



(51) Classification internationale des brevets :
H01F 3/10 (2006.01) *H02M 3/28* (2006.01)
H01F 3/14 (2006.01) *H01F 38/02* (2006.01)
H01F 38/06 (2006.01) *H02M 7/48* (2007.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2017/053288

(22) Date de dépôt international :
14 février 2017 (14.02.2017)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1651316 18 février 2016 (18.02.2016) FR

(71) Déposant : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE MO-
TEUR [FR/FR]; 14 Avenue des Béguines, 95800 Cergy
Saint Christophe (FR).

(72) Inventeurs : YANG, Gang; 28 rue Blondel, 92400 Cour-
bevoie (FR). SORSDAHL, Torbjorn; Neumanns gate 9A,
3044 Drammen (NO).

(74) Mandataire : ARGYMA; 36 rue d'Alsace Lorraine, 31000
Toulouse (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, 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, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

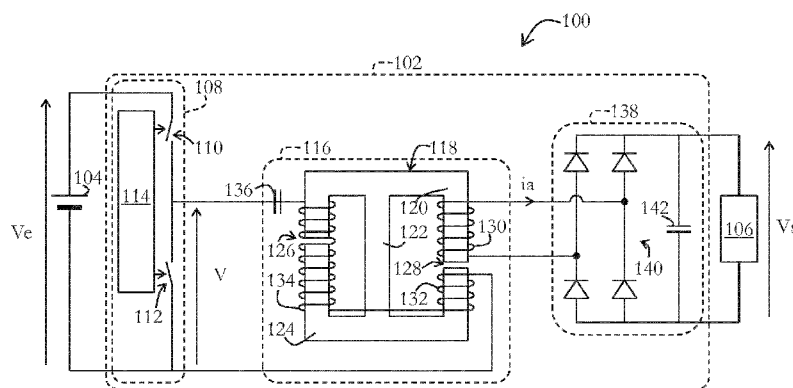
Publiée :

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

(54) Title : MAGNETIC COMPONENT, RESONANT ELECTRIC CIRCUIT, ELECTRIC CONVERTER AND ELECTRIC SYS-
TEM

(54) Titre : COMPOSANT MAGNÉTIQUE, CIRCUIT ELECTRIQUE RESONANT, CONVERTISSEUR ELECTRIQUE ET
SYSTEME ELECTRIQUE

Figure 1



(57) Abstract : The invention relates to a magnetic component which comprises: a magnetic core (118) comprising a first arm (120), a second arm (122) and a third arm (124) connected at the two ends thereof and having respective reluctances; and a first coil (130) and a second coil (132) wound around the first arm (120) so as to be coupled to one another. The reluctance of the second arm (122) is lower than that of the first arm (120) and that of the third arm (124), and the magnetic component also comprises a third coil (134) wound around the third arm (124) and connected in series to the second coil (132).

(57) Abrégé : Le composant magnétique comporte : un noyau magnétique (118) comportant une première branche (120), une deuxième branche (122) et une troisième branche (124) se rejoignant en leurs deux extrémités et présentant des réluctances respec-
tives;

[Suite sur la page suivante]



une première bobine (130) et une deuxième bobine (132) enroulées autour de la première branche (120) pour être couplées l'une à l'autre. La réluctance de la deuxième branche (122) est inférieure à la fois à celle de la première branche (120) et celle de la troisième branche (124), et le composant magnétique comporte en outre une troisième bobine (134) enroulée autour de la troisième branche (124) et connectée en série avec la deuxième bobine (132).

TITRE

COMPOSANT MAGNÉTIQUE, CIRCUIT ELECTRIQUE RESONANT,
CONVERTISSEUR ELECTRIQUE ET SYSTEME ELECTRIQUE

DOMAINE TECHNIQUE

- 5 La présente invention concerne les circuits électriques résonants, en particulier employés dans les convertisseurs électriques.

ARRIÈRE-PLAN TECHNOLOGIQUE

L'article « Design guideline for magnetic integration in LLC resonant converters » de De Simone et al., publié en 2008 dans le cadre de la conférence :
10 « Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2008. SPEEDAM 2008 » décrit un composant magnétique comportant :

- un noyau magnétique comportant une première branche (120), une deuxième branche et une troisième branche se rejoignant en leurs deux extrémités et présentant des réluctances respectives,
- 15 - une première bobine et une deuxième bobine enroulées autour de la première branche pour être couplées l'une à l'autre.

Dans cet article, il est proposé de former un circuit électrique résonant de type LLC ajoutant une capacité en série des inductances et en réduisant volontairement le couplage entre les deux bobines de manière à créer une inductance série L_r , en plus
20 d'une inductance magnétisante L_m . Ce couplage imparfait est obtenu en écartant les bobines l'une de l'autre. Ainsi, l'encombrement du circuit électrique résonant peut être réduit.

Cependant, il est difficile d'atteindre des grandes valeurs d'inductance série L_r sans augmenter la taille du noyau magnétique, et sans entraîner l'apparition de pertes par courant de Foucault. En outre, comme la valeur de l'inductance série L_r dépend de la
25 position des bobines, il est difficile de la fixer précisément et de manière fiable, c'est-à-dire reproductible.

L'invention a pour but de proposer un circuit électrique résonant permettant de résoudre au moins en partie ces problèmes.

RÉSUMÉ DE L'INVENTION

À cet effet, il est proposé un composant comportant :

- 5 - un noyau magnétique comportant une première branche, une deuxième branche et une troisième branche se rejoignant en leurs deux extrémités et présentant des réluctances respectives,
- une première bobine et une deuxième bobine enroulées autour de la première branche pour être couplées l'une à l'autre,
- 10 caractérisé en ce que la réluctance de la deuxième branche est inférieure à la fois à celle de la première branche et celle de la troisième branche, et en ce qu'il comporte en outre une troisième bobine enroulée autour de la troisième branche et connectée en série avec la deuxième bobine.

De façon optionnelle, la deuxième branche est moins longue que chacune des

15 première et troisième branches.

De façon optionnelle également, la première branche présente un entrefer.

De façon optionnelle également, la troisième branche présente un entrefer.

De façon optionnelle également, la première branche et la troisième branche sont dépourvues d'entrefer.

20 De façon optionnelle également, la première branche et la troisième branche sont réalisées avec un matériau présentant une perméabilité relative maximale inférieure à 100, tandis que la deuxième branche est réalisée avec un matériau présentant une perméabilité relative maximale supérieure à 100, de préférence supérieure à 1 000.

De façon optionnelle également, les première et deuxième bobines présentent

25 des inductances propres respectives L1, L2 et sont couplées l'une à l'autre de manière à présenter une inductance mutuelle M non nulle, liée aux inductances propres L1, L2 par un coefficient de couplage k :

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

le coefficient de couplage k étant supérieur ou égale à 0,9, de préférence supérieur ou égal à 0,95, de préférence encore supérieur ou égal à 0,99.

De façon optionnelle également, l'une parmi la première bobine et la deuxième bobine est enroulée autour de l'autre.

Il est également proposé un circuit électrique résonant comportant :

- un composant magnétique selon l'invention,
- 5 - une capacité connectée en série avec la deuxième bobine et la troisième bobine.

Il est également proposé un convertisseur électrique comportant :

- un générateur de tension conçu pour fournir une tension variable à partir d'une tension continue,
- 10 - un circuit électrique résonant selon l'invention, pour fournir un courant alternatif à partir de la tension variable,
- un redresseur conçu pour fournir une tension continue à une charge électrique à partir du courant alternatif.

De façon optionnelle, le redresseur comporte :

- 15 - une capacité de lissage destinée à être connectée en parallèle de la charge électrique,
- un pont de diodes connecté en entrée aux extrémités de la première bobine et en sortie aux bornes de la capacité de lissage.

De façon optionnelle également, le redresseur comporte :

- 20 - une capacité de lissage destinée à être connectée en parallèle de la charge électrique, une borne de la capacité de lissage étant connectée en un point milieu de la première bobine,
- deux diodes au travers desquelles l'autre borne de la capacité de lissage est connectées respectivement aux deux extrémités de la première bobine.

- 25 Il est également proposé un système électrique comportant une source de tension telle qu'une batterie de véhicule automobile, une charge électrique telle que des accessoires électrique de véhicule automobile et un convertisseur électrique selon l'invention, entre la source de tension et la charge électrique.

DESCRIPTION DES FIGURES

- 30 La figure 1 est un schéma électrique d'un système électrique comportant un convertisseur électrique selon l'invention.

La figure 2 est un schéma électrique équivalent d'un circuit électrique résonant du convertisseur électrique de la figure 1.

La figure 3 est une vue en coupe d'un noyau magnétique et de bobines enroulées autour de ce noyau magnétique, faisant partie du circuit électrique résonant des figures 1
5 et 2.

La figure 4 est un chronogramme de flux magnétiques parcourant le noyau magnétique de la figure 3.

La figure 5 est une vue en coupe d'une variante de noyau magnétique selon l'invention.

10 La figure 6 est un schéma électrique d'une variante de circuit résonant électrique selon l'invention.

La figure 7 est une de côté d'une variante de noyau magnétique et de bobines enroulées autour de ce noyau magnétique.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

15 En référence à la figure 1, un système électrique 100 comportant un convertisseur électrique 102 mettant en œuvre l'invention va à présent être décrit. Un tel système électrique 100 peut par exemple être utilisé dans un véhicule automobile.

Le système électrique 100 comporte tout d'abord une source de tension 104 conçue pour fournir une tension d'entrée V_e qui est continue. La source de tension 104
20 comporte par exemple une batterie de véhicule automobile.

Le système électrique 100 comporte en outre une charge électrique 106, telle que des accessoires électriques de véhicule automobile.

Le convertisseur électrique 102 est conçu pour recevoir la tension d'entrée V_e et pour fournir à la charge électrique 106 une tension de sortie V_s .

25 Dans l'exemple décrit, le convertisseur électrique 102 est de type continu-continu, de sorte que la tension de sortie V_s est continue. Plus précisément, dans l'exemple décrit, le convertisseur électrique 102 est un convertisseur à résonance LLC (de l'anglais « *LLC resonant converter* »).

Le convertisseur électrique 102 comporte un générateur de tension 108 conçu
30 pour fournir une tension variable V , à une fréquence souhaitée, à partir de la tension d'entrée V_e .

De préférence, la tension variable V est une tension directe (c'est-à-dire ne changeant pas de signe). Dans l'exemple décrit, la tension variable V est une tension carrée. À cet effet, le générateur de tension 108 comporte deux interrupteurs 110, 112 et un dispositif de commande 114 des interrupteurs 110, 112, de sorte que la tension variable prend alternativement la valeur de la tension d'entrée Ve et la valeur nulle.

Le convertisseur électrique 102 comporte en outre un circuit électrique résonant 116 conçu pour fournir, à partir de la tension variable, un courant alternatif ia à la même fréquence que la tension variable V.

Le circuit électrique résonant 116 comporte tout d'abord un noyau magnétique 118.

Dans l'exemple de la figure 1, le noyau magnétique est par exemple réalisé en matériau ferrite.

Le noyau magnétique 118 comporte trois branches 120, 122, 124 se rejoignant en leurs deux extrémités, c'est-à-dire qu'elles présentent des premières extrémités respectives se rejoignant, ainsi que des deuxième extrémités respectives se rejoignant.

Dans l'exemple décrit, les branches 120, 124 sont en forme de C, tandis que la branche 122 est en forme de I et s'étend entre les deux autres.

Les branches 120, 122, 124 présentent des réluctances respectives telles que la réluctance de la branche 122 soit inférieure, de préférence au moins dix fois, de préférence encore cent fois, à la fois à la réluctance de la branche 120 et à la réluctance de la branche 124.

Dans l'exemple décrit, les branches 120, 124 présentent respectivement des entrefers 126, 128 (« air-gap » en anglais). Chacun des entrefers 126, 128 peut être laissé rempli d'air, ou bien il peut être rempli d'un matériau de faible perméabilité (perméabilité relative maximale inférieure à 100).

En particulier, l'entrefer 126 présente une longueur e1 choisie pour obtenir l'inductance série Lr, par exemple à l'aide de la formule suivante :

$$e1 = N^2 \cdot \mu_0 \cdot Se1 / Lr$$

où N représente le nombre de tours de la bobine 134, μ_0 représente la perméabilité du vide et Se1 représente la section efficace de la branche 124.

En outre, l'entrefer 128 présente une longueur e2 choisie pour obtenir l'inductance magnétisante Lm, par exemple à l'aide de la formule suivante :

$$e2 = N1^2 \cdot \mu0 \cdot Se2 / Lm$$

où N1 représente le nombre de tours de la bobine 132, $\mu0$ représente la perméabilité du vide et Se2 représente la section efficace de la branche 120.

Le circuit électrique résonant 116 comporte en outre une première bobine 130 et une deuxième bobine 132 enroulées autour de la première branche. Les bobines 130, 132 présentent des inductances propres respectives L1, L2 et sont couplées l'une à l'autre de manière à présenter une inductance mutuelle M non nulle, liée aux inductances propres L1, L2 par un coefficient de couplage k :

$$k = \frac{M}{\sqrt{L1L2}}$$

De préférence, les bobines 130, 132 sont fortement couplée l'une à l'autre, ce qui se traduit par un coefficient de couplage k supérieur ou égale à 0,9, de préférence supérieur ou égal à 0,95, de préférence encore supérieur ou égal à 0,99.

Le circuit électrique résonant 116 comporte en outre une troisième bobine 134 enroulée autour de la branche 124.

Le circuit électrique résonant 116 comporte en outre une capacité 136 connectée en série avec les bobines 132, 134.

Comme les bobines 132, 134 sont en série, il est possible de les réaliser avec un seul fil, ce qui permet d'éviter les pertes d'extrémité de fil.

Le convertisseur électrique 102 comporte en outre un redresseur 138 conçu pour fournir la tension de sortie Vs à partir du courant alternatif ia.

Dans l'exemple décrit, le redresseur 138 comporte un pont de diodes 140, ainsi qu'une capacité de lissage 142. Le pont de diodes 140 est connecté en entrée aux deux extrémités de la bobine 130, et en sortie aux bornes de la capacité de lissage 142 et de charge électrique 106.

En référence à la figure 2, le circuit électrique résonant 116 est représenté avec un schéma électrique équivalent au noyau magnétique 118 et aux bobines 130, 132, 134.

Les bobines 130, 132 forment un transformateur idéal T et une inductance magnétisante Lm au primaire du transformateur idéal T. La valeur de l'inductance magnétisante Lm est définie notamment par la largeur de l'entrefer 128. La troisième bobine 134 forme une inductance série Lr. La valeur de l'inductance série Lr est définie notamment par la largeur de l'entrefer 130.

En référence à la figure 3, un exemple d'enroulement des bobines 130, 132, 134 est représenté.

En particulier, la bobine 130 est enroulée autour de la bobine 132, ce qui améliore le couplage entre elles.

5 La bobine 134 est destinée à générer un flux magnétique 302 dans la branche 120, tandis que la bobine 134 est destinée à générer un flux magnétique 304 dans la branche 124.

10 Comme la branche 122 présente une réluctance faible, les flux magnétiques 302, 304 rebouclent par cette branche 122. De cette manière, la bobine 134 est isolée magnétiquement des bobines 130, 132, de sorte que le transformateur formé par les bobines 130, 132 et l'inductance série L_r formée par la bobine 134 fonctionnent indépendamment l'un de l'autre.

15 Le sens d'enroulement des bobines 132, 134 est choisi de sorte que les flux magnétiques 302, 304 parcourent la branche 122 dans des directions opposées. Ainsi, le flux magnétique résultant 306 dans la branche 122 reste faible.

Les bobines 130, 132, 134 sont de préférence réalisées avec du fil de Litz, ce qui permet de réduire les pertes par courant de Foucault. Néanmoins, d'autres types de conducteur pourraient être utilisés, comme par exemple des conducteurs ronds ou bien des plaques de cuivre.

20 En référence à la figure 4, un exemple d'évolution au cours du temps des flux magnétiques 302, 304, 306 est représenté. Il sera en particulier apprécié que le flux magnétique résultant 306 est plus faible que les deux autres flux magnétiques 302, 304. Ainsi, les pertes dans la branche 122 sont réduites et le risque d'apparition d'un point chaud est également réduit. En outre, la section transversale de la branche 122 est
25 réduite ce qui permet d'améliorer la compacité du circuit électrique résonant 116. En outre, comme le transformateur formé par les bobines 130, 132 et la bobine 134 partagent le même noyau magnétique et en particulier la branche 122, moins de noyau magnétique est utilisé.

Le fonctionnement du système électrique 100 va à présent être décrit.

30 Le générateur de tension 108 génère la tension variable V carrée, par découpage de la tension d'entrée V_e à une fréquence souhaitée.

La tension variable V est appliquée aux bornes de la capacité 136, et des bobines 132, 134 qui sont donc excitées à la fréquence de la tension variable V . En réponse à cette excitation, le courant alternatif i_a apparaît dans la bobine 130.

Le redresseur 140 redresse le courant alternatif i_a et fournit le courant redressé à la charge électrique 106 et à la capacité de lissage 142, cette dernière lissant la tension de sortie V_s pour qu'elle soit continue.

Ainsi, il est possible d'obtenir, de manière sélective, une tension de sortie V_s plus petite ou bien plus élevée que la tension d'entrée V_e .

En référence à la figure 5, une variante de réalisation du noyau magnétique 118 va à présent être décrite.

Dans cette variante, le noyau magnétique 118 ne présente plus d'entrefer, mais les branches 120, 124 sont réalisées dans un matériau de faible perméabilité (perméabilité relative maximale inférieure à 100) tel que des métaux en poudre (de l'anglais « *powdered metal* »), tandis que la deuxième branche 122 est réalisée dans un matériau de forte perméabilité (perméabilité relative maximale supérieure à 100, de préférence supérieure à 1 000).

En référence à la figure 6, une variante de réalisation du circuit électrique résonant 116 et du redresseur 138 va à présent être décrite.

Dans cette variante, le redresseur 138 est connecté en prise médiane (de l'anglais « *center-tap* ») à la bobine 130. Plus précisément, une borne de la capacité de lissage 142 et de la charge électrique 106 est connectée en un point milieu de la bobine 130, tandis que l'autre borne de la capacité de lissage 142 et de la charge électrique 106 est connectée aux deux extrémités de la bobine 130 au travers respectivement de deux diodes 602, 604 laissant passer le courant en provenance de la bobine 130.

D'après la description précédente, il apparaît que l'invention permet de réaliser les inductances magnétisante L_m et série L_r de manière précise, et avec une fiabilité compatible avec les exigences d'une production industrielle.

Dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 7, les branches 120, 122 sont en forme de C, tandis que la branche 124 est en forme de I et s'étend entre les deux autres. La branche 124 présente une longueur plus petite que les deux autres.

La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits précédemment, mais est au contraire définie par les revendications qui suivent. Il sera en effet apparent à l'homme du métier que des modifications peuvent y être apportées.

Par ailleurs, les termes utilisés dans les revendications ne doivent pas être
5 compris comme limités aux éléments des modes de réalisation décrits précédemment, mais doivent au contraire être compris comme couvrant tous les éléments équivalents que l'homme du métier peut déduire à partir de ses connaissances générales.

REVENDICATIONS

1. Composant magnétique comportant :
 - un noyau magnétique (118) comportant une première branche (120), une deuxième branche (122) et une troisième branche (124) se rejoignant en leurs deux extrémités et présentant des réluctances respectives,
 - une première bobine (130) et une deuxième bobine (132) enroulées autour de la première branche (120) pour être couplées l'une à l'autre,caractérisé en ce que la réluctance de la deuxième branche (122) est inférieure à la fois à celle de la première branche (120) et celle de la troisième branche (124), et en ce qu'il comporte en outre une troisième bobine (134) enroulée autour de la troisième branche (124) et connectée en série avec la deuxième bobine (132).
2. Composant magnétique selon la revendication 1, dans lequel la deuxième branche (122) est moins longue que chacune des première et troisième branches (120, 124).
3. Composant magnétique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première branche (120) présente un entrefer (128).
4. Composant magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la troisième branche (124) présente un entrefer (130).
5. Composant magnétique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première branche (120) et la troisième branche (124) sont dépourvues d'entrefer.
6. Composant magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la première branche (120) et la troisième branche (124) sont réalisées avec un matériau présentant une perméabilité relative maximale inférieure à 100, tandis que la deuxième branche (122) est réalisée avec un matériau présentant une perméabilité relative maximale supérieure à 100, de préférence supérieure à 1 000.

7. Composant magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel les première et deuxième bobines (130, 132) présentent des inductances propres respectives L1, L2 et sont couplées l'une à l'autre de manière à présenter une inductance mutuelle M non nulle, liée aux inductances propres L1, L2 par un coefficient de couplage k :

$$k = \frac{M}{\sqrt{L1L2}}$$

le coefficient de couplage k étant supérieur ou égale à 0,9, de préférence supérieur ou égal à 0,95, de préférence encore supérieur ou égal à 0,99.

8. Composant magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel l'une parmi la première bobine (130) et la deuxième bobine (132) est enroulée autour de l'autre.

9. Circuit électrique résonant (116) comportant :
- un composant magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8,
 - une capacité (136) connectée en série avec la deuxième bobine (132) et la troisième bobine (134).
10. Convertisseur électrique (102) comportant :
- un générateur de tension (108) conçu pour fournir une tension variable (V) à partir d'une tension continue (Ve),
 - un circuit électrique résonant (116) selon la revendication 9, pour fournir un courant alternatif (ia) à partir de la tension variable (V),
 - un redresseur (138) conçu pour fournir une tension continue (Vs) à une charge électrique (106) à partir du courant alternatif (ia).

11. Convertisseur électrique (102) selon la revendication 10, dans lequel le redresseur (138) comporte :
- une capacité de lissage (142) destinée à être connectée en parallèle de la charge électrique (106),
 - un pont de diodes (140) connecté en entrée aux extrémités de la première bobine (130) et en sortie aux bornes de la capacité de lissage (142).

12. Convertisseur électrique (102) selon la revendication 10, dans lequel le redresseur (138) comporte :

- une capacité de lissage (142) destinée à être connectée en parallèle de la charge électrique (106), une borne de la capacité de lissage (142) étant connectée en un point milieu de la première bobine (130),
- deux diodes (602, 604) au travers desquelles l'autre borne de la capacité de lissage (142) est connectée respectivement aux deux extrémités de la première bobine (130).

13. Système électrique (100) comportant une source de tension (104) telle qu'une batterie de véhicule automobile, une charge électrique (106) telle que des accessoires électrique de véhicule automobile et un convertisseur électrique (102) selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, entre la source de tension (104) et la charge électrique (106).

Figure 1

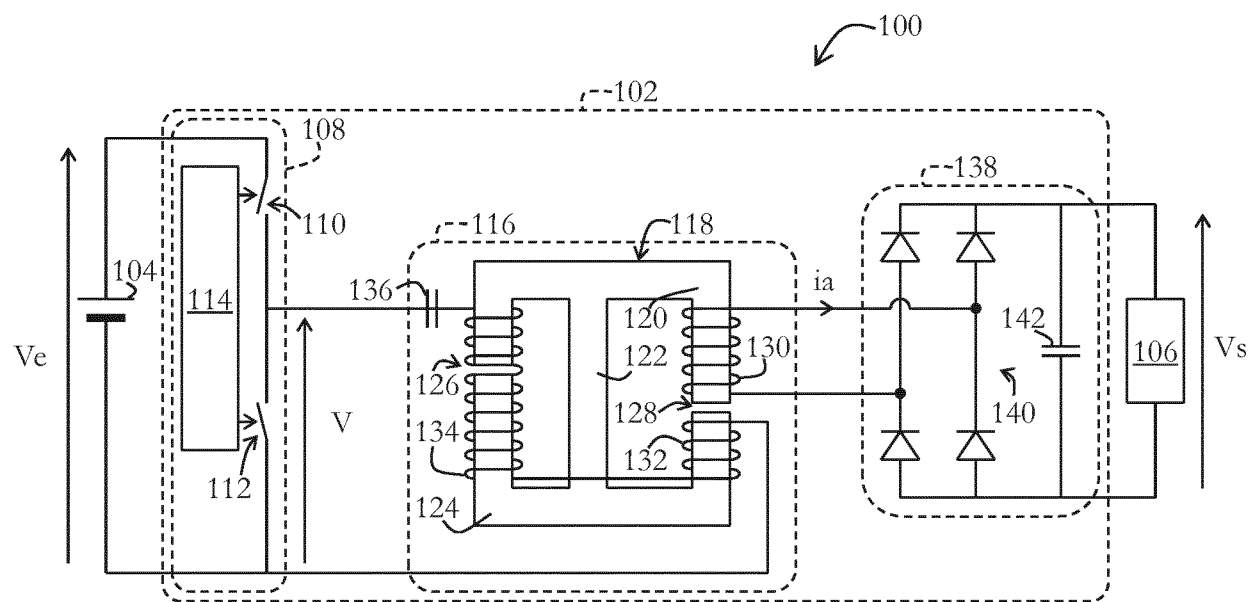
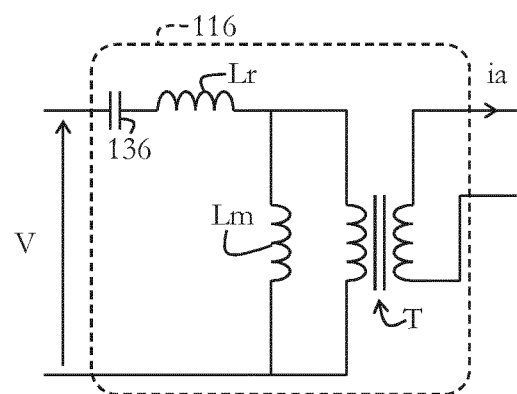


Figure 2



2/3

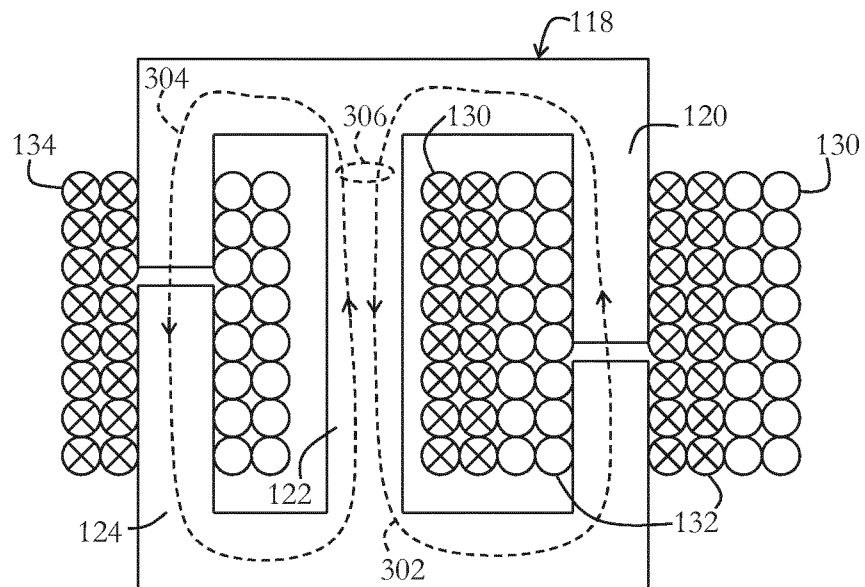
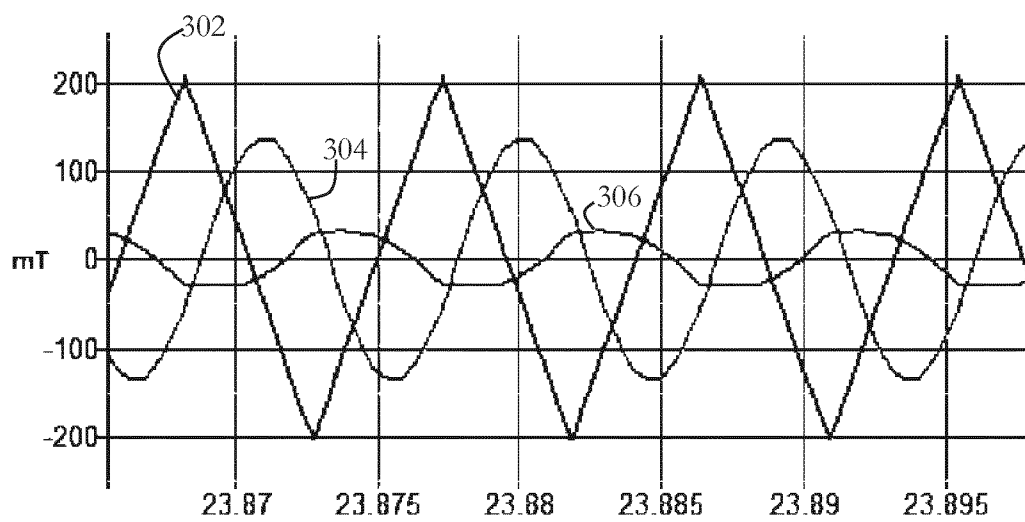
Figure 3**Figure 4**

Figure 5

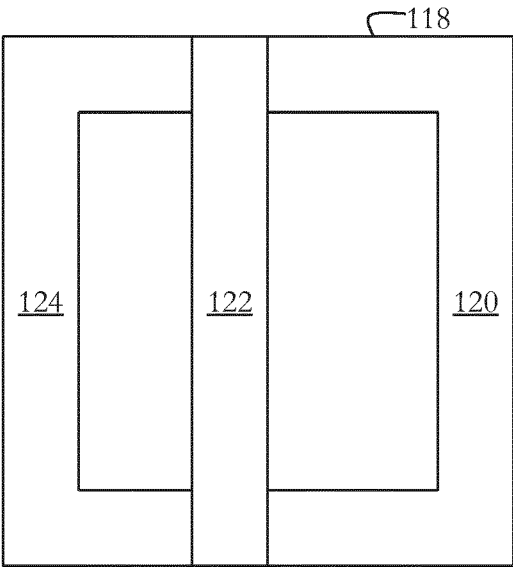


Figure 6

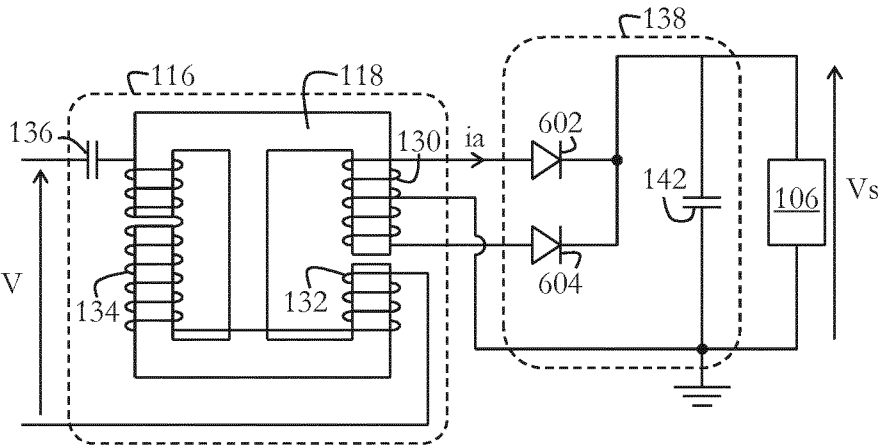
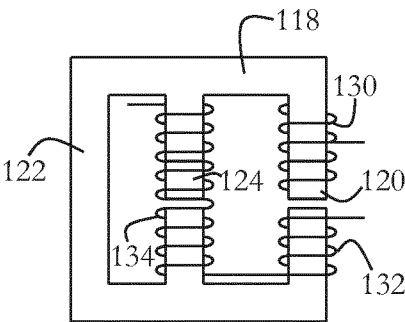


Figure 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01F3/10 H01F3/14 H01F38/06 H02M3/28
ADD. H01F38/02 H02M7/48

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01F H02M

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BO YANG ET AL: "Integrated magnetic for LLC resonant converter", APEC 2002. 17TH. ANNUAL IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION. DALLAS, TX, MARCH 10 - 14, 2002; [ANNUAL APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE], NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. CONF. 17, 10 March 2002 (2002-03-10), pages 346-351, XP010582943, ISBN: 978-0-7803-7404-1	1,3-5, 7-13
Y	the whole document	2,6
X	US 2008/224809 A1 (ZHANG YANJUN [CN] ET AL) 18 September 2008 (2008-09-18)	1,3-5, 7-13
Y	abstract paragraph [0006] - paragraph [0008]; figure 6	2,6
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 April 2017

Date of mailing of the international search report

09/05/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Warneck, Nicolas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053288

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2013/033351 A1 (KIM EUN SOO [KR] ET AL) 7 February 2013 (2013-02-07) abstract figures 2,3,5,6,12 paragraph [0125] - paragraph [0131] -----	2,6
A	WO 92/09136 A1 (SCANPOWER [DK]) 29 May 1992 (1992-05-29) abstract -----	1-13
A	EP 2 624 260 A1 (DET INT HOLDING LTD [KY]) 7 August 2013 (2013-08-07) abstract -----	1-13
A	US 5 783 984 A (KEUNEKE CARL EDWARD [US]) 21 July 1998 (1998-07-21) abstract -----	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/053288

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008224809 A1	18-09-2008	JP 2008205466 A US 2008224809 A1	04-09-2008 18-09-2008
US 2013033351 A1	07-02-2013	CN 102916594 A KR 20130015580 A US 2013033351 A1 US 2014085035 A1	06-02-2013 14-02-2013 07-02-2013 27-03-2014
WO 9209136 A1	29-05-1992	AT 133014 T AU 8904891 A DE 69116379 D1 DE 69116379 T2 DK 271890 A EP 0557378 A1 ES 2082238 T3 US 5335163 A WO 9209136 A1	15-01-1996 11-06-1992 22-02-1996 20-06-1996 27-07-1992 01-09-1993 16-03-1996 02-08-1994 29-05-1992
EP 2624260 A1	07-08-2013	EP 2624260 A1 US 2013201728 A1	07-08-2013 08-08-2013
US 5783984 A	21-07-1998	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2017/053288

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01F3/10 H01F3/14 H01F38/06 H02M3/28 ADD. H01F38/02 H02M7/48		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01F H02M		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	BO YANG ET AL: "Integrated magnetic for LLC resonant converter", APEC 2002. 17TH. ANNUAL IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION. DALLAS, TX, MARCH 10 - 14, 2002; [ANNUAL APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE], NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. CONF. 17, 10 mars 2002 (2002-03-10), pages 346-351, XP010582943, ISBN: 978-0-7803-7404-1	1,3-5, 7-13
Y	le document en entier	2,6
X	US 2008/224809 A1 (ZHANG YANJUN [CN] ET AL) 18 septembre 2008 (2008-09-18)	1,3-5, 7-13
Y	abrégé alinéa [0006] - alinéa [0008]; figure 6	2,6
	----- -/-	
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 24 avril 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 09/05/2017
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Warneck, Nicolas

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2013/033351 A1 (KIM EUN SOO [KR] ET AL) 7 février 2013 (2013-02-07) abrégé figures 2,3,5,6,12 alinéa [0125] - alinéa [0131] -----	2,6
A	WO 92/09136 A1 (SCANPOWER [DK]) 29 mai 1992 (1992-05-29) abrégé -----	1-13
A	EP 2 624 260 A1 (DET INT HOLDING LTD [KY]) 7 août 2013 (2013-08-07) abrégé -----	1-13
A	US 5 783 984 A (KEUNEKE CARL EDWARD [US]) 21 juillet 1998 (1998-07-21) abrégé -----	1-13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2017/053288

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008224809	A1	18-09-2008	JP 2008205466 A	04-09-2008
			US 2008224809 A1	18-09-2008

US 2013033351	A1	07-02-2013	CN 102916594 A	06-02-2013
			KR 20130015580 A	14-02-2013
			US 2013033351 A1	07-02-2013
			US 2014085035 A1	27-03-2014

WO 9209136	A1	29-05-1992	AT 133014 T	15-01-1996
			AU 8904891 A	11-06-1992
			DE 69116379 D1	22-02-1996
			DE 69116379 T2	20-06-1996
			DK 271890 A	27-07-1992
			EP 0557378 A1	01-09-1993
			ES 2082238 T3	16-03-1996
			US 5335163 A	02-08-1994
			WO 9209136 A1	29-05-1992

EP 2624260	A1	07-08-2013	EP 2624260 A1	07-08-2013
			US 2013201728 A1	08-08-2013

US 5783984	A	21-07-1998	AUCUN	
