

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 126 822**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
②1 N° d'enregistrement national : **22 08924**  
⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 02 M 7/00 (2023.01)**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 **Date de dépôt** : 06.09.22.

③0 **Priorité** : 07.09.21 JP 2021-145589.

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 10.03.23 Bulletin 23/10.

⑤6 **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire** : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

**Demande(s) d'extension** :

⑦1 **Demandeur(s)** : KABUSHIKI KAISHA TOYOTA  
*JIDOSHOKKI Société japonaise — JP.*

⑦2 **Inventeur(s)** : SUZUKI Sadanori.

⑦3 **Titulaire(s)** : KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOS-  
HOKKI Société japonaise.

⑦4 **Mandataire(s)** : Novagraaf Brevets.

⑤4 **CONVERTISSEUR DE PUISSANCE.**

⑤7 La présente invention concerne un convertisseur de puissance comportant un circuit côté courant alternatif, une inductance côté courant continu, une inductance côté courant alternatif, un circuit côté courant continu, une unité de commande, un transformateur, un condensateur côté courant continu et un condensateur côté courant alternatif. Le circuit côté courant alternatif comporte un circuit tampon côté courant alternatif et un circuit en pont, et est connecté à un enroulement côté courant alternatif du transformateur via le condensateur côté courant alternatif. Le circuit côté courant continu comporte un circuit tampon côté courant continu et un élément de commutation de redressement, et est connecté à un enroulement côté courant continu du transformateur via le condensateur côté courant continu. L'unité de commande commande une commutation des éléments de commutation.

FR 3 126 822 - A1



## **Description**

### **Titre de l'invention : CONVERTISSEUR DE PUISSANCE**

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

[0001] La présente divulgation concerne un convertisseur de puissance.

#### **Description de l'art connexe**

[0002] Un convertisseur de puissance bidirectionnel isole un côté entrée et un côté sortie l'un de l'autre, convertit une tension de courant continu en une tension de courant alternatif, et convertit une tension de courant alternatif en une tension de courant continu. Par exemple, un convertisseur de puissance bidirectionnel divulgué dans la publication de brevet japonais mise à la disponibilité du public N° 2014-7904 comporte un transformateur et un total de trois circuits en pont complet : un du côté courant continu du transformateur et deux du côté courant alternatif du transformateur. Lors de la conversion d'une tension de courant alternatif en une tension de courant continu, le convertisseur de puissance divulgué dans la publication de brevet japonais mise à la disponibilité du public N° 2014-7904 convertit la tension de courant alternatif en tension de courant continu tout en réalisant une correction de facteur de puissance dans le circuit en pont complet alimenté directement par la tension de courant alternatif. Ensuite, le convertisseur de puissance convertit la tension de courant continu en une tension de courant alternatif à haute fréquence dans le circuit en pont complet qui est connecté à un enroulement côté courant alternatif du transformateur. Le convertisseur de puissance transfère ensuite la tension de courant alternatif à haute fréquence au côté courant continu, le côté courant alternatif et le côté courant continu étant isolés l'un de l'autre par le transformateur. La tension de courant alternatif à haute fréquence est à nouveau convertie en une tension de courant continu dans le circuit en pont complet du côté courant continu. Lors de la conversion d'une tension de courant continu en une tension de courant alternatif, le convertisseur de puissance convertit une tension de courant continu appliquée en une tension de courant alternatif à haute fréquence dans le circuit en pont complet du côté courant continu du transformateur, et transfère la tension de courant alternatif à haute fréquence au côté courant alternatif, le côté courant alternatif et le côté courant continu étant isolés l'un de l'autre par le transformateur. La tension de courant alternatif à haute fréquence est convertie en une tension de courant continu dans le circuit en pont complet connecté à l'enroulement côté courant alternatif du transformateur. La tension de courant continu est convertie en une tension de courant alternatif souhaitée dans l'autre circuit en pont complet du côté courant alternatif.

[0003] Étant donné que la technique classique utilise un total de trois circuits en pont, il est difficile de réduire le nombre de composants actifs. Le composant actif est un terme

général pour les éléments de commutation et les redresseurs.

## **RÉSUMÉ**

- [0004] Ce résumé est fourni pour présenter une sélection de concepts sous une forme simplifiée qui sont décrits plus en détail ci-dessous dans la description détaillée. Ce résumé n'est pas destiné à identifier les caractéristiques clés ou les caractéristiques essentielles de l'objet revendiqué, ni à être utilisé comme une aide pour déterminer la portée de l'objet revendiqué.
- [0005] Dans un aspect général, un convertisseur de puissance comporte un transformateur, un condensateur côté courant continu, un condensateur côté courant alternatif, un circuit côté courant continu et un circuit côté courant alternatif. Le transformateur comporte un enroulement côté courant continu et un enroulement côté courant alternatif. Le circuit côté courant continu comporte une inductance côté courant continu, un élément de commutation de redressement, des première et deuxième bornes de connexion de courant continu formant une paire et un circuit tampon côté courant continu. Le circuit côté courant alternatif comporte des première et deuxième bornes de connexion de courant alternatif formant une paire, une inductance côté courant alternatif, un premier élément de commutation de bras supérieur, un deuxième élément de commutation de bras supérieur, un premier élément de commutation de bras inférieur, un deuxième élément de commutation de bras inférieur et un circuit tampon côté courant alternatif. Une connexion en série du premier élément de commutation de bras supérieur et du premier élément de commutation de bras inférieur, et une connexion en série du deuxième élément de commutation de bras supérieur et du deuxième élément de commutation de bras inférieur forment un circuit en pont. Un nœud entre le premier élément de commutation de bras supérieur et le premier élément de commutation de bras inférieur, et un nœud entre le deuxième élément de commutation de bras supérieur et le deuxième élément de commutation de bras inférieur sont connectés l'un à l'autre via les première et deuxième bornes de connexion de courant alternatif et l'inductance côté courant alternatif. Le circuit tampon côté courant continu comporte un élément de commutation tampon côté courant continu et un condensateur tampon côté courant continu. Le circuit tampon côté courant alternatif comporte un élément de commutation tampon côté courant alternatif et un condensateur tampon côté courant alternatif et est connecté en parallèle avec le circuit en pont. Le circuit côté courant continu est connecté à l'enroulement côté courant continu du transformateur via le condensateur côté courant continu. Le circuit côté courant alternatif est connecté à l'enroulement côté courant alternatif du transformateur via le condensateur côté courant alternatif.
- [0006] D'autres caractéristiques et aspects ressortiront de la description détaillée suivante, des dessins et des revendications.

## Brève description des dessins

- [0007] [Fig.1] La [Fig.1] est un schéma montrant un exemple d'une configuration d'un convertisseur de puissance 1.
- [0008] [Fig.2] La [Fig.2] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un premier état  $\Phi 1$ .
- [0009] [Fig.3] La [Fig.3] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un deuxième état  $\Phi 2$ .
- [0010] [Fig.4] La [Fig.4] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un troisième état  $\Phi 3$ .
- [0011] [Fig.5] La [Fig.5] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un quatrième état  $\Phi 4$ .
- [0012] [Fig.6] La [Fig.6] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un cinquième état  $\Phi 5$ .
- [0013] [Fig.7] La [Fig.7] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un sixième état  $\Phi 6$ .
- [0014] [Fig.8] La [Fig.8] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un septième état  $\Phi 7$ .
- [0015] [Fig.9] La [Fig.9] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un huitième état  $\Phi 8$ .
- [0016] [Fig.10] La [Fig.10] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un neuvième état  $\Phi 9$ .
- [0017] [Fig.11] La [Fig.11] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un dixième état  $\Phi 10$ .
- [0018] [Fig.12] La [Fig.12] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un onzième état  $\Phi 11$ .
- [0019] [Fig.13] La [Fig.13] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un douzième état  $\Phi 12$ .
- [0020] [Fig.14] La [Fig.14] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 1 dans un treizième état  $\Phi 13$ .
- [0021] [Fig.15] La [Fig.15] est un schéma montrant un exemple d'un convertisseur de puissance 2 dans un premier état  $\Psi 1$ .
- [0022] [Fig.16] La [Fig.16] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un deuxième état  $\Psi 2$ .
- [0023] [Fig.17] La [Fig.17] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un troisième état  $\Psi 3$ .
- [0024] [Fig.18] La [Fig.18] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un quatrième état  $\Psi 4$ .

- [0025] [Fig.19] La [Fig.19] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un cinquième état  $\Psi 5$ .
- [0026] [Fig.20] La [Fig.20] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un sixième état  $\Psi 6$ .
- [0027] [Fig.21] La [Fig.21] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un septième état  $\Psi 7$ .
- [0028] [Fig.22] La [Fig.22] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un huitième état  $\Psi 8$ .
- [0029] [Fig.23] La [Fig.23] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un neuvième état  $\Psi 9$ .
- [0030] [Fig.24] La [Fig.24] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un dixième état  $\Psi 10$ .
- [0031] [Fig.25] La [Fig.25] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un premier état  $\Omega 1$ .
- [0032] [Fig.26] La [Fig.26] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un deuxième état  $\Omega 2$ .
- [0033] [Fig.27] La [Fig.27] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un troisième état  $\Omega 3$ .
- [0034] [Fig.28] La [Fig.28] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un quatrième état  $\Omega 4$ .
- [0035] [Fig.29] La [Fig.29] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un cinquième état  $\Omega 5$ .
- [0036] [Fig.30] La [Fig.30] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un sixième état  $\Omega 6$ .
- [0037] [Fig.31] La [Fig.31] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un septième état  $\Omega 7$ .
- [0038] [Fig.32] La [Fig.32] est un schéma montrant un exemple du convertisseur de puissance 2 dans un huitième état  $\Omega 8$ .
- [0039] Dans les dessins et la description détaillée, les mêmes numéros de référence se rapportent aux mêmes éléments. Les dessins peuvent ne pas être à l'échelle, et la taille relative, les proportions et la représentation des éléments dans les dessins peuvent être exagérées pour des raisons de clarté, d'illustration et de commodité.

## **DESCRIPTION DÉTAILLÉE**

- [0040] Cette description fournit une compréhension complète des procédés, appareils et/ou systèmes décrits. Des modifications et des équivalents des procédés, appareils et/ou systèmes décrits sont évidents pour une personne ayant une compétence ordinaire dans l'art. Les séquences d'opérations sont données à titre d'exemple et peuvent subir des

changements de manière apparente pour une personne ayant une compétence ordinaire dans l'art, à l'exception des opérations se déroulant nécessairement dans un certain ordre. Les descriptions de fonctions et de constructions qui sont bien connues d'une personne ayant une compétence ordinaire dans l'art peuvent être omises.

- [0041] Les modes de réalisations donnés à titre d'exemple peuvent prendre différentes formes et ne sont pas limités aux exemples décrits. Toutefois, les exemples décrits sont exhaustifs et complets et transmettent toute la portée de la divulgation à une personne ayant une compétence ordinaire dans l'art.
- [0042] Dans la présente spécification, "au moins un parmi A et B" doit être comprise comme signifiant "seulement A, seulement B, ou à la fois A et B."
- [0043] <Premier mode de réalisation>
- [0044] Un premier mode de réalisation de la présente divulgation va maintenant être décrit en référence aux dessins. Un convertisseur de puissance 1 selon le présent mode de réalisation convertit une tension de courant continu fournie par une alimentation en puissance électrique à courant continu V2 en une tension de courant alternatif et la fournit à une charge (non montrée) connectée au convertisseur de puissance 1.
- [0045] Comme le montre la [Fig.1], le convertisseur de puissance 1 comporte par exemple un circuit côté courant alternatif 10, un circuit côté courant continu 20, une unité de commande 50, un condensateur côté courant continu C3, un condensateur côté courant alternatif C4 et un transformateur TR.
- [0046] [Circuit côté courant alternatif 10]
- [0047] Le circuit côté courant alternatif 10 comporte par exemple une inductance côté courant alternatif 12, une première borne de connexion de courant alternatif t3, une deuxième borne de connexion de courant alternatif t4, un circuit tampon côté courant alternatif 21 et un circuit en pont 22. Le circuit en pont 22 comporte un premier élément de commutation de bras supérieur Q3, un premier élément de commutation de bras inférieur Q4, un deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et un deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6.
- [0048] Le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 comporte une première borne t31 et une deuxième borne t32, et le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 comporte une première borne t41 et une deuxième borne t42. La deuxième borne t32 du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et la première borne t41 du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 sont connectées l'une à l'autre. Ainsi, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 sont connectés en série. Le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 sont des MOSFET de puissance à canal n dans le présent mode de réalisation, dans lequel les premières bornes t31, t41 servent de

drains, et les deuxièmes bornes t32, t42 servent de sources. Le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 ne sont pas limités aux MOSFET et peuvent être tout dispositif tel que les IGBT à diodes antiparallèles.

- [0049] Le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 comporte une première borne t51 et une deuxième borne t52, et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 comporte une première borne t61 et une deuxième borne t62. La deuxième borne t52 du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et la première borne t61 du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont connectées l'une à l'autre. Ainsi, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont connectés en série. Le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont des MOSFET de puissance à canal n dans le présent mode de réalisation, dans lequel les premières bornes t51, t61 servent de drains, et les deuxièmes bornes t52, t62 servent de sources. Le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 ne sont pas limités aux MOSFET et peuvent être tout dispositif tel que les IGBT à diodes antiparallèles.
- [0050] Les éléments de commutation Q3 à Q6 comportent respectivement des diodes de corps. Les cathodes des diodes de corps sont respectivement connectées aux premières bornes des éléments de commutation Q3 à Q6, et les anodes des diodes de corps sont respectivement connectées aux deuxièmes bornes des éléments de commutation Q3 à Q6. La connexion en série du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et du premier élément de commutation de bras inférieur Q4, et la connexion en série du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 forment le circuit en pont 22.
- [0051] La première borne de connexion de courant alternatif t3 est connectée à un nœud entre le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 via l'inductance côté courant alternatif 12. La deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 est connectée à un nœud entre le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6. Ainsi, les nœuds entre les éléments de commutation Q3 et Q4 et la première borne de connexion de courant alternatif t3 sont connectés l'un à l'autre via l'inductance côté courant alternatif 12, et les nœuds entre les éléments de commutation Q5 et Q6 et la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 sont connectés l'un à l'autre.
- [0052] Le transformateur TR est un transformateur d'isolement qui comporte un enroulement côté courant continu W1 et un enroulement côté courant alternatif W2. Une

tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 (une extrémité marquée d'un cercle noir dans la [Fig.1]) est connectée à la première borne t31 du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et à la première borne t51 du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 via le condensateur côté courant alternatif C4. Spécifiquement, le condensateur côté courant alternatif C4 comporte une première borne tc7 et une deuxième borne tc8. La tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 est connectée à la deuxième borne tc8 du condensateur côté courant alternatif C4, et la première borne tc7 du condensateur côté courant alternatif C4 est connectée à la première borne t31 du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et à la première borne t51 du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5. Une queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 (une extrémité sans cercle noir dans la [Fig.1]) est connectée à la deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et à la deuxième borne t62 du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6. Le circuit côté courant alternatif 10 est connecté à l'enroulement côté courant alternatif W2 du transformateur TR via le condensateur côté courant alternatif C4.

[0053] La "tête" et la "queue" de l'enroulement côté courant alternatif W2 sont des termes utilisés à des fins d'illustration uniquement afin d'indiquer les polarités du câblage (indiquées par la présence ou l'absence d'un cercle noir) et ne sont pas liées au début ou à la fin réels d'un enroulement dans la fabrication.

[0054] [Circuit tampon côté courant alternatif 21]

[0055] Le circuit tampon côté courant alternatif 21 comporte un élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 et un condensateur tampon côté courant alternatif C5. L'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 et le condensateur tampon côté courant alternatif C5 sont connectés en série. L'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 comporte une première borne t71 et une deuxième borne t72, et le condensateur tampon côté courant alternatif C5 comporte une première borne tc9 et une deuxième borne tc10. La première borne t71 de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 et la première borne tc9 du condensateur tampon côté courant alternatif C5 sont connectées l'une à l'autre. L'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 comporte une diode de corps. L'anode de la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 est connectée à la deuxième borne t72, et la cathode de la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 est connectée à la première borne t71.

[0056] Le circuit tampon côté courant alternatif 21 et le circuit en pont 22 sont connectés en parallèle. Spécifiquement, la deuxième borne t72 de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 est connectée au nœud entre la première borne t31 du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et la première borne t51 du

deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5. De même, la deuxième borne tc10 du condensateur tampon côté courant alternatif C5 est connectée au nœud entre la deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et la deuxième borne t62 du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6.

[0057] [Circuit côté courant continu 20]

[0058] Le circuit côté courant continu 20 comporte une inductance côté courant continu 11, un circuit tampon côté courant continu 23, un élément de commutation de redressement Q1, un condensateur de lissage C1, une première borne de connexion de courant continu t5 et une deuxième borne de connexion t6. L'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 et le circuit côté courant continu 20 sont connectés électriquement l'un à l'autre. Spécifiquement, une extrémité ou une première extrémité de l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 est connectée à la première borne de connexion de courant continu t5 du circuit côté courant continu 20. Une autre extrémité ou une deuxième extrémité de l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 est connectée à la deuxième borne de connexion t6 du circuit côté courant continu 20. En conséquence, une tension de courant continu est appliquée entre les bornes de connexion de courant continu t5 et t6.

[0059] L'élément de commutation de redressement Q1 comporte une première borne t11 et une deuxième borne t12. Dans le présent mode de réalisation, l'élément de commutation de redressement Q1 est un MOSFET de puissance à canal n dans lequel la première borne t11 sert de drain et la deuxième borne t12 sert de source. L'élément de commutation de redressement Q1 n'est pas limité à un MOSFET et peut être tout dispositif tel qu'un IGBT à diode antiparallèle. L'inductance côté courant continu 11 comporte une première borne tL1 et une deuxième borne tL2. La première borne tL1 est un exemple de "une extrémité ou une première extrémité d'une inductance côté courant continu", et la deuxième borne tL2 est un exemple de "une autre extrémité ou une deuxième extrémité de l'inductance côté courant continu". Le condensateur de lissage C1 comporte une première borne tc1 et une deuxième borne tc2. La première borne tc1 est un exemple de "une extrémité ou une première extrémité d'un condensateur de lissage, et la deuxième borne tc2 est un exemple de "une autre extrémité ou une deuxième extrémité du condensateur de lissage".

[0060] La première borne tc1 du condensateur de lissage C1 est connectée à la première borne de connexion de courant continu t5. La deuxième borne tc2 du condensateur de lissage C1 est connectée à la deuxième borne de connexion de courant continu t6.

[0061] L'inductance côté courant continu 11 est connectée à la fois à l'élément de commutation de redressement Q1 et à la deuxième borne de connexion t6. Spécifiquement, la première borne tL1 de l'inductance côté courant continu 11 est connectée à la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q1, et la deuxième

borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11 est connectée à la deuxième borne de connexion t6.

- [0062] L'élément de commutation de redressement Q1 est connecté à l'inductance côté courant continu 11 et au condensateur de lissage C1. Spécifiquement, la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q1 et la première borne tL1 de l'inductance côté courant continu 11 sont connectées l'une à l'autre. De même, la première borne t11 de l'élément de commutation de redressement Q1 et la première borne tc1 du condensateur de lissage C1 sont connectées l'une à l'autre.
- [0063] Une tête de l'enroulement côté courant continu W1 (une extrémité marquée d'un cercle noir dans la [Fig.1]) est connectée à la première borne tL1 de l'inductance côté courant continu 11 et à la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q1 via le condensateur côté courant continu C3. Spécifiquement, le condensateur côté courant continu C3 comporte une première borne tc5 et une deuxième borne tc6. La tête de l'enroulement côté courant continu W1 est connectée à la première borne tc5 du condensateur côté courant continu C3, et la deuxième borne tc6 du condensateur côté courant continu C3 est connectée à la première borne tL1 de l'inductance côté courant continu 11 et à la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q1. Une queue de l'enroulement côté courant continu W1 (une extrémité sans cercle noir dans la [Fig.1]) est connectée à la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11. Le circuit côté courant continu 20 est connecté à l'enroulement côté courant continu W1 du transformateur TR via le condensateur côté courant continu C3.
- [0064] La "tête" et la "queue" de l'enroulement côté courant alternatif W2 sont des termes utilisés à des fins d'illustration uniquement afin d'indiquer les polarités du câblage (indiquées par la présence ou l'absence d'un cercle noir) et ne sont pas liées au début ou à la fin réels d'un enroulement dans la fabrication.
- [0065] [Circuit tampon côté courant continu 23]
- [0066] Le circuit tampon côté courant continu 23 comporte un élément de commutation tampon côté courant continu Q2 et un condensateur tampon côté courant continu C2. L'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 et le condensateur tampon côté courant continu C2 sont connectés en série. L'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 comporte une première borne t21 et une deuxième borne t22, et le condensateur tampon côté courant continu C2 comporte une première borne tc3 et une deuxième borne tc4. La première borne t21 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 et la première borne tc3 du condensateur tampon côté courant continu C2 sont connectées l'une à l'autre. L'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 comporte une diode de corps. L'anode de la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 est connectée à la

deuxième borne t22, et la cathode de la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 est connectée à la première borne t21.

[0067] Le circuit tampon côté courant continu 23 et l'inductance côté courant continu 11 sont connectés en parallèle. Spécifiquement, la deuxième borne t22 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 est connectée à la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11. De même, la deuxième borne tc4 du condensateur tampon côté courant continu C2 et la première borne tL1 de l'inductance côté courant continu 11 sont connectées l'une à l'autre.

[0068] [Unité de commande 50]

[0069] Comme le montre la [Fig.1], le convertisseur de puissance 1 comporte un capteur de tension S1 qui détecte une tension entre la première borne de connexion de courant alternatif t3 et la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4, un capteur de courant S2 qui détecte un courant circulant à travers l'inductance côté courant alternatif 12, et un capteur de tension S3 qui détecte une tension entre la première borne de connexion de courant continu t5 et la deuxième borne de connexion de courant continu t6. Le capteur de tension S1, le capteur de courant S2 et le capteur de tension S3 délivrent des résultats de détection à l'unité de commande 50.

[0070] L'unité de commande 50 commande les éléments de commutation Q1 à Q7 entre un état conducteur (état MARCHE) et un état non conducteur (état ARRÊT) sur la base de signaux provenant du capteur de tension S1, du capteur de courant S2 et du capteur de tension S3.

[0071] Le convertisseur de puissance 1 commute les éléments de commutation Q1 à Q7 respectifs entre l'état conducteur et l'état non conducteur, de manière à convertir la tension de courant continu fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 en une tension de courant alternatif, et délivre la tension de courant alternatif des première et deuxième bornes de connexion de courant alternatif t3, t4, qui forment une paire.

[0072] [Courants et tensions dans plusieurs parties]

[0073] À titre d'illustration, les tensions dans le convertisseur de puissance 1 et les courants circulant à travers le convertisseur de puissance 1 sont désignés de la manière suivante. Une tension entre les bornes de connexion de courant alternatif t3 et t4 est définie comme une tension de courant alternatif  $V_o$ . Étant donné que la tension entre les bornes de connexion de courant alternatif t3 et t4 est une tension de courant alternatif, il y a des moments où le potentiel électrique de la première borne de connexion de courant alternatif t3 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4, et des moments où le potentiel électrique de la première borne de connexion de courant alternatif t3 est inférieur au potentiel électrique de la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4. Lorsque le

potentiel électrique de la première borne de connexion de courant alternatif t3 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4, la tension de courant alternatif  $V_0$  est définie comme ayant une polarité positive. Lorsque le potentiel électrique de la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 est supérieur au potentiel électrique de la première borne de connexion de courant alternatif t3, la tension de courant alternatif  $V_0$  est définie comme ayant une polarité négative. Une tension entre les extrémités opposées de l'inductance côté courant alternatif 12 est définie comme une tension  $V_{L2}$  d'inductance côté de courant alternatif. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique à l'extrémité correspondant au circuit côté courant alternatif 10 est supérieur au potentiel électrique à l'extrémité correspondant à la première borne de connexion de courant alternatif t3, la tension  $V_{L2}$  d'inductance côté de courant alternatif est définie comme étant positive. De même, une direction allant du circuit côté courant alternatif 10 à la première borne de connexion de courant alternatif t3 est définie comme une direction positive d'un courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif.

[0074] Une tension entre les extrémités opposées du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 est définie comme une tension  $V_{Q3}$  de premier élément de commutation de bras supérieur. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne t31 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne t32, la tension  $V_{Q3}$  de premier élément de commutation de bras supérieur est définie comme étant positive. De même, une direction allant de la première borne t31 à la deuxième borne t32 est définie comme une direction positive d'un courant  $I_{Q3}$  de premier élément de commutation de bras supérieur. Une tension entre les extrémités opposées du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 est définie comme une tension  $V_{Q4}$  de premier élément de commutation de bras inférieur. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne t41 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne t42, la tension  $V_{Q4}$  de premier élément de commutation de bras inférieur est définie comme étant positive. De même, une direction allant de la première borne t41 à la deuxième borne t42 est définie comme une direction positive d'un courant  $I_{Q4}$  de premier élément de commutation de bras inférieur.

[0075] Une tension entre les extrémités opposées du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 est définie comme une tension  $V_{Q5}$  de deuxième élément de commutation de bras supérieur. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne t51 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne t52, la tension  $V_{Q5}$  de deuxième élément de commutation de bras supérieur est définie comme étant positive. De même, une direction allant de la première borne t51 à la deuxième borne t52 est définie comme une direction positive d'un courant  $I_{Q5}$  de

deuxième élément de commutation de bras supérieur. Une tension entre les extrémités opposées du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 est définie comme une tension VQ6 de deuxième élément de commutation de bras inférieur. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne t61 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne t62, la tension VQ6 de deuxième élément de commutation de bras inférieur est définie comme étant positive. De même, une direction allant de la première borne t61 à la deuxième borne t62 est définie comme une direction positive d'un courant IQ6 de deuxième élément de commutation de bras inférieur.

[0076] Une tension entre les extrémités opposées du condensateur tampon côté courant alternatif C5 est définie comme une tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne tc9 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne tc10, la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif est définie comme étant positive. Une direction allant de la première borne tc9 à la deuxième borne tc10 du condensateur tampon côté courant alternatif C5 est définie comme une direction positive d'un courant IC5 de condensateur tampon côté courant alternatif. Une tension entre les extrémités opposées du condensateur côté courant alternatif C4 est définie comme une tension VC4 de condensateur côté courant alternatif. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne tc7 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne tc8, la tension VC4 de condensateur côté courant alternatif est définie comme étant positive.

[0077] Une tension entre les extrémités opposées de l'enroulement côté courant alternatif W2 est définie comme une tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique à la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 est supérieur au potentiel électrique à la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2, la tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif est définie comme étant positive. Une direction allant de la queue à la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 est définie comme une direction positive d'un courant Is d'enroulement côté courant alternatif.

[0078] Une tension entre les extrémités opposées de l'enroulement côté courant continu W1 est définie comme une tension VT1 d'enroulement côté courant continu. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique à la tête de l'enroulement côté courant continu W1 est supérieur au potentiel électrique à la queue de l'enroulement côté courant continu W1, la tension VT1 d'enroulement côté courant continu est définie comme étant positive. Une direction allant de la tête à la queue de l'enroulement côté courant continu W1 est définie comme une direction positive d'un courant Ip d'enroulement côté courant continu.

- [0079] Une tension entre les extrémités opposées du condensateur côté courant continu C3 est définie comme une tension VC3 de condensateur côté de courant continu. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la deuxième borne tc6 est supérieur au potentiel électrique de la première borne tc5, la tension VC3 de condensateur côté de courant continu est définie comme étant positive.
- [0080] Une tension entre les extrémités opposées de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 est définie comme une tension VQ2 d'élément de commutation tampon côté courant continu. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne t21 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne t22, la tension VQ2 d'élément de commutation tampon côté courant continu est définie comme étant positive. Une tension entre les extrémités opposées du condensateur tampon côté courant continu C2 est définie comme une tension VC2 de condensateur tampon côté courant continu. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne tc3 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne tc4, la tension VC2 de condensateur tampon côté courant continu est définie comme étant positive. Une direction allant de la première borne tc3 à la deuxième borne tc4 du condensateur tampon côté courant continu C2 est définie comme une direction positive d'un courant IC2 de condensateur tampon côté courant continu.
- [0081] Une tension entre les extrémités opposées de l'inductance côté courant continu 11 est définie comme une tension VL1 d'inductance côté courant continu. Spécifiquement, la tension VL1 d'inductance côté courant continu est définie comme étant positive lorsque le potentiel électrique de la première borne tL1 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne tL2. Une direction allant de la première borne tL1 à la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11 est définie comme une direction positive d'un courant IL1 d'inductance côté courant continu.
- [0082] Une tension entre les extrémités opposées de l'élément de commutation de redressement Q1 est définie comme une tension VQ1 d'élément de commutation de redressement. Spécifiquement, lorsque le potentiel électrique de la première borne t11 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne t12, la tension VQ1 d'élément de commutation de redressement est définie comme étant positive. De même, une direction allant de la première borne t11 à la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q1 est définie comme une direction positive d'un courant IQ1 d'élément de commutation de redressement. Une tension appliquée au convertisseur de puissance 1 par l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 est définie comme une tension de courant continu Vi.
- [0083] [Description détaillée d'une commande de commutation par l'unité de commande 50]
- [0084] Les combinaisons d'états conducteurs et d'états non conducteurs des éléments de

commutation Q1 à Q7 sont appelées motifs de commutation. Le présent mode de réalisation a onze motifs de commutation allant d'un premier motif  $\alpha 1$  à un onzième motif  $\alpha 11$ . Une série d'actions de commutation pour faire passer le motif de commutation, dans l'ordre, de  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\alpha 3$ ,  $\alpha 4$ ,  $\alpha 5$ ,  $\alpha 6$ ,  $\alpha 7$ ,  $\alpha 8$ ,  $\alpha 9$ ,  $\alpha 10$ ,  $\alpha 11$ , puis de nouveau à  $\alpha 1$  est considérée comme une unité. L'unité de commande 50 exécute une commande de commutation en réalisant de manière répétée les actions d'unité de commutation à un cycle spécifique (cycle de commutation). Le cycle de commutation est suffisamment court par rapport au cycle de la tension de courant alternatif  $V_0$ . Par exemple, le cycle de la tension de courant alternatif  $V_0$  est de 20 ms, tandis que le cycle de commutation est de 10  $\mu$ s.

- [0085] Le premier motif  $\alpha 1$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 sont dans l'état non conducteur.
- [0086] Le deuxième motif  $\alpha 2$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont dans l'état non conducteur.
- [0087] Le troisième motif  $\alpha 3$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont dans l'état non conducteur.
- [0088] Le quatrième motif  $\alpha 4$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont dans l'état non conducteur.

- [0089] Le cinquième motif  $\alpha_5$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont dans l'état non conducteur.
- [0090] Le sixième motif  $\alpha_6$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1 et le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0091] Le septième motif  $\alpha_7$  est un motif de commutation dans lequel le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 est dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q1, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0092] Le huitième motif  $\alpha_8$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 et le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q1, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0093] Le neuvième motif  $\alpha_9$  est un motif de commutation dans lequel le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 est dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q1, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0094] Le dixième motif  $\alpha_{10}$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1 et le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant

continu Q2, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.

- [0095] Le onzième motif  $\alpha 11$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q1, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le premier élément de commutation de bras inférieur Q4, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont dans l'état non conducteur.
- [0096] Le fonctionnement du convertisseur de puissance 1 va maintenant être décrit en référence aux [Fig.2] à 14. Dans la description du premier mode de réalisation ci-dessous, un état où un potentiel de courant alternatif est positif fait référence à un état où la tension de courant alternatif  $V_o$  délivrée par le convertisseur de puissance 1 a une polarité positive, et un état où le potentiel de courant alternatif est négatif fait référence à un état où la tension de courant alternatif  $V_o$  délivrée par le convertisseur de puissance 1 a une polarité négative.
- [0097] Une action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit négatif est identique à une action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit positif, sauf que l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 sont interchangées, et que l'action du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 sont interchangées. En conséquence, l'action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit positif sera décrite, et la description de l'action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit négatif sera omise.
- [0098] À titre d'illustration, on suppose que le convertisseur de puissance 1 est dans un état stable lorsque le convertisseur de puissance 1 commence à fonctionner. C'est-à-dire que l'on suppose que les condensateurs C1 à C5 sont chacun chargés avec une tension correspondante. De même, on suppose qu'un courant circule à travers chacun parmi l'inductance côté courant continu 11, l'enroulement côté courant continu W1 du transformateur TR et l'enroulement côté courant alternatif W2 du transformateur TR, et l'inductance côté courant alternatif 12. Le circuit côté courant continu 20, le condensateur côté courant continu C3 et l'enroulement côté courant continu W1 sont également appelés côté courant continu du convertisseur de puissance 1, et le circuit côté courant alternatif 10, le condensateur côté courant alternatif C4 et l'enroulement côté courant alternatif W2 sont également appelés côté courant alternatif du

convertisseur de puissance 1.

[0099] L'unité de commande 50 exécute de manière répétée la commande de commutation dans laquelle le motif de commutation passe du premier motif  $\alpha 1$ , puis passe séquentiellement du deuxième motif  $\alpha 2$  au onzième motif  $\alpha 11$ , puis de nouveau au premier motif  $\alpha 1$ . Cela fait basculer l'état du convertisseur de puissance 1 d'un premier état  $\Phi 1$  à un treizième état  $\Phi 13$ . Chacun de ces états va maintenant être décrit.

[0100] [Premier état  $\Phi 1$ ]

[0101] Le premier état  $\Phi 1$  montré dans la [Fig.2] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le premier motif  $\alpha 1$ . Dans le premier état  $\Phi 1$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT11, qui est créé par une puissance fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.2].

[0102] Le chemin de courant RT11 comporte un premier chemin et un deuxième chemin. Le premier chemin mène de la borne positive de l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 à la borne négative de l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 via la première borne de connexion de courant continu t5, l'élément de commutation de redressement Q1, le condensateur côté courant continu C3, l'enroulement côté courant continu W1 et la deuxième borne de connexion t6. C'est-à-dire que le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction positive circule à travers le premier chemin. Le deuxième chemin se ramifie à partir du premier chemin au niveau du nœud entre la deuxième borne t12, la deuxième borne tc4 et la deuxième borne tc6, et rejoint le premier chemin via l'inductance côté courant continu 11. Dans le premier état  $\Phi 1$ , la tension de courant continu  $V_i$  de l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 est appliquée aux extrémités opposées de l'inductance côté courant continu 11 dans la direction positive. Cela augmente le courant  $I_{L1}$  d'inductance côté courant continu. La tension  $V_{T1}$  d'enroulement côté courant continu est appliquée aux extrémités opposées de l'enroulement côté courant continu W1 dans la direction positive. Le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction positive circule à travers le chemin de courant RT11, de sorte que le condensateur côté courant continu C3 soit chargé.

[0103] Dans le premier état  $\Phi 1$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT21 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT21 mène de la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 à la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 via le condensateur côté courant alternatif C4, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3, l'inductance côté courant alternatif 12, la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif t3, t4 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6. C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive circule à travers le

chemin de courant RT21. La tension VT1 d'enroulement côté courant continu dans la direction positive, appliquée aux extrémités opposées de l'enroulement côté courant continu W1 du transformateur TR, génère la tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive aux extrémités opposées de l'enroulement côté courant alternatif W2, de sorte que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive circule à travers le chemin de courant RT21. À mesure que le courant circule à travers chemin de courant RT21, le condensateur côté courant alternatif C4 est déchargé. La différence de tension entre la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif et la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction positive. Cela augmente le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif, de sorte que la tension de courant alternatif  $V_o$  augmente.

[0104] La différence de courant entre le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif et le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif circule à travers le condensateur tampon côté courant alternatif C5. Spécifiquement, lorsque le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif est supérieur au courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif, le courant IC5 de condensateur tampon côté courant alternatif circule dans la direction négative. Lorsque le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif est supérieur au courant IL2 d'inductance côté courant alternatif, le courant IC5 de condensateur tampon côté courant alternatif circule dans la direction positive. Le courant IC5 de condensateur tampon côté courant alternatif dans la direction positive charge le condensateur tampon côté courant alternatif C5. Dans le premier état  $\Phi_1$ , étant donné que l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 est mis à l'état conducteur, le courant IC5 de condensateur tampon côté courant alternatif circule à travers l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7.

[0105] [Deuxième état  $\Phi_2$ ]

[0106] Le deuxième état  $\Phi_2$  montré dans la [Fig.3] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le deuxième motif  $\alpha_2$ . Dans le deuxième état  $\Phi_2$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT11 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.3]. Le chemin de courant RT11 est configuré de la manière décrite ci-dessus.

[0107] Dans le deuxième état  $\Phi_2$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT22 et un chemin de courant RT23 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT22 mène de la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 à la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 via le condensateur côté courant alternatif C4, l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 et le condensateur tampon côté courant alternatif C5. C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive circule à travers le

chemin de courant RT22.

- [0108] Le chemin de courant RT23 mène de l'inductance côté courant alternatif 12 à l'inductance côté courant alternatif 12 via la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif t3, t4, la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5, l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7, le condensateur tampon côté courant alternatif C5 et la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur Q4. Le chemin de courant RT23 est assuré par la continuité du courant à travers l'inductance côté courant alternatif 12. Le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif circule vers le condensateur tampon côté courant alternatif C5 via la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7. Le courant circulant à travers le chemin de courant RT23 amène le courant IC5 de condensateur tampon côté courant alternatif dans la direction positive à circuler à travers le condensateur tampon côté courant alternatif C5, de sorte que le condensateur tampon côté courant alternatif C5 soit chargé. La somme de la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif et de la tension de courant alternatif Vo est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction négative. Cela réduit le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif qui circule à travers l'inductance côté courant alternatif 12.
- [0109] La période du deuxième état  $\Phi 2$  est une période de temps mort pour empêcher le condensateur tampon côté courant alternatif C5 d'être court-circuité du fait que les éléments de commutation Q3 à Q6 sont simultanément mis à l'état conducteur. La période du deuxième état  $\Phi 2$  peut être relativement courte, tant que le temps de mise complète à l'état non conducteur du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 est assuré. En d'autres termes, dans la période au cours laquelle le premier état  $\Phi 1$  (le premier motif  $\alpha 1$ ) bascule vers le troisième état  $\Phi 3$  (le troisième motif  $\alpha 3$ ) qui sera discuté ci-dessous, la période du deuxième état  $\Phi 2$  peut être relativement courte si le condensateur tampon côté courant alternatif C5 n'est pas court-circuité du fait que les éléments de commutation Q3 à Q6 sont tous à l'état conducteur.
- [0110] [Troisième état  $\Phi 3$ ]
- [0111] Le troisième état  $\Phi 3$  montré dans la [Fig.4] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le troisième motif  $\alpha 3$ . Dans le troisième état  $\Phi 3$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT11 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.4]. Le chemin de courant RT11 est configuré de la manière décrite ci-dessus.
- [0112] Dans le troisième état  $\Phi 3$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT22 et un chemin de courant RT23' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1.

Le chemin de courant RT22 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 dans le chemin de courant RT23 circule à travers le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 dans le chemin de courant RT23'. La somme de la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif et de la tension de courant alternatif Vo continue à être appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction négative. Cela continue à réduire le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif qui circule à travers l'inductance côté courant alternatif 12.

[0113] [Quatrième état  $\Phi 4$ ]

[0114] Le quatrième état  $\Phi 4$  montré dans la [Fig.5] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le quatrième motif  $\alpha 4$ . Dans le quatrième état  $\Phi 4$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT11 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, et un courant circule à travers un chemin de courant RT22 et un chemin de courant RT23 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.5]. Le chemin de courant RT11, le chemin de courant RT22 et le chemin de courant RT23 sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

[0115] La période du quatrième état  $\Phi 4$  est une période de temps mort pour empêcher le condensateur tampon côté courant alternatif C5 d'être court-circuité du fait que les éléments de commutation Q3 à Q6 sont simultanément mis à l'état conducteur. La période du quatrième état  $\Phi 4$  peut être relativement courte, tant que le temps de mise complète à l'état non conducteur du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 est assuré. En d'autres termes, dans la période au cours laquelle le troisième état  $\Phi 3$  (le troisième motif  $\alpha 3$ ) bascule vers le cinquième état  $\Phi 5$  (le cinquième motif  $\alpha 5$ ) qui sera discuté ci-dessous, la période du quatrième état  $\Phi 4$  peut être relativement courte si le condensateur tampon côté courant alternatif C5 n'est pas court-circuité du fait que les éléments de commutation Q3 à Q6 sont tous à l'état conducteur.

[0116] Le troisième état  $\Phi 3$  et le quatrième état  $\Phi 4$  sont des périodes pour le redressement synchrone qui réduit les pertes de conduction dans le premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5. Si le redressement synchrone n'est pas nécessaire, le troisième état  $\Phi 3$  et le quatrième état  $\Phi 4$  peuvent être sautés, de sorte que le deuxième état  $\Phi 2$  bascule directement vers le cinquième état  $\Phi 5$ .

[0117] [Cinquième état  $\Phi 5$ ]

[0118] Le cinquième état  $\Phi 5$  montré dans la [Fig.6] est un état où l'unité de commande 50 a

mis le motif de commutation sur le cinquième motif  $\alpha_5$ . Dans le cinquième état  $\Phi_5$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT11 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.6]. Le chemin de courant RT11 est configuré de la manière décrite ci-dessus.

[0119] Dans le cinquième état  $\Phi_5$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT22 et un chemin de courant RT24 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT22 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le chemin de courant RT24 mène de l'inductance côté courant alternatif 12 à l'inductance côté courant alternatif 12 via la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif t3, t4, la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 et le premier élément de commutation de bras supérieur Q3. La tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction négative, de sorte que le degré de réduction du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif soit réduit.

[0120] Le degré de réduction du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif varie entre un cas où il circule à travers le chemin de courant RT23 et un cas où il circule à travers le chemin de courant RT24. Dans un cas où le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif circule à travers le chemin de courant RT23, la somme de la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif et de la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction négative. En revanche, dans un cas où le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif circule à travers le chemin de courant RT24, la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction négative. Ainsi, le degré de réduction est plus important lorsque le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif circule à travers le chemin de courant RT23.

[0121] Lorsqu'on souhaite maintenir un degré élevé de réduction du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif, on peut faire basculer le deuxième état  $\Phi_2$  directement vers le sixième état  $\Phi_6$ , en sautant les états du troisième état  $\Phi_3$  au cinquième état  $\Phi_5$ . Lorsqu'on souhaite maintenir un faible degré de réduction du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif, on peut faire basculer le premier état  $\Phi_1$  directement vers le cinquième état  $\Phi_5$ , en mettant à l'état non conducteur uniquement le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6.

[0122] [Sixième état  $\Phi_6$ ]

[0123] Le sixième état  $\Phi_6$  montré dans la [Fig.7] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le sixième motif  $\alpha_6$ . Dans le sixième état  $\Phi_6$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT11 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.7]. Le chemin de courant RT11 est configuré de la manière décrite ci-dessus.

- [0124] Dans le sixième état  $\Phi_6$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT22' et un chemin de courant RT24 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT24 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le courant qui circulerait à travers l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 dans le chemin de courant RT22 circule à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 dans le chemin de courant RT22'.
- [0125] [Septième état  $\Phi_7$ ]
- [0126] Le septième état  $\Phi_7$  montré dans la [Fig.8] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le septième motif  $\alpha_7$ . Dans le septième état  $\Phi_7$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT12 et un chemin de courant RT13 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.8].
- [0127] Le chemin de courant RT12 mène de la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11 à la première borne tL1 via la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 et le condensateur tampon côté courant continu C2. Le chemin de courant RT12 est assuré par la continuité du courant à travers l'inductance côté courant continu 11. Le courant IL1 d'inductance côté courant continu circule à travers le chemin de courant RT12. Le chemin de courant RT13 mène de la queue de l'enroulement côté courant continu W1 à la tête de l'enroulement côté courant continu W1 via la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, le condensateur tampon côté courant continu C2 et le condensateur côté courant continu C3. Le courant Ip d'enroulement côté courant continu dans la direction positive circule à travers le chemin de courant RT13 par la continuité du courant à travers l'inductance d'excitation de l'enroulement côté courant continu W1.
- [0128] La direction de la tension VT1 d'enroulement côté courant continu change, étant donné que l'état où la tension de courant continu Vi est appliquée passe à l'état où la somme de la tension VC2 de condensateur tampon côté courant continu et de la tension VC3 de condensateur côté de courant continu est appliquée dans la direction négative. Cela réduit le courant Ip d'enroulement côté courant continu dans la direction positive.
- [0129] Dans le septième état  $\Phi_7$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT22' et le chemin de courant RT24 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT22' et le chemin de courant RT24 sont configurés de la manière décrite ci-dessus. Lorsque la direction de la tension VT1 d'enroulement côté courant continu change, la direction de la tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif change, de sorte que le courant Is d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive soit réduit.
- [0130] Étant donné que la période du sixième état  $\Phi_6$  et la période du septième état  $\Phi_7$  sont des périodes de temps mort qui durent jusqu'à ce que l'état bascule vers le huitième

état  $\Phi 8$ , la période du sixième état  $\Phi 6$  et la période du septième état  $\Phi 7$  peuvent être relativement courtes.

[0131] [Huitième état  $\Phi 8$ ]

[0132] Le huitième état  $\Phi 8$  montré dans la [Fig.9] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le huitième motif  $\alpha 8$ . Dans le huitième état  $\Phi 8$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT12' et un chemin de courant RT13' du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.9]. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 dans le chemin de courant RT12 circule à travers l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 dans le chemin de courant RT12'. De même, le courant qui circulerait à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 dans le chemin de courant RT13 circule à travers l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 dans le chemin de courant RT13'. Comme dans le cas du septième état  $\Phi 7$ , le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction positive continue de diminuer dans le huitième état  $\Phi 8$ .

[0133] Dans le huitième état  $\Phi 8$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT22' et le chemin de courant RT24 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT22' et le chemin de courant RT24 sont configurés de la manière décrite ci-dessus. Comme dans le cas du septième état  $\Phi 7$ , le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive continue de diminuer dans le huitième état  $\Phi 8$ .

[0134] [Neuvième état  $\Phi 9$ ]

[0135] Le neuvième état  $\Phi 9$  montré dans la [Fig.10] est un état après qu'un temps spécifique s'est écoulé depuis que l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le huitième motif  $\alpha 8$  de sorte que l'état a basculé vers le huitième état  $\Phi 8$ . Dans le neuvième état  $\Phi 9$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT14 et un chemin de courant RT15 du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.10].

[0136] Le chemin de courant RT14 mène de la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11 à la première borne tL1 de l'inductance côté courant continu 11 via l'enroulement côté courant continu W1 et le condensateur côté courant continu C3. Pendant la période allant du septième état  $\Phi 7$  au huitième état  $\Phi 8$ , le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction positive est réduit, et la direction du courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu passe de la direction positive à la direction négative, de sorte que l'état bascule vers le neuvième état  $\Phi 9$ .

[0137] La différence de courant entre le courant  $I_{L1}$  d'inductance côté courant continu et le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu circule à travers le chemin de courant

RT15. Spécifiquement, lorsque le courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu est supérieur au courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu, le courant  $IC2$  de condensateur tampon côté courant continu circule dans la direction positive. Étant donné que le courant  $IC2$  de condensateur tampon côté courant continu circule dans la direction positive, le condensateur tampon côté courant continu  $C2$  est chargé. Lorsque le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu est supérieur au courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu, le courant  $IC2$  de condensateur tampon côté courant continu circule dans la direction négative. Étant donné que le courant  $IC2$  de condensateur tampon côté courant continu circule dans la direction négative, le condensateur tampon côté courant continu  $C2$  est déchargé.

[0138] Dans le neuvième état  $\Phi9$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT25 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT25 comporte un premier chemin, un deuxième chemin et un troisième chemin. Le premier chemin mène de la queue de l'enroulement côté courant alternatif  $W2$  à la tête de l'enroulement côté courant alternatif  $W2$  via la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur  $Q4$ , le premier élément de commutation de bras supérieur  $Q3$  et le condensateur côté courant alternatif  $C4$ . C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative circule à travers le premier chemin. Le deuxième chemin se ramifie à partir du premier chemin au niveau de la deuxième borne  $t42$  du premier élément de commutation de bras inférieur  $Q4$  et rejoint le premier chemin via la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras inférieur  $Q6$  et la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras supérieur  $Q5$ . Le troisième chemin se ramifie à partir du premier chemin au niveau du nœud entre le premier élément de commutation de bras supérieur  $Q3$  et le premier élément de commutation de bras inférieur  $Q4$  et rejoint le deuxième chemin au niveau du nœud entre le deuxième élément de commutation de bras supérieur  $Q5$  et le deuxième élément de commutation de bras inférieur  $Q6$  via l'inductance côté courant alternatif  $L2$  et la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif  $t3$ ,  $t4$ . Le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive est réduit pendant la période allant du septième état  $\Phi7$  au huitième état  $\Phi8$ , et la direction du courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif passe de la direction positive à la direction négative dans le neuvième état  $\Phi9$ . La tension de courant alternatif  $V_o$  dans la direction négative continue à être appliquée à l'inductance côté courant alternatif  $L2$ , de sorte que le courant  $IL2$  d'inductance côté courant alternatif diminue.

[0139] [Dixième état  $\Phi10$ ]

[0140] Le dixième état  $\Phi10$  montré dans la [Fig.11] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le neuvième motif  $\alpha9$ . Dans le dixième état  $\Phi10$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT14 et un chemin de courant RT17 du

côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.11]. Le chemin de courant RT14 est configuré de la manière décrite ci-dessus.

- [0141] Le chemin de courant RT17 mène de la tête de l'enroulement côté courant continu W1 à la queue de l'enroulement côté courant continu W1 via le condensateur côté courant continu C3, la diode de corps de l'élément de commutation de redressement Q1 et l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2. Lorsque le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu est supérieur au courant  $I_{L1}$  d'inductance côté courant continu, la différence de courant entre le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu et le courant  $I_{L1}$  d'inductance côté courant continu circule vers l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 via le chemin de courant RT17. La tension de courant continu  $V_i$  est appliquée à l'inductance côté courant continu 11. Cela augmente le courant  $I_{L1}$  d'inductance côté courant continu. La différence de tension entre la tension de courant continu  $V_i$  et la tension  $V_{C3}$  de condensateur côté de courant continu est appliquée à l'enroulement côté courant continu W1 dans la direction positive, de sorte que le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu soit augmenté (diminué dans la direction négative).
- [0142] Dans le dixième état  $\Phi_{10}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT25 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT25 est configuré de la manière décrite ci-dessus.
- [0143] [Onzième état  $\Phi_{11}$ ]
- [0144] Le onzième état  $\Phi_{11}$  montré dans la [Fig.12] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le dixième motif  $\alpha_{10}$ . Dans le onzième état  $\Phi_{11}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT14 et un chemin de courant RT17' du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.12]. Le chemin de courant RT14 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps de l'élément de commutation de redressement Q1 dans le chemin de courant RT17 circule à travers l'élément de commutation de redressement Q1 dans le chemin de courant RT17'. Cela réduit la résistance du chemin de courant RT17' par rapport à celle du chemin de courant RT17.
- [0145] Dans le onzième état  $\Phi_{11}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT25 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT25 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Dans le onzième état  $\Phi_{11}$ , le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif augmente à mesure que le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu augmente.
- [0146] [Douzième état  $\Phi_{12}$ ]
- [0147] Le douzième état  $\Phi_{12}$  montré dans la [Fig.13] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le onzième motif  $\alpha_{11}$ . Dans le douzième état  $\Phi_{12}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT14 et le chemin de courant RT17'

du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.13]. Le chemin de courant RT14 et le chemin de courant RT17' sont configurés de la manière décrite ci-dessus. Le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu augmente comme dans le cas du dixième état  $\Phi_{10}$ .

[0148] Dans le douzième état  $\Phi_{12}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT24 et un chemin de courant RT26 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT24 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le chemin de courant RT26 mène de la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 à la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 via le condensateur tampon côté courant alternatif C5, l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 et le condensateur côté courant alternatif C4. C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative circule à travers le chemin de courant RT26. Le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif augmente comme dans le cas du dixième état  $\Phi_{10}$ . La tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction négative.

[0149] [Treizième état  $\Phi_{13}$ ]

[0150] Le treizième état  $\Phi_{13}$  montré dans la [Fig.14] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le premier motif  $\alpha_1$ . Dans le treizième état  $\Phi_{13}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT14 et le chemin de courant RT17' du côté courant continu du convertisseur de puissance 1, comme le montre la [Fig.14]. Le chemin de courant RT14 et le chemin de courant RT17' sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

[0151] Dans le treizième état  $\Phi_{13}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT26 et un chemin de courant RT27 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 1. Le chemin de courant RT26 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le chemin de courant RT27 mène de la première borne  $t_{c9}$  du condensateur tampon côté courant alternatif C5 à la deuxième borne  $t_{c10}$  du condensateur tampon côté courant alternatif C5 via l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7, le premier élément de commutation de bras supérieur Q3, l'inductance côté courant alternatif 12, la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif  $t_3$ ,  $t_4$  et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6. La différence de tension entre la tension  $V_{C5}$  de condensateur tampon côté courant alternatif et la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12. Cela augmente le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif qui circule à travers l'inductance côté courant alternatif 12.

[0152] Lorsqu'un temps spécifique s'est écoulé depuis que l'état a basculé vers le treizième état  $\Phi_{13}$ , la direction du courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif circulant à travers l'enroulement côté courant alternatif W2 s'inverse de la direction négative à la

direction positive. Lorsque le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu est supérieur au courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu, la différence de courant entre le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu et le courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu revient à l'alimentation en puissance électrique à courant continu  $V2$  via le chemin de courant  $RT17'$ . Lorsque la différence entre le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu et le courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu est éliminée de sorte que les courants soient égaux l'un à l'autre, le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu circulant à travers l'enroulement côté courant continu  $W1$  s'inverse de la direction négative à la direction positive, de sorte que l'état revienne au premier état  $\Phi1$ .

[0153] Comme décrit ci-dessus, l'action consistant à amener une tension de courant alternatif à avoir une polarité négative est identique à l'action dans le cas où la tension de courant alternatif a une polarité positive, sauf que l'action du premier élément de commutation de bras supérieur  $Q3$  et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur  $Q5$  sont interchangeables, et que l'action du premier élément de commutation de bras inférieur  $Q4$  et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur  $Q6$  sont interchangeables. En interchangeant l'action du premier élément de commutation de bras supérieur  $Q3$  et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur  $Q5$ , et en interchangeant les actions du premier élément de commutation de bras inférieur  $Q4$  et du deuxième élément de commutation de bras inférieur  $Q6$ , la direction de la tension appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 change, de sorte à inverser l'augmentation/diminution du courant  $IL2$  d'inductance côté courant alternatif. En conséquence, la polarité de la tension de courant alternatif  $V_o$  s'inverse.

[0154] [Fonctionnement du convertisseur de puissance 1 selon le présent mode de réalisation]

[0155] Le fonctionnement du présent mode de réalisation va maintenant être décrit.

[0156] Le motif de commutation des éléments de commutation  $Q1$  à  $Q7$  passe séquentiellement du premier motif  $\alpha1$  au onzième motif  $\alpha11$  puis de nouveau au premier motif  $\alpha1$ , de sorte que l'état du convertisseur de puissance 1 bascule séquentiellement du premier état  $\Phi1$  au treizième état  $\Phi13$ . Le courant  $IL2$  d'inductance côté courant alternatif augmente pendant la période allant du treizième état  $\Phi13$  au premier état  $\Phi1$ , et le courant  $IL2$  d'inductance côté courant alternatif diminue pendant la période allant du deuxième état  $\Phi2$  au douzième état  $\Phi12$ . En conséquence, la tension de courant alternatif  $V_o$  augmente pendant la période allant du treizième état  $\Phi13$  au premier état  $\Phi1$ , et la tension de courant alternatif  $V_o$  diminue pendant la période allant du deuxième état  $\Phi2$  au douzième état  $\Phi12$ . L'amplitude de la tension de courant alternatif  $V_o$  est commandée par le rapport de la période allant du treizième état  $\Phi13$  au premier état  $\Phi1$  et la période allant du deuxième état  $\Phi2$  au douzième état  $\Phi12$ .

- [0157] La polarité de la tension de courant alternatif  $V_o$  s'inverse en interchangeant l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5, et en interchangeant les actions du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6. Par conséquent, tout en répétant le basculement d'état du premier état  $\Phi 1$  au treizième état  $\Phi 13$ , il est possible de changer la forme d'onde de la tension de courant alternatif  $V_o$  en une forme d'onde souhaitée (par exemple, une onde sinusoïdale) en combinant les processus suivants : le processus pour commander le rapport de la période allant du treizième état  $\Phi 13$  au premier état  $\Phi 1$  et la période allant du deuxième état  $\Phi 2$  au douzième état  $\Phi 12$  ; le processus pour interchanger l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q5 ; et le processus pour interchanger l'action du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6.
- [0158] En particulier, pendant la période allant du huitième état  $\Phi 8$  au neuvième état  $\Phi 9$ , la direction du courant  $I_{L1}$  d'inductance côté courant continu circulant à travers l'inductance côté courant continu 11 et la direction du courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu circulant à travers l'enroulement côté courant continu W1 sont opposées l'une à l'autre. Il est donc difficile d'assurer la continuité du courant à travers les deux inductances sans le circuit tampon côté courant continu 23. Il peut en résulter une surtension. À cet égard, le circuit tampon côté courant continu 23 selon le présent mode de réalisation permet aux courants des deux inductances de circuler à travers le condensateur tampon côté courant continu C2 pour limiter l'occurrence d'une surtension et pour décharger la puissance absorbée si nécessaire. De même, pendant la période allant du deuxième état  $\Phi 2$  au quatrième état  $\Phi 4$ , la direction du courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif circulant à travers l'inductance côté courant alternatif 12 et la direction du courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif circulant à travers l'enroulement côté courant alternatif W2 sont opposées. Il est donc difficile d'assurer la continuité du courant à travers les inductances sans le circuit tampon côté courant alternatif 21. Il peut en résulter un courant de choc. À cet égard, le circuit tampon côté courant alternatif 21 selon le présent mode de réalisation permet aux courants des deux inductances de circuler à travers le condensateur tampon côté courant alternatif C5 pour limiter l'occurrence d'une surtension et pour décharger la puissance absorbée si nécessaire.
- [0159] [Avantages du convertisseur de puissance 1 selon le présent mode de réalisation]
- [0160] Le mode de réalisation décrit ci-dessus présente les avantages suivants.
- [0161] (1-1) L'unité de commande 50 commande une commutation des éléments de commutation Q1 à Q7 de manière à faire basculer l'état du convertisseur de puissance 1 du

premier état  $\Phi 1$  au treizième état  $\Phi 13$ . Le convertisseur de puissance 1 convertit la tension de courant continu  $V_i$  de l'alimentation en puissance électrique à courant continu  $V_2$  en tension de courant alternatif  $V_o$  par les processus de commande suivants : le processus pour commander l'amplitude de la tension de courant alternatif  $V_o$  en utilisant le rapport de la période allant du treizième état  $\Phi 13$  au premier état  $\Phi 1$  et de la période allant du deuxième état  $\Phi 2$  au douzième état  $\Phi 12$  ; et le processus pour commander la polarité de la tension de courant alternatif  $V_o$  en interchangeant l'action du premier élément de commutation de bras supérieur  $Q_3$  et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur  $Q_5$ , et en interchangeant l'action du premier élément de commutation de bras inférieur  $Q_4$  et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur  $Q_6$ .

- [0162] En même temps, les opérations de commutation de l'élément de commutation de redressement  $Q_1$  et de l'élément de commutation tampon côté courant continu  $Q_2$  appliquent une tension de courant alternatif à haute fréquence à l'enroulement côté courant continu  $W_1$  du transformateur TR, de sorte qu'une puissance soit transmise de l'enroulement côté courant alternatif  $W_2$  au circuit côté courant alternatif 10. Cela permet de transmettre la puissance au côté courant alternatif du transformateur TR tout en isolant le circuit côté courant alternatif 10 de l'alimentation en puissance électrique à courant continu  $V_2$ .
- [0163] Lors de la conversion d'une tension de courant continu en une tension de courant alternatif, le circuit de convertisseur de puissance bidirectionnel de l'art antérieur utilise les circuits en pont complet séparés suivants : un circuit qui convertit une tension de courant continu en une tension de courant alternatif à haute fréquence et l'applique à un enroulement côté courant continu d'un transformateur ; un circuit qui redresse la tension de courant alternatif à haute fréquence générée dans l'enroulement côté courant alternatif du transformateur pour la convertir en une tension de courant continu ; et un circuit qui convertit la tension de courant continu générée du côté courant alternatif du transformateur en une tension de courant alternatif souhaitée. En revanche, le convertisseur de puissance 1 du présent mode de réalisation comporte l'élément de commutation de redressement  $Q_1$ , l'inductance côté courant continu  $L_1$  et le condensateur côté courant continu  $C_3$ , qui construisent un circuit qui convertit une tension de courant continu en une tension de courant alternatif à haute fréquence et l'applique à l'enroulement côté courant continu  $W_1$  du transformateur TR. Le convertisseur de puissance 1 comporte de même le condensateur côté courant alternatif  $C_4$  et le circuit en pont 22, qui construisent un circuit qui redresse la tension de courant alternatif à haute fréquence générée dans l'enroulement côté courant alternatif  $W_2$  du transformateur TR et un circuit qui génère une tension de courant alternatif souhaitée.
- [0164] En conséquence, par rapport au circuit de l'art antérieur qui utilise un total de trois

circuits en pont complet, le convertisseur de puissance 1 réduit le nombre de composants actifs tels que les éléments de commutation et les redresseurs. De même, par rapport au circuit de l'art antérieur qui utilise des circuits en pont complet, le convertisseur de puissance 1 du présent mode de réalisation comporte un nombre relativement petit de composants actifs à travers lesquels circule un courant. Le convertisseur de puissance 1 réduit ainsi la perte de conduction dans les composants actifs.

- [0165] (1-2) Dans le circuit côté courant continu 20, afin d'assurer la continuité du courant à travers les inductances (l'inductance côté courant continu 11 et l'enroulement côté courant continu W1), le circuit tampon côté courant continu 23 prévoit des chemins de déviation pour ces courants. Dans le circuit côté courant alternatif 10, afin d'assurer la continuité du courant à travers les inductances (l'inductance côté courant alternatif 12 et l'enroulement côté courant alternatif W2), le circuit tampon côté courant alternatif 21 prévoit des chemins de déviation pour ces courants.
- [0166] Avec cette configuration, le convertisseur de puissance 1 utilise le circuit tampon côté courant continu 23 pour supprimer l'occurrence d'une surtension qui serait générée par une inadéquation entre la continuité du courant IL1 d'inductance côté courant continu à travers l'inductance côté courant continu 11 et la continuité de courant de l'inductance d'excitation de l'enroulement côté courant continu W1. De même, avec cette configuration, le convertisseur de puissance 1 utilise le circuit tampon côté courant alternatif 21 pour supprimer l'occurrence d'une surtension qui serait générée par une inadéquation entre la continuité du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif à travers l'inductance côté courant alternatif 12 et le courant Is d'enroulement côté courant alternatif.
- [0167] (1-3) Le transformateur TR transmet la puissance du côté courant continu au côté courant alternatif dans tous les états du premier état  $\Phi 1$  au treizième état  $\Phi 13$  indépendamment de la direction de la tension appliquée à l'enroulement côté courant continu W1 du transformateur TR. Le convertisseur de puissance 1 augmente ainsi le rendement d'utilisation du transformateur TR.
- [0168] (1-4) Le circuit tampon côté courant continu 23 comporte le condensateur tampon côté courant continu C2, qui est prévu entre l'inductance côté courant continu 11 et le condensateur côté courant continu C3. Avec cette configuration, lorsque le courant IL1 d'inductance côté courant continu est supérieur au courant Ip d'enroulement côté courant continu, le condensateur tampon côté courant continu C2 peut être chargé en utilisant la différence de courant. Lorsque le courant IL1 d'inductance côté courant continu est inférieur au courant Ip d'enroulement côté courant continu, la puissance peut être fournie par le condensateur tampon côté courant continu C2 à l'enroulement côté courant continu W1. En conséquence, la différence entre le courant IL1

d'inductance côté courant continu et le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu est absorbée par le condensateur tampon côté courant continu C2. Cela garantit l'adaptation des courants dans les diverses sections du circuit côté courant continu 20.

[0169] De même, le circuit tampon côté courant alternatif 21 comporte le condensateur tampon côté courant alternatif C5, qui est prévu entre le circuit en pont 22 et le condensateur côté courant alternatif C4. Avec cette configuration, lorsque le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif est supérieur au courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif, le condensateur tampon côté courant alternatif C5 peut être chargé en utilisant la différence de courant. Lorsque le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif est inférieur au courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif, la puissance peut être fournie par le condensateur tampon côté courant alternatif C5 à l'enroulement côté courant alternatif W2. En conséquence, la différence entre le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif et le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif est absorbée par le condensateur tampon côté courant alternatif C5. Cela garantit l'adaptation des courants dans les diverses sections du circuit côté courant alternatif 10.

[0170] <Deuxième Mode de réalisation>

[0171] Un deuxième mode de réalisation de la présente divulgation va maintenant être décrit en référence aux dessins. Le deuxième mode de réalisation est différent du premier mode de réalisation en ce qui concerne la manière dont les composants sont connectés dans un circuit côté courant continu 20a d'un convertisseur de puissance 2, et en ce qu'un condensateur est connecté à des extrémités opposées de chacun d'éléments de commutation Q11 à Q16. Des numéros de référence similaires ou identiques sont donnés aux composants qui sont similaires ou identiques aux composants correspondants du premier mode de réalisation et les explications détaillées sont omises.

[0172] Comme le montre la [Fig.15], le convertisseur de puissance 2 comporte les éléments de commutation Q11 à Q16 à la place des éléments de commutation Q1 à Q6. Les éléments de commutation Q11 à Q16 sont les mêmes que les éléments de commutation Q1 à Q6 sauf qu'un condensateur est prévu entre le drain et la source. Les éléments de commutation Q12 à Q16 sont prévus à des positions qui correspondent aux positions des éléments de commutation Q2 à Q6. En revanche, la position de l'élément de commutation de redressement Q11 ne correspond pas à la position de l'élément de commutation de redressement Q1. La position de l'élément de commutation de redressement Q11 va maintenant être décrite.

[0173] Le circuit côté courant continu 20 est remplacé par le circuit côté courant continu 20a. Le circuit côté courant continu 20a est différent du circuit côté courant continu 20 en ce que les positions de l'inductance côté courant continu 11 et de l'élément de commutation de redressement Q11 sont inversées. Spécifiquement, la tête de l'enroulement

côté courant continu W1 est connectée à la première borne tc5 du condensateur côté courant continu C3, et la deuxième borne tc6 du condensateur côté courant continu C3 est connectée à la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11 et à la première borne t11 de l'élément de commutation de redressement Q11. La queue de l'enroulement côté courant continu W1 est connectée à la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q11. La première borne tL1 de l'inductance côté courant continu 11 est connectée à la première borne de connexion de courant continu t5.

[0174] Dans le convertisseur de puissance 2, les directions de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 et du condensateur tampon côté courant continu C2 sont inversées par rapport à celles dans le convertisseur de puissance 1. Spécifiquement, la première borne tc3 du condensateur tampon côté courant continu C2 est connectée à la deuxième borne tc6 du condensateur côté courant continu C3 et à la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11. La deuxième borne tc4 du condensateur tampon côté courant continu C2 est connectée à la deuxième borne t22 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12. La première borne t21 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 est connectée à la deuxième borne de connexion t6.

[0175] En outre, dans le convertisseur de puissance 2, la polarité de l'enroulement côté courant alternatif W2 est opposée à celle du convertisseur de puissance 1. En conséquence, la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 est connectée à la deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et à la deuxième borne t62 du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16. La queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 est connectée à la deuxième borne tc8 du condensateur côté courant alternatif C4.

[0176] Une inductance RW1 est connectée en série avec l'enroulement côté courant continu W1. L'inductance de l'inductance RW1 peut être suffisamment inférieure à l'inductance de l'enroulement côté courant continu W1. En plus de l'enroulement côté courant continu W1, une autre inductance peut être prévue. Une inductance de fuite de l'enroulement côté courant continu W1 peut être utilisée. De même, une inductance RW2 peut être connectée en série avec l'enroulement côté courant alternatif W2. Dans la description suivante, les inductances RW1, RW2 seront respectivement désignées comme une inductance de fuite de l'enroulement côté courant continu W1 et une inductance de fuite de l'enroulement côté courant alternatif W2.

[0177] [Description détaillée d'une commande de commutation par l'unité de commande 50]

[0178] Le présent mode de réalisation a huit motifs de commutation allant d'un premier motif  $\beta 1$  à un huitième motif  $\beta 8$ . Une série d'actions de commutation pour faire passer

le motif de commutation, dans l'ordre, de  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$ ,  $\beta_5$ ,  $\beta_6$ ,  $\beta_7$ ,  $\beta_8$ , puis de nouveau à  $\beta_1$  est considérée comme une unité. L'unité de commande 50 exécute une commande de commutation en réalisant de manière répétée les actions d'unité de commutation à un cycle spécifique (cycle de commutation). Le cycle de commutation est suffisamment court par rapport au cycle de la tension de courant alternatif  $V_o$ . Par exemple, le cycle de la tension de courant alternatif  $V_o$  est de 20 ms, tandis que le cycle de commutation est de 10  $\mu$ s.

- [0179] Le premier motif  $\beta_1$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q11, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, et le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 sont dans l'état non conducteur.
- [0180] Le deuxième motif  $\beta_2$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q11 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont dans l'état non conducteur.
- [0181] Le troisième motif  $\beta_3$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q11 est dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0182] Le quatrième motif  $\beta_4$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q11, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont tous dans l'état non conducteur.
- [0183] Le cinquième motif  $\beta_5$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 est dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q11, le premier élément de commutation de bras

supérieur Q13, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.

- [0184] Le sixième motif  $\beta_6$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q11, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0185] Le septième motif  $\beta_7$  est un motif de commutation dans lequel le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q11, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0186] Le huitième motif  $\beta_8$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation de redressement Q11, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 sont dans l'état non conducteur.
- [0187] En référence aux [Fig.15] à 24, le fonctionnement du convertisseur de puissance 2 sera décrit. Le convertisseur de puissance 2 convertit la tension de courant continu  $V_i$  fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant continu  $V_2$  en tension de courant alternatif  $V_o$  et délivre la tension de courant alternatif  $V_o$ .
- [0188] L'unité de commande 50 exécute de manière répétée la commande de commutation dans laquelle le motif de commutation passe du premier motif  $\beta_1$ , puis passe séquentiellement du deuxième motif  $\beta_2$  au huitième motif  $\beta_8$ , et de nouveau au premier motif  $\beta_1$ . Cela fait basculer l'état du convertisseur de puissance 2 d'un premier état  $\Psi_1$  à un dixième état  $\Psi_{10}$ . Chacun de ces états va maintenant être décrit.
- [0189] Une action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit négatif est identique à une action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit positif, sauf que l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15

sont interchangeées, et que l'action du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont interchangeées. En conséquence, l'action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit positif sera décrite, et la description de l'action consistant à faire en sorte que le potentiel de courant alternatif soit négatif sera omise.

[0190] [Premier état  $\Psi 1$ ]

[0191] Le premier état  $\Psi 1$  montré dans la [Fig.15] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le premier motif  $\beta 1$ . Dans le premier état  $\Psi 1$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT31 et un chemin de courant RT32, qui sont créés par une puissance fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.15].

[0192] Le chemin de courant RT31 mène de la tête de l'enroulement côté courant continu W1 à la queue de l'enroulement côté courant continu W1 via l'inductance de fuite RW1 de l'enroulement côté courant continu W1, le condensateur côté courant continu C3 et l'élément de commutation de redressement Q11. C'est-à-dire que le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction négative circule à travers l'enroulement côté courant continu W1. Le chemin de courant RT32 mène de la première borne de connexion de courant continu t5, qui est connectée à l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2, à la deuxième borne de connexion t6 via l'inductance côté courant continu 11 et l'élément de commutation de redressement Q11. La tension de courant continu  $V_i$  est appliquée entre les extrémités opposées de l'inductance côté courant continu 11 dans la direction positive. Cela augmente le courant  $I_L$  d'inductance côté courant continu. La tension VC3 de condensateur côté de courant continu est appliquée à l'enroulement côté courant continu W1 dans la direction négative.

[0193] Dans le premier état  $\Psi 1$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT28 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT28 mène de la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 à la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 via l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2, le condensateur côté courant alternatif C4, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, l'inductance côté courant alternatif 12, la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif t3, t4 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16. C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative circule à travers le chemin de courant RT28. Lorsqu'une tension dans la direction négative est appliquée à l'enroulement côté courant continu W1, la tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif est générée dans l'enroulement côté courant alternatif W2 dans la

direction négative. Cela amène le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative à circuler vers le circuit en pont 22 via le condensateur côté courant alternatif C4. La différence de tension entre la tension  $V_{C5}$  de condensateur tampon côté courant alternatif et la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12. Cela augmente le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif qui circule à travers l'inductance côté courant alternatif 12, et augmente la tension de courant alternatif  $V_o$ .

[0194] La différence de courant entre le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif et le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif circule à travers le condensateur tampon côté courant alternatif C5. Spécifiquement, lorsque le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif est supérieur au courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif, le courant  $I_{C5}$  de condensateur tampon côté courant alternatif circule dans la direction négative. Lorsque le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif est supérieur au courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif, le courant  $I_{C5}$  de condensateur tampon côté courant alternatif circule dans la direction positive. Le courant  $I_{C5}$  de condensateur tampon côté courant alternatif dans la direction positive charge le condensateur tampon côté courant alternatif C5.

[0195] [Deuxième état  $\Psi_2$ ]

[0196] Le deuxième état  $\Psi_2$  montré dans la [Fig.16] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le deuxième motif  $\beta_2$ . Dans le deuxième état  $\Psi_2$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT31 et le chemin de courant RT32 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.16]. Le chemin de courant RT31 et le chemin de courant RT32 sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

[0197] Dans le deuxième état  $\Psi_2$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT29 et un chemin de courant RT23 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT23 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le chemin de courant RT29 mène de la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 à la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 via l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2, le condensateur côté courant alternatif C4, l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 et le condensateur tampon côté courant alternatif C5. C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative circule à travers le chemin de courant RT29. Lorsque le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont dans l'état non conducteur en raison de la continuité du courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif, une partie du courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif décharge le condensateur prévu entre le drain et la source du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15,

et charge simultanément le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras supérieur Q13. Une autre partie du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif décharge le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14, et charge le condensateur prévu entre le drain et la source du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16. Après que le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 ont été mis à l'état non conducteur, la tension VQ3 de premier élément de commutation de bras supérieur et la tension VQ6 de deuxième élément de commutation de bras inférieur augmentent progressivement à mesure que chaque condensateur prévu entre le drain et la source est chargé. Ainsi, lorsqu'ils sont mis à l'état non conducteur, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 entrent en mode de commutation à tension nulle (ZVS) et réduisent ainsi la perte de commutation.

[0198] Lorsque le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et le condensateur prévu entre le drain et la source du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 sont déchargés, les diodes de corps du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 deviennent conductrices. Presque simultanément, le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le condensateur prévu entre le drain et la source du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont chargés. Le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif circule vers le condensateur tampon côté courant alternatif C5 via la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7. La somme de la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif et de la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction négative. Cela réduit le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif qui circule à travers l'inductance côté courant alternatif 12.

[0199] La période du deuxième état  $\Psi_2$  est une période de temps mort. Par conséquent, le deuxième état  $\Psi_2$  peut être relativement court tant qu'il est suffisant pour charger le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le condensateur prévu entre le drain et la source du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16, et pour décharger le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et le condensateur prévu entre le drain et la source du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15.

[0200] [Troisième état  $\Psi_3$ ]

- [0201] Le troisième état  $\Psi_3$  montré dans la [Fig.17] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le troisième motif  $\beta_3$ . Dans le troisième état  $\Psi_3$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT31 et le chemin de courant RT32 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.17]. Le chemin de courant RT31 et le chemin de courant RT32 sont configurés de la manière décrite ci-dessus. Dans le troisième état  $\Psi_3$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT29 et un chemin de courant RT23'' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le courant qui circulerait à travers l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 dans le chemin de courant RT23 circule à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 dans le chemin de courant RT23''. Le courant qui circulerait à travers l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 dans le chemin de courant RT29 circule à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 dans le chemin de courant RT29'.
- [0202] Après que l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 a été mis à l'état non conducteur, le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif et le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif circulent à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7. Ainsi, même si l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 est dans l'état non conducteur, la tension entre le drain et la source de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 n'augmente pas. Ainsi, lorsqu'il est mis à l'état non conducteur, l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 entre dans le mode ZVS et réduit ainsi la perte de commutation. La période du troisième état  $\Psi_3$  est une période de temps mort. Ainsi, la période du troisième état  $\Psi_3$  peut être plus courte que d'autres périodes.
- [0203] [Quatrième état  $\Psi_4$ ]
- [0204] Le quatrième état  $\Psi_4$  montré dans la [Fig.18] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le quatrième motif  $\beta_4$ . Dans le quatrième motif  $\beta_4$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT33, le chemin de courant RT34 et le chemin de courant RT35 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.18].
- [0205] Le chemin de courant RT33 mène de la première borne de connexion de courant continu t5, qui est connectée à l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2, à la deuxième borne de connexion t6 via l'inductance côté courant continu 11, le condensateur tampon côté courant continu C2 et la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12. Le courant IL1 d'inductance côté courant continu circule à travers le chemin de courant RT33 par la continuité de courant de l'inductance côté courant continu 11. Le chemin de courant RT34 mène de

la tête de l'enroulement côté courant continu W1 à la queue de l'enroulement côté courant continu W1 via l'inductance de fuite RW1, le condensateur côté courant continu C3, le condensateur tampon côté courant continu C2 et la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12. Le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu circule à travers le chemin de courant RT34 par la continuité du courant à travers l'inductance d'excitation et l'inductance de fuite RW1 de l'enroulement côté courant continu W1. La direction de la tension VT1 d'enroulement côté courant continu change, étant donné que l'état où la tension de courant continu  $V_i$  est appliquée passe à l'état où la différence de tension entre la tension VC2 de condensateur tampon côté courant continu et la tension VC3 de condensateur côté de courant continu est appliquée dans la direction positive. Cela augmente le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction négative (diminue la valeur absolue).

[0206] Dans le chemin de courant RT35, une partie du courant IL1 d'inductance côté courant continu circulant à travers chemin de courant RT33 circule du nœud entre la deuxième borne tL2 et la deuxième borne tc6 à la deuxième borne de connexion t6 via l'élément de commutation de redressement Q11. Après que l'élément de commutation de redressement Q11 a été mis à l'état non conducteur, une partie du courant IL1 d'inductance côté courant continu circule à travers le chemin de courant RT35, de sorte que le condensateur prévu entre le drain et la source de l'élément de commutation de redressement Q11 soit chargé. Lorsque le condensateur prévu entre le drain et la source de l'élément de commutation de redressement Q11 est chargé, la tension VQ1 d'élément de commutation de redressement augmente progressivement. Ainsi, lorsqu'il est mis à l'état non conducteur, l'élément de commutation de redressement Q11 entre dans le mode ZVS et réduit ainsi la perte de commutation. Lorsque le condensateur prévu entre le drain et la source de l'élément de commutation de redressement Q11 est chargé, le courant cesse de circuler à travers le chemin de courant RT35.

[0207] Dans le quatrième état  $\Psi_4$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT29' et le chemin de courant RT23'' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT29' et le chemin de courant RT23'' sont configurés de la manière décrite ci-dessus. Le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif circule à travers le chemin de courant RT29' par la continuité de courant de l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2. Lorsque la direction de la tension VT1 d'enroulement côté courant continu change, la direction de la tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif change, de sorte que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative soit réduit. La période du quatrième état  $\Psi_4$  est une période de temps mort. Ainsi, la période du quatrième état  $\Psi_4$  peut être plus courte que d'autres périodes.

[0208] [Cinquième état  $\Psi 5$ ]

[0209] Le cinquième état  $\Psi 5$  montré dans la [Fig.19] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le cinquième motif  $\beta 5$ . Dans le cinquième état  $\Psi 5$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT33' et le chemin de courant RT34' du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.19]. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 dans le chemin de courant RT33 circule à travers l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 dans le chemin de courant RT33'. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 dans le chemin de courant RT34 circule à travers l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 dans le chemin de courant RT34'. Cela réduit la résistance du chemin de courant RT33' et du chemin de courant RT34' par rapport à celle du chemin de courant RT33 et du chemin de courant RT34. Lorsque la diode de corps est dans l'état conducteur et que la tension VQ2 d'élément de commutation tampon côté courant continu est sensiblement égale à 0 V, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 est mis à l'état conducteur et entre dans le mode ZVS. L'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 réduit ainsi la perte de commutation.

[0210] Dans le cinquième état  $\Psi 5$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT29' et le chemin de courant RT23'' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT29' et le chemin de courant RT23'' sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

[0211] [Sixième état  $\Psi 6$ ]

[0212] Le sixième état  $\Psi 6$  montré dans la [Fig.20] est un état après qu'un temps spécifique s'est écoulé depuis que l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le cinquième motif  $\beta 5$  de sorte que l'état a basculé vers le cinquième état  $\Psi 5$ . Dans le sixième état  $\Psi 6$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT36 et le chemin de courant RT37 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.20].

[0213] Le chemin de courant RT36 mène de la première borne de connexion de courant continu t5, qui est connectée à l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2, à la deuxième borne de connexion t6 via l'inductance côté courant continu 11, le condensateur côté courant continu C3, l'inductance de fuite RW1 et l'enroulement côté courant continu W1. C'est-à-dire que le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction positive circule à travers le chemin de courant RT36. Pendant la période allant du quatrième état  $\Psi 4$  au cinquième état  $\Psi 5$ , le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction négative est augmenté. Dans le sixième état  $\Psi 6$ , la direction du courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu passe

de la direction négative à la direction positive.

[0214] La différence de courant entre le courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu et le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu circule à travers le chemin de courant  $RT37$ . Spécifiquement, lorsque le courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu est supérieur au courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu, le courant  $IC2$  de condensateur tampon côté courant continu circule dans la direction positive. Étant donné que le courant  $IC2$  de condensateur tampon côté courant continu circule dans la direction positive, le condensateur tampon côté courant continu  $C2$  est chargé. Lorsque le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu est supérieur au courant  $IL1$  d'inductance côté courant continu, le courant  $IC2$  de condensateur tampon côté courant continu circule dans la direction négative.

[0215] Dans le sixième état  $\Psi6$ , un courant circule à travers le chemin de courant  $RT40$  côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant  $RT40$  part de la tête de l'enroulement côté courant alternatif  $W2$ , se ramifie en un chemin comportant la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur  $Q14$  et la diode de corps du premier élément de commutation de bras supérieur  $Q13$  et en un chemin comportant la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras inférieur  $Q16$  et la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras supérieur  $Q15$ , rejoint la première borne  $t_7$  du condensateur côté courant alternatif  $C4$ , et atteint la queue de l'enroulement côté courant alternatif  $W2$  via le condensateur côté courant alternatif  $C4$  et l'inductance de fuite  $RW2$ . C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive circule à travers le chemin de courant  $RT40$ . Le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative est augmenté pendant la période allant du quatrième état  $\Psi4$  au cinquième état  $\Psi5$ , et la direction du courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif passe de la direction négative à la direction positive dans le sixième état  $\Psi6$ . Le chemin de courant  $RT40$  comporte de même un chemin qui permet au courant de circuler à travers la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur  $Q14$ , se ramifie au niveau du nœud entre le premier élément de commutation de bras inférieur  $Q14$  et le premier élément de commutation de bras supérieur  $Q13$ , et rejoint le courant circulant à travers la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras inférieur  $Q16$  via l'inductance côté courant alternatif 12 et la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif  $t_3, t_4$ . La tension de courant alternatif  $V_o$  dans la direction négative continue à être appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12, de sorte que le courant  $IL2$  d'inductance côté courant alternatif diminue.

[0216] [Septième état  $\Psi7$ ]

[0217] Le septième état  $\Psi7$  montré dans la [Fig.21] est un état où l'unité de commande 50 a

mis le motif de commutation sur le sixième motif  $\beta_6$ . Dans le septième état  $\Psi_7$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT36 et le chemin de courant RT37 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.21]. Le chemin de courant RT36 et le chemin de courant RT37 sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

- [0218] Dans le septième état  $\Psi_7$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT40' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 dans le chemin de courant RT40 circule à travers le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 dans le chemin de courant RT40'.
- [0219] Lorsque les diodes de corps sont dans l'état conducteur et que la tension drain-source est sensiblement égale à 0 V, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont mis à l'état conducteur et entrent ainsi en mode ZVS. Le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 réduisent ainsi la perte de commutation.
- [0220] [Huitième état  $\Psi_8$ ]
- [0221] Le huitième état  $\Psi_8$  montré dans la [Fig.22] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le septième motif  $\beta_7$ . Dans le huitième état  $\Psi_8$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT36, le chemin de courant RT38 et le chemin de courant RT39 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.22]. Le chemin de courant RT36 est configuré de la manière décrite ci-dessus.
- [0222] Le chemin de courant RT38 se ramifie à partir du chemin de courant RT36 au niveau du nœud entre la deuxième borne tL2 et la deuxième borne tc6, et rejoint le chemin de courant RT36 à la queue de l'enroulement côté courant continu W1 via le condensateur tampon côté courant continu C2 et l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12. Dans le chemin de courant RT38, une partie du courant IL1 d'inductance côté courant continu, qui circule à travers le chemin de courant RT36, circule vers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 via le condensateur tampon côté courant continu C2. Étant donné que le courant circule à travers le chemin de courant RT38, la tension entre le drain et la source n'augmente pas, même si l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 est dans l'état non conducteur. Ainsi, lorsqu'il est mis à l'état non conducteur, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 entre dans le mode ZVS et réduit ainsi la perte de commutation.

- [0223] Le chemin de courant RT39 se ramifie à partir du chemin de courant RT36 au niveau de la queue de l'enroulement côté courant continu W1 et rejoint le chemin de courant RT36 au niveau du nœud entre la deuxième borne tL2 et la deuxième borne tc6 via la diode de corps de l'élément de commutation de redressement Q11. Étant donné que l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 est mis à l'état non conducteur dans le huitième état  $\Psi_8$ , le condensateur tampon côté courant continu C2 cesse d'être déchargé. En conséquence, la différence de courant entre le courant IL1 d'inductance côté courant continu et le courant Ip d'enroulement côté courant continu circule à travers le chemin de courant RT39. La période du huitième état  $\Psi_8$  est une période de temps mort. Ainsi, la période du huitième état  $\Psi_8$  peut être plus courte que d'autres périodes.
- [0224] Dans le huitième état  $\Psi_8$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT40' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT40' est configuré de la manière décrite ci-dessus.
- [0225] [Neuvième état  $\Psi_9$ ]
- [0226] Le neuvième état  $\Psi_9$  montré dans la [Fig.23] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le huitième motif  $\beta_8$ . Dans le neuvième état  $\Psi_9$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT36 et le chemin de courant RT39' du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.23]. Le chemin de courant RT36 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps de l'élément de commutation de redressement Q11 dans le chemin de courant RT39 circule à travers l'élément de commutation de redressement Q11 dans le chemin de courant RT39'. Cela réduit la résistance du chemin de courant RT39' par rapport à celle du chemin de courant RT39. Lorsqu'il est mis à l'état conducteur, l'élément de commutation de redressement Q11 entre dans le mode ZVS et réduit ainsi la perte de commutation. La tension de courant continu  $V_i$  est appliquée à l'inductance côté courant continu 11. Cela augmente le courant IL1 d'inductance côté courant continu. La direction de la tension VT1 d'enroulement côté courant continu change, étant donné que l'état où la tension de courant continu  $V_i$  est appliquée passe à l'état où la tension VC3 de condensateur côté de courant continu est appliquée dans la direction négative. Cela réduit le courant Ip d'enroulement côté courant continu dans la direction positive.
- [0227] Dans le neuvième état  $\Psi_9$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT40' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT40' est configuré de la manière décrite ci-dessus. Dans le neuvième état  $\Psi_9$ , le courant Is d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive diminue à mesure que le courant Ip d'enroulement côté courant continu dans la direction positive diminue.
- [0228] [Dixième état  $\Psi_{10}$ ]

- [0229] Le dixième état  $\Psi_{10}$  montré dans la [Fig.24] est un état après qu'un temps spécifique s'est écoulé depuis que l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le huitième motif  $\beta_8$  de sorte que l'état a basculé vers le neuvième état  $\Psi_9$ . Dans le neuvième état  $\Psi_9$ , le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction positive diminue, et la direction du courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu passe de la direction positive à la direction négative, de sorte que l'état bascule vers le dixième état  $\Psi_{10}$ . Dans le dixième état  $\Psi_{10}$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT31 et le chemin de courant RT32 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.24]. Le chemin de courant RT31 et le chemin de courant RT32 sont configurés de la manière décrite ci-dessus.
- [0230] Dans le dixième état  $\Psi_{10}$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT41 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Lorsque la direction du courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu change en direction négative, la direction du courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif change de même en direction négative. Le chemin de courant RT41 mène de l'inductance côté courant alternatif 12 à l'inductance côté courant alternatif 12 via la charge connectée aux bornes de connexion de courant alternatif  $t_3$ ,  $t_4$ , le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6, l'enroulement côté courant alternatif W2, l'inductance de fuite RW2, le condensateur côté courant alternatif C4 et le premier élément de commutation de bras supérieur Q13. La différence de tension entre la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif et la tension de courant alternatif  $V_o$  continue à être appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction positive. Cela augmente le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif qui circule à travers l'inductance côté courant alternatif 12.
- [0231] Lorsque le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif est supérieur au courant IL2 d'inductance côté courant alternatif, la différence entre le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif et le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif se ramifie à partir du nœud entre la première borne  $t_{c7}$  et la deuxième borne  $t_{72}$  et charge le condensateur tampon côté courant alternatif C5 via la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7.
- [0232] Après le dixième état  $\Psi_{10}$ , l'unité de commande 50 met le motif de commutation sur le premier motif  $\beta_1$  et met l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 à l'état conducteur, de sorte que l'état revienne au premier état  $\Psi_1$ .
- [0233] Lorsque la diode de corps est dans l'état conducteur et que la tension drain-source est sensiblement égale à 0 V, l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 est mis à l'état conducteur et entre dans le mode ZVS. L'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 réduit ainsi la perte de commutation.
- [0234] Comme décrit ci-dessus, l'action consistant à amener une tension de courant al-

ternatif à avoir une polarité négative est identique à l'action dans le cas où la tension de courant alternatif a une polarité positive, sauf que l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 sont interchangées, et que l'action du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont interchangées. En interchangeant l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15, et en interchangeant les actions du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16, la direction de la tension appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 change, de sorte à inverser l'augmentation/diminution du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif. En conséquence, la polarité de la tension de courant alternatif  $V_o$  s'inverse.

[0235] [Avantages du convertisseur de puissance 2 selon le présent mode de réalisation]

[0236] Le mode de réalisation décrit ci-dessus présente les avantages suivants.

[0237] (2-1) Lorsque l'unité de commande 50 commande une commutation des éléments de commutation Q11 à Q16 et une commutation de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7, le convertisseur de puissance 2 fait basculer l'état du premier état  $\Psi_1$  au dixième état  $\Psi_{10}$ . Le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif augmente pendant la période allant du dixième état  $\Psi_{10}$  au premier état  $\Psi_1$ , et le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif diminue pendant la période allant du deuxième état  $\Psi_2$  au neuvième état  $\Psi_9$ . En conséquence, la tension de courant alternatif  $V_o$  augmente pendant la période allant du dixième état  $\Psi_{10}$  au premier état  $\Psi_1$ , et la tension de courant alternatif  $V_o$  diminue pendant la période allant du deuxième état  $\Psi_2$  au neuvième état  $\Psi_9$ . L'amplitude de la tension de courant alternatif  $V_o$  est commandée par le rapport de la période allant du dixième état  $\Psi_{10}$  au premier état  $\Psi_1$  et la période allant du deuxième état  $\Psi_2$  au neuvième état  $\Psi_9$ .

[0238] La polarité de la tension de courant alternatif  $V_o$  s'inverse en interchangeant l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15, et en interchangeant les actions du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16. Par conséquent, tout en répétant le basculement d'état du premier état  $\Psi_1$  au dixième état  $\Psi_{10}$ , il est possible de changer la forme d'onde de la tension de courant alternatif  $V_o$  en une forme d'onde souhaitée (par exemple, une onde sinusoïdale) en combinant les processus suivants : le processus pour commander le rapport de la période allant du dixième état  $\Psi_{10}$  au premier état  $\Psi_1$  et la période allant du deuxième état  $\Psi_2$  au neuvième état  $\Psi_9$  ; le processus pour interchanger l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et

l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 ; et le processus pour interchanger l'action du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16.

- [0239] En conséquence, par rapport au circuit de l'art antérieur qui utilise un total de trois circuits en pont complet, le convertisseur de puissance 2 réduit le nombre de composants actifs tels que les éléments de commutation et les redresseurs. De même, par rapport au circuit de l'art antérieur qui utilise des circuits en pont complet, le convertisseur de puissance 2 du présent mode de réalisation comporte un nombre relativement petit de composants actifs à travers lesquels circule un courant. Le convertisseur de puissance 2 réduit ainsi la perte de conduction dans les composants actifs.
- [0240] (2–2) Dans le circuit côté courant continu 20, afin d'assurer la continuité du courant à travers les inductances (l'inductance côté courant continu 11 et l'enroulement côté courant continu W1), le circuit tampon côté courant continu 23 prévoit des chemins de déviation pour ces courants. Dans le circuit côté courant alternatif 10, afin d'assurer la continuité du courant à travers les inductances (l'inductance côté courant alternatif 12 et l'enroulement côté courant alternatif W2), le circuit tampon côté courant alternatif 21 prévoit des chemins de déviation pour ces courants.
- [0241] Avec cette configuration, le convertisseur de puissance 2 utilise le circuit tampon côté courant continu 23 pour supprimer l'occurrence d'une surtension qui serait générée par une inadéquation entre la continuité du courant IL1 d'inductance côté courant continu à travers l'inductance côté courant continu 11 et la continuité de courant de l'inductance d'excitation de l'enroulement côté courant continu W1. De même, avec cette configuration, le convertisseur de puissance 2 utilise le circuit tampon côté courant alternatif 21 pour supprimer l'occurrence d'une surtension qui serait générée par une inadéquation entre la continuité du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif à travers l'inductance côté courant alternatif 12 et la continuité de courant de l'inductance d'excitation de l'enroulement côté courant alternatif W2.
- [0242] (2–3) Le circuit tampon côté courant continu 23 comporte le condensateur tampon côté courant continu C2, qui est prévu entre l'inductance côté courant continu 11 et le condensateur côté courant continu C3. Avec cette configuration, lorsque le courant IL1 d'inductance côté courant continu est supérieur au courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu, le condensateur tampon côté courant continu C2 peut être chargé en utilisant la différence de courant. Lorsque le courant IL1 d'inductance côté courant continu est inférieur au courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu, la puissance peut être fournie par le condensateur tampon côté courant continu C2 à l'enroulement côté courant continu W1. En conséquence, la différence entre le courant IL1 d'inductance côté courant continu et le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu

est absorbée par le condensateur tampon côté courant continu C2. Cela garantit l'adaptation des courants dans les diverses sections du circuit côté courant continu.

[0243] De même, le circuit tampon côté courant alternatif 21 comporte le condensateur tampon côté courant alternatif C5, qui est prévu entre le circuit en pont 22 et le condensateur côté courant alternatif C4. Avec cette configuration, lorsque le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif est supérieur au courant Is d'enroulement côté courant alternatif, le condensateur tampon côté courant alternatif C5 peut être chargé en utilisant la différence de courant. Lorsque le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif est inférieur au courant Is d'enroulement côté courant alternatif, la puissance peut être fournie par le condensateur tampon côté courant alternatif C5 à l'enroulement côté courant alternatif W2. En conséquence, la différence entre le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif et le courant Is d'enroulement côté courant alternatif est absorbée par le condensateur tampon côté courant alternatif C5. Cela garantit l'adaptation des courants dans les diverses sections du circuit côté courant alternatif.

[0244] En outre, l'élément de commutation de redressement Q11 et les éléments de commutation Q13 à Q16 comportent chacun un condensateur connecté en parallèle entre le drain et la source. Ces condensateurs commencent à être chargés immédiatement après que l'élément de commutation de redressement Q11 et les éléments de commutation Q13 à Q16 ont été mis à l'état non conducteur, et la tension entre les extrémités opposées augmente progressivement. Ainsi, la tension drain-source de chacun parmi l'élément de commutation de redressement Q11 et les éléments de commutation Q13 à Q16 augmente progressivement après que l'élément de commutation a été mis à l'état non conducteur et entre dans le mode ZVS. Cela réduit la perte de commutation de l'élément de commutation de redressement Q11 et des éléments de commutation Q13 à Q16.

[0245] Lorsque les diodes de corps sont dans l'état conducteur et que la tension drain-source est sensiblement égale à 0 V, les éléments de commutation Q7 et Q11 à Q16 sont mis à l'état conducteur depuis l'état non conducteur et entrent ainsi en mode ZVS. Les éléments de commutation Q7 et Q11 à Q16 réduisent ainsi la perte de commutation.

[0246] En outre, comme dans le cas du convertisseur de puissance 1, le convertisseur de puissance 2 augmente le rendement d'utilisation du transformateur TR.

[0247] <Troisième Mode de réalisation>

[0248] Un troisième mode de réalisation de la présente divulgation va maintenant être décrit en référence aux dessins. Un convertisseur de puissance 2 selon le troisième mode de réalisation convertit une tension de courant alternatif  $V_0$  fournie par une alimentation en puissance électrique à courant alternatif  $V_1$  en une tension de courant continu  $V_i$  et

la fournit à une charge connectée au convertisseur de puissance 2. Des numéros de référence similaires ou identiques sont donnés aux composants qui sont similaires ou identiques aux composants correspondants des modes de réalisation décrits ci-dessus et les explications détaillées sont omises.

- [0249] Comme le montre la [Fig.25], le convertisseur de puissance 2 comporte un élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 à la place de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7. L'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 comporte un condensateur entre le drain et la source. L'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 est prévu à une position qui correspond à l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7.
- [0250] Le convertisseur de puissance 2 selon le présent mode de réalisation est connecté à l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 au lieu de l'alimentation en puissance électrique à courant continu V2. L'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 et le circuit côté courant alternatif 10 sont connectés électriquement l'un à l'autre. Spécifiquement, une extrémité ou une première extrémité de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 est connectée à la première borne de connexion de courant alternatif t3 du circuit côté courant alternatif 10. Une autre extrémité ou une deuxième extrémité de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 est connectée à la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 du circuit côté courant alternatif 10. En conséquence, la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée aux bornes de connexion de courant alternatif t3, t4.
- [0251] [Courants et tensions au niveau de plusieurs parties]
- [0252] Dans le présent mode de réalisation, la définition de la polarité de la tension VL2 d'inductance côté de courant alternatif s'inverse. Spécifiquement, dans l'inductance côté courant alternatif 12, la tension VL2 d'inductance côté de courant alternatif est définie comme étant négative lorsque le potentiel électrique à l'extrémité correspondant au circuit côté courant alternatif 10 est supérieur au potentiel électrique à l'extrémité correspondant à la première borne de connexion de courant alternatif t3. La tension VL2 d'inductance côté de courant alternatif est définie comme étant positive lorsque le potentiel électrique à l'extrémité correspondant à la première borne de connexion de courant alternatif t3 est supérieur au potentiel électrique à l'extrémité correspondant au circuit côté courant alternatif 10. De même, la définition de la polarité du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif s'inverse. Spécifiquement, une direction allant du circuit côté courant alternatif 10 à l'inductance côté courant alternatif 12 est définie comme une direction négative du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif. Une direction allant de la première borne de connexion de courant alternatif t3 à l'inductance côté courant alternatif 12 est définie comme une direction positive du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif.

- [0253] De même, la définition de la polarité de la tension VL1 d'inductance côté courant continu s'inverse. Spécifiquement, la tension VL1 d'inductance côté courant continu est définie comme étant négative lorsque le potentiel électrique de la première borne tL1 est supérieur au potentiel électrique de la deuxième borne tL2. La tension VL1 d'inductance côté courant continu est définie comme étant positive lorsque le potentiel électrique de la deuxième borne tL2 est supérieur au potentiel électrique de la première borne tL1. De même, la définition de la polarité du courant IL1 d'inductance côté courant continu s'inverse. Spécifiquement, une direction allant de la première borne tL1 à la deuxième borne tL2 est définie comme une direction négative du courant IL1 d'inductance côté courant continu. Une direction allant de la deuxième borne tL2 à la première borne tL1 est définie comme une direction positive du courant IL1 d'inductance côté courant continu.
- [0254] [Unité de commande 50]
- [0255] Le convertisseur de puissance 2 commute les éléments de commutation Q11 à Q17 respectifs entre l'état conducteur et l'état non conducteur, de manière à convertir la tension de courant alternatif Vo fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 en une tension de courant continu Vi, et délivre la tension de courant continu Vi des première et deuxième bornes de connexion de courant continu t5, t6, qui forment une paire.
- [0256] [Description détaillée d'une commande de commutation par l'unité de commande 50]
- [0257] Le présent mode de réalisation a cinq motifs de commutation allant d'un premier motif  $\gamma_1$  à un cinquième motif  $\gamma_5$ . Une série d'actions de commutation pour faire passer le motif de commutation, dans l'ordre, de  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\gamma_3$ ,  $\gamma_4$ ,  $\gamma_5$ , puis de nouveau à  $\gamma_1$  est considérée comme une unité. L'unité de commande 50 exécute une commande de commutation en réalisant de manière répétée les actions d'unité de commutation à un cycle spécifique (cycle de commutation). Le cycle de commutation est suffisamment court par rapport au cycle de la tension de courant alternatif Vo. Par exemple, le cycle de la tension de courant alternatif Vo est de 20 ms, tandis que le cycle de commutation est de 10  $\mu$ s.
- [0258] Le premier motif  $\gamma_1$  est un motif de commutation dans lequel le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q11, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 sont dans un état non conducteur.
- [0259] Le deuxième motif  $\gamma_2$  est un motif de commutation dans lequel le premier élément

de commutation de bras inférieur Q14 est dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q11, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15, le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 sont dans l'état non conducteur.

[0260] Le troisième motif  $\gamma_3$  est un motif de commutation dans lequel le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 sont dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q11, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont dans l'état non conducteur.

[0261] Le quatrième motif  $\gamma_4$  est un motif de commutation dans lequel l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 est dans l'état conducteur, et l'élément de commutation de redressement Q11, l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont dans l'état non conducteur.

[0262] Le cinquième motif  $\gamma_5$  est un motif de commutation dans lequel les éléments de commutation Q11 à Q17 sont tous dans l'état non conducteur.

[0263] En référence aux [Fig.25] à 32, le fonctionnement du convertisseur de puissance 2 sera décrit. Le convertisseur de puissance 2 convertit la tension de courant alternatif  $V_o$  fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif  $V_1$  en tension de courant continu  $V_i$  et délivre la tension de courant continu  $V_i$ .

[0264] Lorsque la tension de courant alternatif a une polarité positive, l'unité de commande 50 exécute de manière répétée la commande de commutation dans laquelle le motif de commutation passe du premier motif  $\gamma_1$ , puis passe séquentiellement du deuxième motif  $\gamma_2$  au cinquième motif  $\gamma_5$ , et de nouveau au premier motif  $\gamma_1$ . Cela fait basculer l'état du convertisseur de puissance 2 d'un premier état  $\Omega_1$  à un huitième état  $\Omega_8$ .

[0265] L'action dans le cas où la tension de courant alternatif  $V_o$  a une polarité négative est identique à l'action dans le cas où la tension de courant alternatif  $V_o$  a une polarité positive, sauf que l'action du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 sont interchangées, et que l'action du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont interchangées. En conséquence, le cas où la tension de courant alternatif  $V_o$  a une polarité

positive sera discuté, et la description de l'état où la tension de courant alternatif  $V_o$  a une polarité négative sera omise.

[0266] [Premier état  $\Omega_1$ ]

[0267] Le premier état  $\Omega_1$  montré dans la [Fig.25] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le premier motif  $\gamma_1$ . Dans le premier état  $\Omega_1$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT50 et le chemin de courant RT51 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.25].

[0268] Le chemin de courant RT50 mène de la première borne de connexion de courant alternatif t3, qui est connectée à l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1, à la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 via l'inductance côté courant alternatif 12, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16. La tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction positive. Cela augmente le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif. La tension VC4 de condensateur côté courant alternatif est appliquée à l'enroulement côté courant alternatif W2 dans la direction positive.

[0269] Le chemin de courant RT51 mène à la deuxième borne tc8 du condensateur côté courant alternatif C4 via la première borne tc7 du condensateur côté courant alternatif C4, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14, l'enroulement côté courant alternatif W2 et l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2. C'est-à-dire que le courant Is d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative circule à travers le chemin de courant RT51.

[0270] Dans le premier état  $\Omega_1$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT60 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT60 mène de la tête de l'enroulement côté courant continu W1 à la queue de l'enroulement côté courant continu W1 via l'inductance de fuite RW1 de l'enroulement côté courant continu W1, le condensateur côté courant continu C3, l'inductance côté courant continu 11 et la charge connectée aux bornes de connexion t5, t6. C'est-à-dire que le courant Ip d'enroulement côté courant continu dans la direction négative circule à travers le chemin de courant RT60. Lorsque la tension VC4 de condensateur côté courant alternatif est appliquée à l'enroulement côté courant alternatif W2 dans la direction positive, la tension VT1 d'enroulement côté courant continu est générée dans l'enroulement côté courant continu W1 dans la direction positive. La différence entre la tension de sortie de courant continu et la somme de la tension VT1 d'enroulement côté courant continu et de la tension VC3 de condensateur côté de courant continu est appliquée à l'inductance côté courant continu 11 dans la direction positive. Cela augmente le courant IL1 d'inductance côté courant continu.

[0271] [Deuxième état  $\Omega_2$ ]

[0272] Le deuxième état  $\Omega_2$  montré dans la [Fig.26] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le deuxième motif  $\gamma_2$ . Dans le deuxième état  $\Omega_2$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT50, le chemin de courant RT52 et le chemin de courant RT53 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.26]. Le chemin de courant RT50 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif continue d'augmenter.

[0273] Le chemin de courant RT52 mène de la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 à la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 via l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2, le condensateur côté courant alternatif C4, la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 et le condensateur tampon côté courant alternatif C5. C'est-à-dire que le courant Is d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative circule à travers le chemin de courant RT52. Le courant Is d'enroulement côté courant alternatif circule à travers le chemin de courant RT52 par la continuité du courant à travers l'inductance d'excitation et l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2. La différence de tension entre la tension VC5 de condensateur tampon côté courant alternatif et la tension VC4 de condensateur côté courant alternatif est appliquée à l'enroulement côté courant alternatif W2 dans la direction négative. Cela change la direction de la tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif.

[0274] Le chemin de courant RT53 mène du nœud entre la première borne tc7 et la première borne t31 au nœud entre la deuxième borne t42 et la deuxième borne tc10 via le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras supérieur Q13, et le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14. Lorsque le drain et la source du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 sont dans l'état non conducteur, une partie du courant Is d'enroulement côté courant alternatif circule à travers le chemin de courant RT53 pour charger le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras supérieur Q13. En conséquence, lorsqu'il bascule de l'état conducteur à l'état non conducteur, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 entre dans le mode ZVS. Lorsque la charge du condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 se termine, le courant cesse de circuler à travers le chemin de courant RT53.

[0275] Dans le deuxième état  $\Omega_2$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT60 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT60 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Dans le deuxième état  $\Omega_2$ , étant donné que la direction de la tension VT2 d'enroulement côté courant alternatif change, le courant

Is d'enroulement côté courant alternatif augmente (dans le deuxième état  $\Omega_2$ , la valeur absolue diminue étant donné que le courant Is d'enroulement côté courant alternatif circule dans la direction négative). En conséquence, le courant Ip d'enroulement côté courant continu augmente de même (dans le deuxième état  $\Omega_2$ , la valeur absolue diminue étant donné que le courant Ip d'enroulement côté courant continu circule dans la direction négative). La période du deuxième état  $\Omega_2$  est une période de temps mort. Ainsi, la période du deuxième état  $\Omega_2$  peut être plus courte que d'autres périodes.

[0276] [Troisième état  $\Omega_3$ ]

[0277] Le troisième état  $\Omega_3$  montré dans la [Fig.27] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le troisième motif  $\gamma_3$ . Dans le troisième état  $\Omega_3$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT50 et le chemin de courant RT52' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 dans le chemin de courant RT52 circule à travers l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 dans le chemin de courant RT52'. Dans le troisième état  $\Omega_3$ , l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 est mis à l'état conducteur, sa diode de corps étant conductrice. L'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 entre dans le mode ZVS et réduit ainsi la perte de commutation. Le chemin de courant RT50 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif continue d'augmenter.

[0278] Dans le troisième état  $\Omega_3$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT60 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT60 est configuré de la manière décrite ci-dessus.

[0279] [Quatrième état  $\Omega_4$ ]

[0280] Le quatrième état  $\Omega_4$  montré dans la [Fig.28] est un état après qu'un temps spécifique s'est écoulé depuis que l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le troisième motif  $\gamma_3$  de sorte que l'état a basculé vers le troisième état  $\Omega_3$ . Dans le quatrième état  $\Omega_4$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT50 et le chemin de courant RT54 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.28]. Le chemin de courant RT50 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif continue d'augmenter.

[0281] Le chemin de courant RT54 mène de la première borne tc9 du condensateur tampon côté courant alternatif C5 à la deuxième borne tc10 du condensateur tampon côté courant alternatif C5 via l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17, le condensateur côté courant alternatif C4, l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2 et l'enroulement côté courant alternatif W2. C'est-à-dire que le courant Is d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive circule

à travers le chemin de courant RT54. Pendant la période allant du deuxième état  $\Omega 2$  au troisième état  $\Omega 3$ , le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction négative est réduit, et la direction du courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif passe de la direction négative à la direction positive, de sorte que l'état bascule vers le quatrième état  $\Omega 2$ . Le courant généré lorsque le condensateur tampon côté courant alternatif C5 est déchargé circule à travers le chemin de courant RT54.

[0282] Dans le quatrième état  $\Omega 4$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT61 et un chemin de courant RT62 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT62 part de l'inductance côté courant continu 11 et comporte la charge connectée aux bornes de connexion de courant continu  $t_5$ ,  $t_6$  et la diode de corps de l'élément de commutation de redressement Q11. Le courant  $I_{L1}$  d'inductance côté courant continu dans la direction positive circule à travers le chemin de courant RT62 par la continuité de courant de l'inductance côté courant continu 11.

[0283] Le chemin de courant RT61 mène à la tête de l'enroulement côté courant continu W1 via la queue de l'enroulement côté courant continu W1, la diode de corps de l'élément de commutation de redressement Q11, le condensateur côté courant continu C3 et l'inductance de fuite RW1 de l'enroulement côté courant continu W1. C'est-à-dire que le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction positive circule à travers le chemin de courant RT61. Le courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu dans la direction négative est diminué pendant la période allant du deuxième état  $\Omega 2$  au troisième état  $\Omega 3$ , et la direction du courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu passe de la direction négative à la direction positive dans le quatrième état  $\Omega 4$ .

[0284] [Cinquième état  $\Omega 5$ ]

[0285] Le cinquième état  $\Omega 5$  montré dans la [Fig.29] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le quatrième motif  $\gamma 4$ . Dans le cinquième état  $\Omega 5$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT56 et le chemin de courant RT57 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2.

[0286] Le chemin de courant RT57 comporte un premier chemin et un deuxième chemin. Le premier chemin mène de la première borne de connexion de courant alternatif  $t_3$ , qui est connectée à l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1, à la deuxième borne de connexion de courant alternatif  $t_4$  via l'inductance côté courant alternatif 12, la diode de corps du premier élément de commutation de bras supérieur Q13, le condensateur côté courant alternatif C4, l'enroulement côté courant alternatif W2 et la diode de corps du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16. C'est-à-dire que le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif dans la direction positive circule à travers le chemin de courant RT57. Le deuxième chemin mène du nœud entre la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la deuxième borne  $t_{c10}$  au nœud entre la première borne  $t_{c7}$  et la première borne  $t_{31}$  via le condensateur

tampon côté courant alternatif C5 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17.

[0287] La différence de courant entre le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif et le courant Is d'enroulement côté courant alternatif circule à travers le deuxième chemin. Plus spécifiquement, lorsque le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif est supérieur au courant Is d'enroulement côté courant alternatif, la différence de courant circule du nœud connecté à la deuxième borne tc10 au nœud entre la première borne tc7 et la première borne t31 via l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 et le condensateur tampon côté courant alternatif C5. Dans ce cas, le condensateur tampon côté courant alternatif C5 est chargé. Lorsque le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif est inférieur au courant Is d'enroulement côté courant alternatif, la différence de courant circule du condensateur tampon côté courant alternatif C5 à l'enroulement côté courant alternatif W2 via l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 et le condensateur côté courant alternatif C4. Dans ce cas, le condensateur tampon côté courant alternatif C5 est déchargé.

[0288] Le chemin de courant RT56 mène du nœud entre la deuxième borne t32, la première borne t41 et l'inductance côté courant alternatif 12 au nœud entre la deuxième borne t42 et la deuxième borne t62 via le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14. Une partie du courant qui circule à travers le chemin de courant RT57 circule à travers le chemin de courant RT56 de manière à charger le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14. Après que le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 a été mis à l'état non conducteur, la tension entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 augmente progressivement à mesure que le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 est chargé. Ainsi, lorsqu'il est mis à l'état non conducteur, le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 entre dans le mode ZVS et réduit ainsi la perte de commutation. Lorsque le condensateur prévu entre le drain et la source du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 est chargé, le courant cesse de circuler à travers le chemin de courant RT56.

[0289] Dans le cinquième état  $\Omega 5$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT61 et le chemin de courant RT62 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT61 et le chemin de courant RT62 sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

[0290] [Sixième état  $\Omega 6$ ]

[0291] Le sixième état  $\Omega 6$  montré dans la [Fig.30] est un état après qu'un temps spécifique s'est écoulé depuis que l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le

quatrième motif  $\gamma_4$  de sorte que l'état a basculé vers le cinquième état  $\Omega_5$ . Dans le sixième état  $\Omega_6$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT57 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.30].

[0292] Le chemin de courant RT57 est configuré de la manière décrite ci-dessus. Lorsque le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif diminue de sorte que le courant IL2 d'inductance côté courant alternatif soit inférieur au courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif, le courant IC5 de condensateur tampon côté courant alternatif, qui circule à travers le condensateur tampon côté courant alternatif C5, s'inverse.

[0293] Dans le sixième état  $\Omega_6$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT61 et le chemin de courant RT62 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT61 et le chemin de courant RT62 sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

[0294] [Septième état  $\Omega_7$ ]

[0295] Le septième état  $\Omega_7$  montré dans la [Fig.31] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le cinquième motif  $\gamma_5$ . Dans le septième état  $\Omega_7$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT57, le chemin de courant RT58 et le chemin de courant RT59 du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT57 est configuré de la manière décrite ci-dessus.

[0296] Le chemin de courant RT58 mène du nœud entre la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la deuxième borne tc10 au nœud entre la première borne tc7 et la première borne t31 via le condensateur tampon côté courant alternatif C5 et le condensateur prévu entre le drain et la source de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17. Une partie du courant qui circule à travers le chemin de courant RT57 circule à travers le chemin de courant RT58 de manière à charger le condensateur prévu entre le drain et la source de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17. Après que l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 a été mis à l'état non conducteur, la tension entre le drain et la source de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 augmente progressivement à mesure que le condensateur prévu entre le drain et la source de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 est chargé. Ainsi, lorsqu'il est mis à l'état non conducteur, l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 entre dans le mode ZVS et réduit ainsi la perte de commutation. Lorsque le condensateur prévu entre le drain et la source de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 est chargé, le courant cesse de circuler à travers le chemin de courant RT58.

[0297] Le chemin de courant RT59 mène du nœud entre la deuxième borne t42 et la deuxième borne t62 au nœud entre la deuxième borne t32 et l'inductance côté courant alternatif 12 via la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur

Q14. La différence de courant entre le courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif et le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif circule à travers chemin de courant RT59. Le courant rejoint ensuite le chemin de courant RT57. Lorsque la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 est dans l'état conducteur, la tension de courant alternatif  $V_o$  est appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 dans la direction positive, de sorte que le courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif commence à augmenter. La période du septième état  $\Omega_7$  est une période de temps mort. Ainsi, la période du septième état  $\Omega_7$  peut être plus courte que d'autres périodes.

[0298] [Huitième état  $\Omega_8$ ]

[0299] Le huitième état  $\Omega_8$  montré dans la [Fig.32] est un état où l'unité de commande 50 a mis le motif de commutation sur le premier motif  $\gamma_1$ . Dans le huitième état  $\Omega_8$ , un courant circule à travers un chemin de courant RT57' et un chemin de courant RT59' du côté courant alternatif du convertisseur de puissance 2, comme le montre la [Fig.32]. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 dans le chemin de courant RT57 circule à travers le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 dans le chemin de courant RT57'. Le courant qui circulerait à travers la diode de corps du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 dans le chemin de courant RT59 circule à travers le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 dans le chemin de courant RT59'. Dans le huitième état  $\Omega_8$ , le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 sont mis à l'état conducteur, les diodes de corps étant à l'état conducteur. Ainsi, le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 entrent dans le mode ZVS et réduisent ainsi la perte de commutation.

[0300] Dans le huitième état  $\Omega_8$ , un courant circule à travers le chemin de courant RT61 et le chemin de courant RT62 du côté courant continu du convertisseur de puissance 2. Le chemin de courant RT61 et le chemin de courant RT62 sont configurés de la manière décrite ci-dessus.

[0301] Lorsqu'un temps spécifique s'est écoulé depuis que l'état a basculé vers le huitième état  $\Omega_8$ , la direction du courant  $I_p$  d'enroulement côté courant continu circulant à travers l'enroulement côté courant continu W1 et la direction du courant  $I_s$  d'enroulement côté courant alternatif circulant à travers l'enroulement côté courant alternatif W2 sont inversées. L'état du convertisseur de puissance 2 revient alors au premier état  $\Omega_1$ .

[0302] Comme cela a été décrit ci-dessus, l'action dans le cas où la tension de courant alternatif  $V_o$  a une polarité négative est identique à l'action dans le cas où la tension de courant alternatif  $V_o$  a une polarité positive, sauf que l'action du premier élément de

commutation de bras supérieur Q13 et l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 sont interchangeables, et que l'action du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 sont interchangeables.

[0303] [Commande par l'unité de commande 50]

[0304] Dans le présent mode de réalisation, l'unité de commande 50 est en mesure de commander la commutation de manière à améliorer le facteur de puissance sur la base du courant circulant à travers l'inductance côté courant alternatif 12 et de la tension d'entrée. Par exemple, l'unité de commande 50 commande le temps allant du septième état  $\Omega 7$  au quatrième état  $\Omega 4$ , de manière à faire fonctionner le circuit en pont 22 comme un circuit de correction de facteur de puissance. Pendant la période allant du septième état  $\Omega 7$  au quatrième état  $\Omega 4$ , l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 et l'inductance côté courant alternatif 12 forment un circuit fermé, de sorte que le courant provenant de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 soit limité par l'inductance côté courant alternatif 12. Étant donné que la quantité d'augmentation du courant circulant à travers l'inductance côté courant alternatif 12 est proportionnelle au temps pendant lequel la période allant du septième état  $\Omega 7$  au quatrième état  $\Omega 4$  continue, le courant à travers l'inductance côté courant alternatif 12 peut être commandé en commandant le temps pendant lequel la période allant du septième état  $\Omega 7$  au quatrième état  $\Omega 4$  continue. L'unité de commande 50 commande le temps pendant lequel la période allant du septième état  $\Omega 7$  au quatrième état  $\Omega 4$  continue sur la base de signaux provenant du capteur de tension S1 et du capteur de courant S2, de sorte que la forme d'onde du courant circulant à travers l'inductance côté courant alternatif 12 devienne sensiblement une onde sinusoïdale, et que la fréquence et la phase de l'onde sinusoïdale concordent avec la fréquence et la phase de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1.

[0305] L'unité de commande 50 peut de même commander une commutation de sorte qu'une tension de courant continu spécifiée soit délivrée sur la base du résultat de détection du capteur de tension S3. Spécifiquement, l'unité de commande 50 commande les rapports cycliques des éléments de commutation Q13 à Q17, par exemple, sur la base de la différence entre la tension de sortie détectée par le capteur de tension S3 et une tension de courant continu spécifiée (tension cible). En outre, l'unité de commande 50 est également en mesure de réaliser simultanément la correction de facteur de puissance et la commande de la tension de sortie.

[0306] [Avantages du convertisseur de puissance 2 selon le présent mode de réalisation]

[0307] Le mode de réalisation décrit ci-dessus a les avantages suivants.

[0308] (3-1) L'unité de commande 50 commande une commutation des éléments de commutation Q11 à Q17 de manière à faire basculer l'état du convertisseur de puissance 2

du premier état  $\Omega 1$  au huitième état  $\Omega 8$ . En conséquence, le convertisseur de puissance 2 convertit la tension de courant alternatif  $V_o$  de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif  $V_1$  en tension de courant continu  $V_i$ .

- [0309] En conséquence, par rapport au circuit de l'art antérieur qui utilise un total de trois circuits en pont, le convertisseur de puissance 2 réduit le nombre de composants actifs tels que les éléments de commutation et les redresseurs. De même, par rapport au circuit de l'art antérieur qui utilise des circuits en pont complet, le convertisseur de puissance 2 du présent mode de réalisation comporte un nombre relativement petit de composants actifs à travers lesquels circule un courant. Le convertisseur de puissance 2 réduit ainsi la perte de conduction dans les composants actifs.
- [0310] (3-2) Dans le circuit côté courant alternatif 10, afin d'assurer la continuité du courant à travers les inductances (l'inductance côté courant alternatif 12 et l'enroulement côté courant alternatif W2), le circuit tampon côté courant alternatif 21 prévoit des chemins de déviation pour ces courants.
- [0311] Avec cette configuration, le convertisseur de puissance 2 utilise le circuit tampon côté courant alternatif 21 pour supprimer l'occurrence d'une surtension qui serait générée par une inadéquation entre la continuité du courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif à travers le circuit tampon côté courant alternatif 21 et la continuité de courant de l'inductance d'excitation de l'enroulement côté courant alternatif W2.
- [0312] (3-3) Le transformateur TR transmet la puissance du côté courant alternatif au côté courant continu dans tous les états du premier état  $\Omega 1$  au huitième état  $\Omega 8$  indépendamment de la direction de la tension appliquée à la tête et à la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 du transformateur TR. Le convertisseur de puissance 2 augmente ainsi le rendement d'utilisation du transformateur TR.
- [0313] (3-4) L'unité de commande 50 commande une commutation de manière à améliorer le facteur de puissance sur la base du courant circulant à travers l'inductance côté courant alternatif 12 et de la tension d'entrée provenant de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif  $V_1$ . Avec cette configuration, le convertisseur de puissance 2 améliore le facteur de puissance de la puissance fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif  $V_1$ .
- [0314] (3-5) L'unité de commande 50 commande de même une commutation du circuit en pont 22 de sorte que la tension de courant continu spécifiée soit délivrée sur la base de la tension entre les bornes de connexion de courant continu t5 et t6.
- [0315] Avec cette configuration, le convertisseur de puissance 2 réalise une commande de rétroaction basée sur la tension entre les bornes de connexion de courant continu t5 et t6, amenant ainsi la tension de courant continu délivrée par le convertisseur de puissance 2 à se rapprocher de la tension de courant continu spécifiée (tension cible).
- [0316] Les modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent être modifiés comme suit. Les

modes de réalisation décrits ci-dessus et les modifications suivantes peuvent être combinés tant que les modifications combinées restent techniquement cohérentes entre elles.

- [0317] La position à laquelle le condensateur tampon côté courant continu C2 est connecté n'est pas particulièrement limitée. Par exemple, le condensateur tampon côté courant continu C2 peut être connecté à une position en dessous de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2, Q12. Dans ce cas, dans le convertisseur de puissance 1, la deuxième borne tc4 du condensateur tampon côté courant continu C2 est connectée à la deuxième borne t22 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2. Dans le convertisseur de puissance 2, la deuxième borne tc4 du condensateur tampon côté courant continu C2 est connectée à la première borne t21 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12. La première borne tc3 du condensateur tampon côté courant continu C2 est connectée à la deuxième borne de connexion t6. Dans le convertisseur de puissance 1, la première borne t21 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q2 est connectée à la deuxième borne tc6 du condensateur côté courant continu C3. Dans le convertisseur de puissance 2, la deuxième borne t22 de l'élément de commutation tampon côté courant continu Q12 est connectée à la deuxième borne tc6 du condensateur côté courant continu C3.
- [0318] La position à laquelle le condensateur tampon côté courant alternatif C5 est connecté n'est pas particulièrement limitée. Par exemple, le condensateur tampon côté courant alternatif C5 peut être connecté à une position au-dessus de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7, Q17. Dans ce cas, la première borne tc9 du condensateur tampon côté courant alternatif C5 est connectée à la première borne tc7 du condensateur côté courant alternatif C4. La deuxième borne tc10 du condensateur tampon côté courant alternatif C5 est connectée à la deuxième borne t72 de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7, Q17. La première borne t71 de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7, Q17 est connectée à la deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q4, Q14, et à la deuxième borne t62 du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6, Q16.
- [0319] Le condensateur côté courant continu C3 est connecté entre la tête de l'enroulement côté courant continu W1 et la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q1 dans le convertisseur de puissance 1, et est connecté entre la tête de l'enroulement côté courant continu W1 et la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11 dans le convertisseur de puissance 2. La présente divulgation n'est pas limitée à ces configurations. Le condensateur côté courant continu C3 peut être connecté entre la queue de l'enroulement côté courant continu W1 et la deuxième borne de connexion t6. Le condensateur côté courant continu C3 peut comporter deux

condensateurs. Dans ce cas, le condensateur côté courant continu C3 est prévu entre la tête de l'enroulement côté courant continu W1 et la deuxième borne t12 de l'élément de commutation de redressement Q1 dans le convertisseur de puissance 1. De même, le condensateur côté courant continu C3 est prévu entre la tête de l'enroulement côté courant continu W1 et la deuxième borne tL2 de l'inductance côté courant continu 11 et entre la queue de l'enroulement côté courant continu W1 et la deuxième borne de connexion t6 dans le convertisseur de puissance 2.

[0320] Dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, l'inductance côté courant alternatif 12 est connectée entre la première borne de connexion de courant alternatif t3 et le nœud entre les éléments de commutation Q3 et Q4 dans le convertisseur de puissance 1. L'inductance côté courant alternatif 12 est connectée entre la première borne de connexion de courant alternatif t3 et le nœud entre les éléments de commutation Q13 et Q14 dans le convertisseur de puissance 2. La position de l'inductance côté courant alternatif 12 n'est pas limitée à ces positions. L'inductance côté courant alternatif 12 peut être connectée entre la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 et le nœud entre les éléments de commutation Q5 et Q6 dans le convertisseur de puissance 1. L'inductance côté courant alternatif 12 peut être connectée entre la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 et le nœud entre les éléments de commutation Q15 et Q16 dans le convertisseur de puissance 2. De même, l'inductance côté courant alternatif 12 peut comporter deux inductances. Dans ce cas, dans le convertisseur de puissance 1, l'une des inductances est connectée entre la première borne de connexion de courant alternatif t3 et le nœud entre les éléments de commutation Q3 et Q4, et l'autre inductance est connectée entre la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 et le nœud entre les éléments de commutation Q5 et Q6. L'inductance côté courant alternatif 12 peut être connectée entre la première borne de connexion de courant alternatif t3 et le nœud entre les éléments de commutation Q13 et Q14 dans le convertisseur de puissance 2. L'inductance côté courant alternatif 12 peut être connectée entre la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 et le nœud entre les éléments de commutation Q15 et Q16 dans le convertisseur de puissance 2.

[0321] Dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, le condensateur côté courant alternatif C4 est connecté entre la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la première borne t31 du premier élément de commutation de bras supérieur Q3 dans le convertisseur de puissance 1. Le condensateur côté courant alternatif C4 est connecté entre la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la première borne t31 du premier élément de commutation de bras supérieur Q13 dans le convertisseur de puissance 2. Cependant, la position du condensateur côté courant alternatif C4 n'est pas limitée à ces positions. Par exemple, le condensateur côté courant alternatif C4 peut être connecté entre la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la

deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q4 dans le convertisseur de puissance 1. De même, le condensateur côté courant alternatif C4 peut être connecté entre la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q14 dans le convertisseur de puissance 2. Le condensateur côté courant alternatif C4 peut comporter deux condensateurs. Dans ce cas, dans le convertisseur de puissance 1, l'un des condensateurs peut être prévu entre la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la première borne t31 du premier élément de commutation de bras supérieur Q3, et l'autre condensateur peut être prévu entre la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q4. Dans le convertisseur de puissance 2, un des condensateurs peut être prévu entre la queue de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la première borne t31 du premier élément de commutation de bras supérieur Q13, et l'autre condensateur peut être prévu entre la tête de l'enroulement côté courant alternatif W2 et la deuxième borne t42 du premier élément de commutation de bras inférieur Q14.

- [0322] Dans le convertisseur de puissance 1, le capteur de courant S2 est prévu entre l'inductance côté courant alternatif 12 et le nœud entre les éléments de commutation Q3 et Q4. Dans le convertisseur de puissance 2, le capteur de courant S2 est prévu entre l'inductance côté courant alternatif 12 et le nœud entre les éléments de commutation Q13 et Q14. Cependant, la position du capteur de courant S2 n'est pas limitée à ces positions. Le capteur de courant S2 peut être prévu entre la première borne de connexion de courant alternatif t3 et l'inductance côté courant alternatif 12. Le capteur de courant S2 peut être prévu entre la deuxième borne de connexion de courant alternatif t4 et le nœud entre les éléments de commutation Q5 et Q6.
- [0323] Dans les modes de réalisation décrits ci-dessus, le cycle de commutation est constant. Cependant, le cycle de commutation peut varier. En particulier, lorsque la commande PFC est réalisée dans le troisième mode de réalisation, l'utilisation d'une commande à hystérésis simplifie la commande bien que le cycle de commutation varie en fonction de la valeur de la tension de courant alternatif  $V_o$ .
- [0324] Le convertisseur de puissance 1 peut comporter une inductance physique qui fonctionne de manière similaire à l'inductance de fuite RW1 de l'enroulement côté courant continu W1.
- [0325] Le convertisseur de puissance 2 peut comporter une inductance physique qui fonctionne de manière similaire à l'inductance de fuite RW1 de l'enroulement côté courant continu W1. Le convertisseur de puissance 2 peut comporter une inductance physique qui fonctionne de manière similaire à l'inductance de fuite RW2 de l'enroulement côté courant alternatif W2.
- [0326] Le premier mode de réalisation décrit un cas où l'unité de commande 50 fait basculer

l'état du convertisseur de puissance 1 du premier état  $\Phi 1$  au treizième état  $\Phi 13$ . La présente divulgation n'est pas limitée à ce cas. L'unité de commande 50 peut répéter le premier état  $\Phi 1$  et le deuxième état  $\Phi 2$  dans la période au cours laquelle l'élément de commutation de redressement Q1 est dans l'état conducteur, puis faire basculer l'état vers le cinquième état  $\Phi 5$ , le sixième état  $\Phi 6$ , le septième état  $\Phi 7$ , et finalement le treizième état  $\Phi 13$ . Dans ce cas, le convertisseur de puissance 1 est efficace pour maintenir la tension de courant alternatif  $V_o$  à un niveau constant lorsque la tension de courant alternatif a une polarité positive ou une polarité négative. Le maintien de la tension de courant alternatif  $V_o$  à un niveau constant fait référence à un cas où une tension de courant alternatif ayant des ondes carrées est délivrée.

- [0327] Dans le premier mode de réalisation, l'unité de commande 50 peut répéter au moins un parmi l'ensemble du premier état  $\Phi 1$  et du deuxième état  $\Phi 2$  et l'ensemble du troisième état  $\Phi 3$  et du quatrième état  $\Phi 4$  dans la période au cours laquelle l'élément de commutation de redressement Q1 est dans l'état conducteur, puis faire basculer l'état vers le cinquième état  $\Phi 5$ , le sixième état  $\Phi 6$ , le septième état  $\Phi 7$ , et finalement le treizième état  $\Phi 13$ . Dans ce cas, chaque fois que l'élément de commutation de redressement Q1 est mis à l'état conducteur, l'unité de commande 50 répète alternativement l'ensemble du premier état  $\Phi 1$  et du deuxième état  $\Phi 2$  et l'ensemble du troisième état  $\Phi 3$  et du quatrième état  $\Phi 4$ .
- [0328] Dans le premier mode de réalisation, l'unité de commande 50 peut exécuter le même état que le cinquième état  $\Phi 5$  à la place du deuxième état  $\Phi 2$  et du quatrième état  $\Phi 4$ , et faire basculer l'état à du quatrième état  $\Phi 4$  au sixième état  $\Phi 6$ . Cela permet au convertisseur de puissance 1 de limiter la réduction du courant  $I_{L2}$  d'inductance côté courant alternatif de l'inductance côté courant alternatif 12 pendant la période de temps mort.
- [0329] Dans le premier mode de réalisation, l'unité de commande 50 met les éléments de commutation Q3 à Q6 à l'état conducteur pendant la période allant du neuvième état  $\Phi 9$  au onzième état  $\Phi 11$ . Cela amène le courant qui circule à travers les diodes de corps des éléments de commutation Q3 à Q6 pendant le redressement synchrone à circuler à travers les éléments de commutation Q3 à Q6. En conséquence, le convertisseur de puissance 1 réduit la perte de conduction dans les composants actifs.
- [0330] Dans le premier mode de réalisation, l'unité de commande 50 peut mettre le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q6 à l'état conducteur pendant la période allant du cinquième état  $\Phi 5$  au douzième état  $\Phi 12$ , au lieu de mettre le premier élément de commutation de bras supérieur Q3 à l'état conducteur.
- [0331] Dans le deuxième mode de réalisation, l'unité de commande 50 peut mettre les éléments de commutation Q13 à Q16 à l'état conducteur pendant une période au cours laquelle un courant circule à travers les diodes de corps des éléments de commutation

Q13 à Q16. C'est-à-dire que l'unité de commande 50 peut réaliser une opération de redressement synchrone. Spécifiquement, pendant la période allant du deuxième état  $\Psi 2$  au cinquième état  $\Psi 5$ , l'unité de commande 50 peut mettre le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 (le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 lorsque la tension de courant alternatif a une polarité négative) à l'état conducteur. De même, pendant la période allant du sixième état  $\Psi 6$  au neuvième état  $\Psi 9$ , l'unité de commande 50 peut mettre les éléments de commutation Q13 à Q16 à l'état conducteur. Le courant qui circule à travers les diodes de corps des éléments de commutation Q3 à Q6 circule entre le drain et la source de chacun des éléments de commutation Q3 à Q6. En conséquence, le convertisseur de puissance 2 réduit la perte de conduction dans les composants actifs.

[0332] Dans le deuxième mode de réalisation, dans une partie ou la totalité de la période allant du deuxième état  $\Psi 2$  au cinquième état  $\Psi 5$ , l'unité de commande 50 peut mettre uniquement le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 et le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 (uniquement le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 et le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 dans un cas où la tension de courant alternatif a une polarité négative) à l'état conducteur au lieu de mettre les éléments de commutation Q13 à Q16 à l'état non conducteur. En conséquence, pendant la période allant du deuxième état  $\Psi 2$  au cinquième état  $\Psi 5$ , la tension appliquée à l'inductance côté courant alternatif 12 passe à la tension de courant alternatif  $V_0$  provenant du condensateur tampon côté courant alternatif C5 dans la direction négative et à la tension VC4 de condensateur côté courant alternatif dans la direction négative. Cela réduit le degré de réduction du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif. En conséquence, le convertisseur de puissance 2 limite la réduction du courant IL2 d'inductance côté courant alternatif pendant la période allant du deuxième état  $\Psi 2$  au cinquième état  $\Psi 5$ .

[0333] Dans le deuxième mode de réalisation, l'unité de commande 50 peut mettre simultanément l'élément de commutation de redressement Q11 et l'élément de commutation tampon côté courant alternatif Q7 à l'état non conducteur pendant la période allant du troisième état  $\Psi 3$  au quatrième état  $\Psi 4$ .

[0334] Dans le troisième mode de réalisation, pendant la période allant du premier état  $\Omega 1$  au huitième état  $\Omega 8$ , l'unité de commande 50 peut mettre le premier élément de commutation de bras inférieur Q14 à l'état conducteur lorsque la tension de courant alternatif de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 a une polarité positive, et peut mettre le premier élément de commutation de bras supérieur Q13 à l'état conducteur lorsque la tension de courant alternatif de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 a une polarité négative. Cela amène, pendant la

période allant du premier état  $\Omega 1$  au huitième état  $\Omega 8$ , le courant qui circule à travers les diodes de corps des éléments de commutation Q13 et Q14 à circuler à travers les éléments de commutation Q13 et Q14. En conséquence, le convertisseur de puissance 2 réduit la perte de conduction dans les composants actifs.

[0335] Dans le troisième mode de réalisation, pendant une partie ou la totalité de la période allant du cinquième état  $\Omega 5$  au septième état  $\Omega 7$ , l'unité de commande 50 peut mettre le deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 à l'état conducteur lorsque la tension de courant alternatif de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 a une polarité positive, et peut mettre le deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 à l'état conducteur lorsque la tension de courant alternatif de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif V1 a une polarité négative. Cela amène, pendant la période allant du cinquième état  $\Omega 5$  au septième état  $\Omega 7$ , le courant qui circule à travers les diodes de corps des éléments de commutation Q15 et Q16 à circuler à travers les éléments de commutation Q15 et Q16. En conséquence, le convertisseur de puissance 2 réduit la perte de conduction dans les composants actifs.

[0336] Dans le troisième mode de réalisation, l'unité de commande 50 peut mettre l'élément de commutation de redressement Q11 à l'état conducteur dans une partie ou la totalité de la période allant du quatrième état  $\Omega 4$  au huitième état  $\Omega 8$ . Cela amène, pendant la période allant du quatrième état  $\Omega 4$  au huitième état  $\Omega 8$ , le courant qui circule à travers les diodes de corps de l'élément de commutation de redressement Q11 à circuler à travers l'élément de commutation de redressement Q11. En conséquence, le convertisseur de puissance 2 réduit la perte de conduction dans les composants actifs.

[0337] Dans le troisième mode de réalisation, lorsque l'unité de commande 50 convertit la tension de courant alternatif  $V_o$  en tension de courant continu  $V_i$ , et que la tension de courant alternatif a une polarité positive, l'unité de commande 50 peut commander les éléments de commutation Q15 à Q17 dans l'ordre du premier état, du deuxième état, du troisième état, du quatrième état, et du premier état. Lorsque l'unité de commande 50 convertit la tension de courant alternatif  $V_o$  en tension de courant continu  $V_i$ , et que la tension de courant alternatif a une polarité négative, l'unité de commande 50 commute l'action du deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 et l'action du deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16.

[0338] Premier état

[0339] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état conducteur

[0340] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état conducteur

[0341] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état non conducteur

[0342] Deuxième état

[0343] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état conducteur

[0344] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état non conducteur

- [0345] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état non conducteur
- [0346] Troisième état
- [0347] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état conducteur
- [0348] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état non conducteur
- [0349] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état conducteur
- [0350] Quatrième état
- [0351] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état conducteur
- [0352] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état non conducteur
- [0353] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état non conducteur
- [0354] Dans le troisième mode de réalisation, lorsque l'unité de commande 50 convertit la tension de courant alternatif  $V_o$  en tension de courant continu  $V_i$ , l'unité de commande 50 peut commander les éléments de commutation Q15 à Q17 dans l'ordre du premier état, du deuxième état, du troisième état, du quatrième état, et du premier état indépendamment de la polarité de la tension de courant alternatif. Le convertisseur de puissance 2 peut convertir la tension de courant alternatif  $V_o$  en tension de courant continu  $V_i$  par la commande de commutation simple montrée ci-dessous indépendamment de la polarité de la tension de courant alternatif.
- [0355] Premier état
- [0356] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état conducteur
- [0357] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état conducteur
- [0358] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état non conducteur
- [0359] Deuxième état
- [0360] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état non conducteur
- [0361] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état non conducteur
- [0362] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état non conducteur
- [0363] Troisième état
- [0364] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état non conducteur
- [0365] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état non conducteur
- [0366] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état conducteur
- [0367] Quatrième état
- [0368] Deuxième élément de commutation de bras supérieur Q15 : état non conducteur
- [0369] Deuxième élément de commutation de bras inférieur Q16 : état non conducteur
- [0370] Élément de commutation tampon côté courant alternatif Q17 : état non conducteur
- [0371] Dans chacun des modes de réalisation, l'unité de commande 50 peut comporter un ensemble de circuits comportant un ou plusieurs processeurs qui réalisent divers processus selon des programmes informatiques (logiciels). En outre, l'unité de commande 50 peut comporter un ensemble de circuits comportant un ou plusieurs circuits matériels dédiés tels que des circuits intégrés spécifiques à une application

(ASIC) qui exécutent au moins une partie des divers processus, ou un ensemble de circuits comportant une combinaison des un ou plusieurs processeurs et des un ou plusieurs circuits matériels dédiés. Le processeur comporte une CPU et une mémoire telle qu'une RAM, une ROM, etc. La mémoire, qui est un support non transitoire de mémoire non transitoire lisible par ordinateur, stocke des codes de programme ou des instructions configurés pour amener la CPU à exécuter des processus. La mémoire comporte tout type de support qui est accessible par des ordinateurs à usage général et des ordinateurs spécialisés.

[0372] Diverses modifications de forme et de détails peuvent être apportées aux exemples ci-dessus sans s'écarter de l'esprit et de la portée des revendications et de leurs équivalents. Les exemples ne sont donnés qu'à des fins de description et non de limitation. Les descriptions des caractéristiques de chaque exemple doivent être considérées comme étant applicables à des caractéristiques ou aspects similaires dans d'autres exemples. Des résultats appropriés peuvent être obtenus si les séquences sont réalisées dans un ordre différent, et/ou si les composants d'un système, d'une architecture, d'un dispositif ou d'un circuit décrit sont combinés différemment, et/ou remplacés ou complétés par d'autres composants ou leurs équivalents. La portée de la divulgation n'est pas définie par la description détaillée, mais par les revendications et leurs équivalents. Toutes les variantes comprises de la portée des revendications et de leurs équivalents sont incluses dans la divulgation.

## Revendications

[Revendication 1]

Convertisseur de puissance, comprenant :

un transformateur qui comporte un enroulement côté courant continu et un enroulement côté courant alternatif ;

un condensateur côté courant continu ;

un condensateur côté courant alternatif ;

un circuit côté courant continu qui comporte une inductance côté courant continu, un élément de commutation de redressement, des première et deuxième bornes de connexion de courant continu formant une paire et un circuit tampon côté courant continu ; et

un circuit côté courant alternatif qui comporte des première et deuxième bornes de connexion de courant alternatif formant une paire, une inductance côté courant alternatif, un premier élément de commutation de bras supérieur, un deuxième élément de commutation de bras supérieur, un premier élément de commutation de bras inférieur, un deuxième élément de commutation de bras inférieur et un circuit tampon côté courant alternatif, dans lequel

une connexion en série du premier élément de commutation de bras supérieur et du premier élément de commutation de bras inférieur et une connexion en série du deuxième élément de commutation de bras supérieur et du deuxième élément de commutation de bras inférieur forment un circuit en pont,

un nœud entre le premier élément de commutation de bras supérieur et le premier élément de commutation de bras inférieur et un nœud entre le deuxième élément de commutation de bras supérieur et le deuxième élément de commutation de bras inférieur sont connectés l'un à l'autre via les première et deuxième bornes de connexion de courant alternatif et l'inductance côté courant alternatif,

le circuit tampon côté courant continu comporte un élément de commutation tampon côté courant continu et un condensateur tampon côté courant continu,

le circuit tampon côté courant alternatif comporte un élément de commutation tampon côté courant alternatif et un condensateur tampon côté courant alternatif et est connecté en parallèle avec le circuit en pont,

le circuit côté courant continu est connecté à l'enroulement côté courant continu du transformateur via le condensateur côté courant continu, et le circuit côté courant alternatif est connecté à l'enroulement côté

courant alternatif du transformateur via le condensateur côté courant alternatif.

[Revendication 2]

Convertisseur de puissance selon la revendication 1, dans lequel les première et deuxième bornes de connexion de courant continu sont connectées à une alimentation en puissance électrique à courant continu, le convertisseur de puissance est configuré pour convertir une tension de courant continu fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant continu en une tension de courant alternatif, l'inductance côté courant continu comporte une première extrémité et une deuxième extrémité, la première extrémité de l'inductance côté courant continu est connectée à la première borne de connexion de courant continu via l'élément de commutation de redressement, la deuxième extrémité de l'inductance côté courant continu est connectée à la deuxième borne de connexion de courant continu, et le circuit tampon côté courant continu est connecté en parallèle avec l'inductance côté courant continu.

[Revendication 3]

Convertisseur de puissance selon la revendication 1, dans lequel les première et deuxième bornes de connexion de courant continu sont connectées à une alimentation en puissance électrique à courant continu, le convertisseur de puissance est configuré pour convertir une tension de courant continu fournie par l'alimentation en puissance électrique à courant continu en une tension de courant alternatif, l'élément de commutation de redressement comporte une première extrémité et une deuxième extrémité, la première extrémité de l'élément de commutation de redressement est connectée à la première borne de connexion de courant continu via l'inductance côté courant continu, et la deuxième extrémité de l'élément de commutation de redressement est connectée à la deuxième borne de connexion de courant continu, et le circuit tampon côté courant continu est connecté en parallèle avec l'élément de commutation de redressement.

[Revendication 4]

Convertisseur de puissance selon la revendication 1, dans lequel les première et deuxième bornes de connexion de courant alternatif sont connectées à une alimentation en puissance électrique à courant alternatif, le convertisseur de puissance est configuré pour convertir une tension de courant alternatif fournie par l'alimentation en puissance électrique à

courant alternatif en une tension de courant continu,  
 l'inductance côté courant continu comporte une première extrémité et une deuxième extrémité,  
 l'élément de commutation de redressement comporte une première extrémité et une deuxième extrémité,  
 la première extrémité de l'élément de commutation de redressement est connectée à la première borne de connexion de courant continu via l'inductance côté courant continu,  
 la deuxième extrémité de l'élément de commutation de redressement est connectée à la deuxième borne de connexion de courant continu, et le circuit tampon côté courant continu est connecté en parallèle avec l'élément de commutation de redressement.

[Revendication 5]

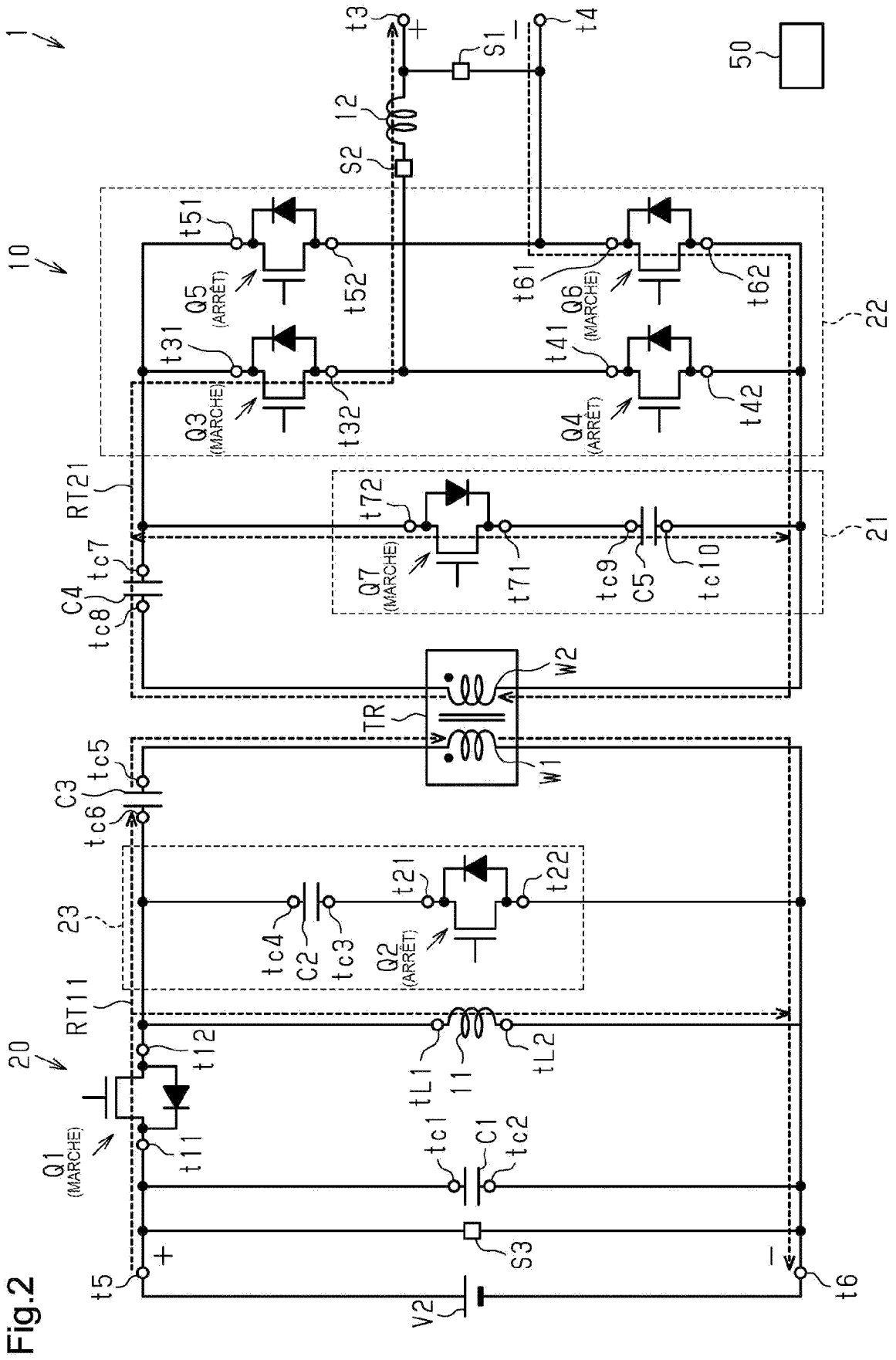
Convertisseur de puissance selon la revendication 4, comprenant en outre une unité de commande qui est configurée pour commander une commutation de l'élément de commutation de redressement, du premier élément de commutation de bras supérieur, du deuxième élément de commutation de bras supérieur, du premier élément de commutation de bras inférieur, du deuxième élément de commutation de bras inférieur, de l'élément de commutation tampon côté courant continu et de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif,  
 l'unité de commande commande la commutation de manière à améliorer un facteur de puissance sur la base de la tension de courant alternatif de l'alimentation en puissance électrique à courant alternatif et d'un courant circulant à travers l'inductance côté courant alternatif.

[Revendication 6]

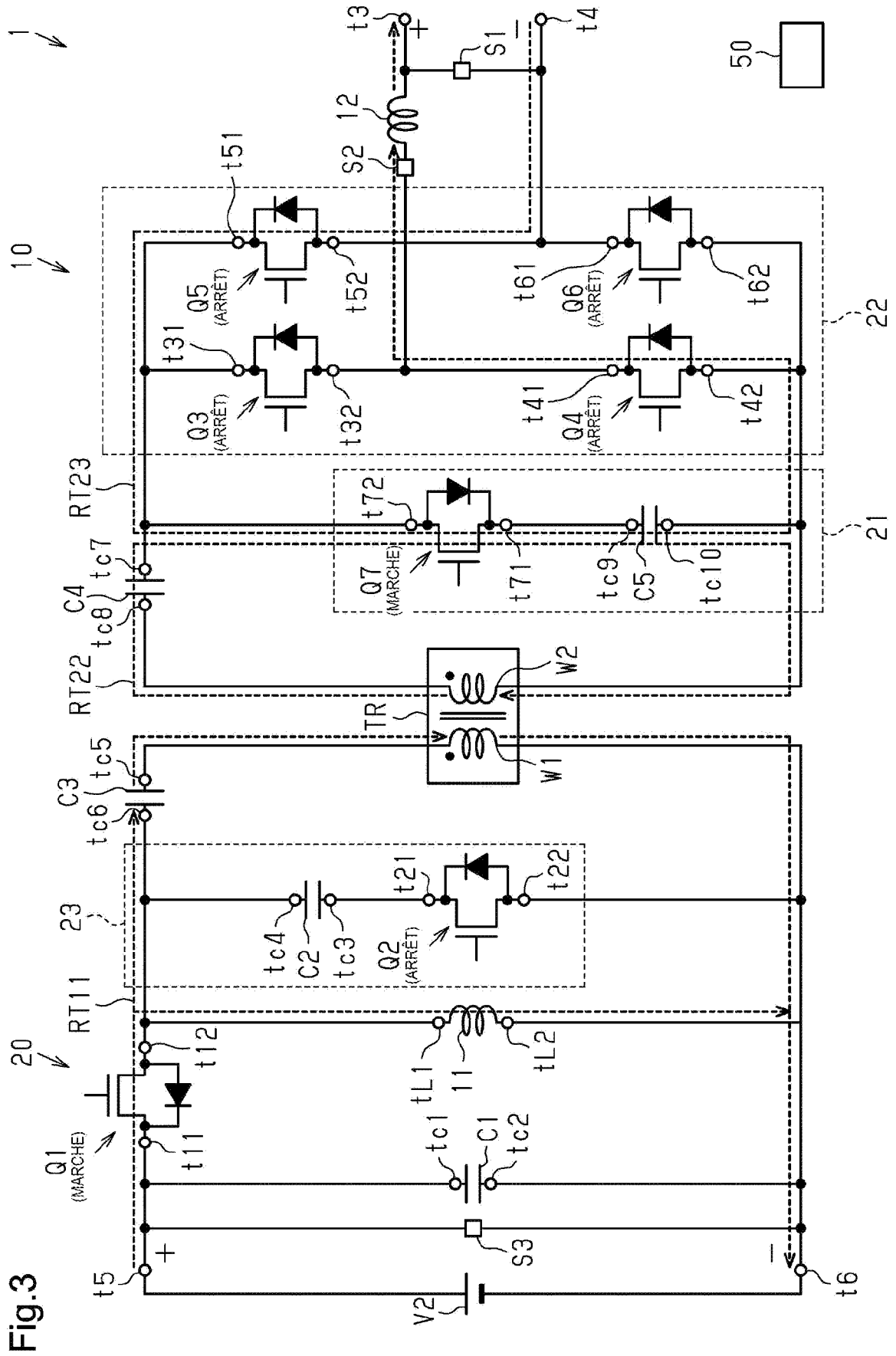
Convertisseur de puissance selon la revendication 4 ou 5, comprenant en outre une unité de commande qui commande une commutation de l'élément de commutation de redressement, du premier élément de commutation de bras supérieur, du deuxième élément de commutation de bras supérieur, du premier élément de commutation de bras inférieur, du deuxième élément de commutation de bras inférieur, de l'élément de commutation tampon côté courant continu et de l'élément de commutation tampon côté courant alternatif, et  
 l'unité de commande commande la commutation de sorte qu'une tension de courant continu spécifiée soit délivrée sur la base d'une tension entre les première et deuxième bornes de connexion de courant continu.



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

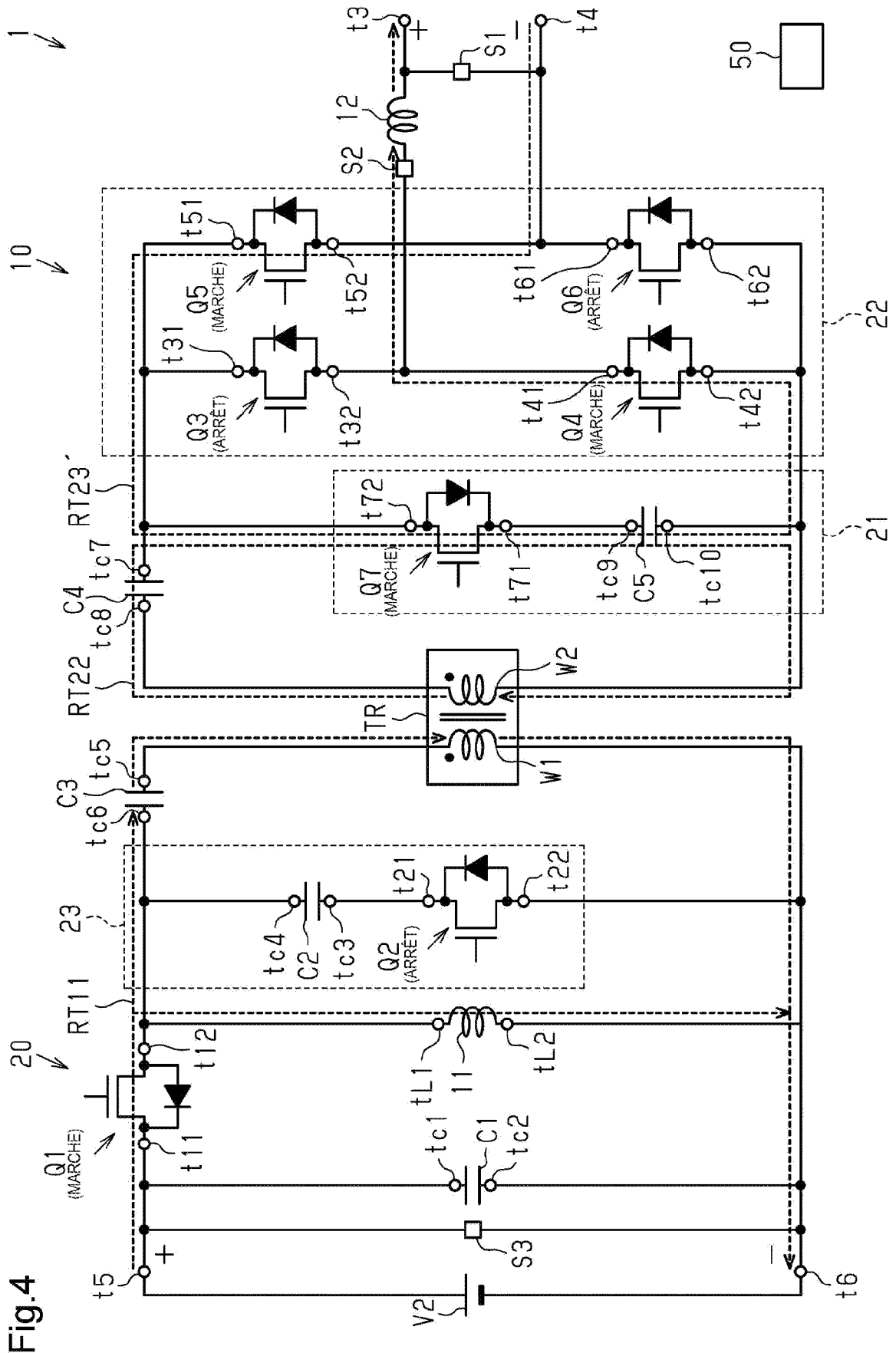


Fig.4

[Fig. 5]

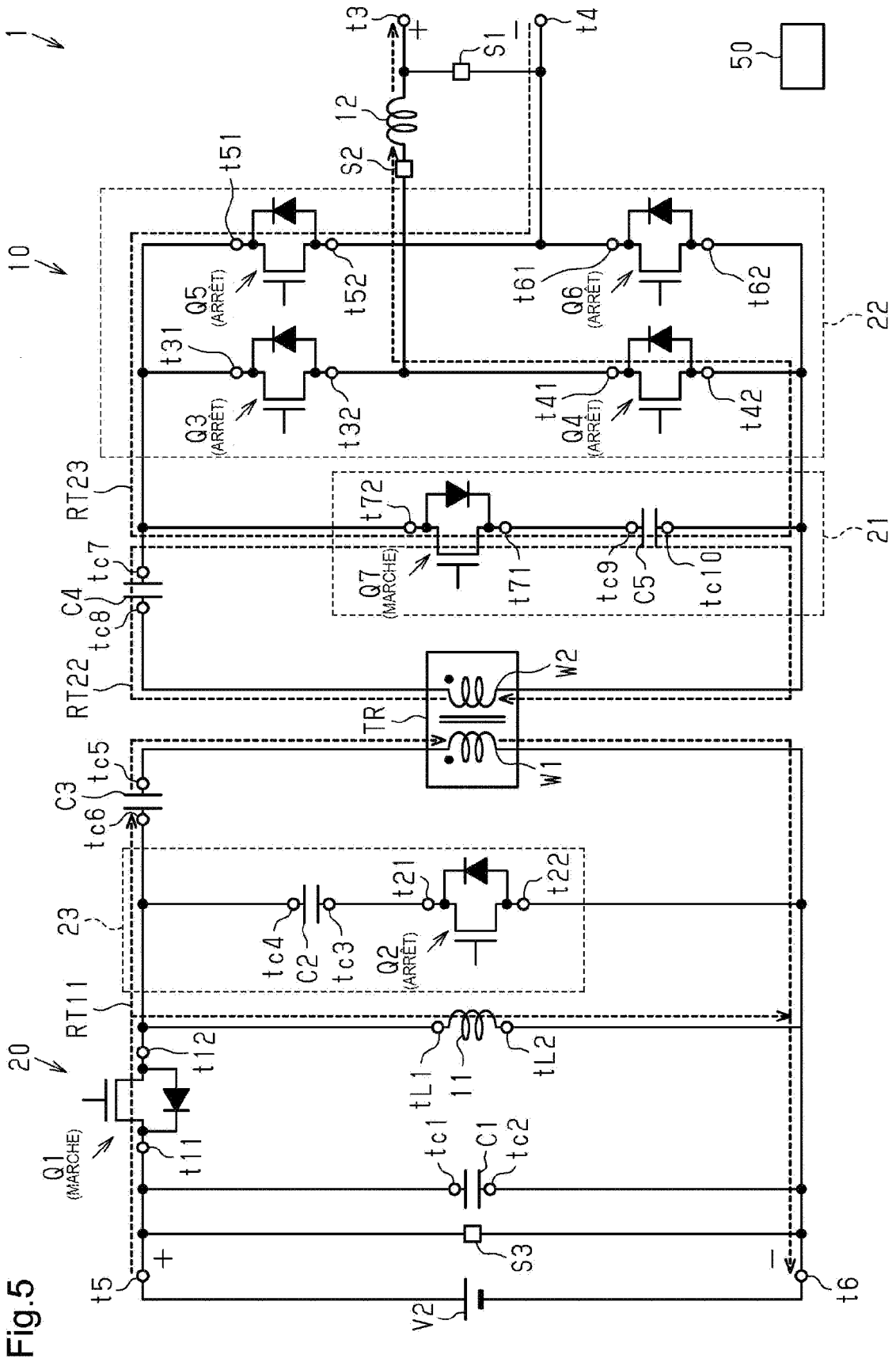


Fig.5





[Fig. 8]

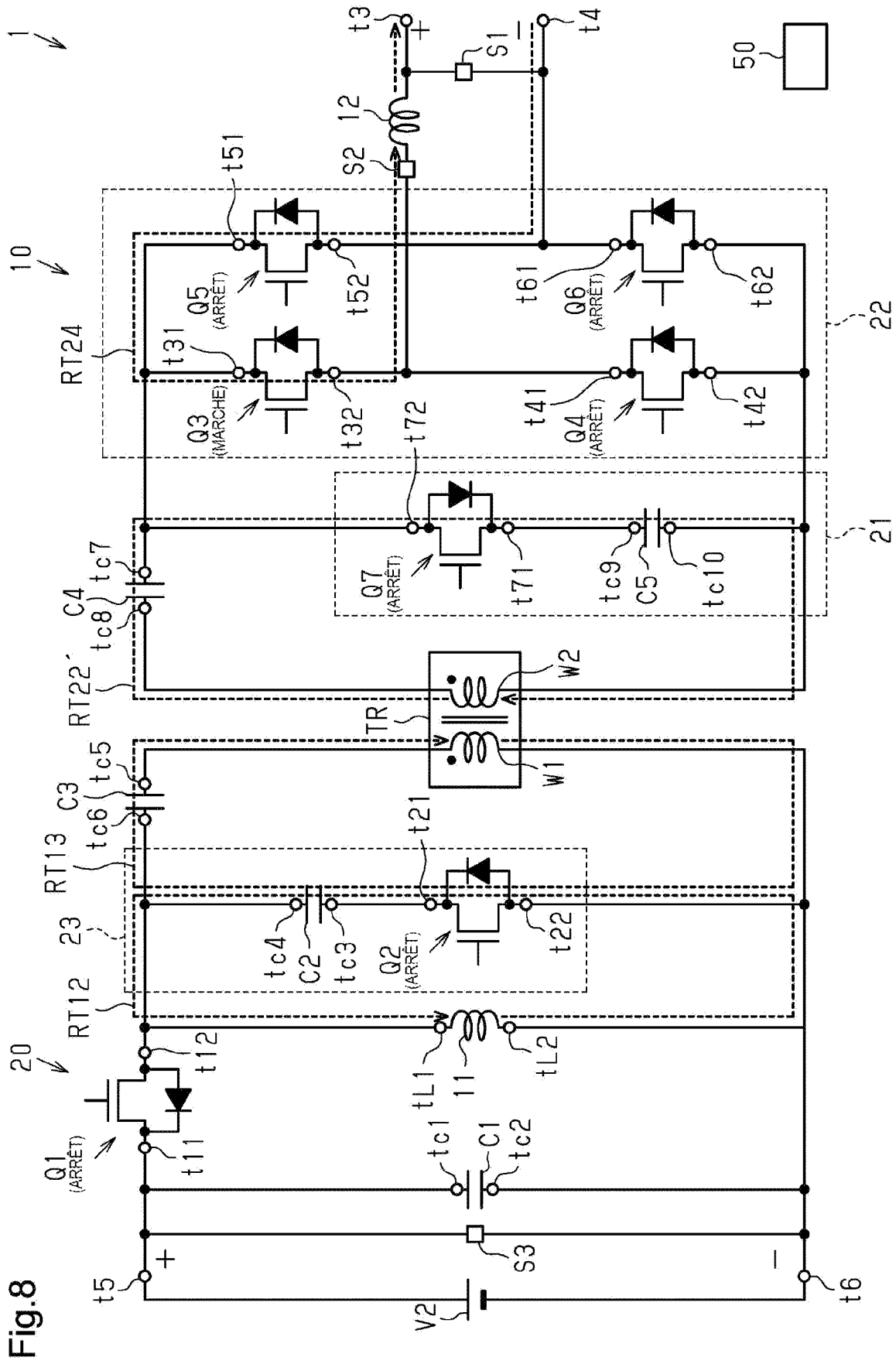
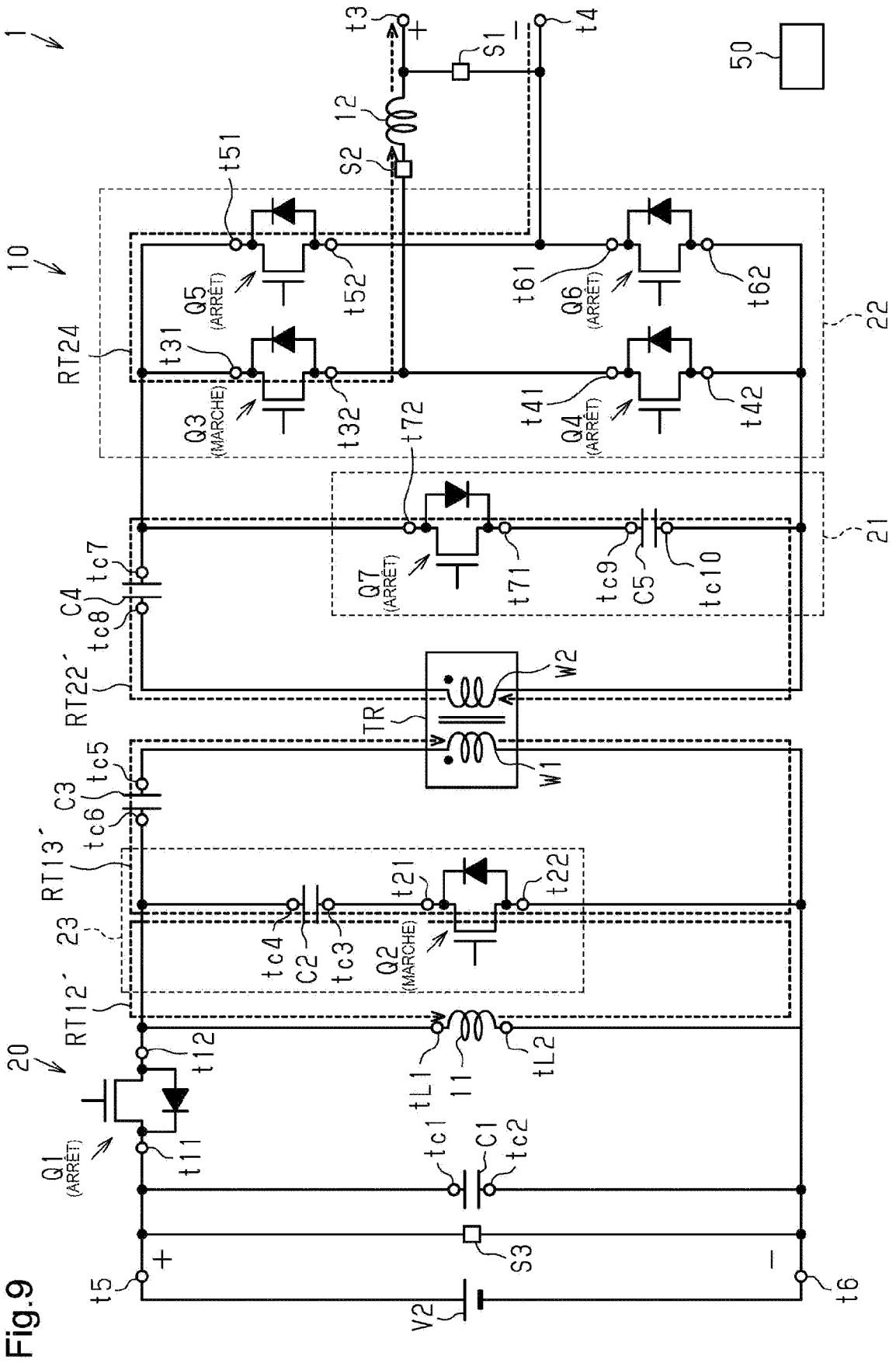
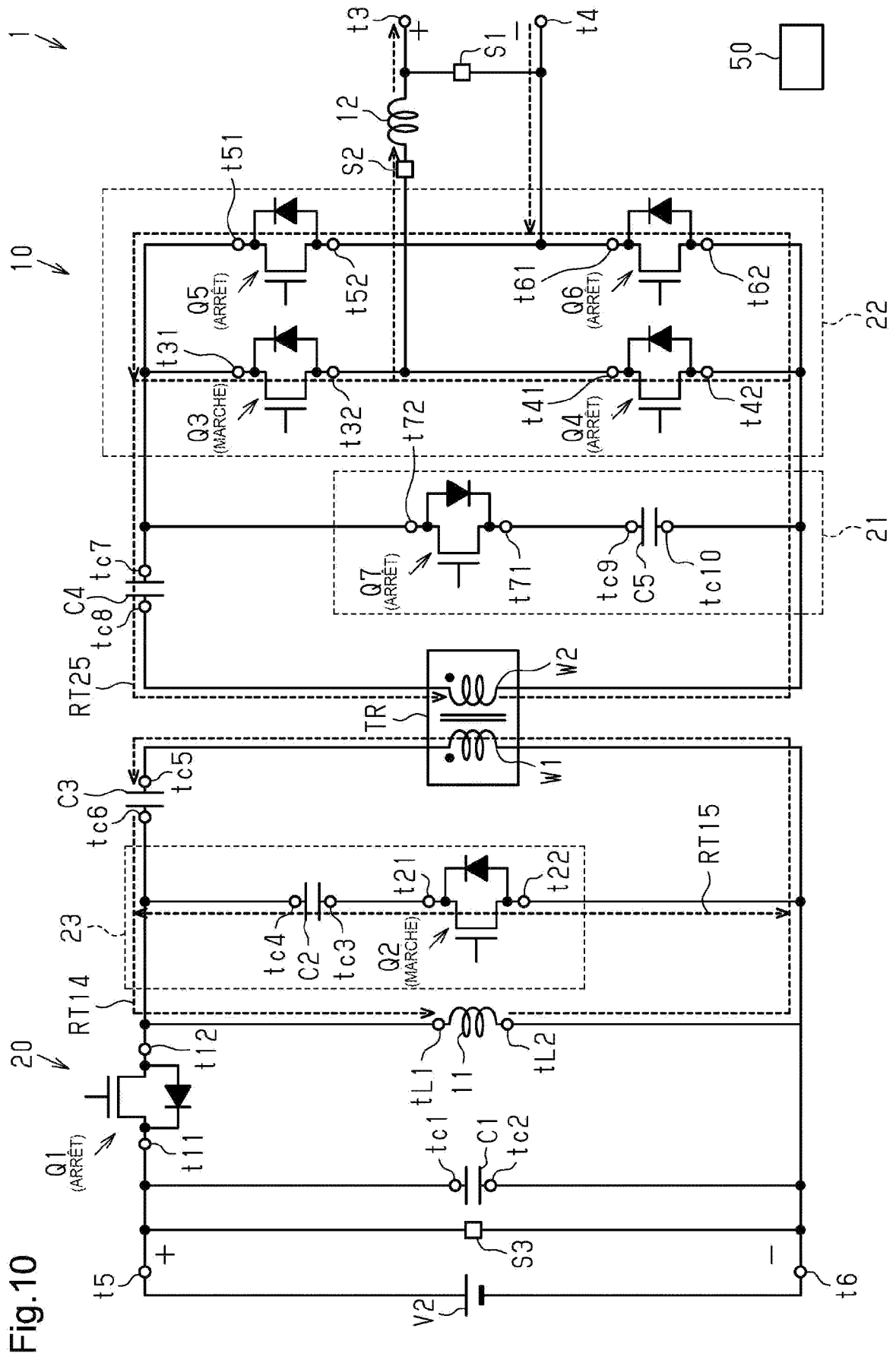


Fig.8

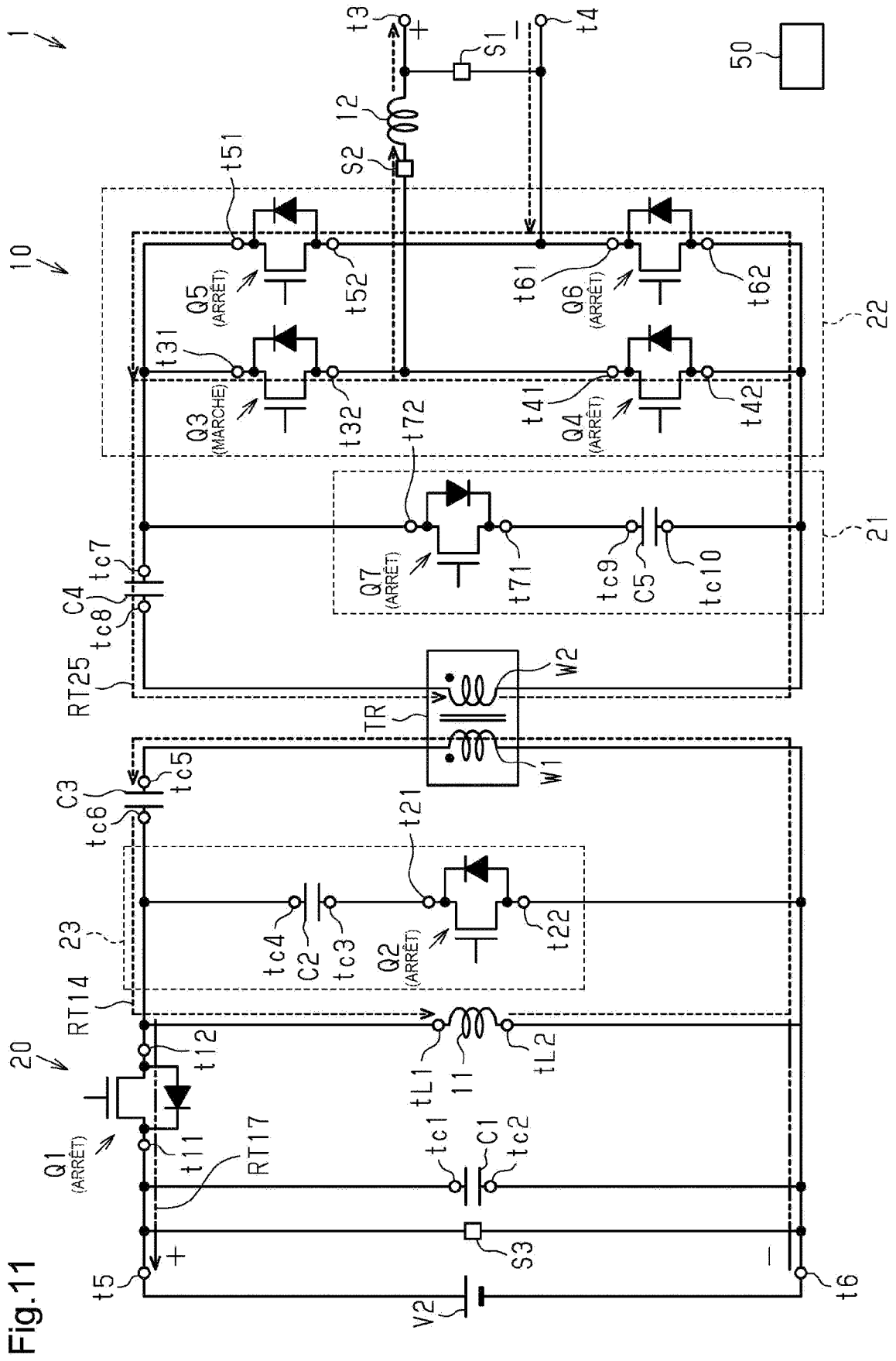
[Fig. 9]



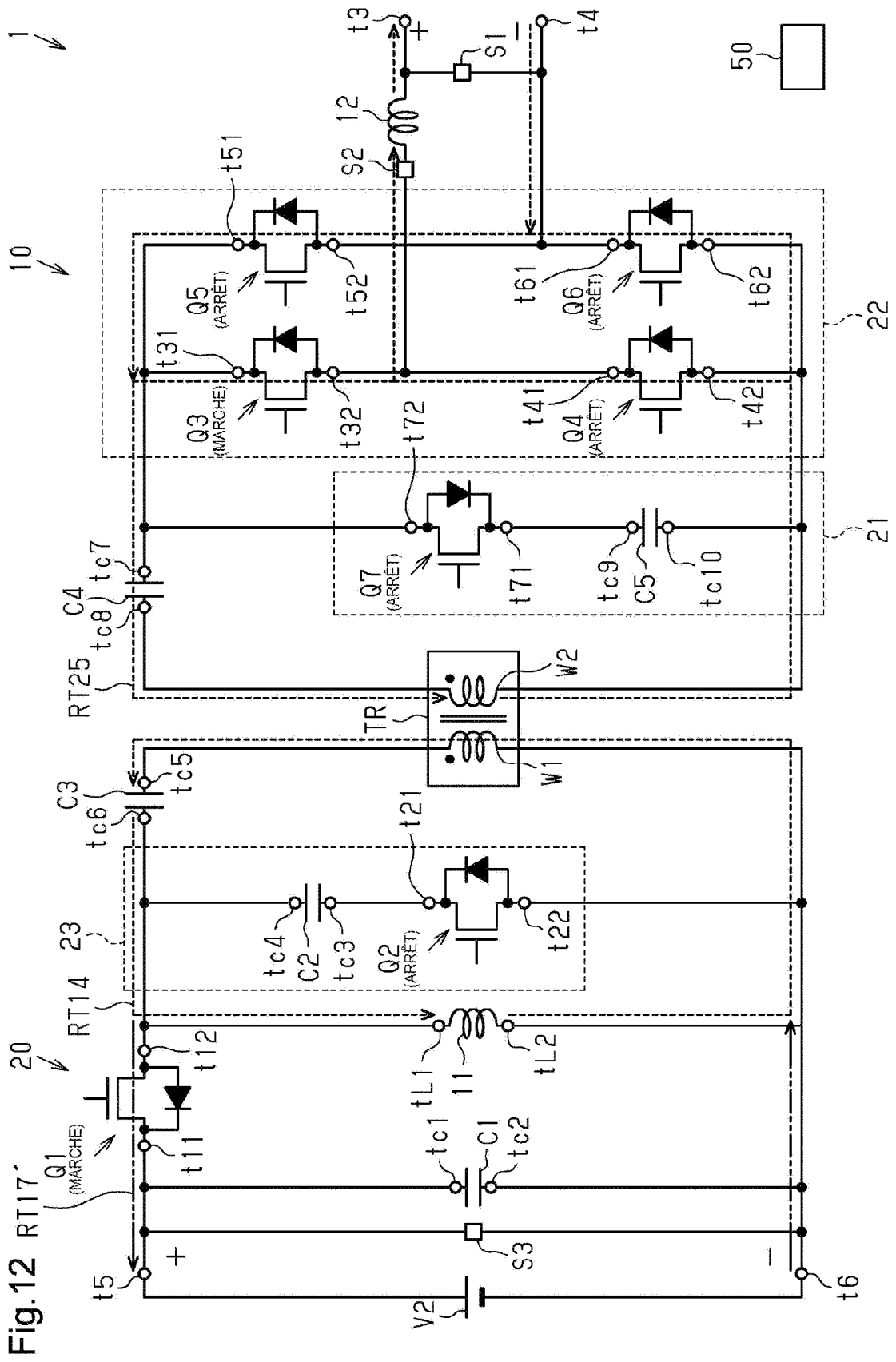
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]

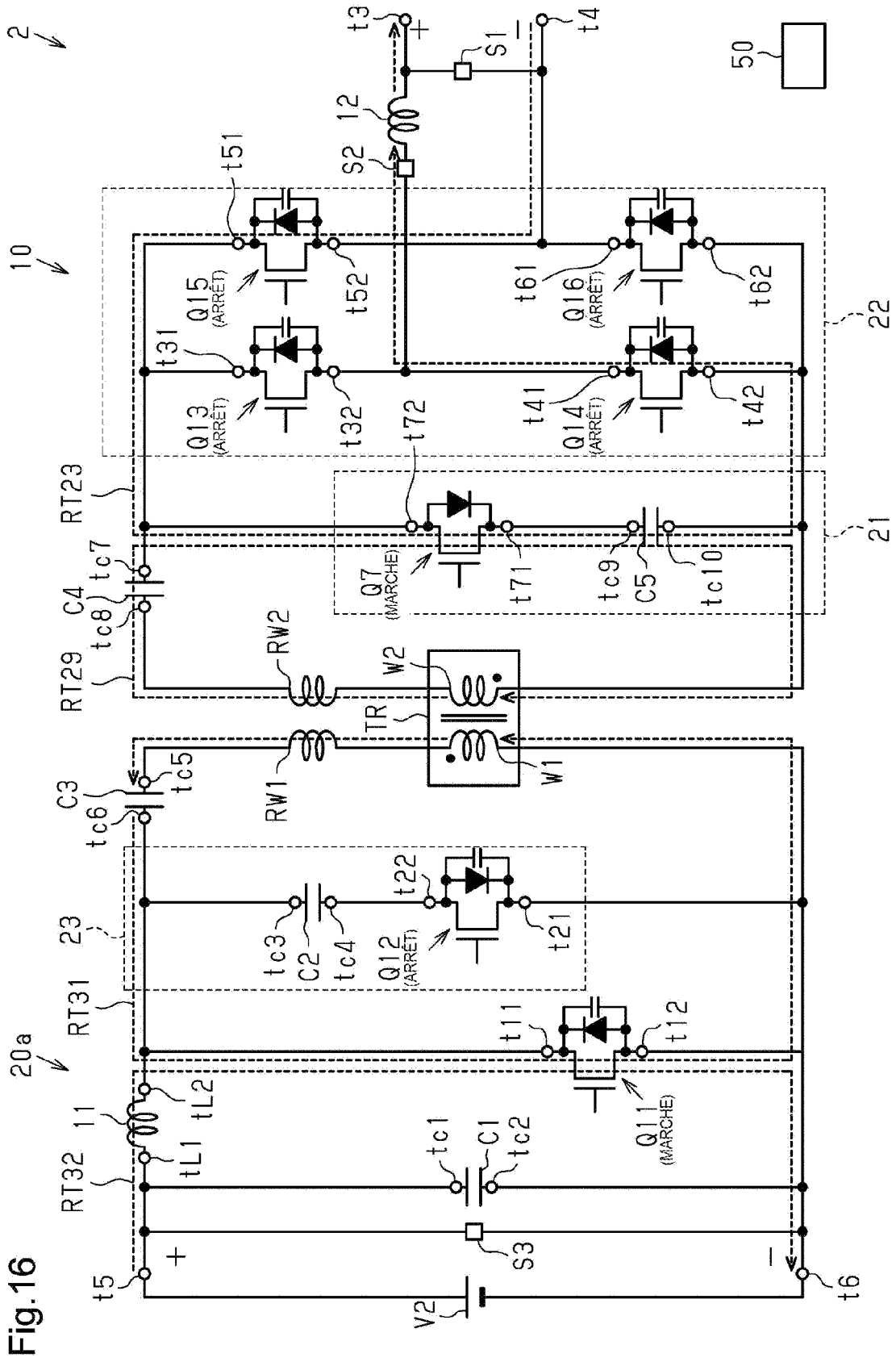








[Fig. 16]



[Fig. 17]

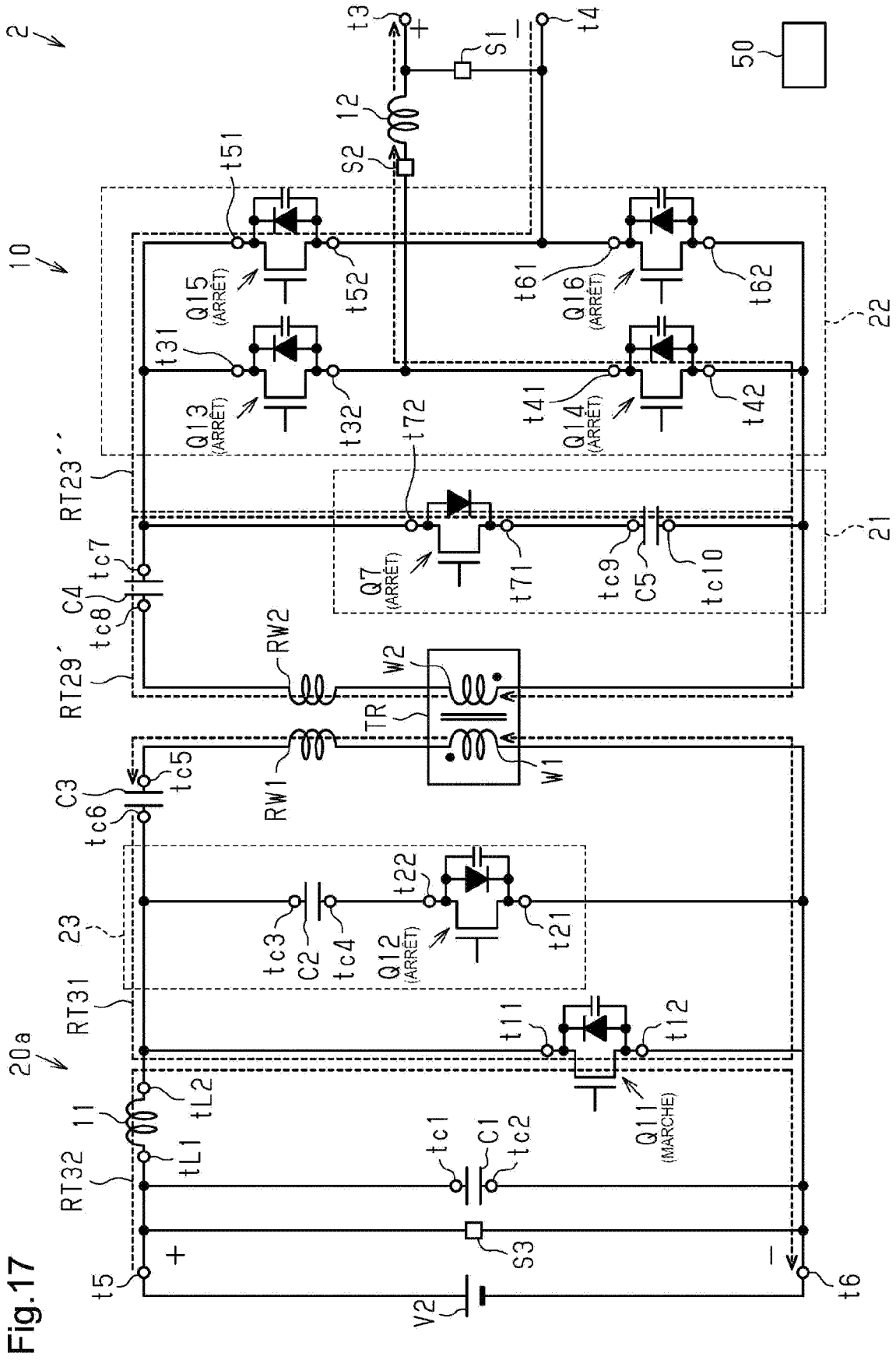


Fig.17

[Fig. 18]

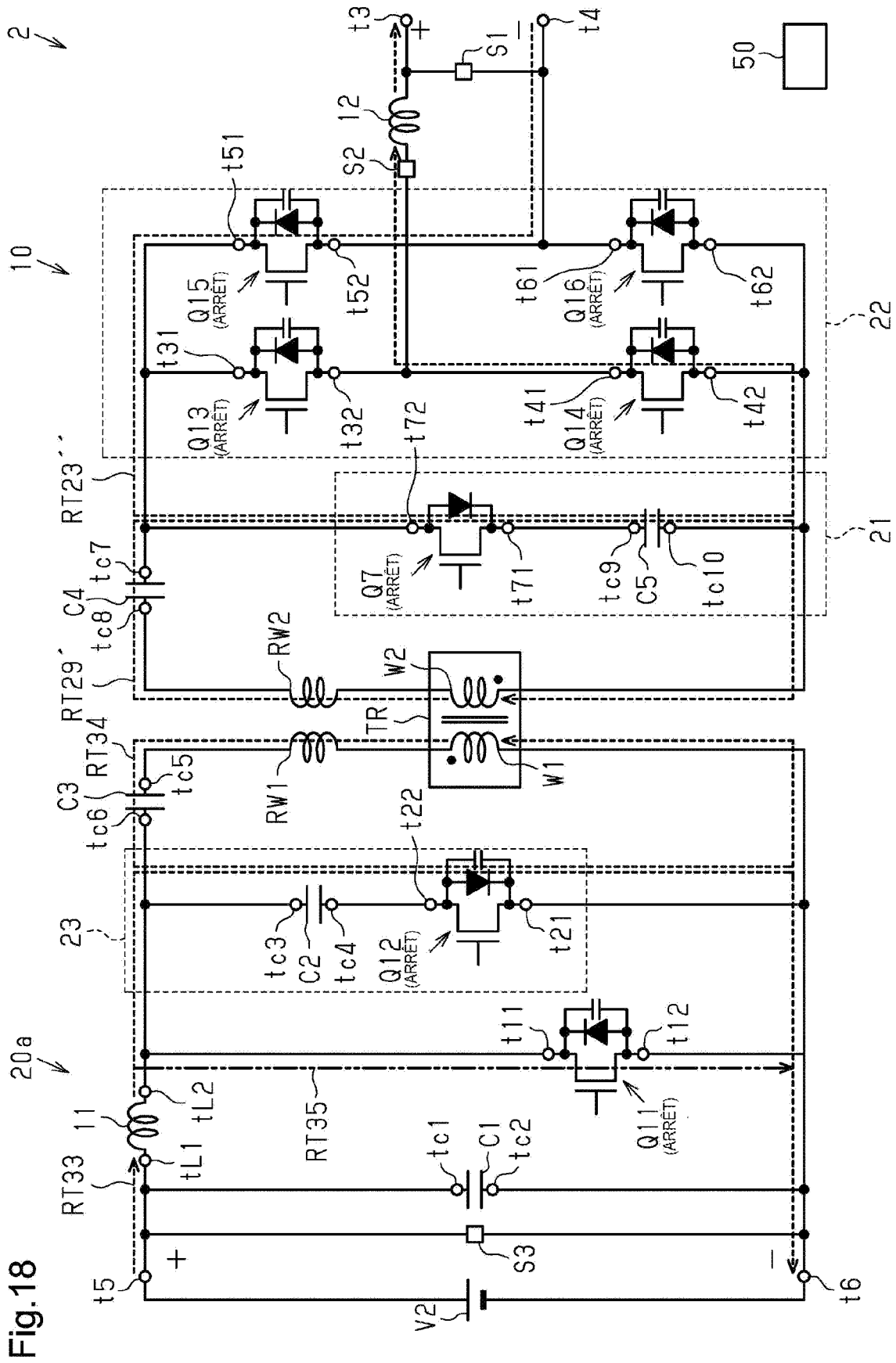
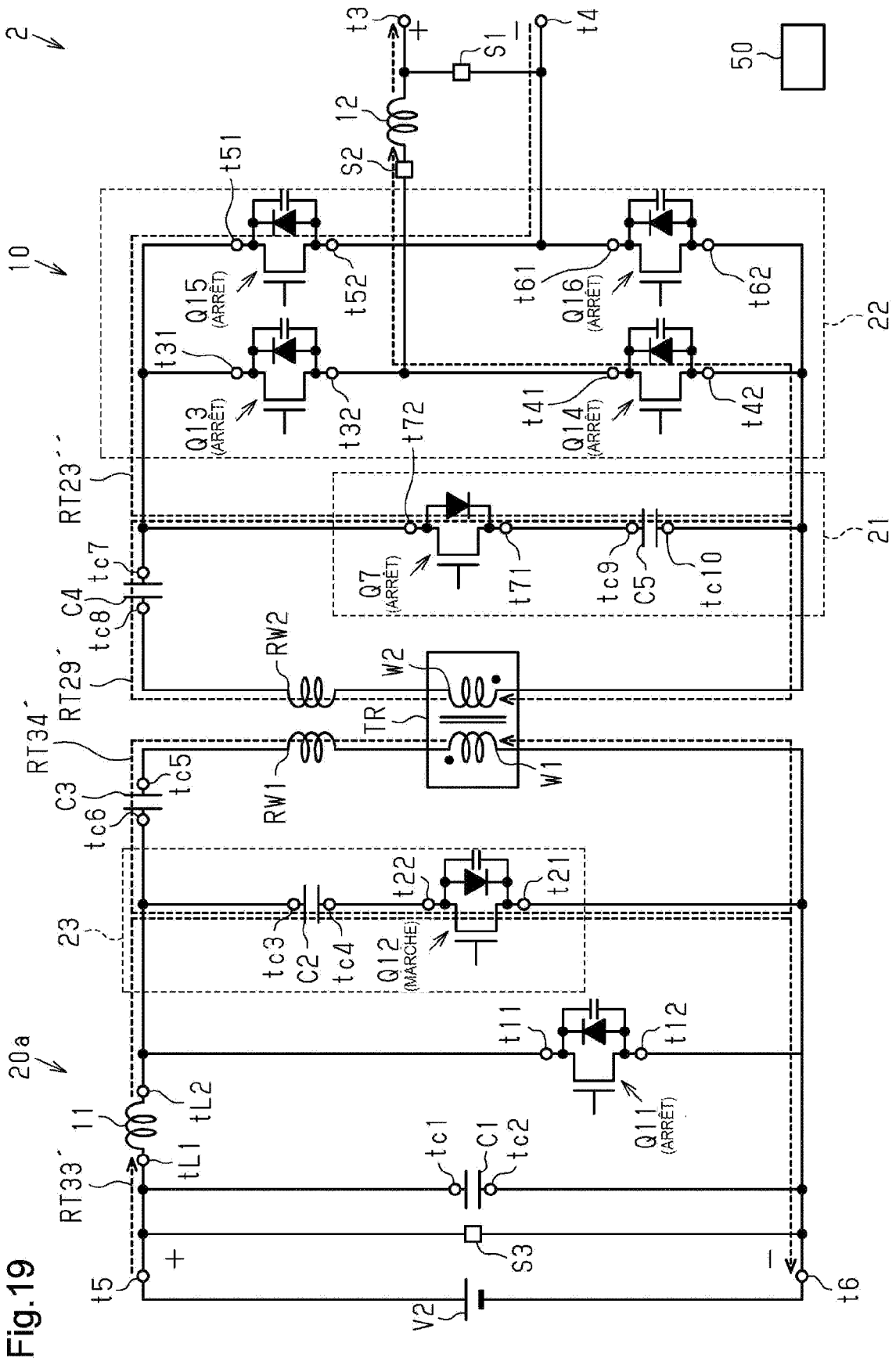
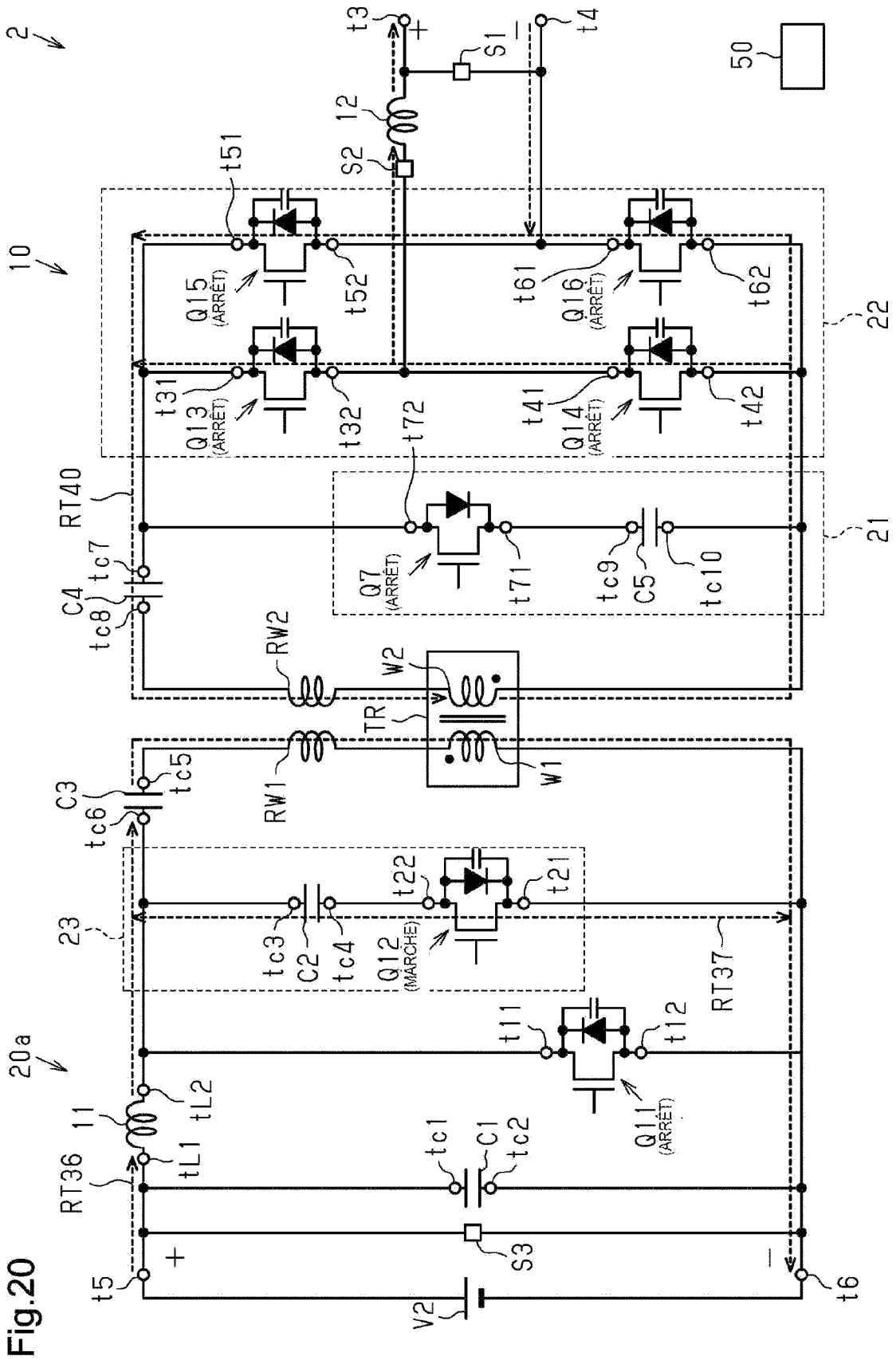


Fig.18

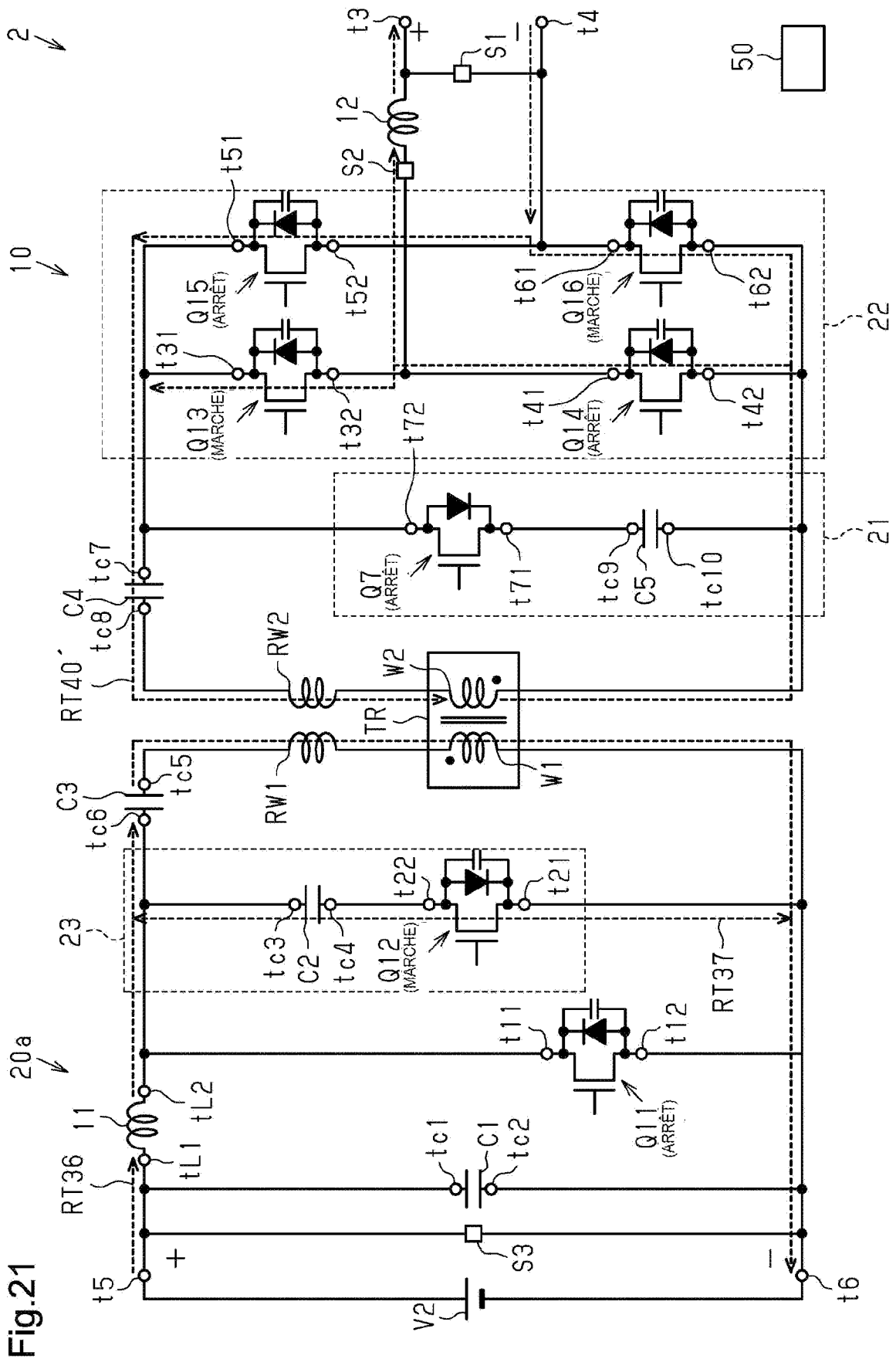
[Fig. 19]



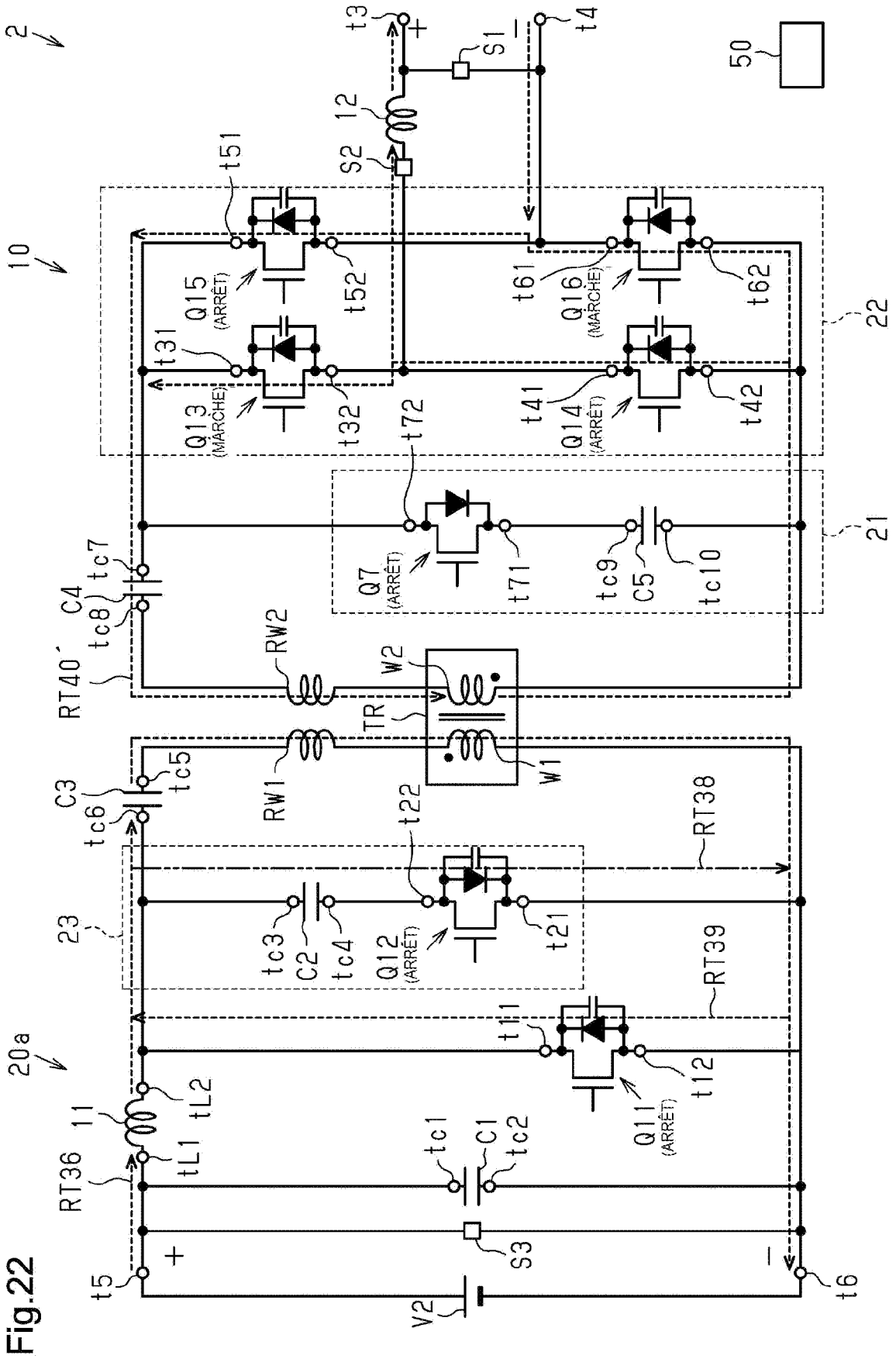
[Fig. 20]



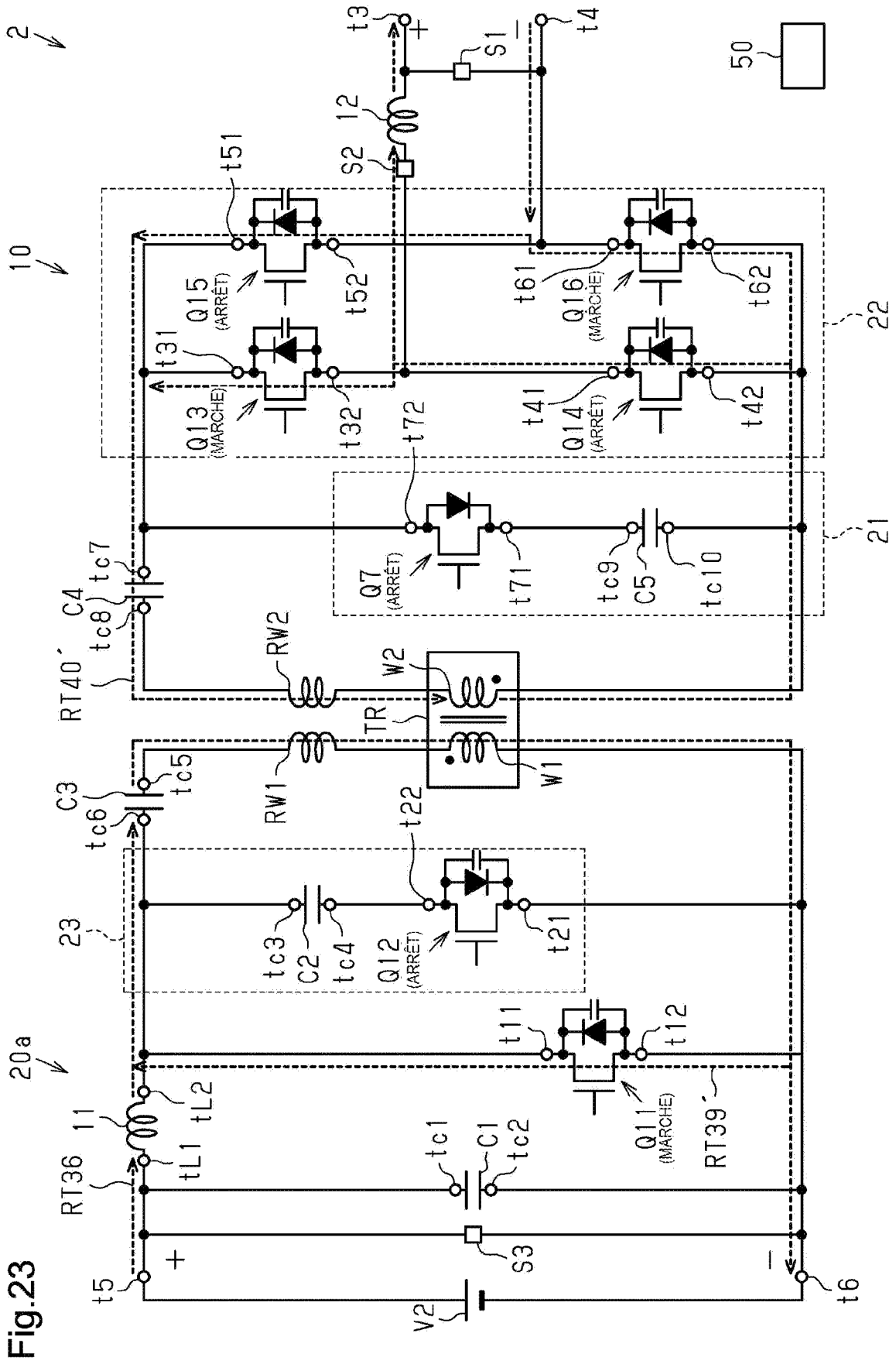
[Fig. 21]



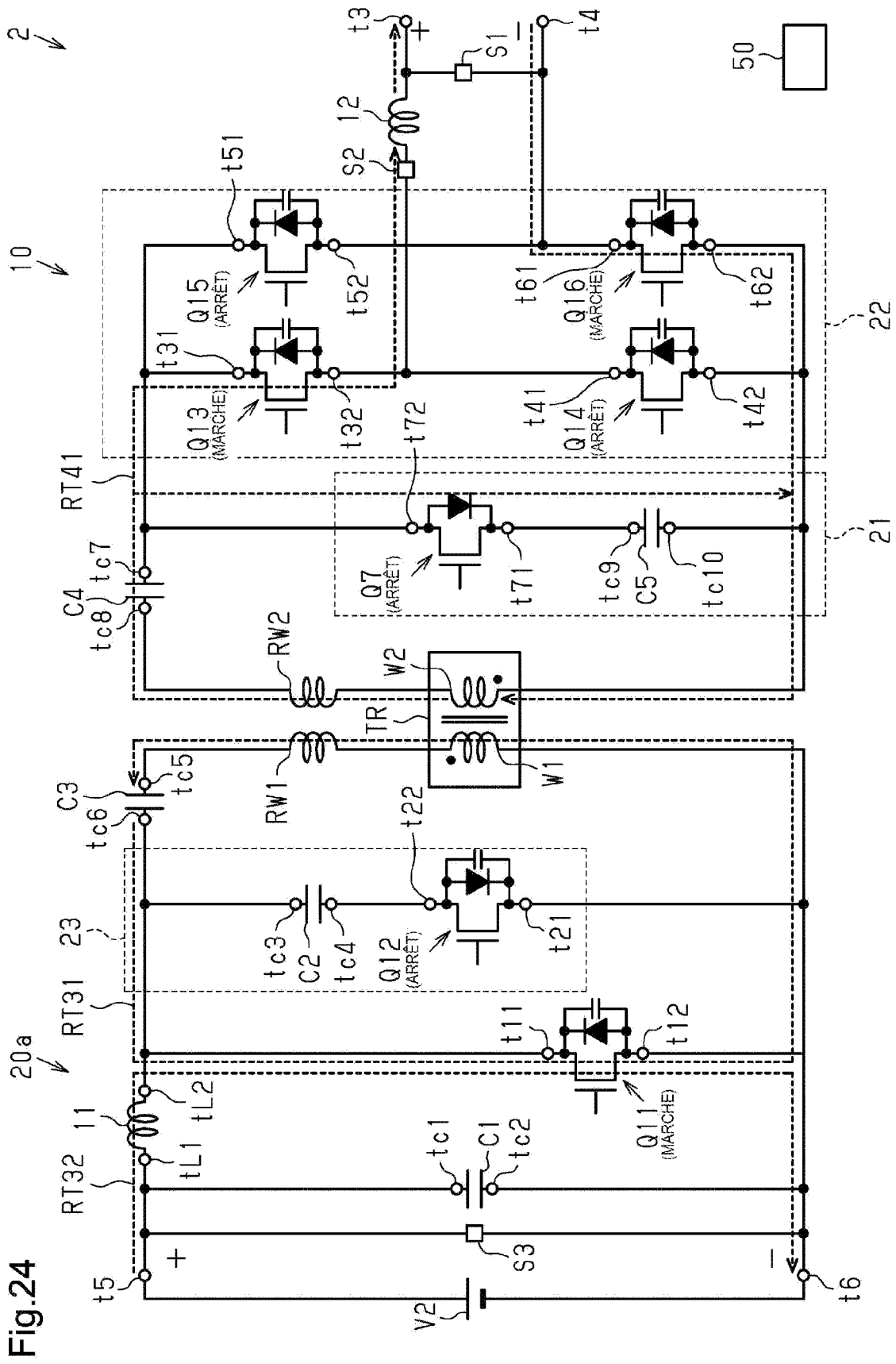
[Fig. 22]



[Fig. 23]

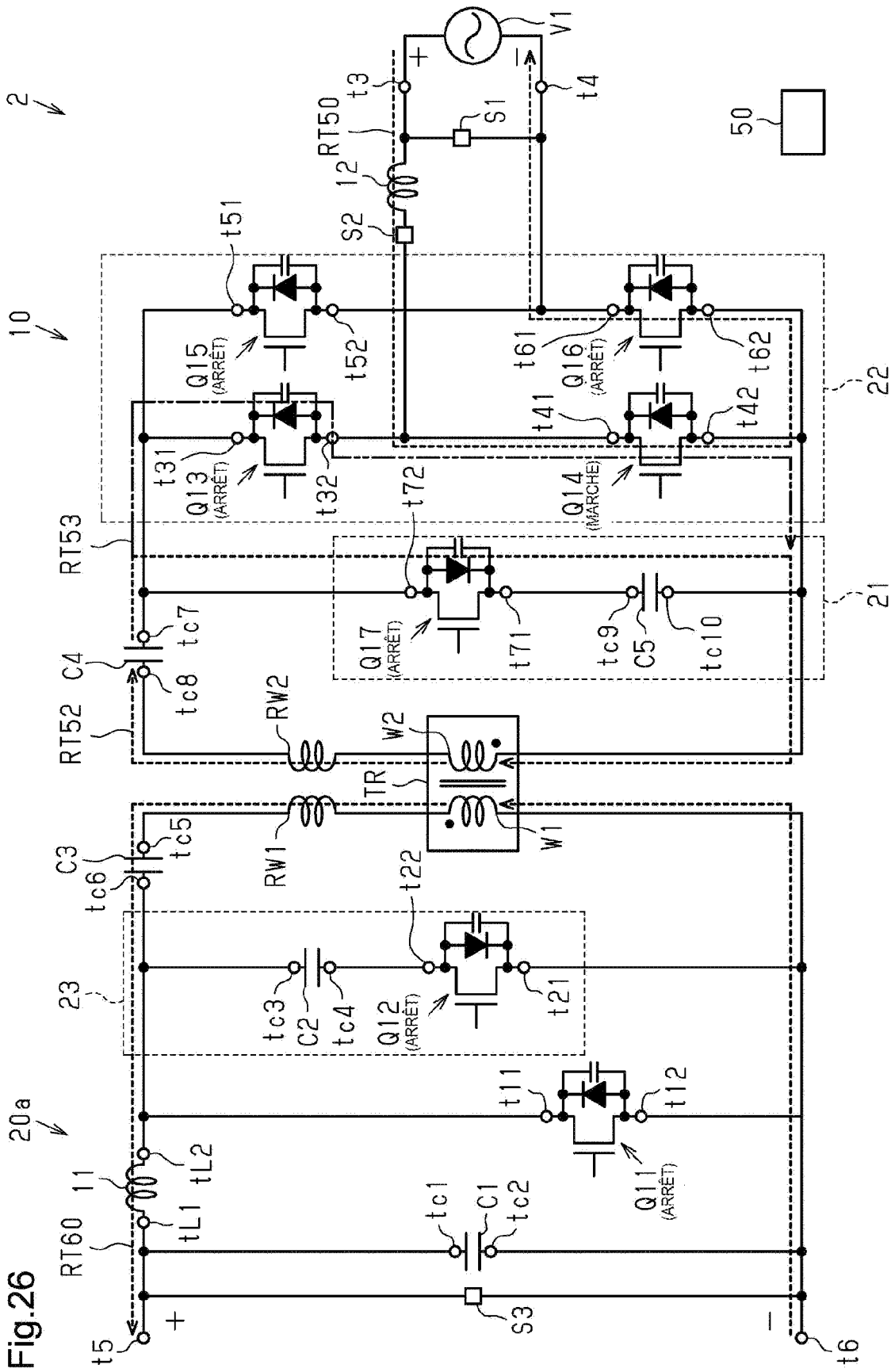


[Fig. 24]

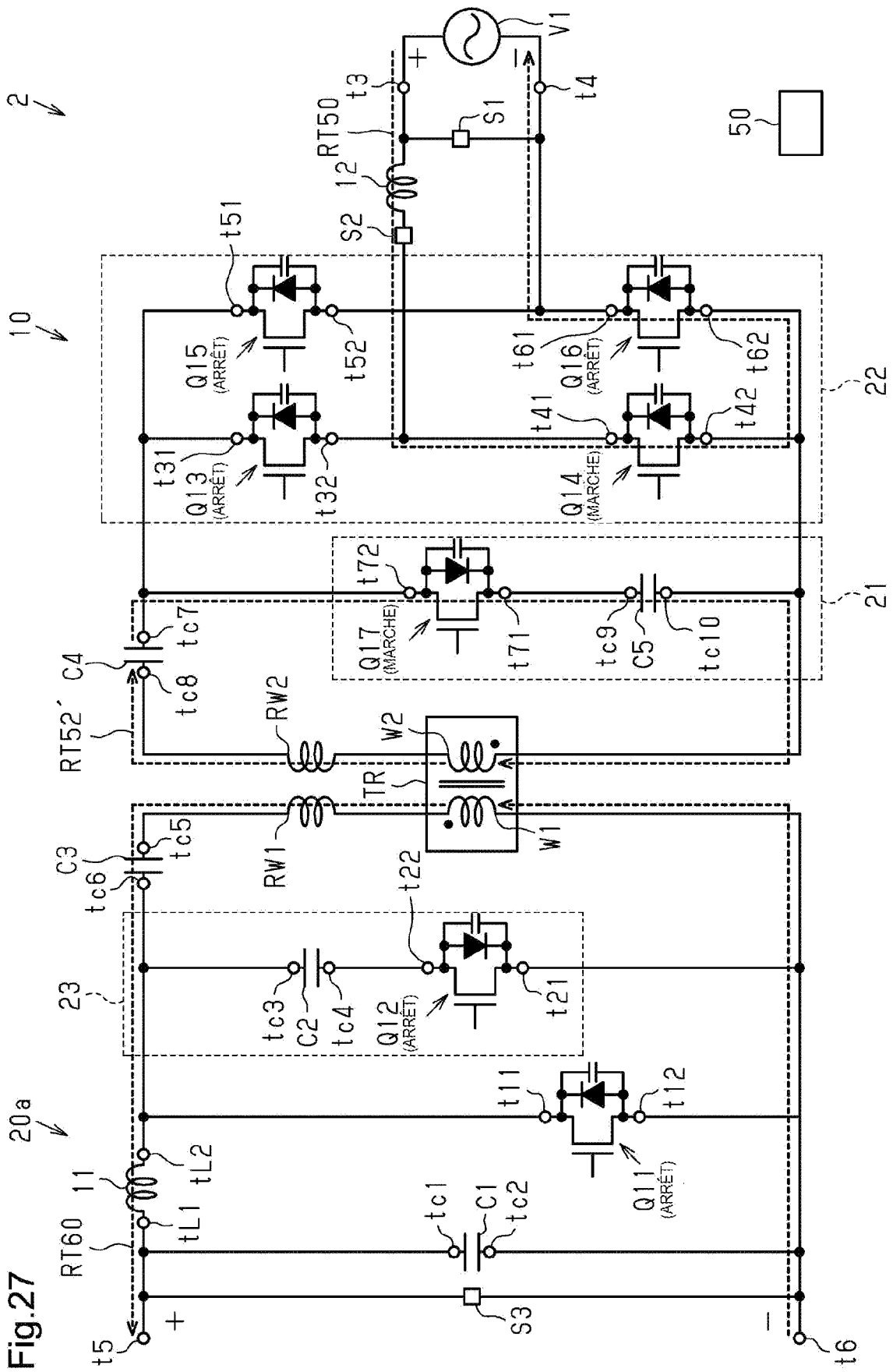




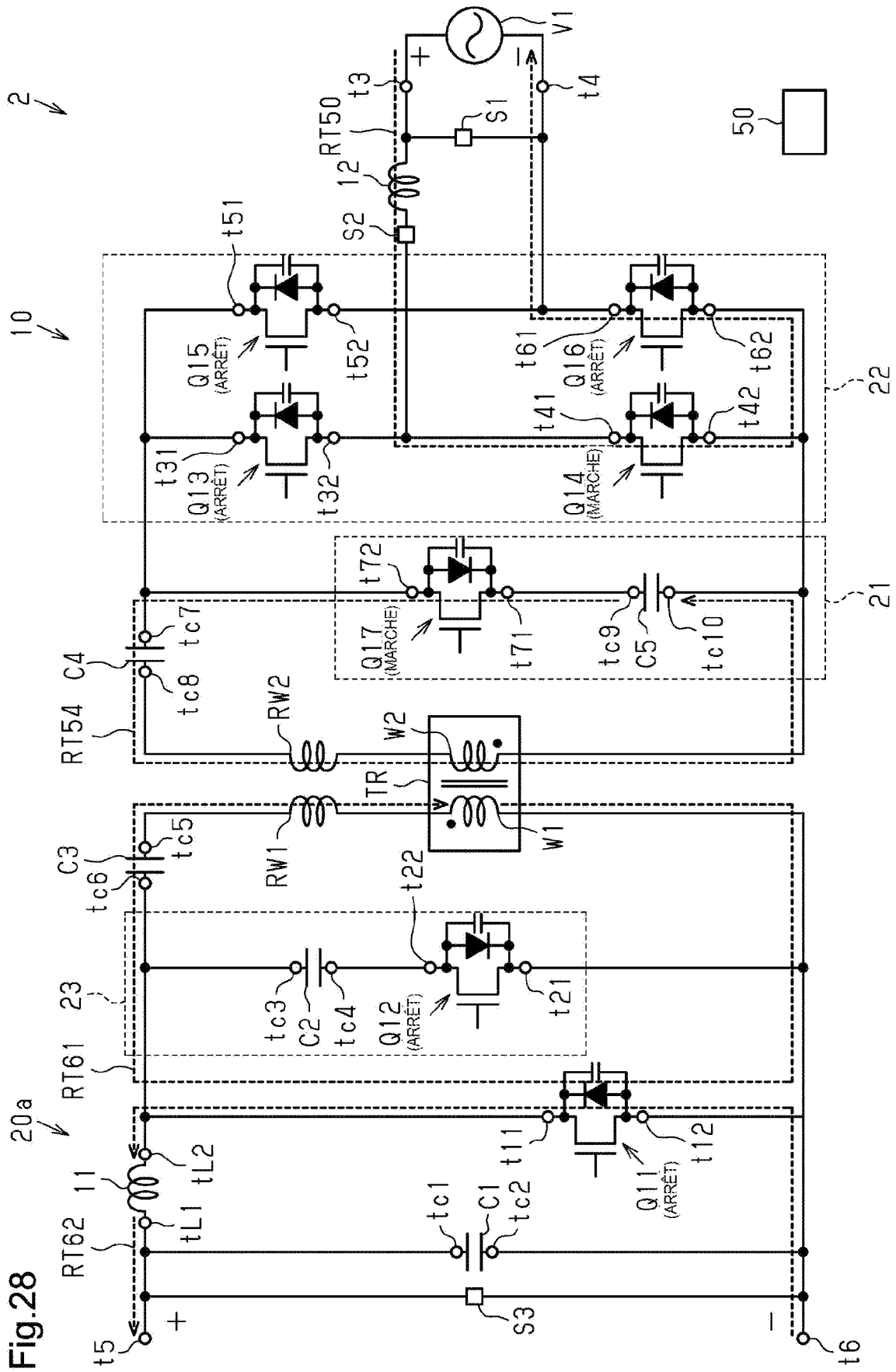
[Fig. 26]



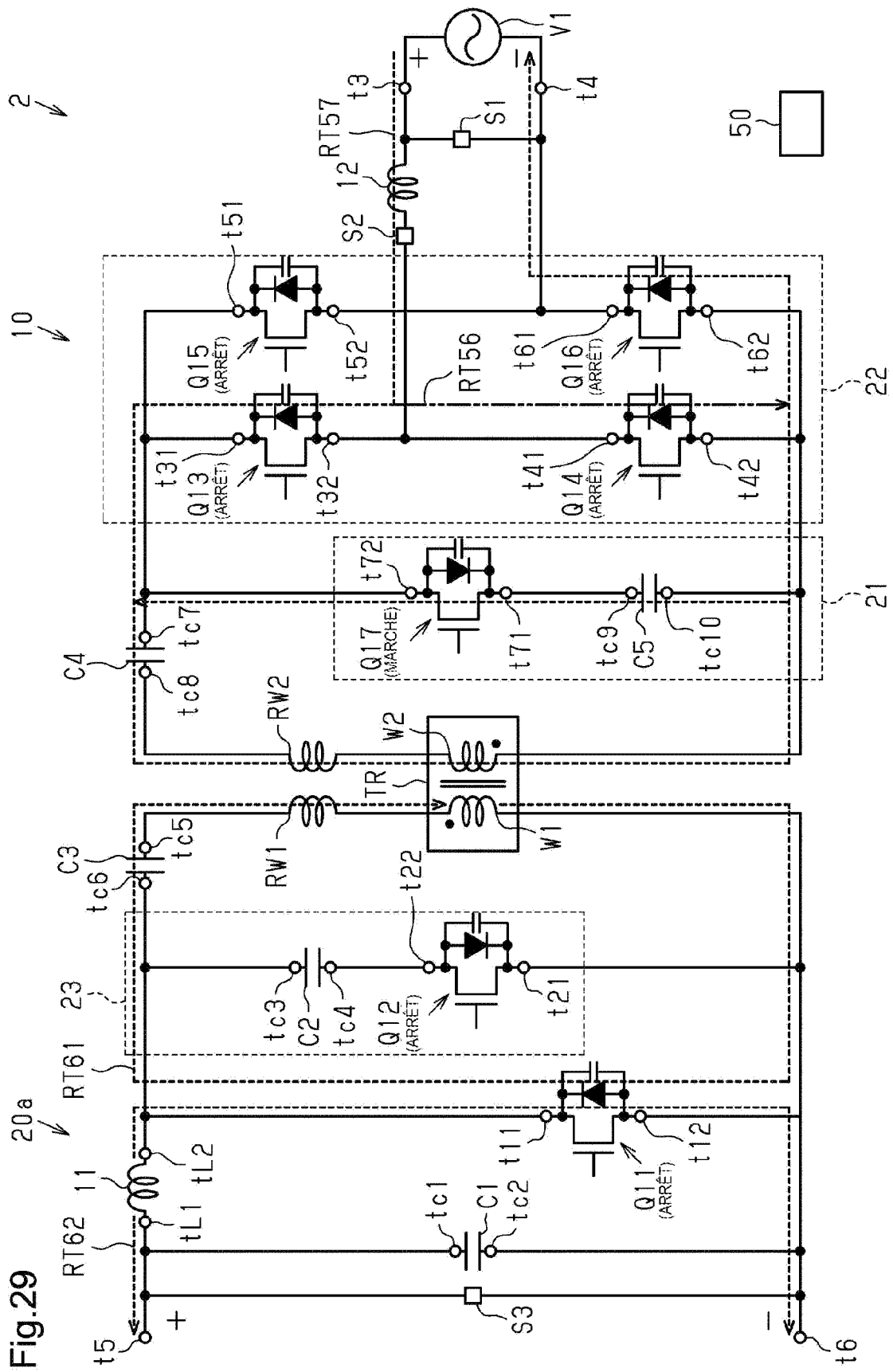
[Fig. 27]



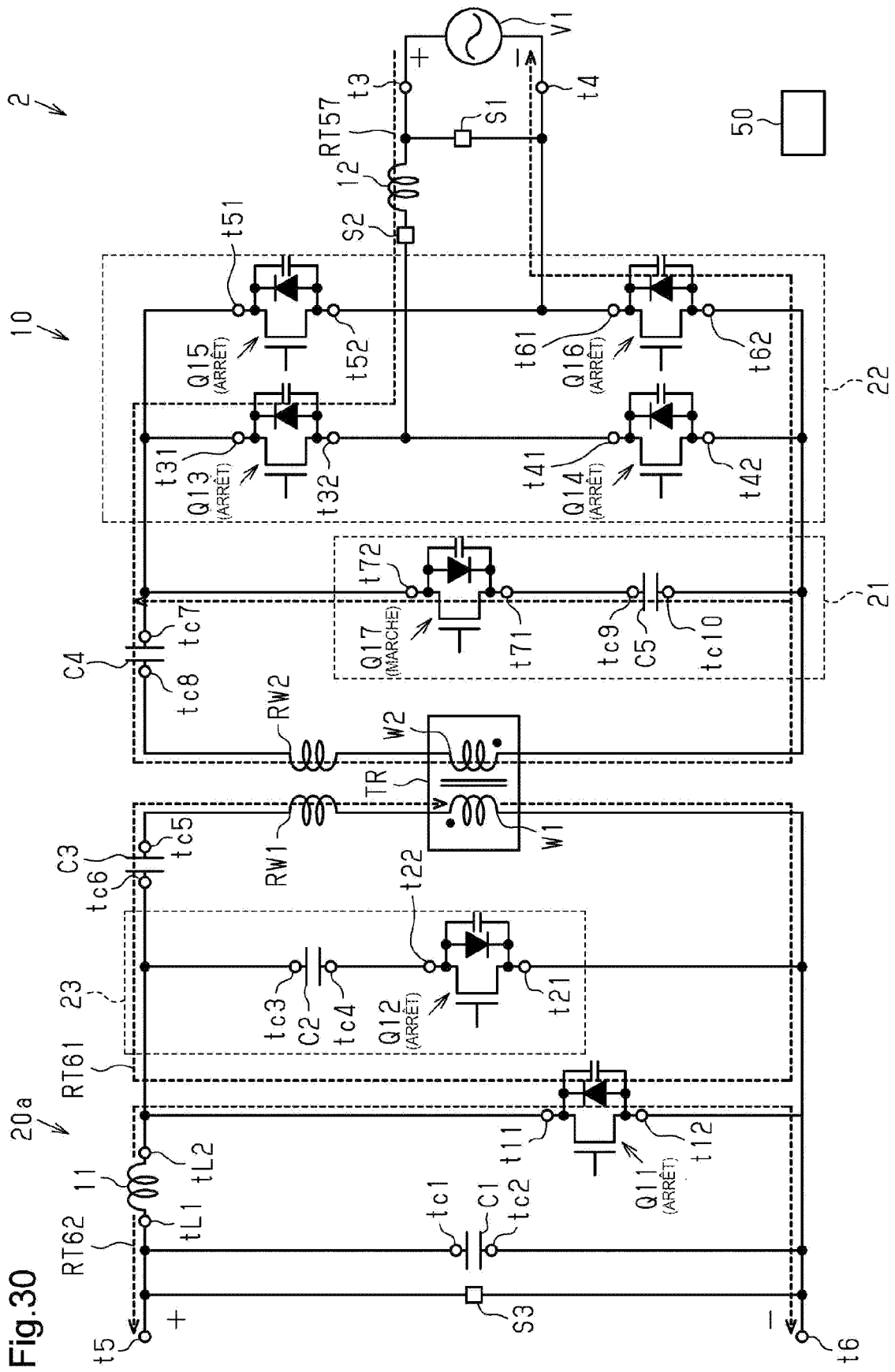
[Fig. 28]



[Fig. 29]



[Fig. 30]



[Fig. 31]

