistifs 1_1 , respectivement 1_2 et 1_3 présentent dans le temps l'allure schématisée sur la figure 2.

Comme le courant total I_{tot} correspond à la somme des courants I_1 , I_2 et I_3 , ceci permet d'ajuster la puissance moyenne de chauffe à la puissance de consigne en mettant successivement en conduction puis en blocage le courant de chaque élément résistif chauffant.

L'inconvénient de ce type de pilotage réside dans les appels de courant correspondant à la mise en conduction ou en arrêt d'un élément résistif 1_1 , 1_2 ou 1_3 , lesquels, bien que minimisés par le déphasage de $2\pi/3$ des périodes de commutation entre elles, demeurent importants. Typiquement, à une tension d'alimentation de 250 Volts correspond un courant d'appel de 2000 W/250 V, soit 8 Ampères, ce qui a un impact négatif sur la batterie de traction. En effet, la succession d'à-coups de courants est difficile à supporter pour la batterie, notamment en conditions très froides.

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients précédents en proposant une architecture de circuit électrique, notamment de réchauffeur électrique, et de ses moyens de pilotage associés permettant d'éviter des appels de courant importants sur la batterie de traction.

A cet effet, la présente invention a pour objet un circuit électrique comportant un ensemble d'éléments résistifs connectés en parallèle, un interrupteur électronique en série avec chaque élément résistif dudit ensemble apte à permettre une alimentation sélective des éléments résistifs dudit ensemble par une tension continue, et des moyens de pilotage aptes à déterminer dans ledit ensemble une combinaison finale d'au moins un élément résistif à alimenter par fermeture de l'interrupteur associé pour répondre à une puissance de consigne reçue, caractérisé en ce que les éléments résistifs de l'ensemble ont des valeurs différentes de résistance constituant une progression géométrique de raison 2 entre une valeur de résistance minimum et une valeur de résistance maximum, et en ce que les moyens de pilotage sont aptes à commander plusieurs cycles successifs comprenant chacun la commutation d'un ou de plusieurs interrupteurs électroniques d'un état fermé à un état ouvert ou d'un état ouvert à un état fermé pour correspondre à une

combinaison intermédiaire des éléments résistifs dudit ensemble, jusqu'à l'obtention de ladite combinaison finale, pour atteindre la puissance de consigne par palier de puissance, chaque palier de puissance correspondant à chaque cycle étant égal à la valeur de puissance produite par l'élément

5 résistif dudit ensemble possédant ladite valeur de résistance maximum.

Selon d'autres aspects possibles :

- ladite valeur de résistance minimum est calculée de préférence en fonction d'une puissance maximale que le circuit électrique doit être capable de produire pour une valeur minimale de ladite tension continue ;

10 - ladite valeur R_1 de résistance minimum est par exemple calculée selon la relation

$$R_1 = 2(U_{\min})^2/P_{\max}$$

dans laquelle $U_{\min}$ représente ladite valeur minimale de la tension continue et $P_{\max}$ représente ladite puissance maximale.

15 - ledit ensemble comporte un nombre N d'éléments résistifs, ledit nombre N étant déterminé en fonction d'une valeur maximale de ladite tension continue, d'une valeur prédéfinie de courant d'appel maximal, et d'une valeur prédéfinie de granularité de puissance.

- les éléments résistifs dudit ensemble sont des éléments chauffant

20 d'un réchauffeur électrique, aptes à être sélectivement alimentés par une tension continue délivrée par une batterie de traction d'un véhicule automobile électrique ou hybride.

L'invention et ses avantages seront mieux compris au vu de la

25 description suivante, faite en référence aux figures annexées, dans lesquelles :

- la figure 1, déjà décrite ci-avant, représente schématiquement certains éléments d'un réchauffeur électrique connu ;

- la figure 2, également déjà décrite, donne les variations temporelles des courants intervenant dans les éléments du réchauffeur électrique de la

30 figure 1, dans un mode de pilotage connu d'un tel réchauffeur ;

- la figure 3 donne schématiquement un exemple d'éléments intervenant dans un circuit de chauffage électrique conforme à la présente invention ;

- les figures 4a et 4b illustrent un exemple de procédure d'activation par cycles successifs pour le circuit de chauffage électrique de la figure 3.

Dans la suite de l'exposé, on utilise les notations suivantes pour caractériser le fonctionnement souhaité d'un circuit électrique, notamment un réchauffeur électrique, conforme à la présente invention:

10 - $U_{\min}$ et $U_{\max}$ correspondent aux tensions continues respectivement minimum et maximum délivrées par une alimentation haute tension, en particulier une batterie de traction, et définissent ainsi les limites de la plage de tensions dans laquelle le circuit électrique va fonctionner ;

- $P_{\max}$ représente la puissance maximale que le circuit électrique doit être capable de fournir, et ce, même à la tension minimum $U_{\min}$.

- P_{cons} correspond à une puissance de consigne reçue par le circuit de électrique ;

- P correspond à la puissance délivrée par le circuit électrique en fonction de la puissance de consigne reçue, et s'exprime par la relation :

20
$$P = P_{\text{cons}} \pm (P_{\text{gran}}/2)$$

dans laquelle P_{gran} représente la granularité de puissance admise ;

- ΔI est l'appel de courant maximal toléré sur la batterie de traction.

Pour fixer les idées mais à titre d'exemple nullement limitatif, on utilisera dans la suite les valeurs suivantes :

$U_{\min}$	250 Volts
$U_{\max}$	450 Volts
$P_{\max}$	6000 Watts
P_{gran}	100 Watts
ΔI	0,5 Ampère

Tableau 1

En référence à la figure 3, un circuit électrique conforme à la présente invention comporte :

- une pluralité, ici huit, éléments résistifs chauffant $1_1, 1_2 \dots 1_8$, connectés en parallèle entre une source d'alimentation haute tension 3 et une
5 masse électrique 4 ;
- un interrupteur électronique 2_1 à 2_8 , en série avec chacun des éléments résistifs chauffant ;
- des moyens 5 de pilotage, typiquement un calculateur, apte à piloter sélectivement les différents éléments résistifs via la commutation (fermeture
10 ou ouverture) de leurs interrupteurs électroniques associés.

Conformément à l'invention, les éléments résistifs chauffant ne sont pas ici identiques, comme dans l'art antérieur, mais forme un ensemble fini d'éléments résistifs dont les valeurs de résistances constituent une
15 progression géométrique de raison 2. Ainsi, si l'on note $R_1, R_2, \dots R_8$ les valeurs des résistances respectives pour les éléments $1_1, 1_2 \dots 1_8$ de la figure 3, on a l'équation

$$R_i = 2^{(i-1)} R_1 \text{ pour tout entier } i \text{ variant de } 1 \text{ à } 8.$$

20 Le principe de l'invention réside en effet dans le fait qu'on peut obtenir théoriquement une valeur de résistance totale R en connectant en parallèle un nombre infini N de résistances dont la plus petite résistance R_1 est le double de la résistance totale R , et dont les résistances R_1 à R_N varient deux à deux d'un coefficient 2. En effet, pour N résistances connectées en parallèle, on a la
25 relation :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2^2 R} + \dots + \frac{1}{2^N R}$$

Soit $\frac{1}{R} = A \frac{1}{R}$

avec $A = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^N}$ correspondant à la somme d'une suite géométrique de raison 1/2 dont la limite tend vers 1 quand N tend vers l'infini.

On va montrer dans la suite que l'on peut respecter le cahier des charges indiqué au tableau 1 ci-dessus en utilisant un nombre fini de résistances, ici seulement huit résistances, connectées en parallèle.

Tout d'abord, on détermine la résistance R qui permettrait de fournir la puissance $P_{\max}$ à la tension $U_{\min}$. Cette résistance est donnée par la relation

$$R = (U_{\min})^2 / P_{\max}$$

10 Soit, avec les valeurs indiquées dans le tableau 1 :

$$R = 10,4 \, \Omega$$

Pour simplifier, on choisit R égale à 10 Ω permettant de générer un peu plus de puissance.

15 On peut alors montrer qu'avec un nombre limité d'éléments résistifs chauffant, il est possible de respecter la granularité P_{gran} et d'éviter des appels de courants supérieur à ΔI .

Tout d'abord, pour respecter la granularité, il faut que l'élément chauffant le moins puissant (en l'occurrence, celui de plus forte résistance) génère à la tension $U_{\max}$ une puissance inférieure à P_{gran} .

S'il y a N éléments chauffant, cela se traduit par la relation

$$(U_{\max})^2 / (2^N \times R) \leq P_{\text{gran}}$$

Soit $2^N \geq (U_{\max})^2 / P_{\text{gran}} \times R$

Soit $N \geq \ln[(U_{\max})^2 / (P_{\text{gran}} \times R)] / \ln(2)$

25

Soit, en utilisant les valeurs numériques du tableau 1, $N \geq 7,66$.

Par ailleurs, l'appel de courant maximal ΔI , consécutif à l'ajout ou au retrait du courant dans la plus grande résistance, est tel que

30 $\Delta I \leq U_{\max} / (2^N \times R)$

Soit $N \geq \ln[U_{\max} / (R \times \Delta I)] / \ln(2)$

Soit, en utilisant les valeurs numériques du tableau 1, $N \geq 6,49$.

On peut donc choisir

$$N=8$$

$$R_1=2R = 20 \, \Omega$$

$$5 \quad R_2 = 2R_1 = 40 \, \Omega$$

$$R_3 = 2R_2 = 80 \, \Omega$$

$$R_4 = 2R_3 = 160 \, \Omega$$

$$R_5 = 2R_4 = 320 \, \Omega$$

$$R_6 = 2R_5 = 640 \, \Omega$$

$$10 \quad R_7 = 2R_6 = 1280 \, \Omega$$

$$R_8 = 2R_7 = 2560 \, \Omega$$

On a donc obtenu un circuit comportant un ensemble fini d'éléments résistifs dont la plus petite résistance (R_1) est déterminée en fonction de la
 15 puissance maximale $P_{\max}$ que le circuit doit être capable de produire et de la tension minimale $U_{\min}$ de la batterie de traction, et dont les valeurs de résistances constituent une progression géométrique de raison 2.

On a vu ci-dessus que l'on choisissait une valeur de R légèrement inférieure à celle qui produirait la puissance $P_{\max}$ recherchée ($10 \, \Omega$ au lieu de
 20 $10,4 \, \Omega$). Il en résulte qu'en utilisant effectivement huit éléments résistifs comme décrit ci-dessus, on obtiendra finalement une puissance maximale supérieure à la puissance $P_{\max}$ recherchée au départ. Il en résulte également qu'on peut opter pour utiliser non pas huit éléments résistifs en parallèle, mais seulement au moins les quatre premières résistances R_1 à R_4 . En effet, en
 25 omettant les résistances de plus fortes valeurs R_5 à R_8 , on ne perd qu'une petite partie de la puissance. En contrepartie, on gagne dans l'optimisation du coût global du circuit en évitant de multiplier les éléments résistifs, leur interrupteur électronique associés et les connexions.

Le fonctionnement du circuit électrique de la figure 3, comportant un
 30 ensemble de huit éléments résistifs 1_1 à 1_8 , va à présent être décrit :

Ce fonctionnement s'opère en deux phases :

- une première phase lors de laquelle il faut déterminer, pour une puissance de consigne P_{cons} reçue, et à la valeur de tension continue U (valeur de tension quelconque comprise entre U_{min} et U_{max}) effectivement délivrée par la batterie de traction, quels sont les éléments résistifs dudit ensemble qui vont devoir être activés, par fermeture de leur interrupteur associé ;

- une deuxième phase qui consiste à activer effectivement tous les éléments résistifs sélectionnés lors de la première phase, selon une procédure d'activation optimisée pour que les appels de courant soient les plus faibles possibles.

10 La mise en œuvre de la première phase, relative à la sélection des éléments résistifs à activer par fermeture de leur interrupteur électronique associé, est implémentée de préférence de la manière suivante :

Lorsqu'une consigne de puissance est reçue, les moyens 5 de pilotage du circuit électrique vont déterminer, lors d'une première étape, la puissance
15 P_{gen} générée par l'élément résistif de l'ensemble des huit éléments qui a la plus grande résistance, ici l'élément 1₈ avec une résistance R_8 égale à 2560 Ω . Cette puissance, qui correspond à l'élément de l'ensemble générant le moins de puissance, peut être déterminée par le calcul en appliquant la relation :

$$P_{\text{gen}} = U^2/R_8$$

20 En variante, les moyens 5 de pilotage pourront aller rechercher dans une table (non représentée) indexée à la valeur de tension, dans laquelle on aura pris soin de mémoriser au préalable différentes valeurs de puissance générées par l'élément 1₈ à différentes tensions.

Supposons par exemple que la puissance de consigne soit de 4356
25 Watts, et la valeur de tension délivrée par la batterie de tension soit 382 Volts.

On en déduit $P_{\text{gen}} = (382)^2/2560 = 57 \text{ W}$.

Les moyens 5 de pilotage effectuent alors la division de la puissance de consigne par la valeur de P_{gen} , soit :

$$4356 \text{ W} / 57 \text{ W} = 76,4$$

30 La valeur approchée entière du résultat est ensuite décomposée en base 2. Ici, la valeur approchée est 77, qui s'écrit en base 2 sous la forme 01001101. Les valeurs à « 1 » correspondent aux éléments résistifs qu'il

faudra activer (fermeture de l'interrupteur électronique associé), et les valeurs à « 0 » correspondent aux éléments résistifs qui ne devront pas être alimentés, comme cela est résumé dans le tableau 2 ci-après :

5

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈
Charge (Ω)	20	40	80	160	320	640	1280	2560
	0	1	0	0	1	1	0	1
A piloter ?	non	oui	non	non	oui	oui	non	oui
Puissance (W)	0	3648	0	0	456	228	0	57
Puissance totale (W)	3 648+456+228+57 = 4 389							

Tableau 2

Le tableau 2 ci-dessus indique que, pour atteindre une puissance proche de la puissance de consigne, les moyens 5 de pilotage devront :

- alimenter les éléments résistifs de résistance R₂, R₅, R₆ et R₈ en
- 10 faisant en sorte que leur interrupteur associé soit dans l'état fermé ;
- ne pas alimenter les autres éléments résistifs, en faisant en sorte que leur interrupteur associé soit dans l'état ouvert.

La phase précédente a permis de montrer comment déterminer le jeu de résistances à activer, c'est-à-dire la combinaison finale des éléments

15 résistifs qu'il convient d'alimenter pour atteindre la puissance de consigne.

Dans le fonctionnement du circuit électrique, les consignes successives d'une part, le fait qu'au démarrage il n'y pas de puissance d'autre part, font que la puissance de chauffe évolue. Afin de ne pas générer d'à-coup de courant trop important (ne pas dépasser le ΔI spécifié), la commutation

20 (ouverture ou fermeture) des interrupteurs des résistances doit se faire de façon progressive, sans brûler d'étape. La deuxième phase du fonctionnement consiste donc à appliquer une procédure d'activation optimisée pour que les appels de courant soient les plus faibles possibles, en l'occurrence pour que ces appels de courant, dûs soit au retrait d'éléments résistifs (par ouverture

25 de leur interrupteur électronique associé) soit à l'ajout d'éléments résistifs (par fermeture de leur interrupteur électronique associé) ne dépassent pas l'appel de courant maximal ΔI autorisé.

On constate immédiatement, pour la combinaison donnée dans le tableau 2 qu'il ne serait pas possible de respecter cette condition si les moyens 5 de pilotage commandaient simultanément, à partir d'une situation initiale où tous les interrupteurs électroniques 2_1 à 2_8 seraient ouverts, la commutation, ici la fermeture, des interrupteurs électroniques associés aux éléments résistifs de résistance R_2 , R_5 , R_6 et R_8 .

La procédure d'activation réalisée par les moyens 5 de pilotage consiste ainsi avantageusement à atteindre la puissance de consigne par pallier de puissance successif, chaque pallier de puissance étant équivalent à la puissance générée par l'élément résistif qui présente la résistance de plus forte valeur, ici l'élément 1_8 de résistance égale à 2 560 Ω .

Les moyens 5 de pilotage vont ainsi commander plusieurs cycles successifs comprenant chacun la commutation d'un ou de plusieurs interrupteurs électroniques d'un état fermé à un état ouvert ou d'un état ouvert à un état fermé pour correspondre à une combinaison intermédiaire des éléments résistifs dudit ensemble, jusqu'à l'obtention de ladite combinaison finale, pour atteindre la puissance de consigne par pallier de puissance.

Les figures 4a et 4b illustrent la succession de cycles qu'il faut faire dans le cadre de l'invention pour obtenir, à partir d'un état initial dans lequel aucun des éléments résistifs chauffant n'est alimenté (réchauffeur électrique inactif), la combinaison finale déterminée précédemment (alimentation des éléments résistifs de résistance R_2 , R_5 , R_6 et R_8). Au cycle 1, seul l'élément résistif 1_8 qui présente la plus grande résistance R_8 de 2 560 Ω parmi l'ensemble des huit résistances est alimenté par fermeture de l'interrupteur électronique associé 2_8 . Il en résulte que le passage de l'état initial à la combinaison intermédiaire du cycle 1 a incrémenté la puissance d'un pallier égal à 57 Watts et généré un appel de courant I_{Cycl1} égal à

$$I_{Cycl1} = U/R_8, \text{ soit } I_{Cycl1} = 149 \text{ mA pour } U=382 \text{ Volts}$$

30

Dans la combinaison intermédiaire correspondant au cycle 2, seul l'élément résistif 1_7 , qui présente une résistance R_7 de 2 560 Ω , est alimenté

par fermeture de l'interrupteur électronique associé 2₇, alors que l'alimentation de l'élément résistif 1₈ est arrêtée (par ouverture de l'interrupteur associé 2₈). La variation de charge reste donc égale à 2 560 Ω. Il en résulte que le passage de la combinaison intermédiaire du cycle 1 à la combinaison intermédiaire du cycle 2 a généré un appel de courant I_{Cycl2} égal à I_{Cycl1} . La puissance générée est à présent de 114 Watts, ce qui correspond bien à un nouveau palier de 57 Watts par rapport au cycle précédent. Le même raisonnement peut s'appliquer pour chaque succession de cycles, jusqu'au cycle 77 qui correspond à la combinaison finale d'éléments résistifs à activer.

Il convient qu'à chaque cycle de commutation, toutes les charges basculent au même instant.

Néanmoins, même si le microcontrôleur active ses sorties au même instant (dans la même microseconde), il se peut qu'il existe un léger décalage temporel (par exemple entre une ouverture et une fermeture de transistor).

Afin de rendre imperceptible ces décalages, la présence d'une capacité en entrée du circuit électrique permettra de fournir les charges transitoires sans impacter la batterie de traction.

Dans le cas du circuit électrique qui vient d'être décrit, avec huit éléments résistifs, le nombre de cycles de commutations peut être important.

Au pire, il faut 2^8 , soit 256 cycles, pour passer d'un état sans puissance à un état pleine puissance dans lequel les huit éléments résistifs sont alimentés simultanément. On prévoit de préférence des durées de cycles de l'ordre de 50 ms pour obtenir une durée maximale acceptable de 12 secondes.

Dans la pratique, il apparaît que l'utilisation de huit éléments résistifs est un maximum au-delà duquel le nombre de cycles devient trop compliqué à gérer. Des solutions à six voire quatre éléments résistifs peuvent être plus appropriées si l'on accepte une tolérance plus importante sur l'ondulation de courant et la précision de puissance.

REVENDEICATIONS

1. Circuit électrique comportant un ensemble d'éléments résistifs ($1_1, 1_2, \dots 1_8$) connectés en parallèle, un interrupteur électronique ($2_1, 2_2, \dots 2_8$) en série avec chaque élément résistif ($1_1, 1_2, \dots 1_8$) dudit ensemble apte à permettre une alimentation sélective des éléments résistifs dudit ensemble par une tension continue, et des moyens (5) de pilotage aptes à déterminer dans ledit ensemble une combinaison finale d'au moins un élément résistif à alimenter par fermeture de l'interrupteur associé pour répondre à une puissance de consigne reçue, caractérisé en ce que les éléments résistifs de l'ensemble ont des valeurs différentes de résistance constituant une progression géométrique de raison 2 entre une valeur de résistance minimum et une valeur de résistance maximum, et en ce que les moyens (5) de pilotage sont aptes à commander plusieurs cycles successifs comprenant chacun la commutation d'un ou de plusieurs interrupteurs électroniques ($2_1, 2_2, \dots 2_8$) d'un état fermé à un état ouvert ou d'un état ouvert à un état fermé pour correspondre à une combinaison intermédiaire des éléments résistifs ($1_1, 1_2, \dots 1_8$) dudit ensemble, jusqu'à l'obtention de ladite combinaison finale, pour atteindre la puissance de consigne par palier de puissance, chaque palier de puissance correspondant à chaque cycle étant égal à la valeur de puissance produite par l'élément résistif dudit ensemble possédant ladite valeur de résistance maximum.
2. Circuit électrique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite valeur de résistance minimum est calculée en fonction d'une puissance maximale que le circuit électrique doit être capable de produire pour une valeur minimale de ladite tension continue.
3. Circuit électrique selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite valeur R_1 de résistance minimum est calculée selon la relation

$$R_1 = 2(U_{\min})^2 / P_{\max}$$

dans laquelle $U_{\min}$ représente ladite valeur minimale de la tension continue et $P_{\max}$ représente ladite puissance maximale.

5 4. Circuit électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit ensemble comporte un nombre N d'éléments résistifs, ledit nombre N étant déterminé en fonction d'une valeur maximale de ladite tension continue, d'une valeur prédéfinie de courant d'appel maximal, et d'une valeur prédéfinie de granularité de puissance.

10 5. Circuit électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé les éléments résistifs ($1_1, 1_2, \dots 1_8$) dudit ensemble sont des éléments chauffant d'un réchauffeur électrique, aptes à être sélectivement alimentés par une tension continue délivrée par une batterie de traction d'un véhicule automobile électrique ou hybride.

15

1 / 4

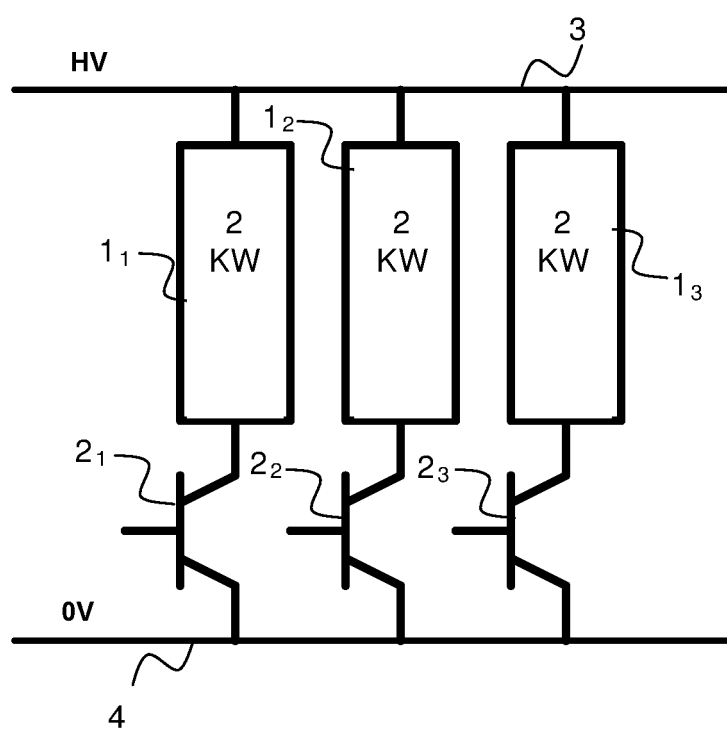


FIG. 1

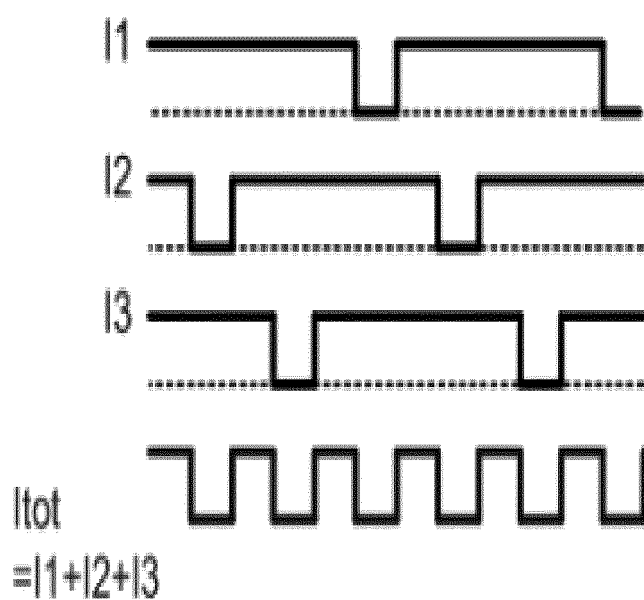


FIG. 2

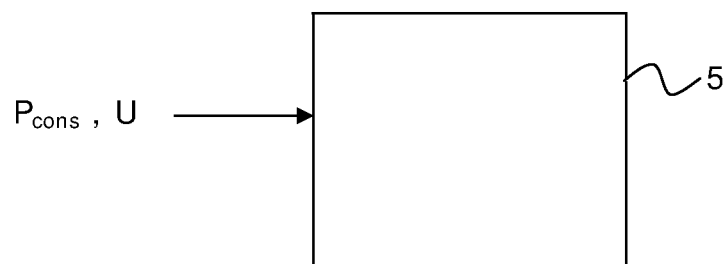


FIG. 3

3 / 4

	Charge (Ω)	20	40	80	160	320	640	1280	2560
	Puissance générée (W) (pour U = 382 V)	7 296	3 648	1 824	912	456	228	114	57
	Etat initial								
Cycle 1									1
Cycle 2								1	
Cycle 3								1	1
Cycle 4							1		
Cycle 5							1		1
Cycle 6							1	1	
Cycle 7							1	1	1
Cycle 8						1			
Cycle 9						1			1
Cycle 10						1		1	
Cycle 11						1		1	1
Cycle 12						1	1		
Cycle 13						1	1		1
Cycle 14						1	1	1	
Cycle 15						1	1	1	1
Cycle 16					1				
Cycle 17					1				1
Cycle 18					1			1	
Cycle 19					1			1	1
Cycle 20					1		1		
Cycle 21					1		1		1
Cycle 22					1		1	1	
Cycle 23					1		1	1	1
Cycle 24					1	1			
Cycle 25					1	1			1
Cycle 26					1	1		1	
Cycle 27					1	1		1	1
Cycle 28					1	1	1		
Cycle 29					1	1	1		1
Cycle 30					1	1	1	1	
Cycle 31					1	1	1	1	1
Cycle 32				1					
Cycle 33				1					1
Cycle 34				1				1	
Cycle 35				1				1	1
Cycle 36				1			1		
Cycle 37				1			1		1
Cycle 38				1			1	1	

FI G.4 a

4 / 4

	Charge (Ω)	20	40	80	160	320	640	1280	2560
	Puissance générée (W) (pour U = 382 V)	7 296	3 648	1 824	912	456	228	114	57
Cycle 39				1			1	1	1
Cycle 40				1		1			
Cycle 41				1		1			1
Cycle 42				1		1		1	
Cycle 43				1		1		1	1
Cycle 44				1		1	1		
Cycle 45				1		1	1		1
Cycle 46				1		1	1	1	
Cycle 47				1		1	1	1	1
Cycle 48				1	1				
Cycle 49				1	1				1
Cycle 50				1	1			1	
Cycle 51				1	1			1	1
Cycle 52				1	1		1		
Cycle 53				1	1		1		1
Cycle 54				1	1		1	1	
Cycle 55				1	1		1	1	1
Cycle 56				1	1	1			
Cycle 57				1	1	1			1
Cycle 58				1	1	1		1	
Cycle 59				1	1	1		1	1
Cycle 60				1	1	1	1		
Cycle 61				1	1	1	1		1
Cycle 62				1	1	1	1	1	
Cycle 63				1	1	1	1	1	1
Cycle 64			1						
Cycle 65			1						1
Cycle 66			1					1	
Cycle 67			1					1	1
Cycle 68			1				1		
Cycle 69			1				1		1
Cycle 70			1				1	1	
Cycle 71			1				1	1	1
Cycle 72			1			1			
Cycle 73			1			1			1
Cycle 74			1			1		1	
Cycle 75			1			1		1	1
Cycle 76			1			1	1		
Cycle 77	Objectif final		1			1	1		1

FI G.4b



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 808553
FR 1550592

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2010/222937 A1 (NEMESH MARK D [US] ET AL) 2 septembre 2010 (2010-09-02) * alinéas [0002], [0012], [0014], [0015] *	1-5	H03K17/12 H02J1/02 H02J7/00 H05B3/02 B60R16/033
A	US 6 355 915 B1 (ZIAIMEHR ALLEN HAMID [US] ET AL) 12 mars 2002 (2002-03-12) * phrase 27 - phrase 30 *	1	
A	US 2011/233181 A1 (REISS HOLGER [DE] ET AL) 29 septembre 2011 (2011-09-29) * figures 5-6 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H05B B60H B60L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
17 novembre 2015		Garcia Congosto, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1550592 FA 808553

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **17-11-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2010222937 A1	02-09-2010	DE 102010008583 A1	07-04-2011
		US 2010222937 A1	02-09-2010

US 6355915 B1	12-03-2002	CA 2314376 A1	18-07-2001
		DE 10054615 A1	19-07-2001
		GB 2358746 A	01-08-2001
		US 6355915 B1	12-03-2002
		US 2002030048 A1	14-03-2002

US 2011233181 A1	29-09-2011	EP 2371588 A1	05-10-2011
		JP 2011207472 A	20-10-2011
		US 2011233181 A1	29-09-2011
