

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.01.18.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.08.19 Bulletin 19/31.

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 EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée —
FR.

72 Inventeur(s) : LABBE NICOLAS.

73 Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : VALEO EQUIPEMENTS ELEC-
TRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée.

54 DISPOSITIF DE TRANSMISSION DE PUISSANCE SANS CONTACT PAR COUPLAGE INDUCTIF A
RESONANCE POUR RECHARGER UN VEHICULE AUTOMOBILE.

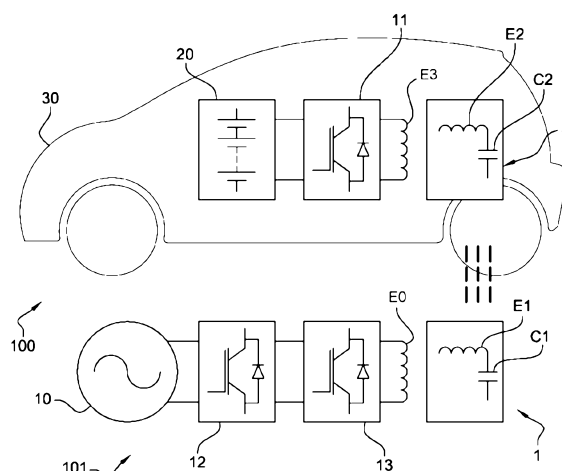
57 Dispositif (100) de transmission de puissance sans
contact par couplage inductif à résonance, notamment pour
charger ou recharger en énergie électrique un véhicule au-
tomobile, comportant :

- une source d'énergie (10), notamment à courant alter-
natif,

- un circuit résonnant émetteur (1) comportant une pre-
mière capacitance (C1) et un premier enroulement (E1), le
premier enroulement (E1) comportant une inductance et
une première résistance, le circuit résonnant émetteur étant
alimenté par la source d'énergie (10),

- un circuit résonnant récepteur (2) comportant une deu-
xième capacitance (C2) et un deuxième enroulement (E2),
le deuxième enroulement (E2) comportant une deuxième in-
ductance, une deuxième résistance,

caractérisé en ce que la valeur d'inductance de la deu-
xième inductance varie de manière prédéterminée



DISPOSITIF DE TRANSMISSION DE PUISSANCE SANS CONTACT PAR COUPLAGE INDUCTIF A RESONANCE POUR RECHARGER UN VEHICULE AUTOMOBILE

- 5 La présente invention porte sur un circuit résonnant récepteur et sur un dispositif de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance pour charger ou recharger un véhicule automobile.

De façon connue en soi, il est techniquement possible d'alimenter par transmission sans contact un véhicule automobile ou tout autre objet muni
10 d'un dispositif de stockage d'énergie électrique à une puissance comprise entre 3 et 10 kW, lorsque cet objet est à l'arrêt (on parle dans ce cas de charge statique), ou lorsque celui-ci se déplace (on parle alors de charge dynamique. Cette alimentation par transmission sans contact se fait alors au moyen de circuits électriques distants couplés magnétiquement et accordés
15 à la même fréquence. Les circuits couplés magnétiquement comportant chacun au moins un élément LC résonnant, L et C désignant respectivement des inductances et capacitances.

Le problème avec ce type de solution est que pour transmettre un niveau de puissance satisfaisant, notamment plusieurs kW, il faut opérer à des
20 fréquences élevées, notamment de l'ordre de 85 kHz ou plus, pour la fréquence de travail et pour la fréquence propre de chaque circuit résonnant. En outre, ce type de solution nécessite d'opérer à faible distance entre les éléments résonnants situés à la source et à la charge.

Opérer à un tel niveau élevé de fréquence se traduit principalement par la
25 nécessité d'employer des composants coûteux comme des ferrites doux et du fil conducteur de Litz dont les brins sont de toute petite section, par exemple inférieure ou égale à 0,07 mm de diamètre.

L'invention a pour but de pallier, au moins en partie, ces inconvénients.

A cet effet, l'invention a pour objet un circuit résonnant récepteur pour
30 réaliser une transmission de puissance sans contact par couplage inductif à

résonance avec un circuit résonnant émetteur comportant une première capacitance et un premier enroulement, le premier enroulement comportant une inductance et une première résistance,

le circuit résonnant récepteur comportant une deuxième capacitance de valeur $C2'$ et un deuxième enroulement, le deuxième enroulement comportant une deuxième inductance de valeur $L2'$, une deuxième résistance de valeur $R2'$,

le circuit résonnant récepteur ayant une pulsation propre $\omega2$ telle que $\omega2 = 1/\sqrt{(L2' \times C2')}$ et une fréquence propre $f2$ telle que $f2 = \omega2 / (2\pi)$,
 caractérisé en ce que la valeur d'inductance de la deuxième inductance ($L2$) varie de manière prédéterminée.

L'invention permet de faire croître l'amplitude d'un courant électrique d'amorçage fourni par le circuit résonnant émetteur au circuit résonnant récepteur, lorsque le circuit résonnant émetteur est couplé magnétiquement au circuit résonnant récepteur.

Selon une mise en œuvre, la valeur d'inductance de la deuxième inductance varie selon une fréquence prédéterminée et selon une amplitude de variation d'inductance hL prédéterminée autour d'une valeur moyenne $L2_{moy}$, de sorte que la pulsation propre varie selon une amplitude de variation de pulsation $h\omega$ prédéterminée autour d'une valeur moyenne $\omega2_{moy}$, avec $\omega2_{moy} = 1/\sqrt{(L2_{moy} \times C2')}$.

L'invention permet ainsi de réaliser une amplification de l'amplitude du courant et de la tension, au niveau du circuit résonnant récepteur, avec un gain d'amplification suffisamment élevé pour permettre d'opérer à une fréquence plus basse, et/ou à une distance plus élevée.

Selon une mise en œuvre, la fréquence prédéterminée est choisie de sorte à faire croître l'amplitude du courant électrique circulant dans circuit résonnant récepteur, en croissance exponentielle.

L'invention permet ainsi, par l'introduction d'un gain d'amplification, de transmettre un niveau satisfaisant de puissance par un procédé sans contact entre un circuit résonnant émetteur et un circuit résonnant récepteur, malgré

la mise en œuvre d'une fréquence de niveau très faible par rapport à l'état de l'art.

Selon une mise en œuvre, la deuxième capacitance a une valeur sensiblement constante.

- 5 Selon une mise en œuvre, le circuit résonnant récepteur est agencé pour être accordé au circuit résonnant émetteur. En conséquence, le circuit résonnant récepteur et le circuit résonnant émetteur ont sensiblement la même fréquence propre.

- 10 Selon une mise en œuvre, la fréquence prédéterminée est égale à deux fois la fréquence propre du circuit résonnant récepteur à une tolérance près.

Une telle fréquence prédéterminée permet de faire croître l'amplitude du courant électrique circulant dans circuit résonnant récepteur.

Selon une mise en œuvre, la tolérance ε est telle que $\varepsilon = \sqrt{((1/2) \times hL \times \omega_{2\text{moy}})^2 - (R_2' / L_2')^2}$.

- 15 Ainsi, la fréquence prédéterminée est comprise entre $(2xf_2) - \varepsilon$ et $(2xf_2) + \varepsilon$.

Selon une mise en œuvre, l'amplitude de variation de pulsation prédéterminée $h\omega$ est supérieure strictement à $2 \times (R_2' / L_2') \times \sqrt{(L_2' \times C_2')}$.

- 20 Selon une mise en œuvre, la deuxième inductance est formée par un ensemble à réluctance magnétique variable comportant un rotor et un stator avec présence d'un entrefer entre eux,

- le stator (3) comportant un solénoïde (5) et une pluralité de bras statoriques (4), l'ensemble des bras statoriques (4) formant un unique pôle magnétique lorsque le solénoïde (5) est parcouru par un courant électrique et le pôle étant notamment considéré du côté de l'entrefer,
- 25 - le rotor (6) comportant une pluralité de bras rotoriques (7) formant un unique pôle magnétique lorsque le solénoïde (5) est parcouru par un courant électrique et le pôle étant notamment considéré du côté de l'entrefer.

Selon une mise en œuvre, deux bras rotoriques adjacents sont séparés deux à deux par une portion amagnétique.

Selon une mise en œuvre, deux bras statoriques adjacents sont séparés deux à deux par une portion amagnétique.

Selon une mise en œuvre, le nombre de bras statoriques est égal au nombre de bras rotoriques.

- 5 En variante, le nombre de bras statoriques est différent du nombre de bras rotoriques

10 Selon une mise en œuvre, chaque bras statorique s'étend dans une direction radiale par rapport à l'axe de rotation du rotor et comporte un paquet de tôles magnétiques feuilleté dont l'empilement est notamment réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à la direction radiale dans laquelle s'étend le bras statorique.

Selon une mise en œuvre, l'empilement est réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à l'axe de rotation du rotor.

- 15 En variante, l'empilement est réalisé dans une direction parallèle à l'axe de rotation du rotor.

20 Selon une mise en œuvre, chaque bras rotorique s'étend dans une direction radiale par rapport à l'axe de rotation du rotor et comporte un paquet de tôles magnétiques feuilleté dont l'empilement est notamment réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à la direction radiale dans laquelle s'étend le bras rotorique.

Selon une mise en œuvre, l'empilement est réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à l'axe de rotation du rotor.

En variante, l'empilement est réalisé dans une direction parallèle à l'axe de rotation du rotor.

- 25 Selon une mise en œuvre, le rotor comporte un arbre amagnétique.

Ceci permet que le flux ne passe que par les bras rotoriques et non par l'arbre, dans une direction axiale.

Selon une mise en œuvre, chaque bras rotorique comporte une portion en saillie, notamment disposée radialement du côté de l'axe de rotation du rotor.

Ceci permet un bon maintien des bras rotoriques sur l'arbre et permet de limiter les flux de fuites en canalisant le flux magnétique issu d'une source magnétique externe.

Selon une mise en œuvre, le solénoïde comporte une spire à plat, ou une pluralité de spires s'étendant de manière concentrique et/ou s'étendant de manière axiale, les spires étant notamment dépourvues de fil de Litz.

Selon une mise en œuvre, le solénoïde est agencé de sorte qu'un courant alternatif circulant dans les spires soit inférieur strictement à 3 kHz.

Selon une mise en œuvre, les spires comportent du fil de Litz dont la section a un diamètre strictement supérieur à 0,2 mm, notamment strictement supérieur à 0,3 mm.

Ceci permet de diminuer le nombre de fils et donc de simplifier grandement la mise en œuvre du solénoïde.

Selon une mise en œuvre, le rotor est accouplé à un moteur pour lui permettre d'être entraîné en rotation notamment à une vitesse prédéterminée Ω , cette vitesse étant exprimée en tours/s et étant telle que $\Omega = ((2 \times f_2) \pm \varepsilon) / (N)$, N étant le nombre de bras statoriques.

Selon une mise en œuvre, la deuxième capacitance comporte un condensateur polypropylène, notamment d'au moins 900 μF .

L'invention a également pour objet un dispositif de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance, notamment pour charger ou recharger en énergie électrique un véhicule automobile, comportant :

- une source d'énergie, notamment à courant alternatif,
- un circuit résonnant émetteur comportant une première capacitance et un premier enroulement, le premier enroulement comportant une inductance et une première résistance, le circuit résonnant émetteur étant alimenté par la source d'énergie,

– un circuit résonnant récepteur tel que décrit précédemment.

L'invention a encore pour objet un ensemble de charge ou de recharge sans contact d'un véhicule automobile, comportant :

- un dispositif de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance tel que décrit précédemment,
- un redresseur, relié électriquement au circuit résonnant récepteur, pour redresser un courant électrique généré par la variation du champ magnétique issu du circuit résonnant émetteur,
- un dispositif de stockage d'énergie électrique, chargé par le redresseur.

- 10 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

La figure 1 est une représentation schématique d'un ensemble de charge ou de recharge sans contact d'un véhicule automobile selon l'invention;

- 15 La figure 2 est une représentation schématique d'un dispositif de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance selon l'invention;

La figure 3 est une représentation schématique d'un ensemble à réluctance magnétique variable selon l'invention; et

- 20 La figure 4 est une représentation schématique de l'ensemble de la figure 3, selon la coupe A-A.

- Comme visible à la figure 1, un véhicule automobile 30 embarque un dispositif de stockage d'énergie électrique 20, notamment une batterie 20 pour l'alimentation en énergie électrique d'un moteur électrique de traction non représenté ainsi que le réseau de bord du véhicule automobile 30. La batterie 20 du véhicule automobile 30 a par exemple une tension nominale de 48V ou de 300V et peut être chargée ou rechargée sans contact à l'aide d'un dispositif de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance 100.

Dans l'exemple de la figure 1, le dispositif de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance 100 comporte une source d'énergie 10 à courant alternatif alimentant un redresseur 12, le redresseur 12 étant relié électriquement à un onduleur 13 qui alimente ainsi un circuit résonnant émetteur 1 en courant alternatif selon une fréquence supérieure à celle de la source 10. En variante, la source d'énergie 10 pourrait être à une fréquence utilisable directement sans nécessiter d'avoir recours à un redresseur 12 et un onduleur 13. Dans l'exemple de la figure 1, c'est l'enroulement E0 qui est alimenté via la connexion filaire à la source d'énergie 10. Cet enroulement E0 alimente alors le circuit résonnant émetteur 1 par couplage inductif.

En variante non représentée, la source d'énergie 10 à courant alternatif pourrait alimenter directement le circuit résonnant émetteur 1 en courant alternatif.

Dans l'exemple de la figure 1, le circuit résonnant émetteur 1 comportant une première capacitance C1 et un premier enroulement E1.

Le dispositif de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance 100 comporte en outre un circuit résonnant récepteur 2 comportant une deuxième capacitance C2 et un deuxième enroulement E2.

Lorsque le circuit résonnant émetteur 1 est couplé magnétiquement au circuit résonnant récepteur 2, il y a transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance au circuit résonnant récepteur 2. Ce couplage magnétique a lieu lorsque les premier E1 et deuxième E2 enroulements sont à proximité l'un de l'autre. Dans l'exemple considéré, ce couplage a lieu lorsque les premier E1 et deuxième E2 enroulements sont sensiblement à une distance comprise entre 10 cm et 1 m. Dans un autre exemple, le couplage a lieu, même si les performances sont dégradées, lorsque la distance est comprise entre 1 m et 10 m.

Comme visible à la figure 2, la source d'énergie 10 est reliée à une résistance R0 en série avec une bobine d'émission L0. L'enroulement E0 représenté à la figure 1 comporte en effet la résistance parasite R0 en série

avec une bobine d'émission L0. Sur la figure 2, le redresseur 12 et l'onduleur 13 n'ont pas été représentés pour plus de simplicité.

Comme visible à la figure 2, le circuit résonnant émetteur 1 est constitué d'un circuit RLC. En effet, le circuit résonnant émetteur 1 comporte une première inductance L1 en série avec une première résistance R1 et une première capacitance C1. Le premier enroulement E1 représenté à la figure 1 comporte en effet la résistance parasite R1 en série avec la première inductance L1.

La bobine d'émission L0 est couplée magnétiquement à la première inductance L1.

Le circuit résonnant récepteur 2 est constitué d'un circuit RLC. En effet, le circuit résonnant récepteur 2 comporte une deuxième inductance L2 en série avec une deuxième résistance R2 et une deuxième capacitance C2. Le deuxième enroulement E2 représenté à la figure 1 comporte en effet la résistance parasite R2 en série avec la première inductance L2.

La deuxième capacitance C2 comporte un condensateur polypropylène, d'au moins 900 μF .

Dans l'exemple représenté, le circuit résonnant émetteur 1 et le circuit résonnant récepteur 2 sont accordés. Le circuit résonnant récepteur et le circuit résonnant émetteur ont ainsi sensiblement la même fréquence propre.

Comme visible à la figure 2, une bobine de réception L3 est reliée électriquement à une résistance R3 représentant schématiquement une résistance parasite en série avec la charge constituée par le redresseur 11 et la batterie 20 de la figure 1.

L'enroulement E3 représenté à la figure 1 comporte ici la résistance parasite en série avec la bobine de réception L3.

La bobine de réception L3 est couplée magnétiquement à la deuxième inductance L2.

Dans l'exemple des figures 1 et 2, le circuit résonnant émetteur 1 et la bobine d'émission L0 sont situés au sol, tandis que le circuit résonnant récepteur 2 et la bobine de réception L3 sont situés à bord du véhicule.

Dans l'exemple des figures 1 et 2, la deuxième capacitance a une valeur C2',
 5 la deuxième inductance a une valeur L2', et la deuxième résistance a une valeur R2'. En outre, le circuit résonnant récepteur 1 a pour pulsation propre ω_2 telle que $\omega_2 = 1/\sqrt{L_2' \times C_2'}$ et pour fréquence propre f2 telle que $f_2 = \omega_2 / (2\pi)$.

10 La valeur d'inductance de la deuxième inductance L2 varie de manière prédéterminée.

Plus précisément, la valeur d'inductance de la deuxième inductance L2 varie selon une fréquence prédéterminée et selon une amplitude de variation d'inductance hL prédéterminée autour d'une valeur moyenne L2moy, de sorte que la pulsation propre varie selon une amplitude de variation de
 15 pulsation h ω prédéterminée autour d'une valeur moyenne ω_{2moy} , avec $\omega_{2moy} = 1/\sqrt{L_{2moy} \times C_2'}$.

La fréquence prédéterminée étant choisie de sorte à faire croître l'amplitude du courant électrique alternatif circulant dans le circuit résonnant récepteur 2, en croissance exponentielle.

20 La deuxième capacitance C2 a une valeur sensiblement constante. On entend par valeur sensiblement constante, la valeur de cette capacitance, non comprises les variations de celle-ci liées à la température ou à l'usure ou tout autre facteur physique.

Le fréquence prédéterminée est égale à deux fois la fréquence propre du
 25 circuit résonnant récepteur à une tolérance ε près. Cette tolérance ε est telle que $\varepsilon = \sqrt{((1/2) \times hL \times \omega_{2moy})^2 - (R_2' / L_2')^2}$.

Ainsi, la fréquence prédéterminée est comprise entre $(2xf_2) - \varepsilon$ et $(2xf_2) + \varepsilon$.

Une telle fréquence prédéterminée permet de faire croître l'amplitude du courant électrique circulant dans circuit résonnant récepteur.

Selon une mise en œuvre, l'amplitude de variation de pulsation prédéterminée hw est supérieure strictement à $2 \times (R2' / L2') \times \sqrt{(L2' \times C2')}$.

Un exemple de réalisation de la deuxième inductance $L2$ est décrit en lien avec les figures 3 et 4.

- 5 La deuxième inductance $L2$ est ici formée par un ensemble à réluctance magnétique variable comportant un rotor 6 et un stator 3 avec présence d'un entrefer entre eux. Le stator 3 comporte un solénoïde 5 et une pluralité de bras statoriques 4, l'ensemble des bras statoriques 4 formant un unique pôle magnétique lorsque le solénoïde 5 est parcouru par un courant électrique. Le
- 10 pôle est ici considéré du côté de l'entrefer. Le rotor 6 comporte une pluralité de bras rotoriques 7 formant un unique pôle magnétique lorsque le solénoïde 5 est parcouru par un courant électrique. Le pôle est ici considéré du côté de l'entrefer.

- Comme on peut le voir à la figure 3, deux bras rotoriques 7 adjacents sont
- 15 séparés deux à deux par une portion amagnétique et deux bras statoriques 4 adjacents sont séparés deux à deux par une portion amagnétique. Dans l'exemple considéré, le nombre de bras statoriques 4 est égal au nombre de bras rotoriques 7, en l'occurrence, ce nombre est égal à 12.

- Ainsi, le stator 3 présente une pluralité de saillances, toutes de même
- 20 polarité, cette polarité au sens de l'orientation nord ou sud, étant fonction de la phase du courant traversant le solénoïde 5. En outre, le rotor 6 présente une pluralité de saillances, toutes de même polarité, cette polarité au sens de l'orientation nord ou sud, étant fonction de la phase du courant traversant le solénoïde 5. Le stator 3 et le rotor 6 ont chacun le même nombre de
- 25 saillances magnétiques, séparées par des absences de matière magnétique.

- Chaque bras statorique 4 s'étend dans une direction radiale par rapport à l'axe de rotation X du rotor et comporte un paquet de tôles magnétiques feuilleté dont l'empilement est réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à la direction radiale dans laquelle s'étend le bras statorique 4. Dans
- 30 l'exemple considéré, l'empilement est réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à l'axe de rotation X du rotor 6.

Chaque bras rotorique 7 s'étend dans une direction radiale par rapport à l'axe de rotation X du rotor et comporte un paquet de tôles magnétiques feuilleté dont l'empilement est réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à la direction radiale dans laquelle s'étend le bras rotorique 7. Dans
 5 l'exemple considéré, l'empilement est réalisé dans une direction orthoradiale par rapport à l'axe de rotation X du rotor.

Le rotor 6 comporte un arbre 8 qui est réalisé dans un matériau amagnétique. Ceci permet que le flux ne passe que par les bras rotoriques 7 et non par l'arbre 8, dans une direction axiale.

10 Dans l'exemple considéré, l'arbre 8 amagnétique du rotor 6 est ni feuilleté ni en ferrite doux afin d'éviter la formation de courants induits préjudiciables dans ledit arbre 8.

Comme on peut le voir à la figure 4, chaque bras rotorique 7 comporte une portion faisant saillie, notamment disposée radialement du côté de l'axe de rotation X du rotor 6. Ceci permet de canaliser le flux magnétique tout en permettant un meilleur maintien mécanique de l'ensemble constituant le rotor
 15 6.

Dans l'exemple de la figure 3, le solénoïde 5 comporte une pluralité de spires s'étendant de manière concentrique. Dans l'exemple de la figure 4, le
 20 solénoïde 5 peut comporter une pluralité de spires s'étendant de manière axiale. En variante non représentée, le solénoïde 5 peut comporter une unique spire à plat.

Les spires sont dépourvues de fil de Litz. En variante, les spires comportent du fil de Litz dont la section a un diamètre strictement supérieur à 0,2 mm,
 25 notamment strictement supérieur à 0,3 mm.

Le solénoïde 5 est agencé de sorte qu'un courant alternatif circulant dans les spires le composant, soit de fréquence strictement inférieure à 3 kHz.

Un moteur électrique non représenté est accouplé à l'arbre 8 pour permettre d'entraîner en rotation le rotor 6 à une vitesse prédéterminée Ω exprimée en
 30 tours/s et étant telle que $\Omega = ((2 \times f_0) \pm \varepsilon) / (N)$, N étant le nombre de bras

statoriques 4. Cette vitesse prédéterminée est considérée en régime permanent, c'est-à-dire à la fin d'un régime transitoire électro-mécanique.

Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre d'exemple uniquement et ne limite pas le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas
5 en remplaçant les différents éléments par tous autres équivalents.

En outre, les différentes caractéristiques, variantes, et/ou formes de réalisation de la présente invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons, dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

REVENDICATIONS

1. Circuit résonnant récepteur (2) pour réaliser une transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance avec un circuit résonnant émetteur (1) comportant une première capacitance (C1) et un premier enroulement (E1), le premier enroulement (E1) comportant une inductance (L1) et une première résistance (R1),
 5 le circuit résonnant récepteur (2) comportant une deuxième capacitance (C2) de valeur C2' et un deuxième enroulement (E2), le deuxième enroulement (E2) comportant une deuxième inductance (L2) de valeur L2', une deuxième résistance (R2) de valeur R2',
 10 le circuit résonnant récepteur (2) ayant une pulsation propre ω_2 telle que $\omega_2 = 1/\sqrt{L_2' \times C_2'}$ et une fréquence propre f_2 telle que $f_2 = \omega_2/(2\pi)$,
 15 caractérisé en ce que la valeur d'inductance de la deuxième inductance (L2) varie de manière prédéterminée.
2. Circuit (2) selon la revendication précédente, la valeur d'inductance de la deuxième inductance (L2) variant selon une fréquence prédéterminée et selon une amplitude de variation d'inductance hL prédéterminée autour d'une valeur moyenne L_{2moy} , de sorte que la pulsation propre varie selon une amplitude de variation de pulsation $h\omega$ prédéterminée autour d'une valeur moyenne ω_{2moy} , avec $\omega_{2moy} = 1/\sqrt{L_{2moy} \times C_2'}$.
 20
3. Circuit (2) selon la revendication précédente, la fréquence prédéterminée étant choisie de sorte à faire croître l'amplitude du courant électrique circulant dans le circuit résonnant récepteur (2), en croissance exponentielle.
 25
4. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, le circuit résonnant récepteur (2) étant agencé pour être accordé au circuit résonnant émetteur (1).
5. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la fréquence prédéterminée est égale à deux
 30

fois la fréquence propre du circuit résonnant récepteur (2) à une tolérance ε près.

6. Circuit (2) selon la revendication précédente, la tolérance ε étant telle que $\varepsilon = \sqrt{((1/2) \times hL \times \omega_{2moy})^2 - (R2'/L2')^2}$.
- 5 7. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, l'amplitude de variation de pulsation prédéterminée étant supérieure strictement à $2 \times (R2' / L2') \times \sqrt{(L2' \times C2')}$.
8. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, la deuxième inductance (L2) étant formée par un ensemble à réluctance magnétique variable comportant un rotor (6) et un stator (3) avec présence d'un entrefer entre eux,
 - le stator (3) comportant un solénoïde (5) et une pluralité de bras statoriques (4), l'ensemble des bras statoriques (4) formant un unique pôle magnétique lorsque le solénoïde (5) est parcouru par un courant électrique et le pôle étant notamment considéré du côté de l'entrefer,
 - le rotor (6) comportant une pluralité de bras rotoriques (7) formant un unique pôle magnétique lorsque le solénoïde (5) est parcouru par un courant électrique et le pôle étant notamment considéré du côté de l'entrefer.
- 10 9. Circuit (2) selon la revendication précédente, le nombre de bras statoriques (4) étant égal au nombre de bras rotoriques (7).
10. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, chaque bras statorique (4) s'étendant dans une direction radiale par rapport à l'axe de rotation du rotor et comportant un paquet de tôles magnétiques feuilleté dont l'empilement est notamment réalisé dans
 - 25 une direction orthoradiale par rapport à la direction radiale dans laquelle s'étend le bras statorique (4).
11. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, chaque bras rotorique (7) s'étendant dans une direction radiale par rapport à
 - 30 l'axe de rotation du rotor et comportant un paquet de tôles magnétiques feuilleté dont l'empilement est notamment réalisé dans

une direction orthoradiale par rapport à la direction radiale dans laquelle s'étend le bras rotorique (7).

12. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, le solénoïde (5) comportant une spire à plat, ou une pluralité de spires s'étendant de manière concentrique et/ou s'étendant de manière axiale, les spires étant notamment dépourvues de fil de Litz.
13. Circuit (2) selon l'une des revendications 8 à 13, le rotor (6) étant accouplé à un moteur pour lui permettre d'être entraîné en rotation notamment à une vitesse prédéterminée Ω , cette vitesse étant exprimée en tours/s et étant telle que $\Omega = ((2 \times f_2) \pm \varepsilon) / (N)$, N étant le nombre de bras statoriques.
14. Circuit (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, la deuxième capacitance (C2) comportant un condensateur polypropylène, notamment d'au moins 900 μF .
15. Dispositif (100) de transmission de puissance sans contact par couplage inductif à résonance, notamment pour charger ou recharger en énergie électrique un véhicule automobile, comportant :
 - une source d'énergie (10), notamment à courant alternatif,
 - un circuit résonnant émetteur (1) comportant une première capacitance (C1) et un premier enroulement (E1), le premier enroulement (E1) comportant une inductance (L1) et une première résistance (R1), le circuit résonnant émetteur étant alimenté par la source d'énergie (10),
 - un circuit résonnant récepteur (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

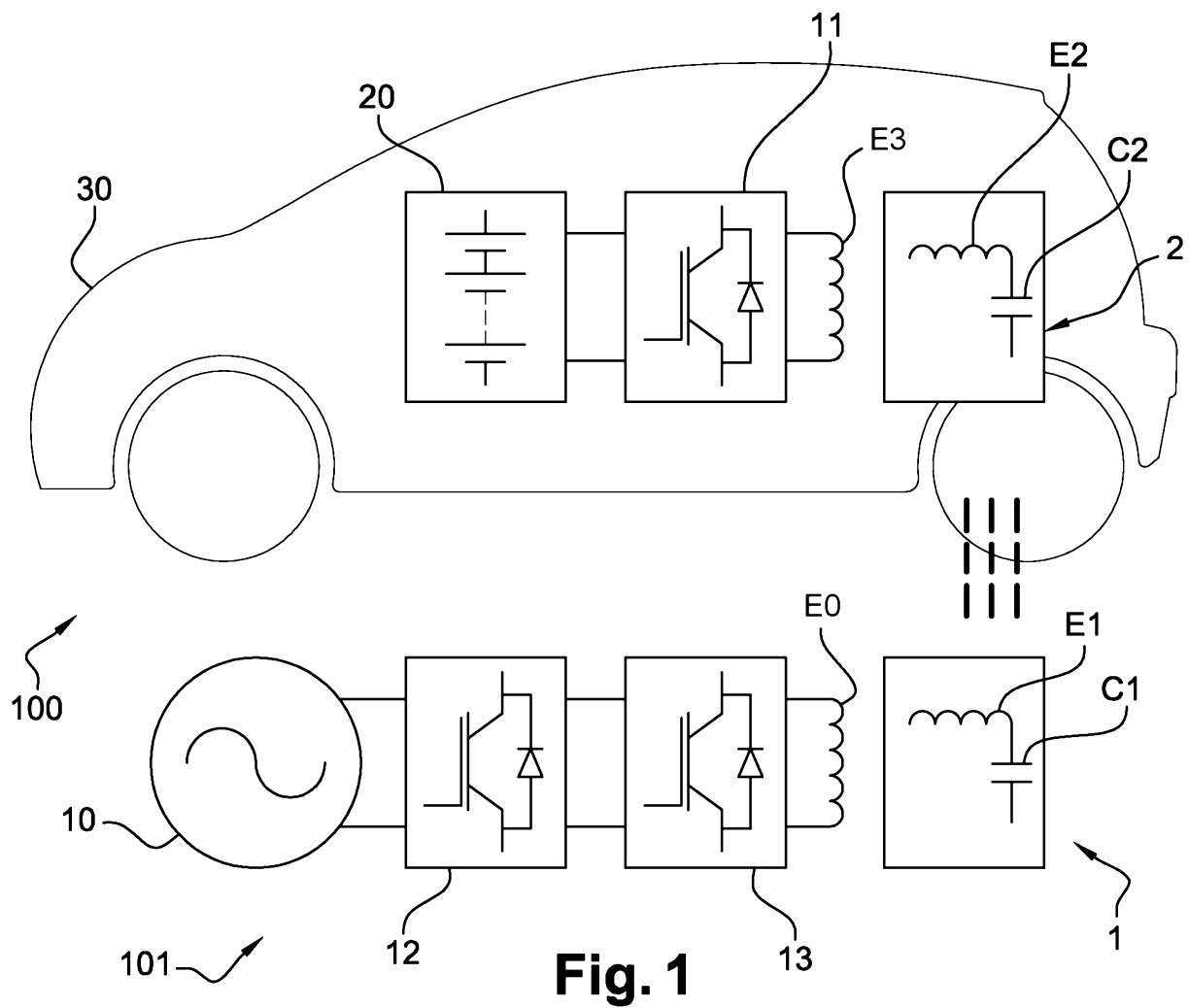


Fig. 1

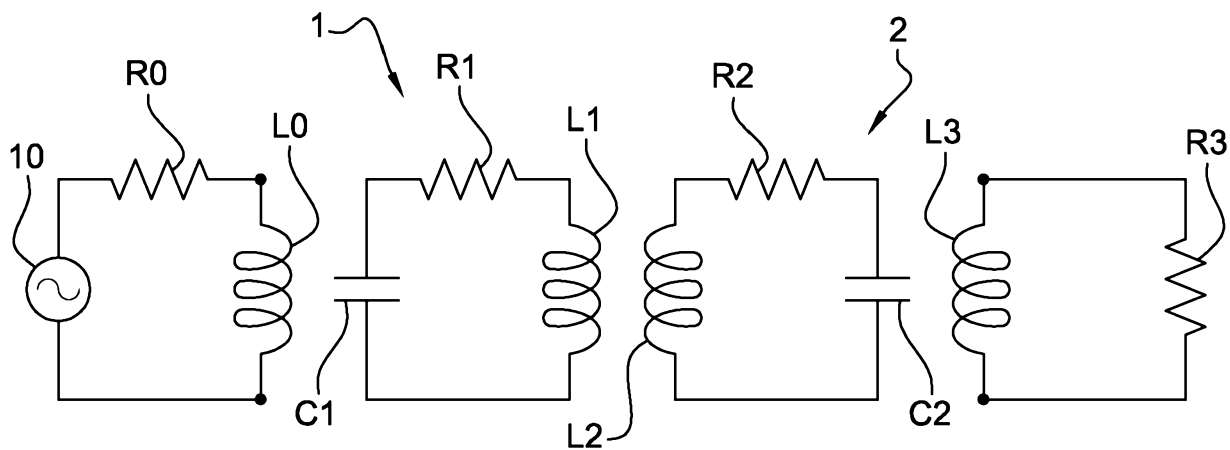


Fig. 2

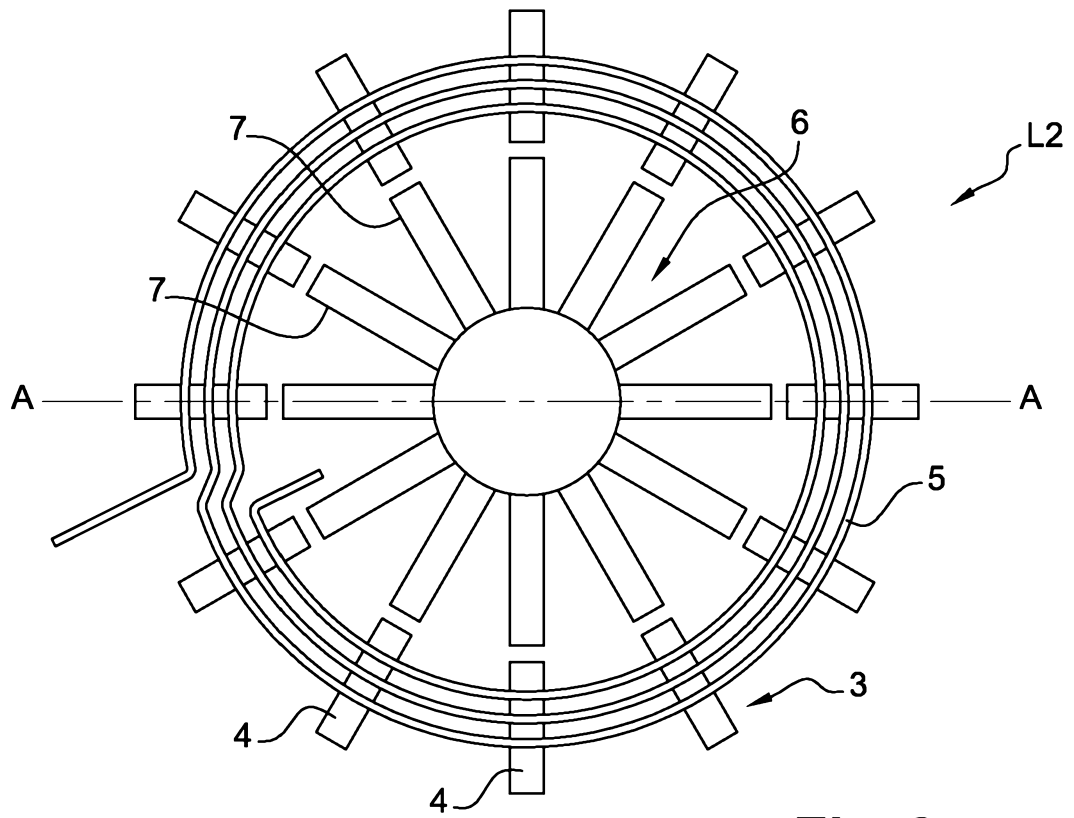


Fig. 3

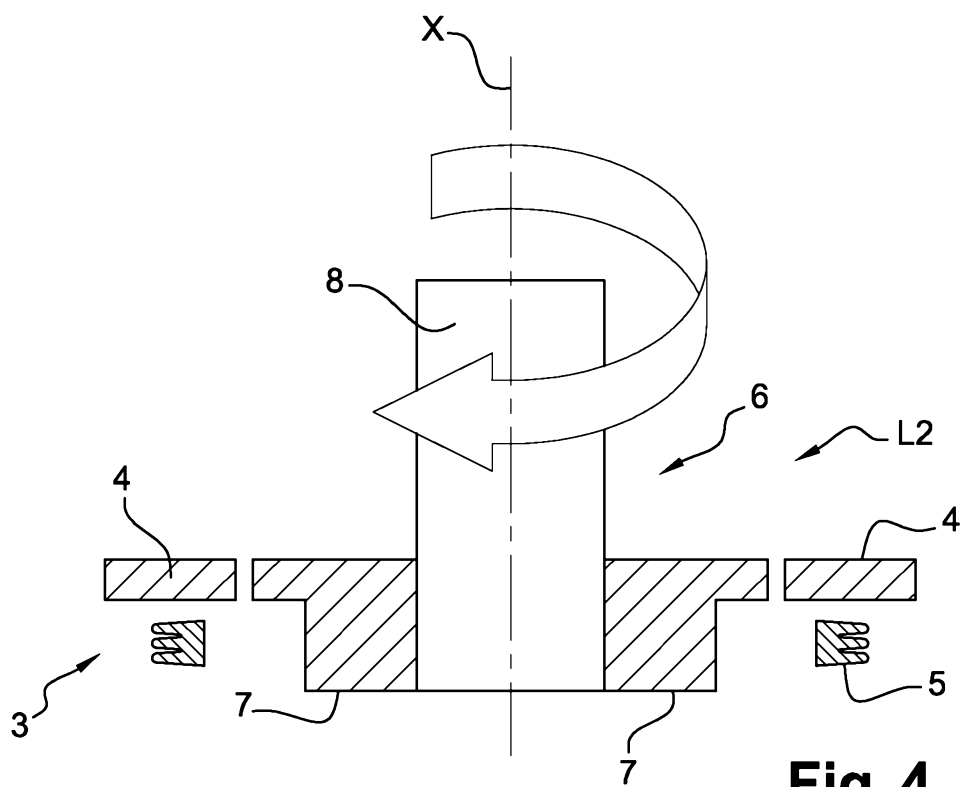


Fig. 4

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 853026
FR 1850784

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	JAMES J ET AL: "A variable inductor based tuning method for ICPT pickups", POWER ENGINEERING CONFERENCE, 2005. IPEC 2005. THE 7TH INTERNATIONAL SINGAPORE 29-02 NOV. 2005, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 29 novembre 2005 (2005-11-29), page 1142, XP031330795, ISBN: 978-981-05-5702-7 * I - Introduction; II Tuning Circuit Description; III - Analysis *	1,4,14, 15	H02J50/10
X	US 2007/109708 A1 (HUSSMAN STEPHAN H [DE] ET AL) 17 mai 2007 (2007-05-17) * alinéa [0047] - alinéa [0056]; figures 1,2 *	1,4,14, 15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H02J H01F B60L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 octobre 2018		Braccini, Roberto	
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 1850784 FA 853026**

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 **01-10-2018**

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 2007109708 A1	17-05-2007	AU 2004241915 A1	02-12-2004
		AU 2010241352 A1	02-12-2010
		CA 2526544 A1	02-12-2004
		CN 1813384 A	02-08-2006
		EP 1634355 A1	15-03-2006
		JP 4614961 B2	19-01-2011
		JP 2007501600 A	25-01-2007
		US 2007109708 A1	17-05-2007
		WO 2004105208 A1	02-12-2004
