

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①1 N° de publication : **3 131 074**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②1 N° d'enregistrement national : **21 13642**  
⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 K 1/16 (2022.01), H 05 K 7/20, H 05 K 1/02**

①2

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤4 BRAS DE COMMUTATION UTILISANT UNE CARTE DE CIRCUIT IMPRIMÉ.

②2 Date de dépôt : 16.12.21.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 23.06.23 Bulletin 23/25.

④5 Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 02.08.24 Bulletin 24/31.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : VALEO SYSTEMES DE  
CONTROLE MOTEUR SAS — FR.

⑦2 Inventeur(s) : ALLALI Nicolas.

⑦3 Titulaire(s) : VALEO SYSTEMES DE CONTROLE  
MOTEUR SAS.

⑦4 Mandataire(s) : VALEO SYSTEMES DE  
CONTROLE MOTEUR.

**FR 3 131 074 - B1**



## **Description**

### **Titre de l'invention : BRAS DE COMMUTATION UTILISANT UNE CARTE DE CIRCUIT IMPRIMÉ**

#### **Domaine technique de l'invention**

[0001] La présente invention concerne un bras de commutation, une alimentation à découpage comportant un tel bras de commutation et un engin de mobilité comportant une telle alimentation à découpage.

#### **Arrière-plan technologique**

[0002] Il est connu (voir document US 2020288562 A1) d'utiliser un bras de commutation du type comportant :

- une carte de circuit imprimé comportant une couche supérieure présentant une face externe supérieure, la carte de circuit imprimé présentant en outre une face externe inférieure à l'opposé de la face externe supérieure ;
- un interrupteur de côté haut et un interrupteur de côté bas, tous les deux portés par la face externe supérieure de la carte de circuit imprimé et connectés l'un à l'autre par une piste dite milieu de la couche supérieure ;
- une capacité portée par la face externe supérieure de la carte de circuit imprimé et connectée à l'un parmi l'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas par une piste dite de capacité de la couche supérieure ; et
- des vias de dissipation thermique de l'interrupteur de côté haut et/ou de l'interrupteur de côté bas s'étendant depuis la face externe supérieure jusqu'à la face externe inférieure.

[0003] Les vias de dissipation thermique permettent d'acheminer la chaleur jusqu'à la face inférieure de la carte de circuit imprimé, où elle peut être facilement dissipée par un dissipateur de chaleur.

[0004] Pour diminuer les distances entre l'interrupteur de côté haut, l'interrupteur de côté bas et la capacité, il est connu de les aligner et de prévoir, dans la couche supérieure, une piste de bouclage connectant la capacité à l'autre parmi l'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas. Cette piste de bouclage est réalisée la plus courte possible afin de limiter la surface de la boucle, et donc l'inductance parasite en résultant. En effet, cette inductance parasite peut entraîner des surtensions importantes lors de l'ouverture de l'interrupteur de côté haut et de l'interrupteur de côté bas et augmenter ainsi l'énergie perdue lors de la commutation.

[0005] Il peut ainsi être souhaité de prévoir un bras de commutation présentant une faible inductance parasite de boucle.

#### **Résumé de l'invention**

- [0006] Il est donc proposé un bras de commutation du type précité, caractérisé en ce que la carte de circuit imprimé comporte en outre une couche interne dite de bouclage comportant une piste dite de bouclage présentant des ouvertures de passage des vias de dissipation thermique, la capacité étant connectée à l'autre parmi l'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas par l'intermédiaire de la piste de bouclage de la couche interne de bouclage.
- [0007] Ainsi, en utilisant une couche interne de la carte de circuit imprimé pour la connexion de bouclage, il est possible de placer la connexion de bouclage au plus près de la face supérieure et ainsi d'obtenir une surface de boucle très faible et donc une inductance parasite de boucle très faible, tout en gardant un refroidissement par la face inférieure de la carte de circuit imprimé.
- [0008] L'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles suivantes, selon toute combinaison techniquement possible.
- [0009] De façon optionnelle, la carte de circuit imprimé comporte plusieurs couches internes qui sont conductrices et qui se succèdent depuis la couche supérieure, la couche interne de bouclage étant la première des couches internes en partant de la couche supérieure.
- [0010] De façon optionnelle également, la carte de circuit imprimé comporte au moins une couche interne dite de doublage comportant, pour au moins une piste de la couche supérieure, une piste de doublage et des vias de doublage connectant la piste considérée de la couche supérieure à la piste de doublage associée.
- [0011] De façon optionnelle également, les vias de dissipation thermique incluent au moins un des vias de doublage.
- [0012] De façon optionnelle également, la couche supérieure de la carte de circuit imprimé comporte une première piste à laquelle l'autre parmi l'interrupteur de côté haut et l'interrupteur de côté bas est connecté et une deuxième piste à laquelle la capacité est connectée, la carte de circuit imprimé comporte des premiers vias dits de bouclage connectant la première piste à la piste de bouclage et des deuxièmes vias dits de bouclage connectant la deuxième piste à la piste de bouclage, et la piste de bouclage comporte des portions conductrices droites s'étendant depuis les premiers vias de bouclage jusqu'aux deuxièmes vias de bouclage.
- [0013] De façon optionnelle également, chaque portion conductrice droite présente une largeur d'au moins 200  $\mu\text{m}$ .
- [0014] De façon optionnelle également, les ouvertures de passage des vias de dissipation thermique sont réparties en rangées parallèles délimitant entre elles la ou les portions conductrices droites.
- [0015] De façon optionnelle également, le bras de commutation comporte en outre un dissipateur de chaleur plaqué contre la face inférieure de la carte de circuit imprimé.
- [0016] Il est également proposé une alimentation à découpage comportant au moins un bras

de commutation selon l'invention.

[0017] Il est également proposé un engin de mobilité comportant une alimentation à découpage selon l'invention.

### **Brève description des figures**

[0018] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la [Fig.1] est un schéma électrique d'une installation électrique dans laquelle l'invention est mise en œuvre,
- la [Fig.2] est une vue en coupe transversale d'éléments d'un bras de commutation de l'installation électrique, utilisant une carte de circuit imprimé multicouche,
- la [Fig.3] est une vue de dessus d'une couche supérieure de la carte de circuit imprimé du bras de commutation de la [Fig.2] avec l'indication en pointillés de l'emprise des composants du bras de commutation,
- la [Fig.4] est une vue de dessus d'une couche interne de bouclage de la carte de circuit imprimé du bras de commutation de la [Fig.2],
- la [Fig.5] est une vue de dessus d'une couche interne de doublage de la carte de circuit imprimé du bras de commutation de la [Fig.2],
- la [Fig.6] est une vue en coupe transversale d'éléments d'un autre bras de commutation pouvant être utilisé dans l'installation électrique, à la place de celui de la [Fig.2], utilisant également une carte de circuit imprimé multicouche, et
- la [Fig.7] est une vue de dessus d'une couche interne de bouclage de la carte de circuit imprimé du bras de commutation de la [Fig.6].

### **Description détaillée de l'invention**

[0019] En référence à la [Fig.1], un exemple d'une installation électrique 100 dans laquelle l'invention est mise en œuvre, va à présent être décrit.

[0020] L'installation électrique 100 peut par exemple être utilisée dans un engin de mobilité par exemple un véhicule automobile, un vélo électrique, un drone, une trottinette électrique, etc.

[0021] L'installation électrique 100 comporte tout d'abord une source de tension continue 102 conçue pour fournir une tension continue U, comme une batterie.

[0022] L'installation électrique 100 comporte en outre un bras de commutation 104 conçu pour recevoir la tension continue U et pour alternativement fournir la tension continue U et une tension nulle. Le bras de commutation 104 fait par exemple partie d'une alimentation à découpage, telle qu'un onduleur, un convertisseur continu-continu, un convertisseur alternatif-continu, etc.

- [0023] Plus précisément, le bras de commutation 104 comporte un interrupteur de côté haut HS (de l'anglais « high side ») et un interrupteur de côté bas LS (de l'anglais « low side ») connectés l'un à l'autre en un point milieu M. Ainsi, chacun de l'interrupteur de côté haut HS et de l'interrupteur de côté bas LS présente une borne d'entrée de courant  $D_{HS}$ ,  $D_{LS}$  et une borne de sortie de courant  $S_{HS}$ ,  $S_{LS}$ , en considérant un écoulement du courant comme illustré sur la [Fig.1]. Avec cette convention, la borne de sortie de courant  $S_{HS}$  de l'interrupteur de côté haut HS est connectée à la borne d'entrée de courant  $D_{HS}$  de l'interrupteur de côté bas LS.
- [0024] Chacun de l'interrupteur de côté haut HS et de l'interrupteur de côté bas LS présente en outre par exemple une borne de commande  $G_{HS}$ ,  $G_{LS}$  permettant de définir son état, passant ou bien bloqué. Ainsi, le bras de commutation 104 est conçu pour alternativement passer d'une configuration où l'interrupteur de côté haut HS est passant et l'interrupteur de côté bas LS bloqué pour fournir la tension U, à une configuration où l'interrupteur de côté haut HS est bloqué et l'interrupteur de côté bas LS passant pour fournir la tension nulle.
- [0025] Chacun de l'interrupteur de côté haut HS et de l'interrupteur de côté bas LS est de préférence un interrupteur commandable à semi-conducteur, comme par exemple un interrupteur à transistor tel qu'un transistor à effet de champ à grille métal-oxyde (de l'anglais « Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor » également désigné par l'acronyme MOSFET) ou bien un transistor bipolaire à grille isolée (de l'anglais « Insulated Gate Bipolar Transistor » également désigné par l'acronyme IGBT) ou bien encore un transistor à effet de champ de Nitrure de gallium (de l'anglais « Gallium nitride Field Effect Transistor » également désigné par l'acronyme GaN FET).
- [0026] Dans le cas d'un transistor à effet de champ comme illustré sur la [Fig.1], la borne d'entrée de courant est appelée « drain », la borne de sortie de courant est appelée « source », et la borne de commande est appelée « grille ».
- [0027] Le bras de commutation 104 comporte en outre une capacité d'entrée C connecté entre l'interrupteur de côté haut HS et l'interrupteur de côté bas LS, et plus particulièrement entre la borne d'entrée de courant  $D_{HS}$  de l'interrupteur de côté haut HS et la borne de sortie de courant  $S_{LS}$  de l'interrupteur de côté bas LS. En pratique, la capacité C peut regrouper plusieurs composants capacitifs, par exemple connectés en parallèle.
- [0028] La capacité C est alors par exemple connectée à la source de tension continue 102 pour recevoir la tension continue U.
- [0029] L'installation électrique 100 comporte en outre un composant de sortie 106 connecté entre le point milieu M et la borne de sortie de courant  $S_{LS}$  de l'interrupteur de côté bas LS. Ce composant de sortie 106 est par exemple une phase d'une machine électrique. De façon générale, le composant de sortie 106 peut être une charge inductive qui se comporte essentiellement comme une source de courant.

- [0030] En référence à la [Fig.2], le bras de commutation 104 va être décrit plus en détail.
- [0031] Dans l'exemple illustré, chacune des bornes d'entrée de courant  $D_{HS}$ ,  $D_{LS}$  et des bornes de sortie de courant  $S_{HS}$ ,  $S_{LS}$  est formée d'une unique surface de contact (de l'anglais « contact pad » ou bien « bond pad » ou bien simplement « pad »). Par ailleurs, chacun de l'interrupteur de côté haut HS et de l'interrupteur de côté bas LS est par exemple conçu pour être refroidi par la surface de contact de sa borne d'entrée de courant  $D_{HS}$ ,  $D_{LS}$ . Cette surface de contact est donc généralement étendue, en tout cas plus étendue que la surface de contact de la borne de sortie de courant  $S_{HS}$ ,  $S_{LS}$ . Dans d'autres modes de réalisation, l'interrupteur de côté haut HS et/ou l'interrupteur de côté bas LS pourrait être conçu pour être refroidi par la surface de contact de sa borne de sortie de courant  $S_{HS}$ ,  $S_{LS}$ .
- [0032] Le bras de commutation 104 comporte une carte de circuit imprimé 202 (de l'anglais « Printed Circuit Board », également désigné par l'acronyme PCB), qui est multicouche c'est-à-dire qui comporte plusieurs couches conductrices se succédant le long de son épaisseur. Les couches sont par exemple planes. La carte de circuit imprimé 202 comporte ainsi une couche supérieure SUP présentant une face externe supérieure 204. La carte de circuit imprimé 202 comporte en outre une couche inférieure INF présentant une face externe inférieure 206 et au moins une couche interne (deux dans l'exemple illustré, respectivement désignées par les références INT1, INT2). Les couches SUP, INT1, INT2, INF sont séparées les unes des autres par du matériau isolant électrique, par exemple une résine telle qu'un préimprégné (de l'anglais « prepreg »), représenté par un remplissage par points sur la [Fig.2].
- [0033] Comme cela sera décrit plus en détail par la suite, chaque couche SUP, INT1, INT2, INF peut être divisée en plusieurs pistes conductrices séparées les unes des autres par le matériau isolant électrique. Sur la [Fig.2], les pistes au potentiel nul (à la masse électrique) ont un remplissage horizontal. Les pistes au potentiel de la tension continue  $U$  ont un remplissage en biais bas-gauche / haut-droit. Les pistes au potentiel du point milieu  $M$  ont un remplissage en biais haut-gauche / bas-droit.
- [0034] L'interrupteur de côté bas LS, l'interrupteur de côté haut HS et la capacité  $C$  sont portés par la face externe supérieure 204, de préférence alignés selon une direction  $X$ , par exemple dans cet ordre.
- [0035] Ces trois composants sont connectés par la couche supérieure SUP. Ainsi, cette dernière comporte une piste dite haute  $H_{SUP}$  connectant la capacité  $C$  et l'interrupteur de côté haut HS entre eux. Plus précisément, une première borne  $C_1$  de la capacité  $C$  et la borne d'entrée de courant  $D_{HS}$  (en particulier sa surface de contact) de l'interrupteur de côté haut HS sont plaquées contre cette piste haute  $H_{SUP}$  de la couche supérieure SUP. La couche supérieure SUP comporte en outre une piste dite milieu  $M_{SUP}$  connectant l'interrupteur de côté haut HS et l'interrupteur de côté bas LS entre eux.

Plus précisément, la borne de sortie de courant  $S_{HS}$  (en particulier sa surface de contact) de l'interrupteur de côté haut HS et la borne d'entrée de courant  $D_{LS}$  (en particulier sa surface de contact) de l'interrupteur de côté bas LS sont plaquées contre cette piste milieu  $M_{SUP}$  de la couche supérieure SUP.

- [0036] La couche supérieure SUP comporte en outre, d'une part, une première piste dite de masse  $G1_{SUP}$  contre laquelle la borne de sortie de courant  $S_{LS}$  (en particulier sa surface de contact) de l'interrupteur de côté bas LS est plaquée et, d'autre part, une deuxième piste dite de masse  $G2_{SUP}$  contre laquelle une deuxième borne  $C_2$  de la capacité  $C$  est plaquée.
- [0037] Pour connecter l'une à l'autre la borne de sortie de courant  $S_{LS}$  de l'interrupteur de côté bas LS et la deuxième borne  $C_2$  de la capacité  $C$ , il est prévu d'utiliser la couche interne INT1, appelée par la suite couche interne de bouclage. Dans l'exemple illustré, cette dernière forme une seule piste dite de bouclage  $G_{INT1}$ . Pour cela, la carte de circuit imprimé 202 comporte au moins un premier via dit de bouclage  $V_{G1}$  connectant la première piste de masse  $G1_{SUP}$  à la piste de bouclage  $G_{INT1}$  et au moins un deuxième via dit de bouclage  $V_{G2}$  connectant la deuxième piste de masse  $G2_{SUP}$  à la piste de bouclage  $G_{INT1}$ .
- [0038] Par ailleurs, pour doubler au moins en partie la couche supérieure SUP afin de permettre un transfert plus important de courant, la carte de circuit imprimé 202 peut en outre comporter au moins une couche interne de doublage. Sur la [Fig.2], il s'agit de la couche interne INT2. Dans d'autres modes de réalisation, plusieurs couches internes de doublage comme la couche interne de doublage INT2 pourraient être prévues sous la couche interne de bouclage INT1.
- [0039] La couche interne de bouclage INT2 comporte, pour chacune d'une ou plusieurs des pistes  $G1_{SUP}$ ,  $M_{SUP}$ ,  $H_{SUP}$ ,  $G2_{SUP}$  de la couche supérieure SUP, une piste  $G1_{INT2}$ ,  $M_{INT2}$ ,  $H_{INT2}$ ,  $G2_{INT2}$  correspondante, ainsi que des vias  $V_{G1}$ ,  $V_M$ ,  $V_H$ ,  $V_{G2}$ , dits de doublage, connectant la piste  $G1_{SUP}$ ,  $M_{SUP}$ ,  $H_{SUP}$ ,  $G2_{SUP}$  considérée de la couche supérieure SUP à la piste  $G1_{INT2}$ ,  $M_{INT2}$ ,  $H_{INT2}$ ,  $G2_{INT2}$  correspondante de la couche interne de bouclage INT2.
- [0040] Pour permettre aux vias de doublage  $V_H$ ,  $V_M$  d'atteindre la couche interne de doublage INT2, la piste de bouclage  $G_{INT1}$  de la couche interne de bouclage INT1 présente des ouvertures 208 de passage des vias de doublage  $V_H$ ,  $V_M$ .
- [0041] Pour dissiper la chaleur générée par l'interrupteur de côté haut HS et l'interrupteur de côté bas LS, les vias de doublage  $V_M$ ,  $V_H$  se prolongent jusqu'à la face inférieure 206. Ainsi, ces vias de doublage  $V_M$ ,  $V_H$  servent de vias de dissipation thermique et transfèrent la chaleur vers la face inférieure 206, en particulier ceux situés sous les bornes d'entrée de courant  $D_{HS}$ ,  $D_{LS}$  dans l'exemple illustré, puisque ces dernières constituent la surface d'échange thermique principale des interrupteurs de côté haut HS

et de côté bas LS. En outre, le bras de commutation 104 comporte un dissipateur de chaleur 210 plaqué contre la face inférieure 206 de la carte de circuit imprimé 202, par exemple au travers d'une interface isolante électrique mais conductrice thermique 212, telle qu'une pâte thermique. Le dissipateur de chaleur 210 est ainsi conçu pour dissiper la chaleur arrivant à la face inférieure 206. Il s'agit par exemple un dissipateur à fluide caloporteur comme de l'eau, ou bien plus simplement à ailettes.

[0042] Comme illustré, la piste de doublage  $M_{INT2}$  de la piste milieu  $M_{SUP}$  se trouve en vis-à-vis et à proximité du dissipateur de chaleur 210. Il peut donc exister une capacité parasite entre eux. Or, la piste de doublage  $M_{INT2}$  est au potentiel du point milieu qui commute à haute fréquence. Ainsi, cette commutation haute fréquence peut entraîner l'apparition d'un courant parasite à cause du couplage capacitif avec le dissipateur de chaleur 210. Pour éviter ce courant parasite entre la ou les couches internes de doublage INT2 et le dissipateur de chaleur 210, la couche inférieure INF comporte de préférence une piste d'écran  $G_{INF}$  (dite aussi de blindage) à potentiel sensiblement constant, par exemple connectée à la masse électrique pour être au potentiel nul. Cela est par exemple réalisé en prolongeant les vias  $V_{G1}$ ,  $V_{G2}$  jusqu'à la piste d'écran  $G_{INF}$  de la couche inférieure INF. Alternativement, la piste d'écran  $G_{INF}$  pourrait être au potentiel positif en étant connectée à la piste haute  $H_{SUP}$ , par exemple par les vias  $V_H$ .

[0043] Pour permettre aux vias de dissipation thermique  $V_H$ ,  $V_M$  d'atteindre la face inférieure 206, la piste d'écran  $G_{INF}$  présente des ouvertures 214 de passage des vias de dissipation thermique  $V_H$ ,  $V_M$ . Ainsi, les ouvertures 208 et 214 sont situées en face les unes des autres.

[0044] En référence à la [Fig.3], la [Fig.4] et la [Fig.5], les ouvertures 208 de passage des vias de dissipation thermique  $V_M$ ,  $V_H$  sont réparties en rangées parallèles. En particulier, ces rangées s'étendent dans la direction X d'alignement des interrupteurs HS, LS et de la capacité C. Ces rangées sont suffisamment espacées pour délimiter entre elles une ou plusieurs portions conductrices droites 402 dans la piste de bouclage  $G_{INT1}$ , ces portions conductrices droites 402 s'étendant depuis les premiers vias de bouclage  $V_{G1}$  jusqu'aux deuxièmes vias de bouclage  $V_{G2}$ . Comme les portions conductrices 402 sont droites, elles relient avec le plus court chemin possible les vias de bouclage  $V_{G1}$ ,  $V_{G2}$  ce qui permet de réduire l'inductance parasite. Chaque portion conductrice droite 402 présente par exemple une dimension transversale (largeur) d'au moins 200  $\mu\text{m}$ , en particulier lorsque la couche interne de bouclage INT1 présente une épaisseur d'au moins 35  $\mu\text{m}$ .

[0045] En référence à la [Fig.6], un autre exemple de bras de commutation 600 selon l'invention va à présent être décrit. Le bras de commutation 600 peut par exemple être utilisé à la place du bras de commutation 104 dans l'installation électrique 100 de la [Fig.1].

- [0046] Le bras de commutation 600 est similaire au bras de commutation 104 de la [Fig.2], si ce n'est pour les différences suivantes.
- [0047] Dans le bras de commutation 600, la capacité C, l'interrupteur de côté bas LS, l'interrupteur de côté haut HS sont cette fois alignés selon la direction X dans cet ordre.
- [0048] En outre, la souche supérieure SUP présente cette fois deux pistes  $H1_{SUP}$ ,  $H2_{SUP}$  contre lesquelles sont respectivement plaqués le drain  $D_{HS}$  de l'interrupteur de côté haut HS et la borne  $C_1$  de la capacité C. De manière similaire, la couche de doublage INT2 comporte deux pistes correspondantes  $H1_{INT2}$ ,  $H2_{INT2}$ .
- [0049] La piste de bouclage  $H_{INT1}$  sert à connecter les deux pistes  $H1_{SUP}$ ,  $H2_{SUP}$ . Elle leur est connectée par respectivement les vias de bouclage  $V_{H1}$  et  $V_{H2}$ .
- [0050] Les ouvertures 208 dans la piste de bouclage  $H_{INT1}$  permettent le passage des vias de masse  $V_G$  et des vias de point milieu  $V_M$ .
- [0051] En outre, la piste d'écran  $G_{INF}$  est connectées à la piste de masse par les vias  $V_G$ . La piste d'écran  $G_{INF}$  est alors pourvue d'ouverture de passage des autres vias, en particulier des vias  $V_M$ ,  $V_{H1}$  pour permettre l'évacuation de chaleur depuis les interrupteurs HS, LS vers le dissipateur de chaleur 210.
- [0052] En référence à la [Fig.7], les ouvertures 208 sont réparties en rangées parallèles. En particulier, ces rangées s'étendent dans la direction X d'alignement de la capacité C et des interrupteurs HS, LS. Ces rangées sont suffisamment espacées pour délimiter entre elles la ou les portions conductrices droites 402 dans la piste de bouclage  $H_{INT1}$ , ces portions conductrices droites 402 s'étendant depuis les premiers vias de bouclage  $V_{H1}$  jusqu'aux deuxièmes vias de bouclage  $V_{H2}$ . Comme les portions conductrices 402 sont droites, elles relient avec le plus court chemin possible les vias de bouclage  $V_{H1}$ ,  $V_{H2}$  ce qui permet de réduire l'inductance parasite. Chaque portion conductrice droite 402 présente par exemple une dimension transversale (largeur) d'au moins 200  $\mu\text{m}$ , en particulier lorsque la couche interne de bouclage INT1 présente une épaisseur d'au moins 35  $\mu\text{m}$ .
- [0053] En conclusion, il apparaît clairement qu'un bras de commutation tel que ceux décrits précédemment permet de diminuer l'inductance parasite de boucle tout en gardant un refroidissement par la face inférieure de la carte de circuit imprimé.

## Revendications

[Revendication 1]

Bras de commutation (104 ; 600) comportant :

- une carte de circuit imprimé (202) comportant une couche supérieure (SUP) présentant une face externe supérieure (204), la carte de circuit imprimé (202) présentant en outre une face externe inférieure (206) à l'opposé de la face externe supérieure (204) ;
- un interrupteur de côté haut (HS) et un interrupteur de côté bas (LS), tous les deux portés par la face externe supérieure (204) de la carte de circuit imprimé (202) et connectés l'un à l'autre par une piste dite milieu ( $M_{SUP}$ ) de la couche supérieure (SUP) ;
- une capacité (C) portée par la face externe supérieure (204) de la carte de circuit imprimé (202) et connectée à l'un parmi l'interrupteur de côté haut (HS) et l'interrupteur de côté bas (LS) par une piste dite de capacité ( $H_{SUP}$ ) de la couche supérieure (SUP) ; et
- des vias ( $V_M, V_H ; V_M, V_{HI}$ ) de dissipation thermique de l'interrupteur de côté haut (HS) et/ou de l'interrupteur de côté bas (LS) s'étendant depuis la face externe supérieure (204) jusqu'à la face externe inférieure (206) ;

caractérisé en ce que la carte de circuit imprimé (202) comporte en outre une couche interne (INT1) dite de bouclage comportant une piste ( $G_{INT1} ; H_{INT1}$ ) dite de bouclage présentant des ouvertures (208) de passage des vias de dissipation thermique ( $V_M, V_H ; V_M, V_{HI}$ ), la capacité (C) étant connectée à l'autre parmi l'interrupteur de côté haut (HS) et l'interrupteur de côté bas (LS) par l'intermédiaire de la piste de bouclage ( $G_{INT1} ; H_{INT1}$ ) de la couche interne de bouclage (INT1).

[Revendication 2]

Bras de commutation (104 ; 600) selon la revendication 1, dans lequel la carte de circuit imprimé (202) comporte plusieurs couches internes (INT1, INT2) qui sont conductrices et qui se succèdent depuis la couche supérieure (SUP), la couche interne de bouclage (INT1) étant la première des couches internes (INT1, INT2) en partant de la couche supérieure (SUP).

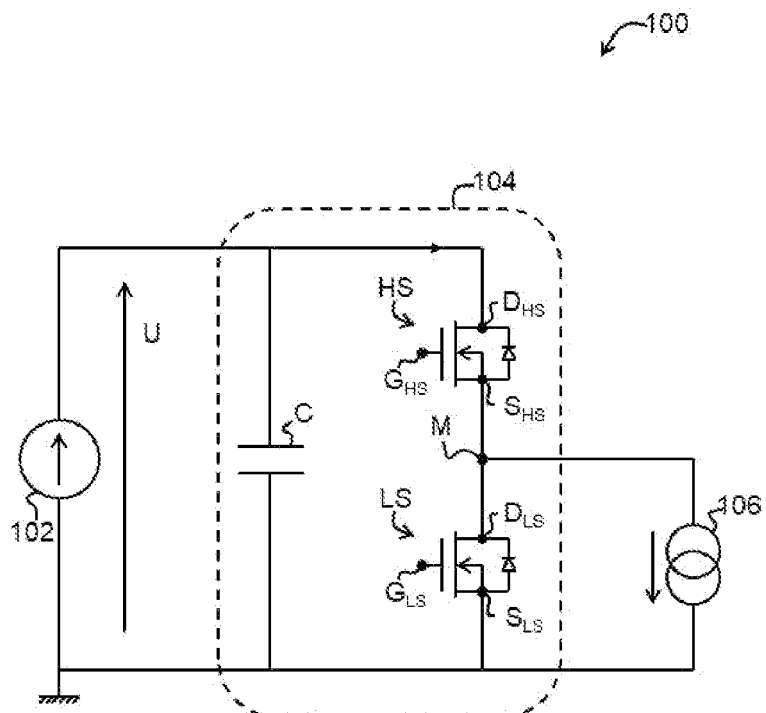
[Revendication 3]

Bras de commutation (104 ; 600) selon la revendication 1 ou 2, dans

lequel la carte de circuit imprimé (202) comporte au moins une couche interne dite de doublage (INT2) comportant, pour au moins une piste ( $M_{SUP}$ ,  $H_{SUP}$ ;  $H1_{SUP}$ ,  $H2_{SUP}$ ) de la couche supérieure (SUP), une piste de doublage ( $M_{INT2}$ ,  $H_{INT2}$ ;  $H1_{INT2}$ ,  $H2_{INT2}$ ) et des vias de doublage ( $V_M$ ,  $V_H$ ;  $V_{H1}$ ,  $V_{H2}$ ) connectant la piste ( $M_{SUP}$ ,  $H_{SUP}$ ;  $H1_{SUP}$ ,  $H2_{SUP}$ ) considérée de la couche supérieure (SUP) à la piste de doublage ( $M_{INT2}$ ,  $H_{INT2}$ ;  $H1_{INT2}$ ,  $H2_{INT2}$ ) associée.

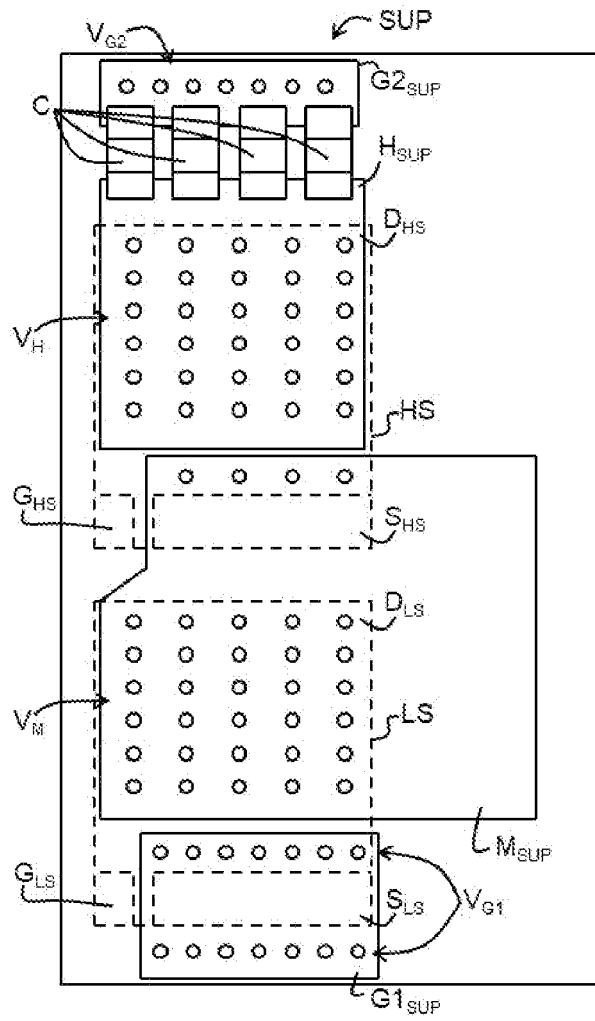
- [Revendication 4] Bras de commutation (104 ; 600) selon la revendication 3, dans lequel les vias de dissipation thermique ( $V_M$ ,  $V_H$ ;  $V_M$ ,  $V_{H1}$ ) incluent au moins un des vias de doublage ( $V_M$ ,  $V_H$ ;  $V_M$ ,  $V_{H1}$ ).
- [Revendication 5] Bras de commutation (104 ; 600) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la couche supérieure (SUP) de la carte de circuit imprimé (202) comporte une première piste ( $G1_{SUP}$ ;  $H1_{SUP}$ ) à laquelle l'autre parmi l'interrupteur de côté haut (HS) et l'interrupteur de côté bas (LS) est connecté et une deuxième piste ( $G2_{SUP}$ ;  $H2_{SUP}$ ) à laquelle la capacité (C) est connectée, dans lequel la carte de circuit imprimé (202) comporte des premiers vias dits de bouclage ( $V_{G1}$ ;  $V_{H1}$ ) connectant la première piste ( $G1_{SUP}$ ;  $H1_{SUP}$ ) à la piste de bouclage ( $G_{INT1}$ ;  $H_{INT1}$ ) et des deuxièmes vias dits de bouclage ( $V_{G2}$ ;  $V_{H2}$ ) connectant la deuxième piste ( $G2_{SUP}$ ;  $H2_{SUP}$ ) à la piste de bouclage ( $G_{INT1}$ ;  $H_{INT1}$ ), et dans lequel la piste de bouclage ( $G_{INT1}$ ;  $H_{INT1}$ ) comporte des portions conductrices droites (402) s'étendant depuis les premiers vias de bouclage ( $V_{G1}$ ;  $V_{H1}$ ) jusqu'aux deuxièmes vias de bouclage ( $V_{G2}$ ;  $V_{H2}$ ).
- [Revendication 6] Bras de commutation (104 ; 600) selon la revendication 5, dans lequel chaque portion conductrice droite (402) présente une largeur d'au moins 200  $\mu\text{m}$ .
- [Revendication 7] Bras de commutation (104 ; 600) selon la revendication 5 ou 6, dans lequel les ouvertures (208) de passage des vias de dissipation thermique ( $V_M$ ,  $V_H$ ;  $V_M$ ,  $V_{H1}$ ) sont réparties en rangées parallèles délimitant entre elles la ou les portions conductrices droites (402).
- [Revendication 8] Bras de commutation (104 ; 600) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comportant en outre un dissipateur de chaleur (210) plaqué contre la face inférieure (206) de la carte de circuit imprimé (202).
- [Revendication 9] Alimentation à découpage comportant au moins un bras de commutation (104 ; 600) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
- [Revendication 10] Engin de mobilité comportant une alimentation à découpage selon la revendication 9.

[Fig. 1]

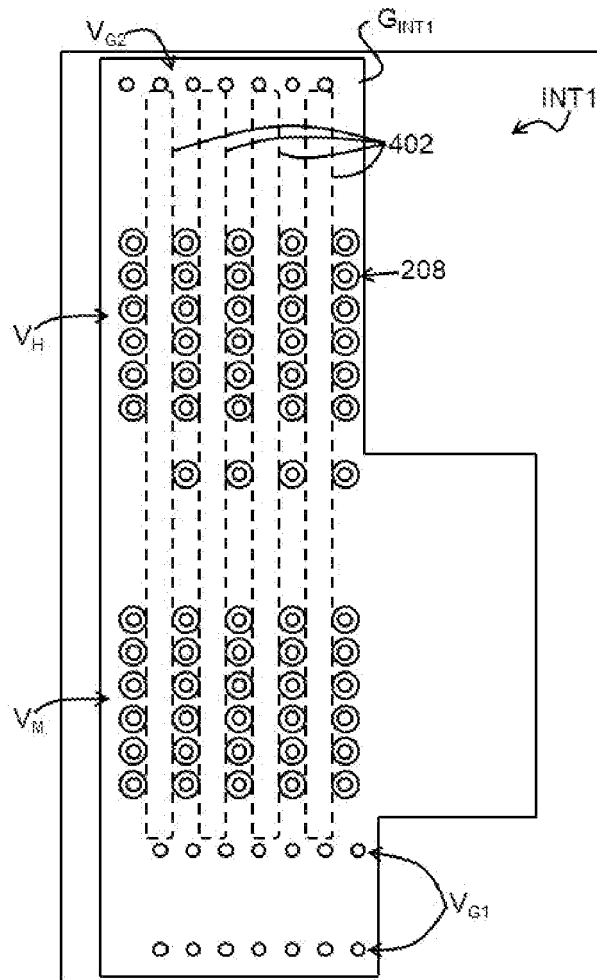




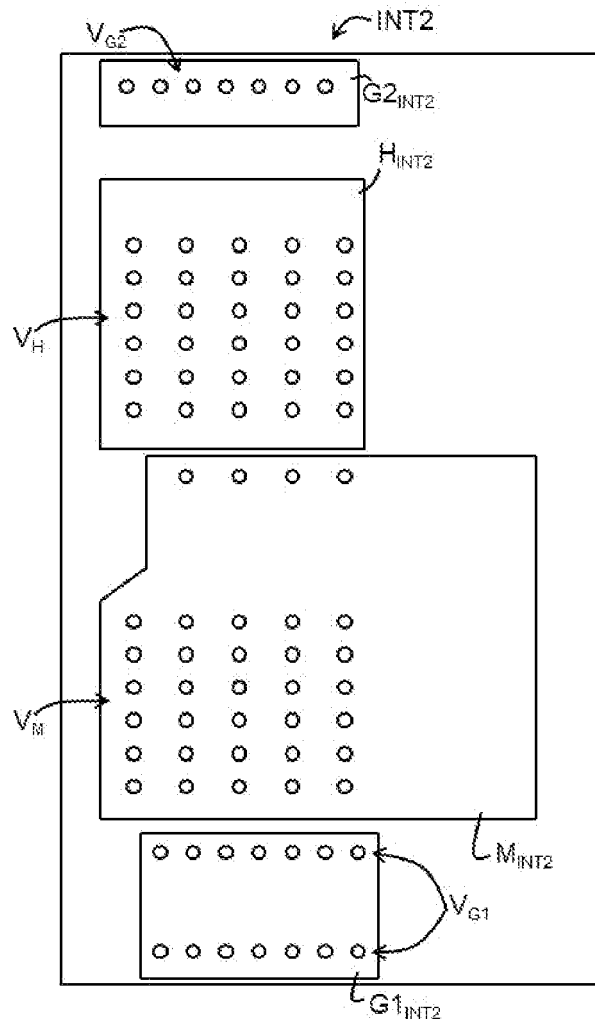
[Fig. 3]



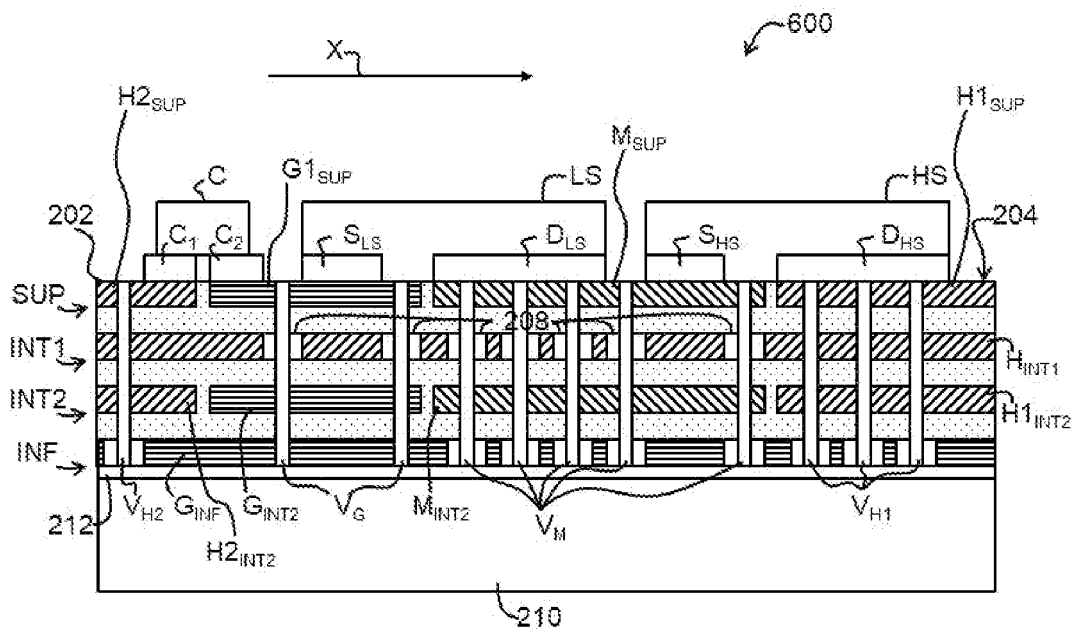
[Fig. 4]



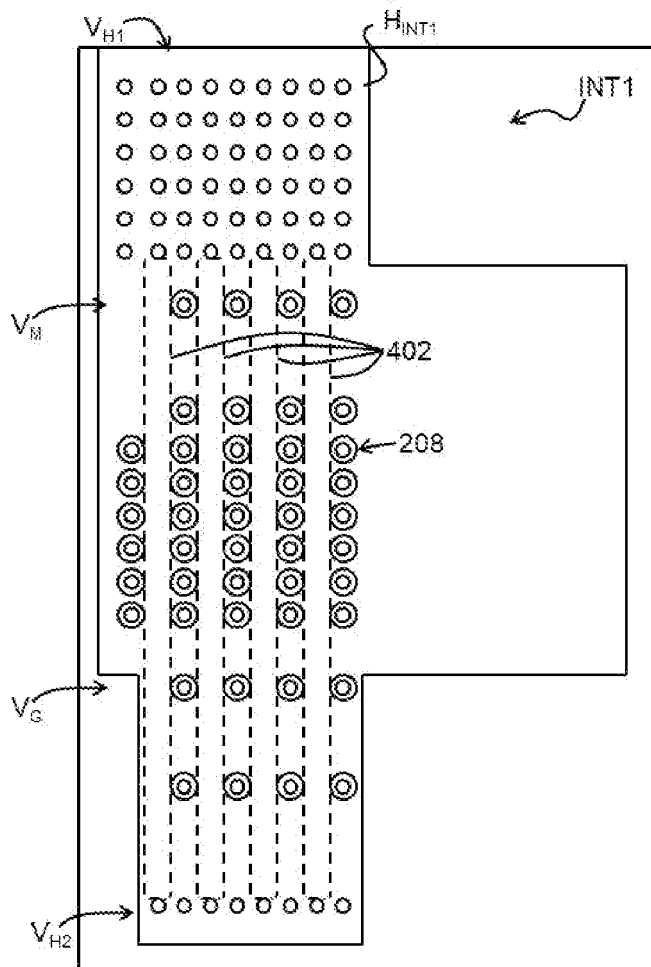
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2020/288562 A1 (OKAGAWA YUUSUKE [JP])  
10 septembre 2020 (2020-09-10)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

DE 10 2019 217343 A1 (ZAHNRADFABRIK  
FRIEDRICHSHAFEN [DE])  
12 mai 2021 (2021-05-12)

WO 2021/019028 A1 (VALEO SYSTEMES DE  
CONTROLE MOTEUR [FR])  
4 février 2021 (2021-02-04)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT