



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

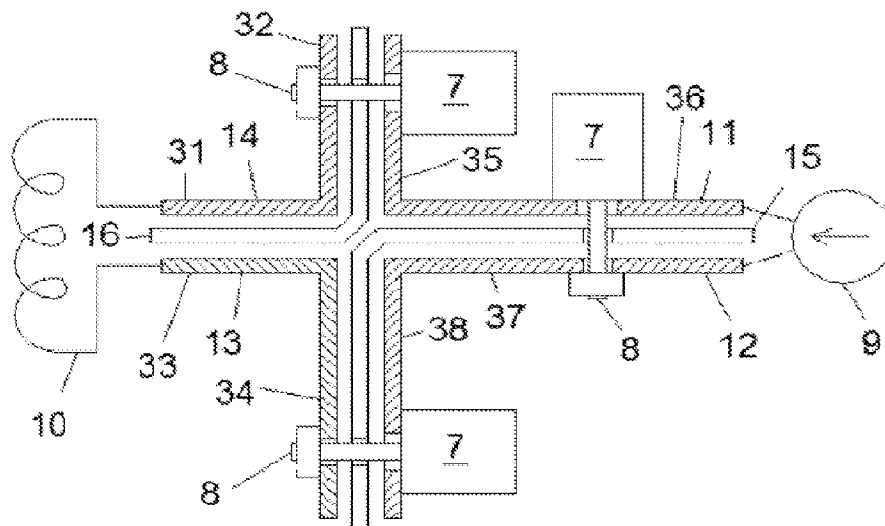
(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2020/12/30
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2021/07/08
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2022/06/28
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2020/052641
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2021/136918
(30) Priorité/Priority: 2019/12/30 (FR FR1915719)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01G 2/04* (2006.01),
H01G 2/08 (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
FIVES CELES, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
KEZER, TONY, FR;
MARK, ALAIN, FR
(74) Agent: ANGLEHART ET AL.

(54) Titre : DISPOSITIF POUR CONNECTER UNE SOURCE DE PUISSANCE A UN INDUCTEUR
(54) Title: DEVICE FOR CONNECTING A POWER SOURCE TO AN INDUCTOR

[Fig. 3]



(57) Abrégé/Abstract:

Dispositif pour connecter une source (9) de puissance à un inducteur (10) comprenant au moins trois plaques (11 -14, 20) de connexion en matériau conducteur auxquelles sont raccordées électriquement un nombre quelconque de condensateurs (7), les plaques de connexion permettant une liaison électrique entre la source de puissance et l'inducteur selon un montage parallèle, série ou série-parallèle, caractérisé en ce qu'au moins deux plaques de connexion sont pliées sensiblement à 90° formant chacune deux demi-plaques (31 - 38) sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre, chaque demi-plaque étant raccordée électriquement à une plaque (11 -14, 20) de connexion différente



Date de soumission : 2022/06/28

No de la demande can. : 3163231

Abrégé:

Dispositif pour connecter une source (9) de puissance à un inducteur (10) comprenant au moins trois plaques (11 -14, 20) de connexion en matériau conducteur auxquelles sont raccordées électriquement un nombre quelconque de condensateurs (7), les plaques de connexion permettant une liaison électrique entre la source de puissance et l'inducteur selon un montage parallèle, série ou série-parallèle, caractérisé en ce qu'au moins deux plaques de connexion sont pliées sensiblement à 90° formant chacune deux demi-plaques (31 - 38) sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre, chaque demi-plaque étant raccordée électriquement à une plaque (11 -14, 20) de connexion différente

DESCRIPTION

TITRE : DISPOSITIF POUR CONNECTER UNE SOURCE DE PUISSANCE A UN INDUCTEUR

5

Désignation du domaine technique concerné

10 L'invention est relative aux dispositifs de montage de condensateurs utilisés dans des circuits oscillants d'équipements de chauffage par induction.

Problèmes techniques auxquels répond l'invention

15 Les dispositifs de montage de condensateurs dans des circuits oscillants comprennent des plaques de connexion en matériau conducteur d'électricité, typiquement en cuivre, sur lesquelles sont montés des condensateurs. Plusieurs condensateurs sont généralement montés sur une plaque, leur nombre étant lié à leur capacité unitaire, la
20 capacité totale recherchée et les caractéristiques électriques du circuit oscillant (tension, courant et fréquence).

Les dispositifs de montage de condensateurs actuels proposent typiquement une mise en parallèle des plaques de connexions (montage en ligne) comme cela est illustré schématiquement sur la figure 1 pour
25 un montage série-parallèle. Pour faciliter la compréhension du principe de montage à partir de cette figure, ainsi que pour les figures 3, 7, 9 et 11, les dimensions ne sont pas proportionnées et le jeu entre plaques est fortement accentué. Sur cette figure, quatre plaques de connexion 1, 2, 3, 4 sont disposées en parallèle, avec deux plaques
30 extérieures et deux plaques centrales disposées sur un même plan. Le dispositif comprend ainsi deux plaques isolantes. Dans cet exemple, et sur cette vue en coupe transversale, deux condensateurs 7 sont fixés sur une première plaque 1 extérieure et un autre est fixé sur la deuxième plaque 4 extérieure. Deux plaques de connexion 2, 3

centrales, sont disposées entre les deux plaques extérieures 1, 4. Une plaque isolante 5, 6, par exemple en téflon®, est placée entre les plaques de connexion extérieures et les plaques de connexion centrales. En vue longitudinale non représentée du dispositif, plusieurs

5 condensateurs sont raccordés sur la hauteur des plaques de connexion 1 et 4, le nombre de condensateurs étant lié aux caractéristiques de l'installation. Un condensateur comprend des moyens de fixation sur une plaque de connexion, par exemple des trous taraudés pour un montage avec des vis, et une tige 8 de raccordement

10 électrique, par exemple filetée. Les plaques de connexion comprennent des trous au droit des tiges de raccordement électrique des condensateurs pour laisser passer celle-ci. Le diamètre des trous des plaques de connexion est choisi selon le diamètre des tiges de raccordement électrique de sorte qu'il soit suffisamment grand pour que

15 le courant ne puisse pas passer entre une tige d'un condensateur et la plaque sur laquelle il est fixé, et ainsi garantir une distance d'isolement électrique. La longueur des tiges de raccordement électrique des condensateurs est telle qu'elle permet le raccordement sur une autre plaque de connexion. Dans cet exemple, les condensateurs des plaques

20 extérieures 1, 4 sont raccordées électriquement aux plaques centrales 2, 3 au moyen d'écrous. Les plaques extérieures comprennent des orifices au droit des tiges de raccordement électrique des condensateurs pour le passage de ces écrous et d'une clé de fixation de ceux-ci. Une source de puissance 9 est raccordée électriquement

25 aux plaques 1 et 2 et un inducteur 10 est raccordé électriquement aux plaques 3 et 4. La figure 2 illustre le schéma électrique correspondant à cet exemple de montage série-parallèle de la figure 1.

Dans ce type de montage en ligne, les deux plaques extérieures 1, 4 sont écartées par la présence des plaques centrales 2, 3 et des plaques d'isolation électrique 5, 6.

30

Les inconvénients de ce type de montage sont les suivants :

- Génération d'une self induite (inductance) importante qui résulte de l'espace important entre les deux plaques de connexion

extérieures (cette self croît quand l'écartement entre les plaques augmente).

- Cette self génère des pertes électriques, et donc une diminution du rendement, ainsi qu'un champ magnétique généré par le courant circulant dans les connexions, source d'échauffement dans les plaques de connexion, ce qui nécessite un refroidissement plus important (image des pertes électriques).
- L'accessibilité pour les opérateurs aux différents composants pour le montage et la maintenance est souvent compliquée.

Résumé de l'invention

Selon un premier aspect de l'invention, il est proposé un dispositif pour connecter une source de puissance à un inducteur comprenant au moins trois plaques de connexion en matériau conducteur auxquelles sont raccordées électriquement à un nombre quelconque de condensateurs, les plaques de connexion permettant une liaison électrique entre la source de puissance et l'inducteur selon un montage parallèle, série ou série-parallèle, caractérisé en ce qu'au moins deux plaques de connexion sont pliées sensiblement à 90° formant chacune deux demi-plaques sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre, chaque demi-plaque étant raccordée électriquement à une plaque de connexion différente.

Selon une possibilité, l'une des trois plaques de connexion peut être sensiblement droite et être raccordée électriquement à deux plaques de connexion différentes.

Selon une autre possibilité, le dispositif peut comprendre quatre plaques de connexion pliées sensiblement à 90° formant chacune deux demi-plaques sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre, chaque demi-plaque étant raccordée électriquement à une plaque de connexion

différente, l'ensemble présentant une forme sensiblement en croix selon une vue transversale.

Les deux demi-plaques de connexion d'une même plaque de connexion peuvent être séparées de deux autres demi-plaques de connexion d'une autre plaque de connexion par au moins une plaque en matériau isolant pliée sensiblement à 90°.

Avantageusement, les plaques de connexion peuvent comprendre un canal de refroidissement dans lequel circule un fluide de refroidissement.

Selon un deuxième aspect de l'invention, il est proposé une installation de chauffage par induction comprenant une source de puissance et un inducteur, caractérisée en ce que la connexion électrique entre la source de puissance et l'inducteur est réalisée par au moins un dispositif selon le premier aspect de l'invention, ou l'un ou plusieurs de ses perfectionnements.

L'invention permet de réduire à un niveau négligeable l'inductance dans les connexions et par voie de conséquence le champ magnétique généré par les courants circulants dans les connexions.

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

[Fig. 1] est une vue schématique et en coupe transversale d'un montage en ligne de plaques de connexions selon l'état de la technique, pour un montage série - parallèle de condensateurs.

[Fig. 2] est une vue schématique du schéma de principe électrique correspondant au montage série - parallèle de la figure 1.

[Fig. 3] est une vue schématique et en coupe transversale d'un montage en croix de plaques de connexions selon un exemple de réalisation de l'invention, pour un montage série-parallèle de condensateurs.

[Fig. 4] est une vue schématique du schéma de principe électrique correspondant au montage série – parallèle de la figure 3.

[Fig. 5] est une vue schématique en trois dimensions selon un premier point de vue d'un montage en croix de plaques de connexions
5 selon un exemple de réalisation de l'invention, pour un montage série-parallèle des condensateurs.

[Fig. 6] est une vue schématique en trois dimensions du montage en croix de la figure 4 selon un second point de vue.

[Fig. 7] est une vue schématique et en coupe transversale d'un
10 montage en croix de plaques de connexions selon un exemple de réalisation de l'invention, pour un montage parallèle de condensateurs.

[Fig. 8] est une vue schématique du schéma de principe électrique correspondant au montage parallèle de la figure 7.

[Fig. 9] est une vue schématique et en coupe transversale d'un
15 montage en croix de plaques de connexions selon un exemple de réalisation de l'invention, pour un montage série de condensateurs.

[Fig. 10] est une vue schématique du schéma de principe électrique correspondant au montage parallèle de la figure 9.

[Fig. 11] est une vue schématique et en coupe transversale d'un
20 montage en T de plaques de connexions selon un exemple de réalisation de l'invention, pour un montage série-parallèle de condensateurs.

[Fig. 12] est une vue schématique du schéma de principe électrique correspondant au montage de la figure 11.

[Fig. 13] est une vue schématique et en coupe transversale d'une
25 variante de réalisation d'un montage en T de plaques de connexions de la figure 11, représentée ici en montage série-parallèle.

[Fig. 14] est une vue schématique et en coupe transversale de la variante de réalisation d'un montage en T de plaques de connexions selon la figure 13, représentée ici en montage parallèle.

[Fig. 15] est une vue schématique longitudinale d'un exemple
30 d'application de l'invention.

Les modes de réalisation décrits ci-après n'étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites, par la

suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique, de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

Dans la suite de la description, des éléments présentant une structure identique ou des fonctions analogues seront désignés par des mêmes références.

Description détaillée de l'invention

La figure 3 illustre schématiquement et en coupe transversale un montage de plaques de connexions pour un montage série-parallèle, selon un exemple de réalisation de l'invention. Son schéma électrique de principe, représenté en figure 4, est donc similaire à celui représenté en figure 2. Comme on peut le voir sur cette figure, les quatre plaques de connexion 11, 12, 13, 14 sont pliées à angle droit et l'ensemble forme sensiblement une croix en vue transversale. Ainsi, les plaques de connexion ne sont espacées que par l'épaisseur d'une plaque isolante 15, 16, aucune plaque de connexion n'étant disposée entre des plaques extérieures. La distance entre deux plaques de connexion est ainsi réduite au strict minimum lié à l'épaisseur de la plaque isolante requise pour assurer l'isolation électrique entre les plaques. De nouveau, en vue longitudinale non représentée du dispositif, plusieurs condensateurs sont raccordés sur la hauteur des plaques de connexion 11 et 12, le nombre de condensateurs étant lié aux caractéristiques de l'installation.

Les avantages de ce type de montage sont ainsi :

- Une self induite négligeable du fait d'une compensation électrique optimum par une distance entre plaques de connexion réduite,

celle-ci générant très peu de pertes électriques, d'où un très bon rendement,

- Peu de champ magnétique généré par le courant circulant dans les connexions, d'où un faible échauffement dans les plaques de connexion, ce qui nécessite peu de refroidissement.
- Une accessibilité aisée pour les opérateurs aux différents composants pour le montage et la maintenance.
- Un équilibrage électrique optimal.

Avantageusement, les plaques isolantes 15, 16 sont également pliées à angle droit, évitant tout risque d'arc électrique au centre de la croix qui résulterait de l'usage de plaques droites. En effet, comme représenté en figure 3, les plaques isolantes pliées assurent une continuité parfaite de matière isolante au centre de la croix alors que des plaques droites conduiraient à une discontinuité de matière isolante aux intersections du centre de la croix d'où un risque de lignes de fuite là où la matière isolante pourrait être insuffisante, à la jonction de deux plaques. Pour faciliter le pliage des plaques isolantes à 90°, il peut être avantageux d'utiliser deux plaques de demi-épaisseur en lieu et place d'une seule plaque qui serait plus difficile à plier. Ainsi, on peut par exemple utiliser deux plaques en téflon® d'une épaisseur de 1 mm en remplacement d'une plaque de 2 mm d'épaisseur.

Les figures 5 et 6 illustrent en vue longitudinale un autre exemple de dispositif de montage de condensateurs avec des plaques de connexion en croix et un montage série-parallèle selon l'invention, selon deux angles de vue différents. Sur les dessins en trois dimensions de ces figures, les proportions dimensionnelles des composants sont plus proches de la réalité qu'elles ne le sont sur les figures 1 et 3. Le montage comprend un ensemble de 8 condensateurs. Ceux-ci sont refroidis par un écoulement d'eau de refroidissement. Pour cela, chaque condensateur comprend un premier raccordement 17 pour l'alimentation en eau de refroidissement et un second raccordement 18 pour la sortie de l'eau. Les condensateurs peuvent tous être raccordés en série au même circuit d'eau de refroidissement, ou ils peuvent l'être individuellement ou par groupe de condensateurs, chaque groupe étant

raccordé en parallèle au circuit de refroidissement. Un condensateur comprend une embase en matière conductrice d'électricité, par exemple en cuivre, par laquelle il est fixé sur une plaque de connexion au moyen de quatre vis 19. Il y a ainsi une continuité électrique entre la plaque de connexion et le condensateur. Un condensateur comprend une tige 8
5 filetée de raccordement électrique avec une autre plaque de connexion par le moyen d'un écrou 21 sur laquelle il est serré. Les plaques de connexion comprennent un canal 22 de refroidissement dans lequel circule de l'eau de refroidissement. Du fait de l'échauffement limité des
10 plaques de connexion, le canal de refroidissement ne couvre qu'une partie de la surface d'une plaque, celle où le courant électrique est le plus important, comme cela est visible sur les figures 5 et 6. Les condensateurs contribuent également au refroidissement des plaques de connexion par leur embase refroidie par eau. Ce canal 22 comprend
15 un premier raccordement 23 pour l'alimentation en eau de refroidissement et un second raccordement 24 pour la sortie de l'eau. Les canaux 22 de refroidissement des plaques de connexion peuvent tous être raccordés en série à un même circuit d'eau de refroidissement, ou ils peuvent être raccordés en parallèle. Les canaux 22 de
20 refroidissement des plaques de connexion peuvent être raccordés en série sur un même circuit d'eau de refroidissement que les condensateurs, ou ils peuvent être raccordés sur un circuit distinct. Les plaques de connexion 11 et 12 sont reliées électriquement via deux compensateurs 7 et via une bague 25 de « shunt » visible sur la
25 figure 6. Cette bague refroidie est fixée sur la plaque 11 au moyen de quatre vis, comme les condensateurs, et elle comprend également une tige 26 filetée de raccordement électrique avec la plaque 12 par le moyen d'un écrou 27 sur laquelle il est serré. Les liaisons électriques entre les plaques de connexion réalisées via des condensateurs 7 ou
30 des bagues 25 permet de passer aisément d'un montage de type série-parallèle, à un montage série ou un montage parallèle.

La figure 7 illustre un autre exemple de réalisation de l'invention comprenant quatre plaques de connexion montées en croix avec un montage parallèle. Cet exemple comprend sur cette vue en coupe un

condensateur 7 et deux bagues 25 de shunt. De nouveau, le nombre total de condensateurs et de bagues disposés longitudinalement est fonction des caractéristiques souhaitées. Le schéma électrique équivalent est représenté en figure 8.

5 La figure 9 illustre un autre exemple de réalisation de l'invention comprenant quatre plaques de connexion montées en croix avec un montage série. Cet exemple comprend sur cette vue en coupe deux condensateurs 7. Comme précédemment, le nombre total de condensateurs et de bagues disposés longitudinalement est fonction
10 des caractéristiques souhaitées. Le schéma électrique équivalent est représenté en figure 10.

 La figure 11 illustre un autre exemple de réalisation de l'invention dit « en T » comprenant trois plaques de connexion. Dans cette configuration, deux des plaques de connexion 11, 12 sont pliées
15 à 90° alors que la troisième 20 est droite. Le schéma électrique équivalent, en série parallèle, est représenté en figure 12. Elle conserve tous les avantages de l'invention, notamment du fait d'une distance réduite au minimum possible entre chaque paire de plaques de connexion.

20 En variante de réalisation représentée en figure 13, les plaques pliées 11, 12 sont réalisées en deux parties, 11a, 11 b, 12a, 12 b. Elles sont fixées l'une à l'autre au moyen de vis et d'écrous. Cette configuration permet de supprimer aisément le condensateur en série et donc de passer à un montage parallèle uniquement. Elle est destinée
25 aux applications pour lesquelles on a besoin de souplesse lors de l'utilisation (modification de l'adaptation source de puissance - inducteur – pièce) qui peut être nécessaire si on chauffe des pièces très variées. Pour le passage d'un montage série-parallèle à un montage parallèle, les parties 11a, 12a sont supprimées. Elles sont remplacées
30 par une pièce de liaison 28, comme représentée en figure 14, fixée par des vis et des boulons.

L'invention s'applique notamment aux conditions suivantes :

- Fréquence : Moyenne fréquence (de 15 kHz à 2 MHz)
- Tension d'entrée : généralement inférieure à 1 kV

- Tension de sortie : jusqu'à 8 kV (élévation de tension)
- Courant de sortie : jusqu'à 50 kA
- Puissance électrique pour un dispositif de montage : > 100 kW

La figure 15 illustre schématiquement et en vue de face un
5 exemple d'application de l'invention pour le raccordement d'une source
de puissance à un inducteur destiné à chauffer une bande métallique
en défilement dans une ligne de recuit en continu. Pour transmettre la
puissance requise à l'installation, la liaison entre la source 9 de
puissance et l'inducteur 10 est réalisée par quatre dispositifs 30 avec
10 montage en croix selon l'invention, dont les caractéristiques sont les
suivantes :

- Montage série-parallèle
- Nombre de condensateurs : 72 (4 modules de 18 condensateurs)
- Tension d'alimentation : 500V
- 15 • Tension de sortie : 2500-3000V
- Courant de sortie : 40 kA
- Puissance réactive : 4 MW

Comme on peut le voir sur cette figure 15, la mise en œuvre de
l'invention permet un montage compact de l'installation de chauffage,
20 la distance entre la source de puissance et l'inducteur étant limitée
grâce à la compacité du dispositif de montage des condensateurs du
fait de la suppression des plaques de connexion droites.

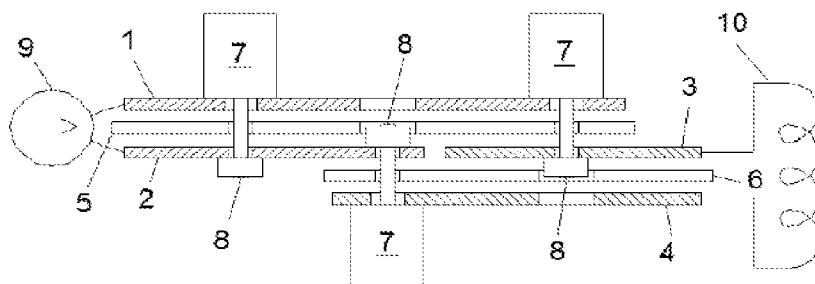
Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent
d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à
25 ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. De plus, les différentes
caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de
l'invention peuvent être associés les uns avec les autres selon diverses
combinaisons dans la mesure où ils ne sont pas incompatibles ou
exclusifs les uns des autres.

REVENDICATIONS

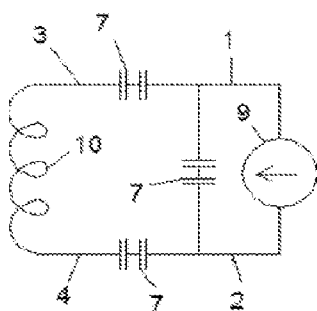
- 5 1. Dispositif (30) pour connecter une source (9) de puissance à un inducteur (10) comprenant au moins trois plaques (11-14, 20) de connexion en matériau conducteur auxquelles sont raccordées électriquement à un nombre quelconque de condensateurs (7), les plaques de connexion permettant une liaison électrique entre la
- 10 source de puissance et l'inducteur selon un montage parallèle, série ou série-parallèle, caractérisé en ce qu'au moins deux plaques de connexion sont pliées sensiblement à 90° formant chacune deux demi-plaques (31 - 38) sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre, chaque demi-plaque étant
- 15 raccordée électriquement à une plaque (11-14, 20) de connexion différente.
2. Dispositif (30) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'une (20) des trois plaques (11-14, 20) de connexion est sensiblement droite et en ce qu'elle est raccordée électriquement
- 20 à deux plaques (11-14) de connexion différente.
3. Dispositif (30) selon la revendication 1, comprenant quatre plaques (11-14) de connexion pliée sensiblement à 90° formant chacune deux demi-plaques (31 - 38) sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre, chaque demi-plaque étant raccordée électriquement à une
- 25 plaque (11-14, 20) de connexion différente, l'ensemble présentant une forme sensiblement en croix selon une vue transversale.
4. Dispositif (30) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les deux demi-plaques (31 - 38) de connexion d'une même plaque (11-14) de connexion sont séparées de deux autres demi-plaques (31 - 38) de connexion d'une autre plaque (11-14) de connexion par au moins une plaque en matériau isolant pliée
- 30 sensiblement à 90°.

5. Dispositif (30) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les plaques (11-14) de connexion comprennent un canal (22) de refroidissement dans lequel circule un fluide de refroidissement.
- 5 6. Installation de chauffage par induction comprenant une source (9) de puissance et un inducteur (10), caractérisée en ce que la connexion électrique entre la source de puissance et l'inducteur est réalisée par au moins un dispositif (30) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

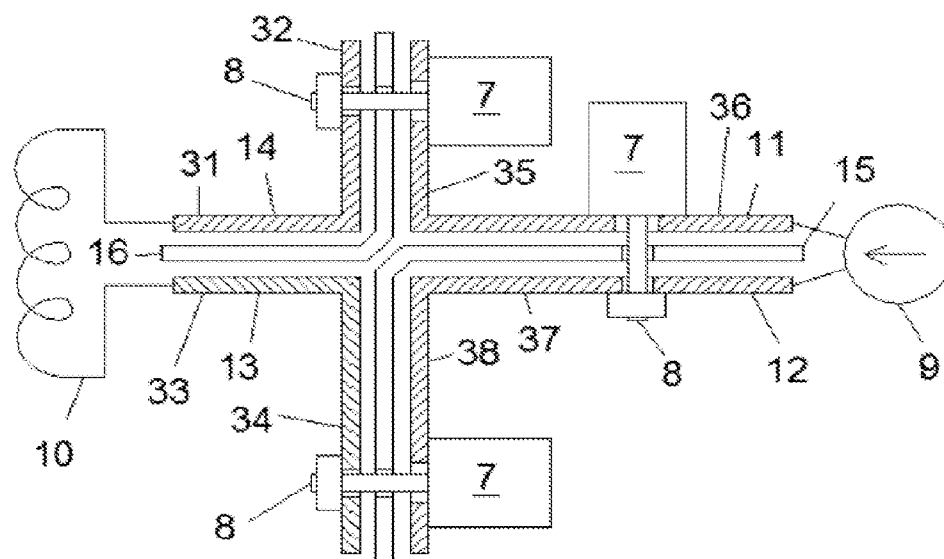
[Fig. 1]



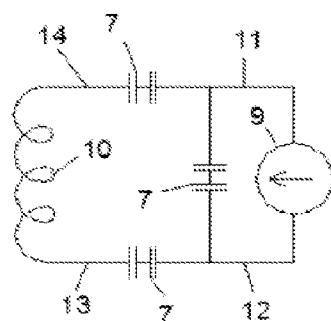
[Fig. 2]



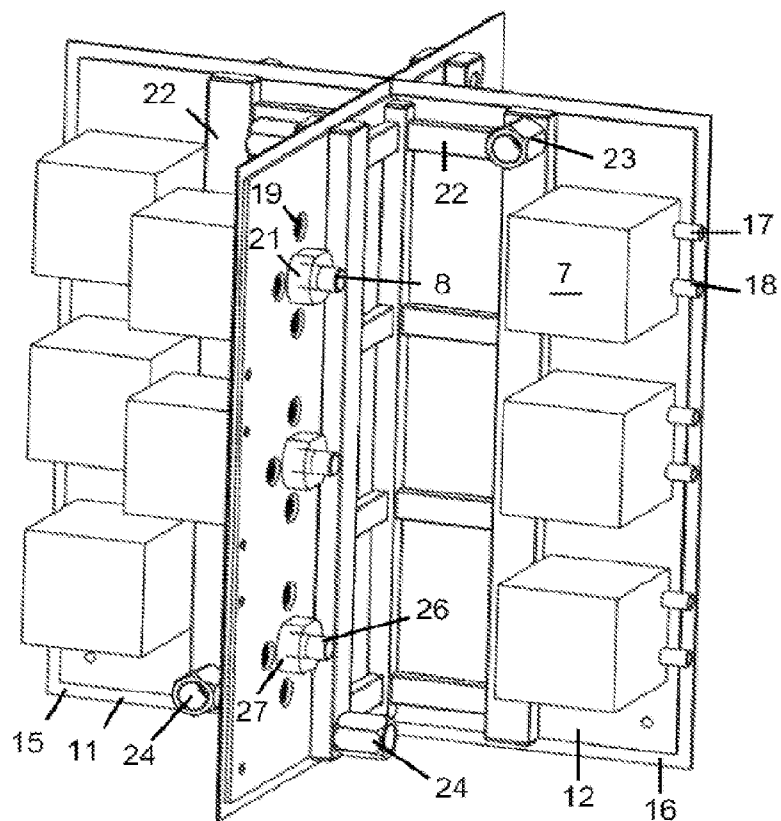
[Fig. 3]



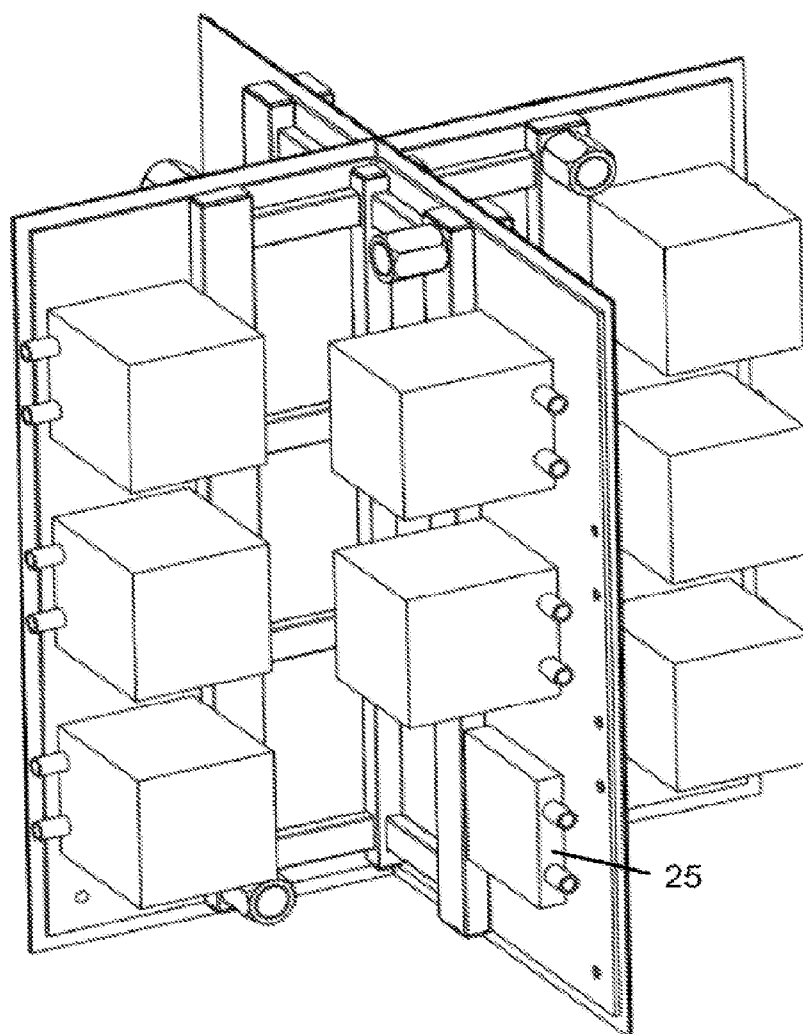
[Fig. 4]



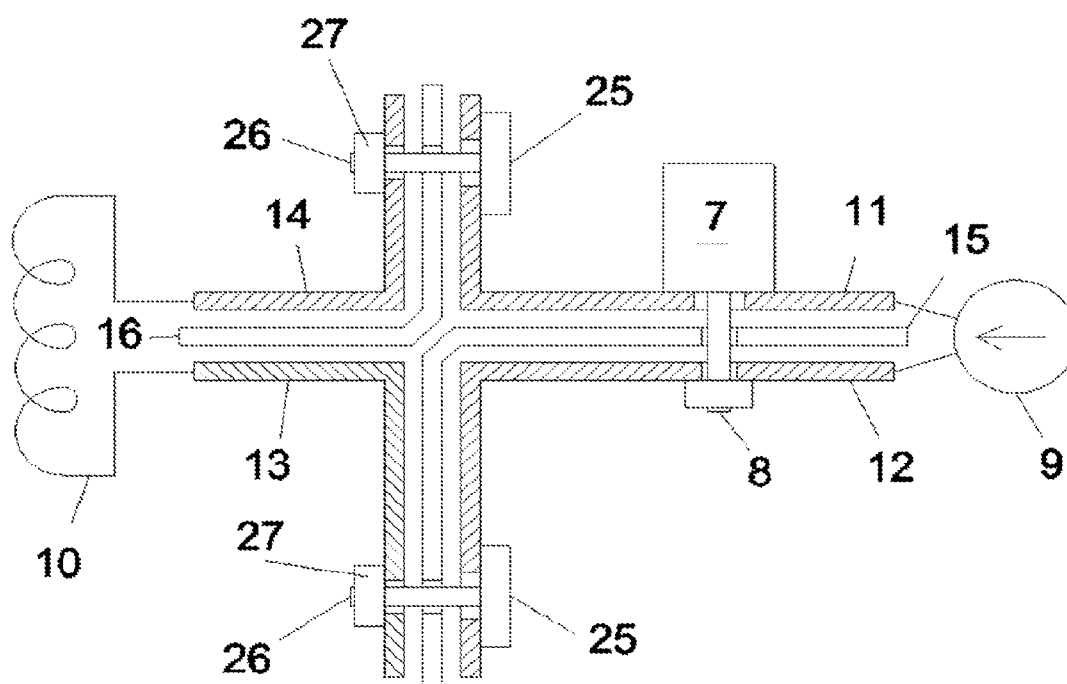
[Fig. 5]



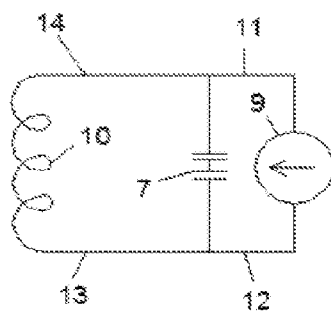
[Fig. 6]



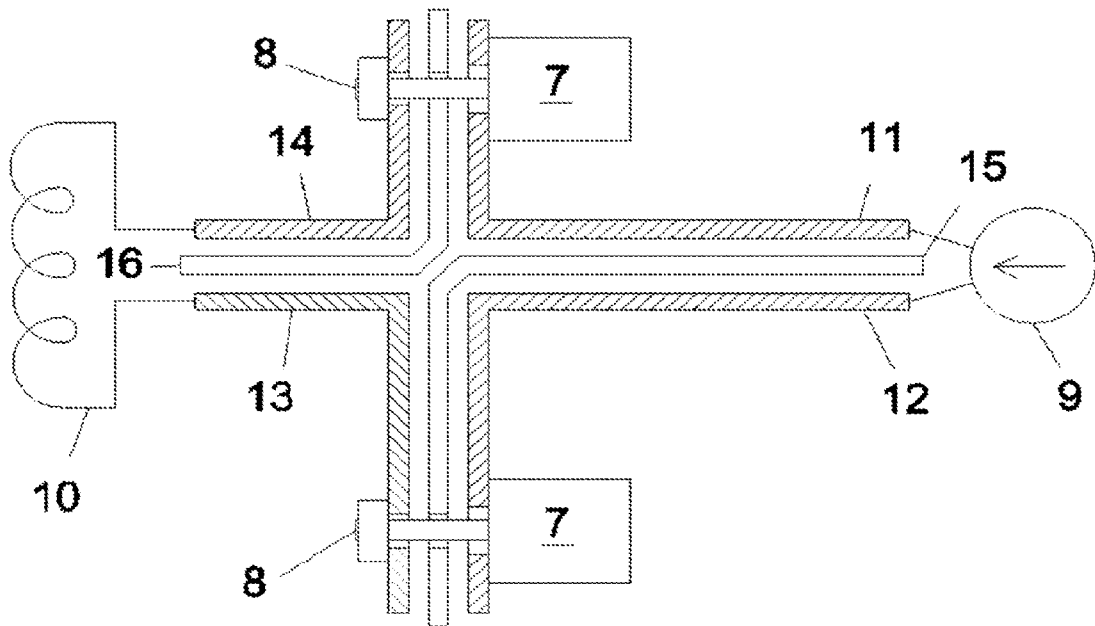
[Fig. 7]



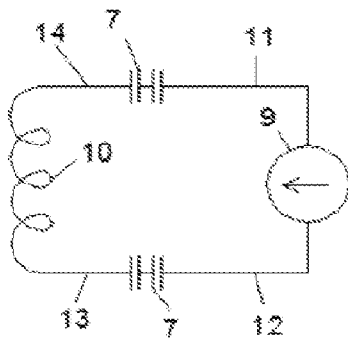
[Fig. 8]



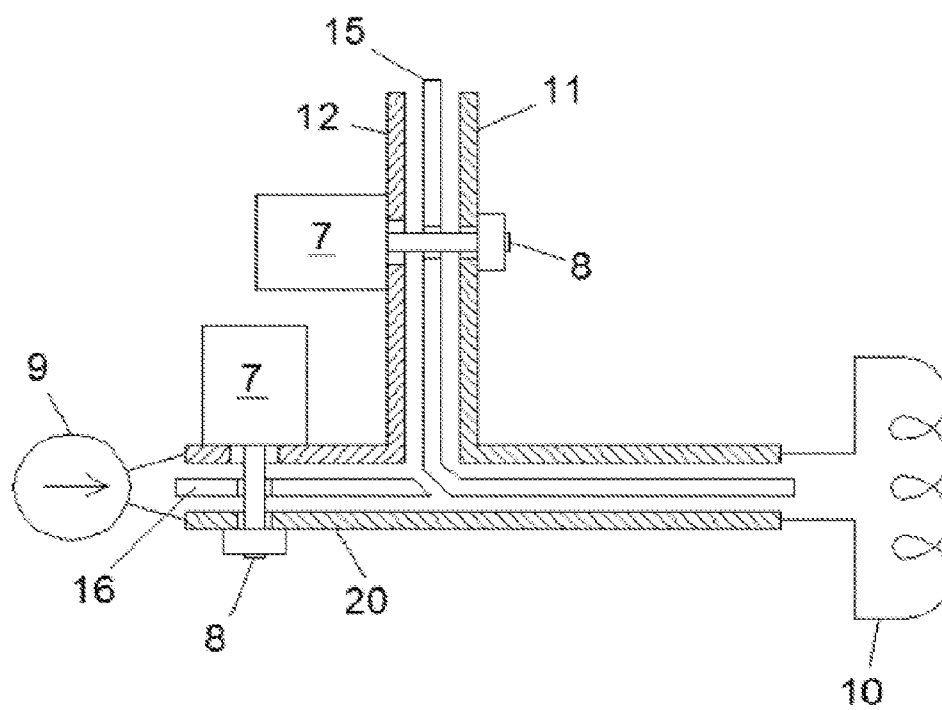
[Fig. 9]



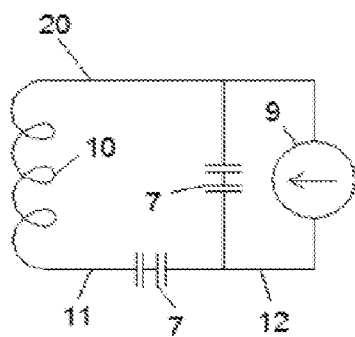
[Fig. 10]



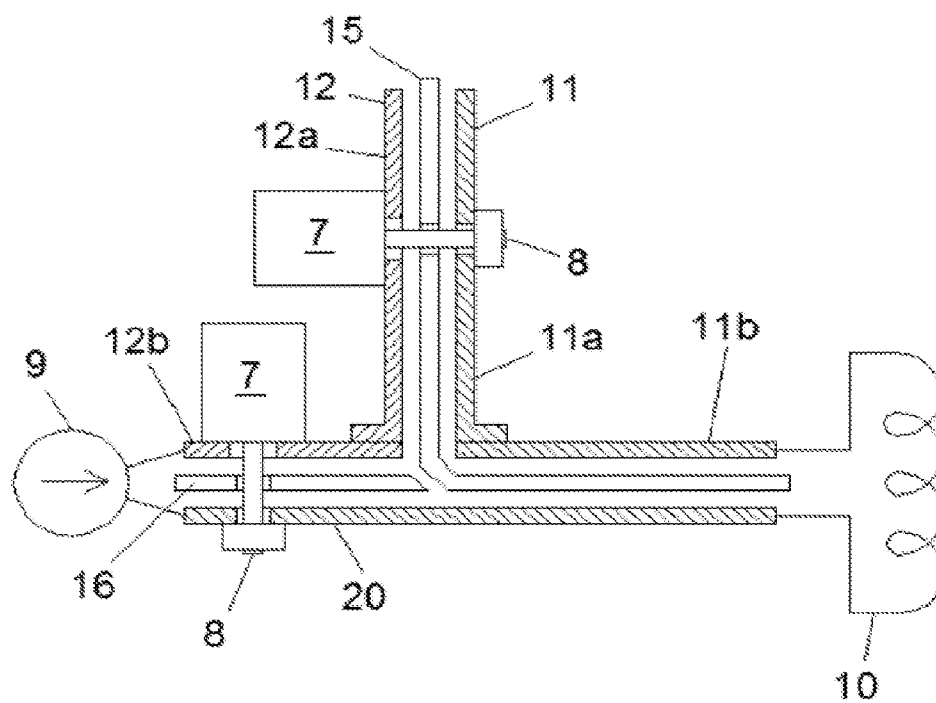
[Fig. 11]



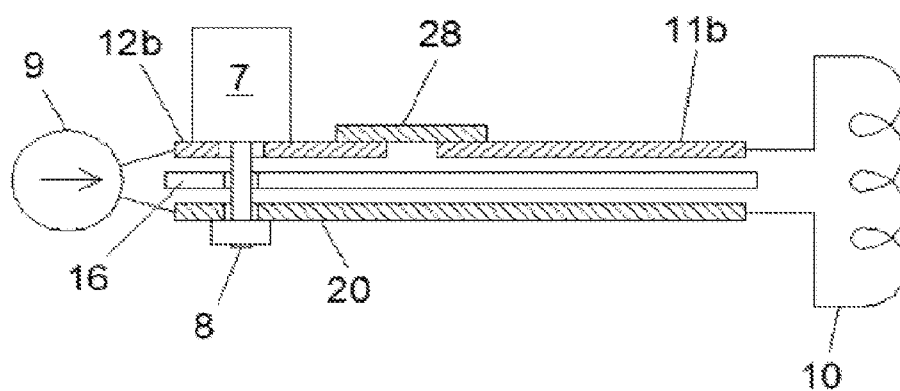
[Fig. 12]



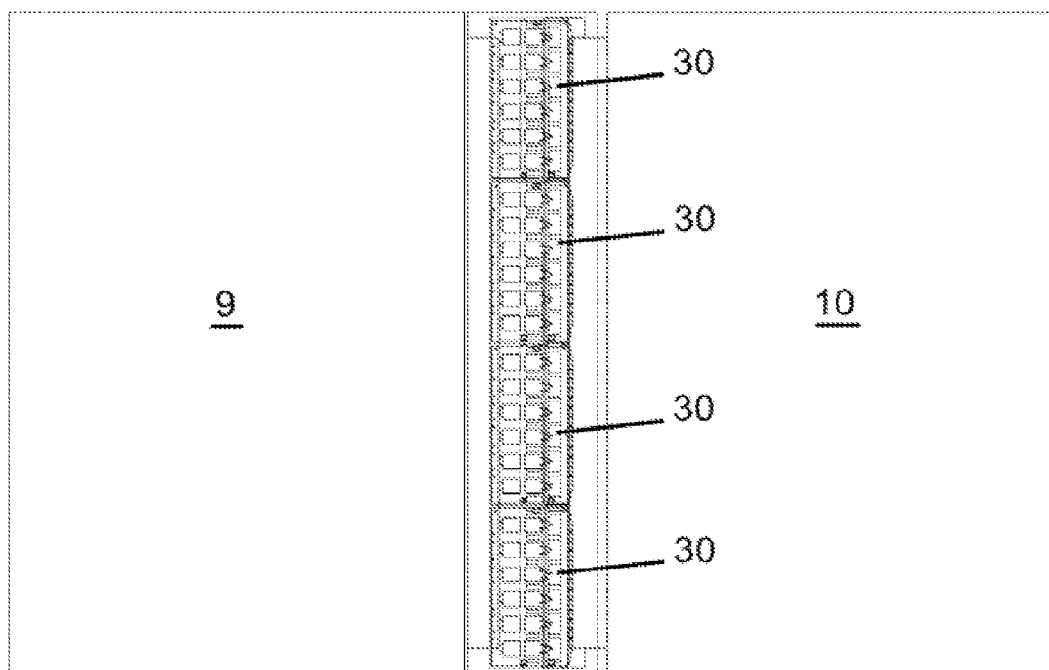
[Fig. 13]



[Fig. 14]



[Fig. 15]



[Fig. 3]

