



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

(13) **A1**

(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2022/05/19
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2022/11/24
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2023/11/10
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** EP 2022/063542
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2022/243419
(30) **Priorité/Priority:** 2021/05/20 (FR FR2105287)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. H01H 9/54** (2006.01),
H01H 33/59 (2006.01), **H01H 71/12** (2006.01)
(71) **Demandeur/Applicant:**
SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS, FR
(72) **Inventeurs/Inventors:**
DOMEJEAN, ERIC, FR;
BRENGUIER, JEROME, FR;
COURT, FREDERIC, FR
(74) **Agent:** SMART & BIGGAR LP

(54) **Titre : APPAREILS ET SYSTEMES DE PROTECTION ELECTRIQUE**
(54) **Title: ELECTRICAL PROTECTION APPARATUSES AND SYSTEMS**

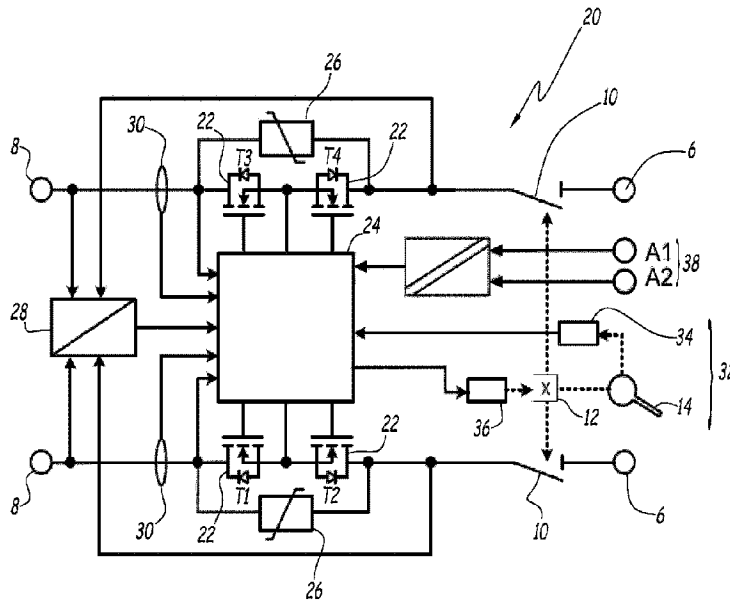


FIG.2

(57) **Abrégé/Abstract:**

Un système de protection électrique comporte des terminaux de raccordement (6, 8), des contacts électriques séparables (10), un mécanisme de commutation (12) et au moins un interrupteur de puissance (22) connecté en série avec les contacts électriques séparables, le mécanisme de commutation comportant un organe de commande déplaçable (14), le système de protection électrique comportant en outre un circuit électronique de commande (24) couplé avec ledit au moins un interrupteur de puissance, dans lequel le système de protection électrique comporte en outre un capteur (34) couplé à l'organe de commande pour mesurer une position du mécanisme de commutation, et dans lequel le circuit électronique de commande est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance vers un état bloquant lorsque le capteur détecte que le mécanisme de commutation atteint une position précédant une position à partir de laquelle les contacts électriques se séparent.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/243419 A1

(43) Date de la publication internationale
24 novembre 2022 (24.11.2022)

(51) Classification internationale des brevets :
H01H 9/54 (2006.01) H01H 71/12 (2006.01)
H01H 33/59 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2022/063542

(22) Date de dépôt international :
19 mai 2022 (19.05.2022)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2105287 20 mai 2021 (20.05.2021) FR

(71) Déposant : SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS [FR/FR] ; 35 rue Joseph Monier, 92500 RUEIL-MALMAISON (FR).

(72) Inventeurs : DOMEJEAN, Eric ; 106, rue du Coteau, 38340 VOREPPE (FR). BRENGUIER, Jérôme ; 502 Route de Riquetière, 38470 L'ALBENC (FR). COURT, Frédéric ; 152, impasse de Macherin le Haut, 38500 SAINT NICOLAS DE MACHERIN (FR).

(74) Mandataire : COLOMBET, Alain et al. ; LAVOIX, 62, rue de Bonnel, 69448 LYON CEDEX 03 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: ELECTRICAL PROTECTION APPARATUSES AND SYSTEMS

(54) Titre : APPAREILS ET SYSTÈMES DE PROTECTION ÉLECTRIQUE

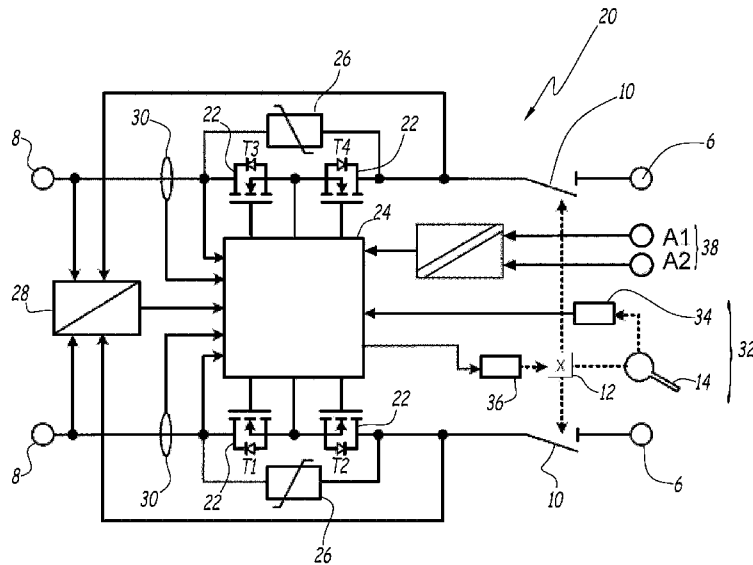


FIG.2

(57) Abstract: An electrical protection system has connection terminals (6, 8), separable electrical contacts (10), a switching mechanism (12) and at least one power switch (22) connected in series with the separable electrical contacts, the switching mechanism comprising a displaceable control member (14), wherein the electrical protection system further comprises an electronic control circuit (24) coupled to the at least one power switch, and the electrical protection system also comprises a sensor (34) coupled to the control member for measuring a position of the switching mechanism, and wherein the electronic control circuit is configured to switch said at least one power switch to a blocking state when the sensor detects that the switching mechanism reaches a position preceding a position in which the electrical contacts separate.



WO 2022/243419 A1

WO 2022/243419 A1 

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

(57) Abrégé : Un système de protection électrique comporte des terminaux de raccordement (6, 8), des contacts électriques séparables (10), un mécanisme de commutation (12) et au moins un interrupteur de puissance (22) connecté en série avec les contacts électriques séparables, le mécanisme de commutation comportant un organe de commande déplaçable (14), le système de protection électrique comportant en outre un circuit électronique de commande (24) couplé avec ledit au moins un interrupteur de puissance, dans lequel le système de protection électrique comporte en outre un capteur (34) couplé à l'organe de commande pour mesurer une position du mécanisme de commutation, et dans lequel le circuit électronique de commande est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance vers un état bloquant lorsque le capteur détecte que le mécanisme de commutation atteint une position précédant une position à partir de laquelle les contacts électriques se séparent.

Appareils et systèmes de protection électrique

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne le domaine technique des appareils et systèmes de protection électrique, tels que des disjoncteurs.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

De nombreux appareils de commutation électrique de type électromécanique, tels que des disjoncteurs à coupure dans l'air, et notamment les disjoncteurs miniatures (MCB, pour « miniature circuit breaker » en anglais) comportent généralement une chambre de coupure. La chambre de coupure est configurée pour éteindre un arc électrique qui apparaît dans l'air entre les contacts électriques de l'appareil lorsque les contacts électriques sont séparés suite à un déclenchement de l'appareil.

La chambre de coupure comporte typiquement un empilement de plaques métalliques superposées les unes au-dessus des autres pour allonger et éteindre l'arc électrique. Un ou plusieurs orifices ménagés dans le boîtier permettent aux gaz de coupure d'être rejetés à l'extérieur de l'appareil.

Toutefois, afin d'améliorer les performances de ces appareils de protection, il a été proposé de remplacer la chambre de coupure par un dispositif de coupure électronique comportant des interrupteurs de puissance à base de composants semi-conducteurs.

De telles performances améliorées sont, par exemple, avantageuses dans les systèmes électriques à courant continu (DC) comportant des batteries d'accumulateurs électrochimiques, pour lesquels les appareils de protection électrique doivent être capables, en cas d'apparition d'un défaut électrique, d'interrompre des courants de forte intensité avec un temps de réaction très rapide.

Ces appareils de protection à semi-conducteurs doivent être capables d'interrompre le courant électrique avec au moins autant de fiabilité que les appareils de protection électromécaniques.

De plus, pour des raisons de sécurité, ces appareils de protection doivent être isolés galvaniquement. Il est donc avantageux de conserver des contacts électriques séparables qui permettent d'assurer une isolation électrique dans l'air (« air gap » en anglais) lorsque l'appareil est dans l'état ouvert (i.e., lorsque les contacts électriques sont séparés, par exemple suite à un déclenchement de l'appareil, ou lorsqu'un utilisateur souhaite consigner l'installation située en aval de l'appareil de protection).

Par ailleurs, dans un souci de compatibilité avec les installations existantes, il est souhaitable que ces appareils de protection puissent être contenus dans un boîtier ayant une même taille que les boîtiers des appareils de commutation de type électromécanique.

Il existe donc un besoin pour des appareils de protection électrique, tels que des disjoncteurs, à base de composants semi-conducteurs, qui remédient au moins en partie à ces inconvénients.

EXPOSE DE L'INVENTION

A cet effet, un aspect de l'invention concerne un système de protection électrique, comportant des terminaux de raccordement, des contacts électriques séparables connectés entre les terminaux de raccordement, un mécanisme de commutation et au moins un interrupteur de puissance connecté en série avec les contacts électriques séparables, les contacts électriques séparables étant déplaçables entre un état ouvert et un état fermé, le mécanisme de commutation comportant un organe de commande mobile et étant couplé avec les contacts électriques séparables pour commuter les contacts électriques séparables vers l'état ouvert, le système de protection électrique comportant en outre un circuit électronique de commande couplé avec ledit au moins un interrupteur de puissance.

Le système de protection électrique comporte en outre un capteur couplé à l'organe de commande configuré pour mesurer une position du mécanisme de commutation, et le circuit électronique de commande est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance vers un état bloquant lorsque le capteur détecte que le mécanisme de commutation atteint une position précédant une position à partir de laquelle les contacts électriques se séparent.

Grâce à l'invention, lors de la phase d'ouverture le circuit de commande et le capteur permettent de commander la commutation des interrupteurs de puissance vers leur état bloquant avant que les contacts électriques ne soient séparés, ce qui empêche l'apparition d'un arc électrique et permet ainsi d'interrompre le courant de façon sûre. En revanche, une fois que les contacts sont dans la position ouverte, les contacts électriques permettent de créer une isolation électrique dans l'air (« air gap »). Cela évite qu'un courant électrique, tel qu'un courant de fuite des interrupteurs de puissance, ou un courant résultant d'une défaillance de ces interrupteurs de puissance, puisse à nouveau circuler entre les terminaux après que l'appareil ait été déclenché.

Selon des aspects avantageux mais non obligatoires, un tel appareil de protection électrique peut incorporer une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toute combinaison techniquement admissible :

- le circuit électronique de commande est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance vers l'état bloquant lorsqu'un défaut électrique est détecté par un circuit de mesure ;

5 - le système de protection électrique comporte une alimentation électrique interne configurée pour alimenter électriquement le circuit électrique de commande à partir de la tension électrique entre les bornes de raccordement ;

- ledit au moins un interrupteur de puissance est un transistor MOSFET ;

- ledit au moins un interrupteur de puissance est normalement dans état ouvert ;

10 - le capteur est un capteur optique configuré pour mesurer la position de l'organe de commande du mécanisme de commutation ;

- le circuit électronique de commande comporte un substrat en forme de plaque et une plaque conductrice en contact avec une semelle métallique dudit au moins un interrupteur de puissance correspondant, ledit au moins un interrupteur de puissance et sa plaque conductrice respective étant monté sur une ou chaque face du substrat ;

15 - au moins l'une des plaques conductrices comporte une portion adaptée pour former un contact électrique fixe qui coopère avec le contact électrique mobile pour former ensemble lesdits contacts électriques séparables. ;

- le déplacement de l'organe de commande est en décalage par rapport au déplacement des contacts ;

20 - le mécanisme de commutation est un mécanisme à genouillère ;

- le système de protection électrique est configuré de telle sorte que pour refermer les contacts électriques séparables, l'organe de commande est destiné à être déplacé vers la position correspondante par un utilisateur, ce déplacement, par l'intermédiaire d'une bielle du mécanisme de commutation, entraînant la rotation d'un crochet du mécanisme de commutation, le crochet venant s'accrocher sur une barre de déclenchement du mécanisme de commutation, la bielle entraînant alors en rotation une platine du mécanisme de commutation jusqu'à la fermeture des contacts électriques séparables ;

25 - le circuit électronique de commande est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance vers un état bloquant lorsque le capteur détecte que le mécanisme de commutation atteint une position précédant immédiatement une position à partir de laquelle les contacts électriques se séparent.

30 Selon un autre aspect, l'invention concerne un appareil de protection électrique comportant un boîtier et le système de protection électrique tel que précédemment défini, dans lequel l'appareil de protection électrique est un disjoncteur miniature.

Selon un autre aspect, le circuit électronique de commande et ledit au moins un interrupteur de puissance sont logés dans un compartiment dédié à l'intérieur du boîtier.

Selon un autre aspect, la largeur du boîtier est un multiple de 9mm.

5 Selon un autre aspect, l'appareil de protection électrique est un disjoncteur à coupure dans l'air.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

10 L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre d'un mode de réalisation d'un système de protection électrique donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique, selon une vue en coupe, d'un appareil de protection électrique conforme à des modes de réalisation de l'invention ;
- 15 - la figure 2 est un diagramme fonctionnel de l'appareil de protection électrique de la figure 1, dans le cas d'un appareil bipolaire ;
- la figure 3 est une représentation schématique d'une première étape d'une séquence de mouvements d'un mécanisme de commutation de l'appareil de protection électrique de la figure 1 lorsque l'appareil est commuté vers un état ouvert ;
- 20 - la figure 4 est une représentation schématique d'une deuxième étape d'une séquence de mouvements d'un mécanisme de commutation de l'appareil de protection électrique de la figure 1 lorsque l'appareil est commuté vers un état ouvert ;
- 25 - la figure 5 est une représentation schématique d'une troisième étape d'une séquence de mouvements d'un mécanisme de commutation de l'appareil de protection électrique de la figure 1 lorsque l'appareil est commuté vers un état ouvert ;
- la figure 6 est un graphique représentant l'évolution au cours du temps de la position angulaire d'une manette de commande associée au mécanisme de commutation des figures 3 à 5 lors de la commutation de l'appareil vers un état ouvert ;
- 30 - la figure 7 est une représentation schématique, selon une vue en perspective (insert A) et une vue éclatée (insert B) d'un mode de réalisation particulier d'une partie de l'appareil de protection de la figure 1.
- 35

- la figure 8 est un diagramme fonctionnel de l'appareil de protection électrique de la figure 1 selon une première variante dans laquelle l'appareil est un appareil monophasé ;
- 5 - la figure 9 est un diagramme fonctionnel de l'appareil de protection électrique de la figure 1 selon une deuxième variante dans laquelle l'appareil est un appareil triphasé ;
- la figure 10 est un diagramme fonctionnel de l'appareil de protection électrique de la figure 1 selon une troisième variante dans laquelle l'appareil est un appareil triphasé avec une ligne de neutre ;
- 10 - la figure 11 est un diagramme fonctionnel de l'appareil de protection électrique de la figure 1 selon une quatrième variante dans laquelle l'appareil est un appareil tétrapolaire.

DESCRIPTION DETAILLEE DE CERTAINS MODES DE REALISATION

15 Les figures 1 et 2 représentent schématiquement un système et un appareil de protection électrique 2 conforme à des modes de réalisation de l'invention.

Dans de nombreux modes de réalisation, l'appareil de protection électrique 2 est un disjoncteur.

De préférence, l'appareil 2 est un disjoncteur miniature.

20 L'appareil 2 comporte un ici boîtier 4 à l'intérieur duquel sont logés au moins une partie des composants de l'appareil 2.

Par exemple, l'appareil 2 est un disjoncteur à coupure dans l'air.

25 Le boîtier 4 est de préférence fabriqué en un matériau rigide et électriquement isolant, tel qu'un polymère thermoformé, par exemple du polyamide PA 6.6, ou tout autre matériau approprié.

Par exemple, le boîtier 4 est un boîtier en plastique moulé.

De préférence, les dimensions du boîtier 4, et notamment la largeur du boîtier ou le facteur de forme du boîtier 4, sont compatibles avec les dimensions des boîtiers des appareils de protection 4 existants.

30 Dans un exemple non limitatif d'implémentation donné à titre d'illustration, la largeur du boîtier est de préférence un multiple de 9mm, par exemple égale à 9mm, ou à 18mm, ou à 27mm.

35 On comprend que, dans cet exemple, les composants du système de protection électrique sont logés dans un même boîtier 4. Toutefois, dans certaines variantes, certains composants pourraient être logés dans des boîtiers différents. Ce qui est ici décrit en

référence à l'appareil 2 est donc généralisable à un système 2 de protection électrique pouvant être dissocié du boîtier 4.

5 L'appareil 2 comporte également des terminaux de raccordement 6 et 8, des contacts électriques séparables 10 connectés entre les terminaux de raccordement 6 et 8 et un mécanisme de commutation 12 comportant un organe de commande 14 (aussi nommé manette de commande ou levier de commande dans ce qui suit). Le levier de commande 14 est par exemple un levier pivotant accessible depuis l'extérieur du boîtier 4 et destiné à être manipulé par un utilisateur.

10 Par exemple, les contacts 10 peuvent être formés par l'association d'un contact électrique fixe et d'un contact électrique mobile déplaçable par rapport au contact fixe, le mécanisme de commutation 12 étant couplé au contact mécanique mobile.

En pratique, chaque contact électrique 10 peut comporter une pluralité de doigts de contacts électriques, bien que d'autres implémentations soient possibles en variante.

15 Les contacts électriques séparables sont déplaçables entre un état ouvert et un état fermé. Dans l'état ouvert, les contacts 10 sont séparés l'un de l'autre par un volume d'air ambiant faisant office d'isolant électrique, ce qui empêche la circulation d'un courant électrique.

20 Dans l'exemple de la figure 2, l'appareil 2 comporte deux paires de terminaux de raccordement 6,8 : un premier terminal d'entrée 6 relié à un premier terminal de sortie 8 par l'intermédiaire d'une première ligne de connexion, et un deuxième terminal d'entrée 6 relié à un deuxième terminal de sortie 8 par l'intermédiaire d'une deuxième ligne de connexion.

Cet exemple, donné à des fins d'illustration, correspond au cas d'un appareil bipolaire (à deux pôles électriques, ou deux phases électriques). D'autres exemples sont toutefois possibles.

25 Dans de nombreux modes de réalisation, le mécanisme de commutation 12 est configuré pour déplacer les contacts électriques 10 vers un état ouvert en réponse à un ordre de commutation. L'ordre de commutation peut être envoyé par un déclencheur ou résulter d'une action d'un utilisateur sur le levier de commande 14.

30 Par exemple, le mécanisme de commutation 12 est un mécanisme à genouillère, tel qu'un mécanisme de commutation analogue ou similaire au mécanisme de commutation décrit dans les brevets EP 2975628 B1 ou EP 1542253 B1.

35 L'appareil 2 comporte également un module de coupure électronique 16 qui est configuré pour interrompre un courant électrique entre les terminaux de raccordement 6 et 8. Le module de coupure électronique 16 est ici basé sur des composants de coupure à l'état solide, notamment des composants semi-conducteurs, tels que des transistors de

puissance. En cela, l'appareil 2 diffère des appareils de protection électromécaniques à coupure dans l'air qui comportent une chambre de coupure (chambre d'extinction d'arc).

De préférence, le module de coupure électronique 16 est reçu dans un logement dédié du boîtier 4. Encore plus préférentiellement, lorsque le boîtier 4 est du même type
5 (voire identique) que les boîtiers des appareils de protection électromécaniques, ledit logement correspond à l'espace normalement occupé par la chambre de coupure ainsi que par des moyens de détection d'un défaut électrique (de type dit thermique et magnétique), tel qu'un bilame et une bobine.

Cela permet de conserver l'architecture des disjoncteurs existants et d'assurer une
10 compatibilité avec les installations existantes.

L'appareil 2 comporte ainsi au moins un interrupteur de puissance 22 connecté en série avec les contacts électriques séparables 10.

Dans l'exemple illustré, qui correspond au cas illustratif d'un appareil bipolaire, l'appareil 2 comporte quatre interrupteurs de puissance 22, identifiés ici par les références
15 T1, T2, T3 et T4.

Par exemple, la première ligne de connexion comporte deux interrupteurs de puissance T1 et T2 connectés en série avec le contact séparable entre les premiers terminaux 6 et 8. De même, la deuxième ligne de connexion comporte deux interrupteurs de puissance T3 et T4 connectés en série avec le deuxième contact séparable 10 entre les
20 deuxièmes terminaux 6 et 8. Par exemple, chacune desdites première et deuxième ligne de connexion correspond à une phase électrique.

En pratique, le nombre d'interrupteurs de puissance peut être différent, selon la topologie de l'appareil et notamment le nombre de pôles (monophasé, polyphasé, avec ou sans ligne de neutre) mais aussi en fonction du calibre en courant de l'appareil.

Chaque interrupteur de puissance peut, en pratique, être implémenté par plusieurs composants (tels que des transistors) connectés en parallèle en fonction du calibre du disjoncteur que l'on veut réaliser.

Par exemple, dans l'appareil 2, qui à titre illustratif et nullement limitatif présente un calibre de seize ampères, on utilise deux paires de transistors connectées en série, les
30 transistors de chaque paire de transistors étant connectés en parallèle. Dans une variante présentant un calibre plus élevé, par exemple trente-deux ampères, il est possible d'utiliser un plus grand nombre de transistors connectés en parallèle.

Chaque interrupteur de puissance 22 est commutable entre un état électriquement bloquant et un état électroniquement passant.

35 Par exemple, les interrupteurs de puissance 22 sont des transistors de puissance.

Selon un mode de réalisation préféré, les interrupteurs de puissance 22 sont des transistors MOSFET (« Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor »).

5 Ce type de transistor est préféré car il présente une faible résistance à l'état passant, mais aussi car il reste dans l'état bloqué lorsqu'il est au repos (par exemple lorsqu'aucun signal de commande n'est envoyé sur l'électrode de commande).

D'autres technologies de semi-conducteurs peuvent cependant être envisagées suivant le calibre du disjoncteur, telles que des transistors bipolaires à grille isolée (IGBT), ou des thyristors, ou des thyristors à commutation de grille intégrée (IGCT), ou bien d'autres technologies encore.

10 En variante, les interrupteurs de puissance 22 peuvent être des transistors JFET (« Junction Field Effect Transistor »). Dans ce cas, le fonctionnement du circuit de commande 24 peut devoir être modifié, pour tenir compte du fait que de tels transistors JFET sont dans l'état passant lorsqu'ils sont au repos.

15 En pratique, une diode est présente en parallèle de chacun des interrupteurs de puissance 22, comme illustré sur la figure 2, bien que d'autres modes de réalisation soient possibles en variante. Généralement, il s'agit d'une diode parasite inhérente à la construction de l'interrupteur de puissance.

20 L'appareil de protection électrique comporte en outre un circuit électronique de commande 24 couplé avec ledit au moins un interrupteur de puissance 22 (i.e., avec chaque interrupteur de puissance 22). En d'autres termes, le circuit électronique de commande 24 permet de piloter chacun des interrupteurs de puissance 22.

Dans de nombreux modes de réalisation, le circuit électronique de commande 24 comporte un processeur, tel qu'un microcontrôleur programmable ou un microprocesseur.

25 Le processeur est avantageusement couplé à une mémoire informatique, ou à tout support d'enregistrement de données lisible par ordinateur, qui comporte des instructions exécutables et/ou un code logiciel prévu pour mettre en œuvre un procédé de détection d'un défaut électrique lorsque ces instructions sont exécutées par le processeur.

30 Notamment, ce procédé permet de détecter un défaut électrique tel qu'un défaut de courant de surcharge, un défaut de court-circuit, un défaut de courant différentiel, un défaut de présence d'arc série (ou différentiel) sur la ligne à protéger, mais aussi des surtensions ou des sous-tensions.

35 Selon des variantes non décrites en détail, le circuit électronique de commande 24 peut comporter un processeur de traitement du signal (DSP), ou un composant logique reprogrammable (FPGA), ou un circuit intégré spécialisé (ASIC), ou tout élément équivalent, ou toute combinaison de ces éléments.

Avantageusement, l'appareil 2 peut comporter un ou plusieurs éléments de protection 26 contre les surtensions, connectés en parallèle du ou des interrupteurs de puissance 22, afin de protéger les interrupteurs de puissance 22 contre les surtensions, notamment en cas d'apparition d'un arc électrique lors de la séparation des contacts 10.

5 Cela permet notamment de protéger les interrupteurs en tension lors de la coupure dans les cas où l'installation comporte des circuits inductifs.

Par exemple, les éléments de protection 26 sont des écrêteurs ou des varistances (MOV, pour « Metal Oxide Varistor » en anglais) ou des diodes Transil (TVS, pour « Transient Voltage Suppression » en anglais).

10 Dans de nombreux modes de réalisation, l'appareil 2 comporte une unité d'alimentation électrique interne 28 configurée pour alimenter électriquement le circuit électrique de commande, de préférence à partir du courant électrique qui circule entre les terminaux de raccordement 6, 8 lorsque l'appareil 2 est en fonctionnement.

En variante, l'alimentation électrique interne 28 peut comporter une batterie, ou tout
15 autre moyen permettant une alimentation électrique autonome.

Par exemple, le circuit électronique de commande 24 est configuré pour commuter les interrupteurs de puissance 22 vers un état ouvert lorsqu'un défaut électrique est détecté par un circuit de mesure 30. Par exemple, l'appareil 2 comporte des capteurs de courant 30, ici couplés à chaque ligne de connexion.

20 Par exemple, les défauts électriques peuvent être des surintensités ou des courts circuits, mais aussi d'autres défauts électriques tels qu'un défaut de courant différentiel, ou un défaut de présence d'arc série (ou différentiel) sur la ligne à protéger, voire aussi des surtensions ou des sous-tensions.

La commutation de l'appareil 2 lors d'un déclenchement (i.e., suite à la détection
25 d'un défaut électrique nécessitant l'interruption immédiate du courant électrique) peut être réalisée par l'action combinée du mécanisme de commutation 12 avec les interrupteurs de puissance 22.

En outre, selon des modes des réalisation, l'appareil 2 comporte également un système de synchronisation 32 visant à synchroniser la commutation des interrupteurs de
30 puissance 22 avec l'ouverture des contacts 10, dans le but d'éviter l'apparition d'arcs électriques lors de l'ouverture des contacts électriques 10.

A cet effet, l'appareil 2 comporte un capteur 34 configuré pour mesurer une position du mécanisme de commutation 12. De préférence, le capteur est configuré pour mesurer la position du levier de commande 14 du mécanisme de commutation 12, ou d'une pièce
35 solidaire du levier de commande 14.

Par exemple, le capteur 34 est connecté à une entrée du circuit électronique de commande 24 de façon à envoyer un signal de mesure. Le capteur 34 peut être placé en regard d'une pièce du mécanisme de commutation 12 (par exemple en regard de la pièce mécanique portant le levier de commande 14). En d'autres termes, le capteur 34 peut être couplé au levier de commande 14.

Selon un exemple non limitatif d'implémentation donné à titre d'illustration, le capteur 34 peut être configuré pour émettre un signal binaire, prenant une première valeur lorsque le mécanisme de commutation 12 est dans une position dans laquelle les contacts électriques 10 sont fermés, et prenant une deuxième valeur (différente de la première valeur) lorsque le mécanisme de commutation est dans une position précédant la position à partir de laquelle les contacts électriques 10 commencent à se séparer (lorsque le mouvement d'ouverture du levier se poursuit).

Par exemple, cette position peut correspondre à un seuil de position angulaire spécifique du levier de commande 14.

A titre d'illustration, le seuil de position peut correspondre à un angle de 20° par rapport à la position d'origine du levier de commande 14. L'angle peut être choisi différemment en variante. En pratique, l'angle est de préférence inférieur ou égal à 20°, ou à 10°, ou à 5°.

De préférence, le capteur 34 est un capteur optique.

Selon des modes de réalisation, le capteur 34 est un capteur optique à obstruction, par exemple agencé tel que le signal lumineux reçu par un élément sensible du capteur 34 est obstrué lorsque le levier de commande 14 atteint une certaine position, par exemple lorsque le levier de commande 14 a commencé à bouger par rapport à la position fermée.

Par exemple, l'emploi d'un capteur optique permet de mettre plus facilement l'installation électrique en sécurité en cas de défaut. Si une panne arrive sur l'élément optique émetteur, le récepteur optique ou le circuit électronique de réception, le système de commande embarqué détecte automatiquement un défaut (en l'occurrence, une absence de flux lumineux) et met le produit en position de sécurité comme si la manette avait été abaissée. Ce n'est pas forcément le cas avec les autres technologies. Par exemple, si un micro-interrupteur est défaillant (bloqué dans la position de repos) on ne saura jamais qu'il y a un problème. Par rapport à un capteur de type magnétique (à effet hall ou un relais Reed), un capteur optique présente une bonne immunité au champ magnétique créé par le passage du courant dans les pôles du produit ou des produits adjacents. Par rapport à un capteur mécanique (tel qu'un micro-interrupteur) un capteur optique présente une meilleure robustesse (nombre de manœuvres possible). Par rapport à un capteur de proximité (par exemple à effet capacitif), un capteur optique présente une

meilleure immunité au champ électrique pouvant être créé par la présence de surtensions transitoires dans les pôles du produit ou des produits adjacents.

En variante, le capteur 34 peut être réalisé différemment et peut ainsi être un capteur mécanique, ou un capteur inductif avec compensation de champ extérieur.

5 Dans de nombreux modes de réalisation, le capteur 34 est logé dans le même boîtier que le mécanisme de commutation 12 et l'organe de commande 14. Toutefois, en variante, le capteur 34 peut être logé dans un premier boîtier et l'organe de commande 14, de même qu'au moins une partie du mécanisme de commutation 12, sont logés dans un autre boîtier.

10 En particulier, pour des appareils comportant plusieurs pôles (par exemple pour un disjoncteur triphasé ou un disjoncteur DC bipolaire), les organes de commande (leviers de commande) de chaque pôle sont reliés entre eux mécaniquement. Dans ce système, il peut être avantageux de mettre un seul capteur pour l'ensemble de l'appareil de protection, plutôt que d'utiliser un capteur pour chaque pôle. Cet unique capteur peut être alors déporté dans un autre boîtier.

15 Comme cela sera expliqué plus en détail en référence aux figures 2 à 6, le circuit électronique de commande 24 est configuré pour commuter le ou les interrupteurs de puissance 22 vers l'état bloquant lorsque le capteur 34 détecte que le mécanisme de commutation se déplace vers la position ouverte, et plus particulièrement avant que les contacts électriques 10 se séparent.

20 Dans des modes de réalisation optionnels mais néanmoins avantageux, l'appareil 2 peut comporter un capteur auxiliaire (non illustré), configuré pour mesurer une position du mécanisme de commutation, le capteur auxiliaire étant configuré pour fonctionner conjointement avec le capteur optique 34. Cette disposition est particulièrement applicable aux disjoncteurs de grande taille, afin d'améliorer la fiabilité de la détection de la position du mécanisme de commutation 12. Ce capteur auxiliaire peut toutefois être omis.

25 Optionnellement, le dispositif de synchronisation 32 peut comporter un actionneur 36 configuré pour mettre en mouvement le mécanisme de commutation 12. L'actionneur 36 comporte par exemple un moteur électrique, ou un actionneur électromagnétique comportant une partie mécanique mobile déplaçable sous l'action d'un actionneur électromagnétique. Par exemple, l'actionneur 36 est piloté par le circuit électronique de commande 24 et peut ainsi commander l'ouverture des contacts électriques 10 par l'intermédiaire du mécanisme 12.

30 Dans des modes de réalisation optionnels, un déclencheur externe extérieur au circuit électronique de commande 24 peut être connecté à une entrée du circuit électronique de commande 24 afin de transmettre un ordre de déclenchement et ainsi provoquer un déclenchement de l'appareil 2 par l'intermédiaire du circuit électronique de commande 24.

L'ordre de déclenchement émis par le déclencheur externe peut être transmis électroniquement, par une liaison filaire ou par un signal radiofréquence.

Dans d'autres modes de réalisation, le déclencheur externe peut être couplé mécaniquement au mécanisme de commutation 12 ou au circuit électronique de commande 12 (par exemple, par l'intermédiaire d'un capteur électromécanique).

Dans certaines implémentations, une alimentation électrique auxiliaire 38 peut être utilisée pour fournir une alimentation électrique au circuit électronique de commande 24.

Par exemple, une alimentation électrique auxiliaire 38 extérieure à l'appareil 2 est connectée à des bornes A1, A2 de l'appareil 2, lesdites bornes étant raccordées à un circuit de distribution électrique (tel qu'un rail d'alimentation).

Un exemple de fonctionnement du mécanisme de commutation 12 et du système de synchronisation 32 est maintenant décrit en référence aux figures 3 à 5.

Les figures 3, 4 et 5 représentent schématiquement une version simplifiée 50 du mécanisme de commutation 12 dans différentes configurations successives au cours du temps. Plus précisément, la figure 3 correspond à l'état fermé du mécanisme de commutation 12, dans lequel les contacts électriques 10 sont en contacts (dans l'état fermé) et permettent la circulation d'un courant. La figure 5 correspond à un état ouvert du mécanisme de commutation 12, dans lequel les contacts électriques 10 sont séparés l'un de l'autre. La figure 4 correspond à un état intermédiaire lors d'une transition de l'état fermé vers l'état ouvert.

Comme illustré sur la figure 3, le mécanisme de commutation 12 comporte :

- le levier de commande 14, qui présente la forme d'une pièce rotative 52 montée en rotation autour d'un axe de rotation solidaire du boîtier 4 (les zones hachurées visibles sur la figure 3, dont l'une d'elles porte la référence 51, représentent des points d'ancrage immobiles par rapport au boîtier 4) ;
- une bielle de transmission 54, ou biellette;
- un crochet de déclenchement 56, monté en rotation et couplé à la pièce 52 par l'intermédiaire de la bielle de transmission 54 ;
- une platine 53, montée en rotation autour d'un axe de rotation solidaire du boîtier 4 et couplée au crochet 56 ;
- une barre de déclenchement 58, couplé à la platine 53 et au crochet 56 ;
- un porte contact 60, qui porte le contact électrique mobile 10 et qui coopère avec le contact électrique fixe 61, le porte contact étant monté en rotation autour d'un axe de rotation solidaire du boîtier 4 ;
- des butées 62 qui limitent le déplacement en rotation du levier de commande 52, par exemple respectivement dans les positions ouverte et fermée.

Les axes de rotation sont ici disposés parallèlement, par exemple en étant tous disposés perpendiculairement à une paroi latérale du boîtier 4.

Lors de la phase de déclenchement, la barre de déclenchement 58 est entraînée en rotation, ce qui libère le crochet 56 et entraîne en rotation la platine 53 et le porte contacts 60 vers la position d'ouverture. En parallèle, le mouvement de la platine déclenche un mouvement de rotation de la pièce 52 par l'intermédiaire de la bielle de transmission 54.

Dans l'exemple illustre, le capteur 34 est disposé de telle sorte que, dans l'état ouvert, au moins une partie de la pièce 52 est placée devant le capteur 34, de sorte par exemple à masquer au moins une partie sensible du capteur 34. Au contraire, dans l'état fermé, la pièce 52 reste éloignée du capteur 34 et ne masque pas la partie sensible du capteur 34. La position à partir de laquelle la partie sensible du capteur 34 est masquée par la pièce 52 peut correspondre à un seuil de position angulaire. Lorsque la pièce 52 passe devant le capteur, le capteur 34 change d'état et envoie alors un signal de mesure différent.

Avec la configuration retenue dans l'exemple illustrée, le seuil de position angulaire est atteint au plus tard juste avant que les contacts électriques 10 ne commencent à se séparer, comme illustré sur la figure 4 et sur la figure 6.

Sur la figure 6, le chronogramme 70 représente l'évolution, en fonction du temps (noté « t », sur l'axe des abscisses) :

- de la position du mécanisme de commutation 12, représentée ici par la position angulaire du levier de commande 14 (courbe 72),
- de l'état du capteur optique 34 (courbe 74, qui peut ici prendre soit une valeur basse soit une valeur haute, selon que le signal de mesure prend la première valeur ou la deuxième valeur, respectivement) ;
- de l'état fermé ou ouvert des contacts électriques séparables 10 (courbe 76, qui peut ici prendre soit une valeur basse soit une valeur haute, correspondant respectivement à l'état ouvert et à l'état fermé).

Ainsi, suite à un déclenchement, l'angle du levier de commande 14 jusqu'à atteindre un seuil (matérialisé ici par la première ligne verticale pointillée sur la courbe 74) pour lequel le capteur change d'état. En réponse, le circuit électrique de commande 24 déclenche la commutation des interrupteurs de puissance 22 vers leur état bloquant, afin d'interrompre la circulation du courant. A l'issue d'un certain délai, ici immédiatement après la position visible sur la figure 4, les contacts électriques 10 sont finalement séparés par le mécanisme de commutation 12, qui atteint alors la fin du mouvement d'ouverture.

Un tel fonctionnement peut être avantageusement obtenu avec des mécanismes de commutation spécifiques, comme des mécanismes de commutation à genouillère, tel que ceux décrits ci-dessus, dans lequel le mouvement relatif des pièces du mécanisme est

configuré pour causer l'apparition un décalage angulaire entre la rotation du levier de commande 14 et l'ouverture effective des contacts 10, par exemple pour retarder brièvement la séparation des contacts 10 lors du déclenchement à l'ouverture.

5 Ce décalage permet de compenser une diminution du jeu à l'enfoncement des contacts électriques causé par l'usure graduelle des contacts électriques tout au long de la durée de vie de l'appareil 2.

10 En pratique, dans ces modes de réalisation, le circuit de commande 24 profite de ce décalage pour que la commutation des interrupteurs de puissance (provoqué par le début de rotation du levier de commande 14, tel que détecté par le capteur 34) anticipe la séparation des contacts électriques 10.

15 Grâce à l'invention, lors de la phase d'ouverture le circuit électronique de commande 32 et le capteur 34 permettent de synchroniser l'action des interrupteurs de puissance 22 et du mécanisme de commutation 12, notamment pour ordonner la commutation des interrupteurs de puissance 22 vers leur état bloquant avant que les contacts électriques 10 ne soient séparés. Cela empêche l'apparition d'un arc électrique entre les contacts électriques 10 et permet ainsi d'interrompre le courant de façon sûre.

En d'autres termes, on utilise ici le délai entre la commutation des interrupteurs de puissance et la séparation des contacts électriques qui résulte de la conception du mécanisme de commutation 12.

20 Cela est particulièrement utile lorsque l'appareil est utilisé dans une installation à courant continu, car les contacts électriques séparables 10 ne sont généralement pas suffisants à eux seul pour interrompre le courant.

25 En revanche, une fois dans la position ouverte, les contacts électriques séparables 10 permettent de créer une isolation électrique dans l'air et empêchent un courant électrique de circuler à nouveau entre les terminaux 6 et 8 après que l'appareil 2 a été déclenché.

30 Pour refermer les contacts 10 (c'est-à-dire pour commuter à nouveau l'appareil 2 dans l'état fermé), le levier de commande 14 est déplacé vers la position correspondante par un utilisateur. Ce déplacement, par l'intermédiaire de la biellette 54, entraîne la rotation du crochet 56 qui vient s'accrocher sur la barre de déclenchement 58. La biellette 54 entraîne alors la platine 53 en rotation jusqu'à la fermeture des contacts 10.

35 Par ailleurs, l'utilisation d'un boîtier 4 analogue ou similaire, voire identique, aux boîtiers des appareils de protection électromécaniques permet d'assurer une compatibilité avec les gammes antérieures. Par exemple, l'appareil 2 peut être monté dans un tableau électrique en remplacement d'un appareil de protection de génération antérieure sans avoir

besoin de modifier tout le reste de l'installation. Cela permet aussi d'utiliser des dispositifs auxiliaires déjà existants.

L'utilisation d'un capteur optique 34 est avantageuse, car un tel capteur présente une petite taille et peut être facilement intégré dans l'appareil 2, ce qui permet de réaliser un appareil 2 compact. Un capteur optique a aussi pour avantage d'être précis et de ne pas être sensible aux perturbations électromagnétiques environnantes (et de ne pas non plus être à l'origine de perturbations électromagnétiques pouvant nuire au fonctionnement de l'installation ou de l'appareil 2 lui-même).

Enfin, le fait d'utiliser un mécanisme à genouillère comme mécanisme de commutation 12 permet un rattrapage de jeu à l'enfoncement des contacts avant d'atteindre la position d'ouverture des contacts, comme expliqué ci-dessus.

La figure 7 représente un exemple avantageux mais non obligatoire de construction du module de coupure électronique 16.

Dans cet exemple, au moins une partie du module de coupure électronique 16 est construit sous la forme d'un bloc intégré 80, voire de plusieurs tels blocs intégrés 80.

De préférence, le ou chaque bloc intégré 80 comporte les interrupteurs de puissance 22 associés à un pôle de l'appareil (i.e. à une desdites lignes de conduction électrique, elle-même associée à une phase électrique de l'appareil 2).

Le module intégré 80 comporte un substrat 82 en forme de plaque, par exemple réalisé en un matériau électriquement isolant.

En pratique, il peut s'agir d'un matériau composite, tel que de la résine époxyde renforcée en fibres de verre, communément notée sous la référence « FR4 ».

Au moins une partie des interrupteurs de puissance 22 sont montés sur le substrat 82, notamment sur des faces principales du substrat 82.

Par exemple, les transistors T1 et T2, associés à la première ligne de connexion sont montés sur des faces opposées du substrat 82 comme visible sur l'insert B) de la figure 7, ces interrupteurs portant ici la référence numérique 84.

En effet, comme expliqué précédemment, chaque transistor T1, T2 illustré sur la figure 2 peut être implémenté en pratique par un groupe de deux transistors connectés en parallèle, en fonction notamment du calibre de l'appareil 2 et des propriétés des transistors utilisés.

Dans l'exemple illustré, donné à des fins d'illustration, le groupe de deux transistors connectés en parallèle sont utilisés pour implémenter le « transistor T1 », ces deux transistors étant montés sur une première face du substrat 82. Un groupe de deux autres transistors connectés en parallèle sont utilisés pour implémenter le « transistor T2 », ces

deux autres transistors étant montés sur une deuxième face du substrat 82, la deuxième face du substrat 82 étant opposée à la première face du substrat 82.

Toujours dans cet exemple, les transistors T3, T4 associés à la deuxième ligne de connexion sont montés sur des faces opposées du substrat 82 d'un deuxième bloc intégré 80, ce deuxième bloc intégré 80 étant connecté en parallèle du présent bloc intégré 80 et étant identique ou au moins similaire au présent bloc intégré 80.

Ce deuxième bloc 80 est par exemple monté aux côtés du premier bloc 80.

De préférence, le ou chaque bloc intégré 80 est reçu dans ledit logement dédié du boîtier 4 mentionné précédemment.

En pratique, chaque interrupteur de puissance 22 peut comporter une plaque 86 de dissipation thermique, aussi nommée semelle, qui surmonte le corps de l'interrupteur de puissance 22. Autrement dit, la plaque 86 de dissipation thermique est thermiquement connectée au corps dudit interrupteur de puissance.

Par exemple, la plaque de dissipation thermique 86 est une plaque métallique nativement fixée au corps en céramique de l'interrupteur de puissance 22 par le fabricant de l'interrupteur de puissance 22.

Optionnellement, des composants du circuit électronique de commande 24 peuvent également être montés sur une ou sur des deux faces principales du substrat 82.

Par exemple, un ou plusieurs des capteurs de courant 30 associés à une ligne de connexion peuvent être intégrés au module 80 correspondant et montés sur le substrat 82.

Le bloc 80 comporte également deux plaques électriquement conductrices 90 et 92, chaque plaque 90, 92 étant montée sur chaque face du substrat 82 de manière à recouvrir ce substrat 82. On comprend qu'en position assemblée, les plaques 90 et 92 recouvrent aussi les composants montés sur les faces du substrat 82.

Dans cette description, les plaques 90 et 92 sont réalisées en matière métallique, et sont nommées « plaques métalliques » dans ce qui suit. Toutefois, en variante, d'autres matériaux ou compositions de matériaux peuvent être utilisés du moment que les plaques 90 et 92 sont électriquement conductrices.

Avantageusement, chaque plaque métallique 90, 92 est en contact (de préférence en contact direct) avec la semelle métallique 86 des interrupteurs de puissance correspondants (i.e., des interrupteurs de puissance 84 placés sous cette plaque métallique 90, 92). En d'autres termes, chaque plaque métallique 90, 92 est connectée électriquement et thermiquement aux interrupteurs de puissance 84 correspondants.

Cette disposition permet d'utiliser les plaques 90 et 92 à la fois comme dissipateur de chaleur et comme élément électriquement conducteur permettant la mise en connexion des interrupteurs de puissance 22.

En effet, lorsque l'interrupteur de puissance 22 est un transistor MOSFET, la semelle métallique 86 est raccordée au drain. Ainsi, la semelle 86 peut être traversée par le courant de puissance circulant dans la ligne de connexion de l'appareil 2. Les plaques métalliques 90 et 92 sont ensuite raccordées respectivement aux terminal 8 et au terminal 6 de la ligne de connexion correspondante.

Le fait d'utiliser la semelle 86 pour conduire le courant de puissance ne cause pas de risque pour la sécurité des utilisateurs, puisque la semelle 86 est isolée électriquement de l'extérieur par le boîtier 4 de l'appareil, qui est en matériau électriquement isolant et qui empêche un utilisateur de toucher la semelle 86.

L'énergie thermique dégagée par les interrupteurs 22 est ici dissipée vers l'extérieur de l'appareil 2 par conduction le long des conducteurs électriques.

Par exemple, l'énergie thermique est principalement dissipée par conduction et par rayonnement par les pièces conductrices vers l'extérieur de l'appareil 2.

Avantageusement, des phénomènes de dissipation thermique par convection d'air peuvent aussi être utilisés, à condition de prévoir des orifices de ventilation compatibles avec les critères d'isolation électrique, tels que des fentes ou des ouïes de ventilation.

Pour la dissipation de l'énergie thermique par conduction, l'ensemble de la chaîne de passage du courant à l'intérieur du disjoncteur est concerné, c'est-à-dire l'ensemble des conducteurs électriques, câbles d'alimentation électrique et lignes de conduction électrique qui permettent la circulation du courant de l'amont vers l'aval de l'appareil 2.

Par exemple, par construction, les plages de raccordement du disjoncteur sont compatibles avec la température maximale des isolants des câbles, cette température pouvant par exemple atteindre au maximum 90°C au niveau des plages de raccordement raccordées avec des câbles en cuivre munies de gaines en PVC.

En pratique, le point le plus chaud étant généralement au centre du l'appareil 2, on observe un profil de température décroissant depuis le centre de l'appareil 2 vers les plages de raccordement des câbles.

Avantageusement, les plaques métalliques 90 et 92 sont réalisées principalement en cuivre, qui présente de bonnes propriétés de conduction électriques et thermiques.

En variante, toutefois, d'autres matériaux ayant de bonnes propriétés conductrices d'électricité et de chaleur peuvent être utilisés, tel que l'aluminium.

On peut également utiliser, pour construire les plaques métalliques 90 et 92, des matériaux qui ont subi un traitement de surface, telle qu'une plaque étamée, ou une plaque partiellement ou complètement recouverte d'une fine couche d'argent, pour améliorer certaines propriétés comme les résistances de contact entre les interrupteurs de puissance et les plaques métalliques. Le traitement de surface peut aussi améliorer la dissipation par

rayonnement comme par exemple mise en place de peinture ou réalisation d'une anodisation.

De préférence, les plaques métalliques 90 et 92 sont surdimensionnées dans le but d'augmenter la dissipation de l'énergie thermique par conduction principalement mais aussi
5 par rayonnement et convection. Ce surdimensionnement contribue également à diminuer les pertes par effet Joule.

De préférence encore, dans la configuration assemblée, les (ou chaque) plaques métalliques 90 et 92 s'étendent parallèlement aux parois les plus larges du boîtier 4. Dans l'exemple illustré, il s'agit des parois latérales du boîtier 4 de l'appareil 2, ces parois étant
10 orientées verticalement lorsque l'appareil 2 est monté dans une armoire électrique ou un tableau électrique. De préférence, chaque plaque métallique 90, 92 couvre au moins 40% de la superficie de la face correspondante de la paroi latérale du boîtier 4.

L'épaisseur de chacune des plaques 90 et 92 est de préférence inférieure ou égale à 5 mm et, encore plus préférentiellement, comprise entre 1 mm et 3 mm.

En particulier, plus l'épaisseur des plaques 90 et 92 est élevée, plus la conduction thermique est élevée, ce qui rend l'évacuation de la chaleur plus efficace.
15

A titre d'exemple illustratif, dans le cas d'un module 80 comportant quatre transistors (deux transistors connectés en parallèle sur chaque face du substrat 82), chaque transistor dissipant une puissance thermique de 1 watt, pour le cas d'un appareil monopolaire avec
20 un calibre en courant de 16 ampères, il a pu être constaté qu'une épaisseur de 1,0 mm de cuivre pour les plaques 90 et 92 permet d'obtenir une température interne de 114,6 °C, tandis qu'une épaisseur de 3mm de cuivre pour les plaques 90 et 92 permet de réduire la température interne à 105°C.

En pratique, le substrat 82 peut comporter des orifices de fixation 88 qui, en
25 configuration assemblée, sont alignés avec des orifices correspondants percés dans les plaques métalliques 90 et 92.

Dans l'exemple illustré, l'une des plaques métalliques (en l'occurrence la plaque métallique 92) comporte une portion repliée 94 repliée par rapport au reste de la plaque métallique 92, par exemple en s'étendant perpendiculairement au plan de ladite plaque
30 métallique depuis un bord de ladite plaque métallique. Notamment, la portion 94 est repliée à 90 degrés par rapport à la plaque métallique pour s'orienter vers le pivotement du contact électrique mobile et ainsi former une portion de contact fixe.

La portion repliée 94 est ici utilisée comme contact électrique fixe qui coopère avec le contact mobile 10 pour former ensemble lesdits contacts électriques séparables, comme
35 illustré sur la figure 1, et ainsi réaliser la fonction d'isolement galvanique lorsque les contacts sont ouverts.

En variante, la portion 94 pourrait être remplacée par une portion de contact ayant une forme différente. Par exemple, la portion de contact pourrait être formée directement sur une arête ou tranche de la plaque métallique, sans avoir d'excroissance repliée.

5 En variante, la portion repliée 94 peut être omise. La portion de contact peut aussi être omise, notamment lorsque les plaques 90 et 92 et plus généralement le bloc 80 sont placés dans un boîtier séparé du boîtier comportant le contact électrique mobile, comme par exemple dans le cas évoqué ci-dessus où les interrupteurs de puissance sont logés dans un boîtier séparé du boîtier comportant le mécanisme de commutation. Ceci permet par exemple de mettre une carte et des plaques métalliques de plus grandes surfaces.

10 Les plaques métalliques 90 et 92 sont ici mises en contact par l'intermédiaire d'un élément 96 limiteur de surtension, qui correspond à un élément de protection 26 contre les surtensions décrit en référence à la figure 2.

15 L'élément 96 limiteur de surtension est relié électriquement aux plaques métalliques 90 et 92, par exemple au moyen d'une soudure à l'étain. Mais, en variante, d'autres principes de soudure ou d'assemblage peuvent être réalisés. Par exemple, l'élément 96 est plaqué en contact direct avec les plaques métalliques 90 et 92 par vissage.

Dans certaines variantes, lorsque l'élément 26 de protection est omis, l'élément 96 peut être remplacé par un conducteur électrique.

Mais, en variante, le bloc 80 peut être construit différemment.

20 Par exemple, dans le cas d'un appareil à courant continu (DC) avec circulation du courant monodirectionnel, on peut n'utiliser qu'un seul interrupteur de puissance. Dans ce cas, on peut n'utiliser qu'une face du substrat 82 et n'utiliser qu'une seule plaque métallique 90 ou 92 recouvrant cette face du substrat, cette plaque étant connectée entre les terminaux 6 et 8. De préférence, cette unique plaque est montée du côté du substrat 82 qui est opposée au contact électrique mobile 10.

25 Les modes de réalisation relatifs au bloc 80 et notamment aux plaques 90 et 92 peuvent être mis en œuvre indépendamment des précédents modes de réalisation, et notamment des modes de réalisation relatifs aux modalités de commande des interrupteurs 22 et au fonctionnement du capteur 34.

30 Le bloc 80 peut être construit avec d'autres types d'interrupteurs de puissance, par exemple des transistors IGBT, MOSFET SiC, MOSFET GaN ainsi que des transistors JFET SiC, ces exemples n'étant pas limitatifs.

35 De façon générale, des modes de réalisation relatifs au bloc 80 peuvent se rapporter à un appareil de protection électrique 2 comportant un boîtier 4, des terminaux de raccordement 6, 8, des contacts électriques séparables 10 connectés entre les terminaux

de raccordement 6, 8, un mécanisme de commutation 12 et au moins un interrupteur de puissance 22 connecté en série avec les contacts électriques séparables.

Les contacts électriques séparables 10 étant déplaçables entre un état ouvert et un état fermé, le mécanisme de commutation 12 comportant un levier de commande 14 et étant couplé avec les contacts électriques séparables 10 pour commuter les contacts électriques séparables vers l'état ouvert, l'appareil de protection électrique comportant en outre un circuit électronique de commande 24 couplé avec ledit au moins un interrupteur de puissance 22.

L'appareil de protection électrique 2 comporte en outre au moins un interrupteur de puissance, voire une paire d'interrupteurs de puissance, tels que des transistors T1, T2 à effet de champ, et de préférence des transistors MOSFETS, chaque interrupteur de puissance comportant une semelle métallique 86 connectée au drain (ou plus généralement à une électrode) dudit interrupteur de puissance.

Ladite semelle métallique 86 étant thermiquement connectée au corps dudit interrupteur de puissance, et les interrupteurs de puissance sont connectés en série avec des contacts électriques séparables (capables de former une isolation dans l'air, ou « air gap ») entre les terminaux de raccordement 6, 8 par l'intermédiaire de plaques métalliques 90, 92 connectées (électriquement et thermiquement) aux semelles métalliques 86 des interrupteurs de puissance respectifs.

D'autres modes de réalisation de l'appareil 2 sont néanmoins possibles.

En particulier, l'appareil 2 peut être modifié pour être utilisé dans une installation monophasée, ou dans une installation polyphasée, comme expliqué précédemment.

La figure 8 représente un mode de réalisation d'un appareil 200 monophasé.

L'appareil 200 est similaire à l'appareil 2 décrit en référence à la figure 2, mis à part que l'une des lignes de connexion est remplacée par une ligne conductrice de neutre dépourvue d'interrupteurs de puissance T3 et T4 (et du composant de protection 26).

Mis à part ces différences, les éléments de l'appareil 200 qui sont analogues aux éléments correspondants de l'appareil 2 portent les mêmes références et ne sont pas décrits en détail, dans la mesure où la description ci-dessus peut leur être transposée.

Dans un souci de lisibilité, certains éléments optionnels de l'appareil 2, tel l'alimentation auxiliaire 38, ne sont pas représentés sur la figure 8, bien qu'ils pourraient être optionnellement figurer dans ce mode de réalisation.

La figure 9 représente un mode de réalisation d'un appareil 300 triphasé.

L'appareil 300 est similaire à l'appareil 2 décrit en référence à la figure 2, mis à part que l'appareil 300 comporte une troisième ligne de connexion connectée en parallèle de la

première ligne de connexion et de la deuxième ligne de connexion entre les terminaux 6 et 8.

La troisième ligne de connexion électrique est similaire ou identique à la première ligne de connexion et à la deuxième ligne de connexion et comporte au moins un desdits interrupteurs de puissance 22 (ici au nombre de deux et notés T5 et T6) et un contact électrique 10 tel que décrit précédemment, connecté en série avec le ou les interrupteurs de puissance 22 par un ou plusieurs conducteurs électriques.

Avantageusement, la troisième ligne de connexion comporte un élément de protection 26 contre les surtensions, connecté en parallèle des interrupteurs de puissance 22, comme précédemment décrit.

Là encore, dans un souci de lisibilité, certains éléments optionnels de l'appareil 2, tel l'alimentation auxiliaire 38, ne sont pas représentés sur la figure 9, bien qu'ils pourraient être optionnellement figurer dans ce mode de réalisation.

La figure 10 représente un mode de réalisation d'un appareil 400 triphasé (tripolaire) avec neutre comportant trois lignes de connexion électrique et une ligne de neutre similaire à la ligne de neutre de l'appareil 200.

L'appareil 400 est similaire à l'appareil 300 décrit en référence à la figure 9, mis à part que l'appareil 400 comporte en plus une ligne de neutre connectée en parallèle de la première ligne de connexion et de la deuxième ligne de connexion entre les terminaux 6 et 8.

Mis à part ces différences, les éléments de l'appareil 400 qui sont analogues aux éléments correspondants de l'appareil 300 portent les mêmes références et ne sont pas décrits en détail, dans la mesure où la description ci-dessus peut leur être transposée.

La figure 11 représente un mode de réalisation d'un appareil 500 à quatre phases (tétrapolaire) comportant quatre lignes de connexion électrique similaires aux lignes de connexion que précédemment décrites.

L'appareil 500 est similaire à l'appareil 4 décrit en référence à la figure 10, mis à part que l'appareil 500 comporte, à la place de la ligne de neutre, une quatrième ligne de connexion connectée en parallèle de la première ligne de connexion et de la deuxième ligne de connexion entre les terminaux 6 et 8.

La quatrième ligne de connexion électrique est similaire ou identique à la première ligne de connexion et à la deuxième ligne de connexion et comporte au moins un desdits interrupteurs de puissance 22 (ici au nombre de deux et notés T7 et T8) et un contact électrique 10 tel que décrit précédemment, connecté en série avec le ou les interrupteurs de puissance 22 par un ou plusieurs conducteurs électriques.

Avantageusement, la quatrième ligne de connexion comporte un élément de protection 26 contre les surtensions, connecté en parallèle des interrupteurs de puissance 22, comme précédemment décrit.

5 Mis à part ces différences, les éléments de l'appareil 500 qui sont analogues aux éléments correspondants de l'appareil 400 portent les mêmes références et ne sont pas décrits en détail, dans la mesure où la description ci-dessus peut leur être transposée.

Là encore, dans ces deux cas, dans un souci de lisibilité, certains éléments optionnels, tel l'alimentation auxiliaire 38, ne sont pas représentés sur les figures 10 et 11, bien qu'ils pourraient être optionnellement figurer dans ces modes de réalisation.

10 Les modes de réalisation et les variantes envisagés ci-dessus peuvent être combinés entre eux pour créer de nouveaux modes de réalisation.

REVENDEICATIONS

- 5
10
15
20
25
30
35
1. Système de protection électrique (2), comportant des terminaux de raccordement (6, 8), des contacts électriques séparables (10) connectés entre les terminaux de raccordement (6, 8), un mécanisme de commutation (12) et au moins un interrupteur de puissance (22) connecté en série avec les contacts électriques séparables, les contacts électriques séparables (10) étant déplaçables entre un état ouvert et un état fermé, le mécanisme de commutation (12) comportant un organe de commande déplaçable (14) et étant couplé avec les contacts électriques séparables (10) pour commuter les contacts électriques séparables vers l'état ouvert, le système de protection électrique comportant en outre un circuit électronique de commande (24) couplé avec ledit au moins un interrupteur de puissance (22), dans lequel le système de protection électrique comporte en outre un capteur (34) couplé à l'organe de commande (14) pour mesurer une position du mécanisme de commutation, et dans lequel le circuit électronique de commande (24) est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance (22) vers un état bloquant lorsque le capteur (34) détecte que le mécanisme de commutation (12) atteint une position précédant une position à partir de laquelle les contacts électriques (10) se séparent, caractérisé en ce que le capteur (34) est un capteur optique (34) configuré pour mesurer la position de l'organe de commande du mécanisme de commutation.
 2. Système de protection électrique selon la revendication 1, dans lequel le circuit électronique de commande (24) est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance (22) vers l'état bloquant lorsqu'un défaut électrique est détecté par un circuit de mesure.
 3. Système de protection électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système de protection électrique (2) comporte une alimentation électrique interne (28) configurée pour alimenter électriquement le circuit électrique de commande à partir de la tension électrique entre les terminaux de raccordement.
 4. Système de protection électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un interrupteur de puissance (22) est un transistor MOSFET.

5. Système de protection électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un interrupteur de puissance (22) est normalement dans état ouvert.
- 5 6. Système de protection électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit électronique de commande comporte un substrat (82) en forme de plaque et une plaque conductrice (90, 92) en contact avec une semelle métallique (86) dudit au moins un interrupteur de puissance correspondant, ledit au moins un interrupteur de puissance (22, 84) et sa plaque conductrice (90, 92) respective étant monté sur une ou
10 chaque face du substrat (82).
7. Système de protection électrique selon la revendication 6, dans lequel au moins l'une des plaques conductrices (92) comporte une portion adaptée pour former un contact électrique fixe qui coopère avec le contact électrique mobile (10) pour former ensemble lesdits contacts électriques séparables.
- 15 8. Système de protection électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le déplacement de l'organe de commande (14) est en décalage par rapport au déplacement des contacts (10).
9. Système de protection électrique selon la revendication 8, dans lequel le mécanisme de commutation (12) est un mécanisme a genouillère.
- 20 10. Système de protection électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système de protection électrique (2) est configuré de telle sorte que pour refermer les contacts électriques séparables (10), l'organe de commande (14) est destiné à être déplacé vers la position correspondante par un utilisateur, ce déplacement, par
25 l'intermédiaire d'une biellette (54) du mécanisme de commutation, entraînant la rotation d'un crochet du mécanisme de commutation, le crochet venant s'accrocher sur une barre de déclenchement (58) du mécanisme de commutation, la biellette (54) entraînant alors en rotation une platine (53) du mécanisme de commutation jusqu'à la fermeture des contacts électriques séparables.
- 30 11. Système de protection électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le circuit électronique de commande (24) est configuré pour commuter ledit au moins un interrupteur de puissance (22) vers un état bloquant lorsque le capteur (34) détecte que le mécanisme de commutation (12) atteint une position précédant immédiatement une
35 position à partir de laquelle les contacts électriques (10) se séparent.

- 5
- 10
- 15
- 12.** Appareil de protection électrique comportant un boîtier (4) et le système de protection électrique (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'appareil de protection électrique (2) est un disjoncteur miniature.
- 13.** Appareil de protection électrique selon la revendication 12, dans lequel le circuit électronique de commande (24) et ledit au moins un interrupteur de puissance (22) sont logés dans un compartiment dédié à l'intérieur du boîtier (4).
- 14.** Appareil de protection électrique selon l'une des revendications 12 ou 13, dans lequel la largeur du boîtier (4) est un multiple de 9mm.
- 15.** Appareil de protection électrique comportant un boîtier et le système de protection électrique (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel l'appareil de protection électrique (2) est un disjoncteur à coupure dans l'air.

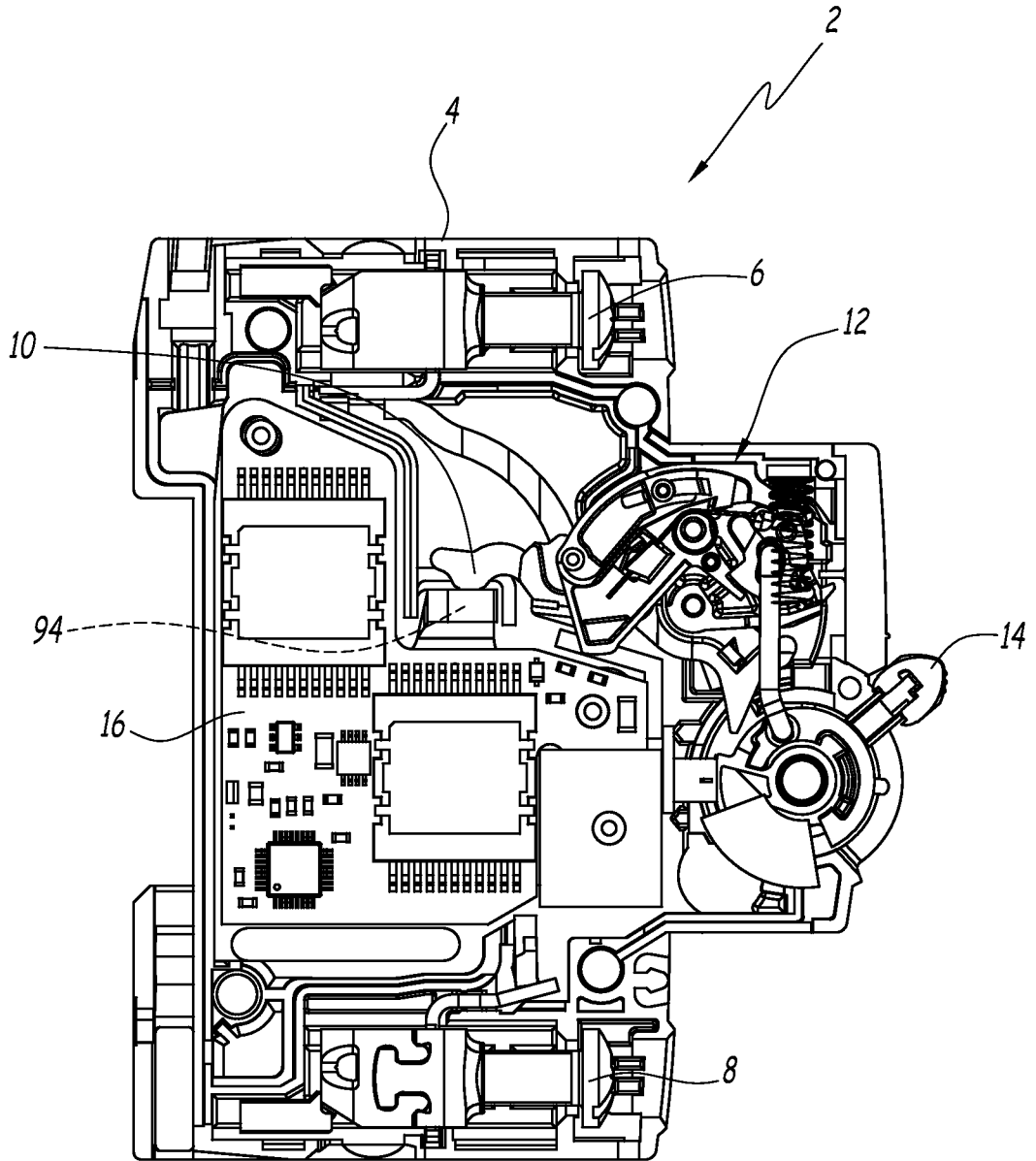


FIG. 1

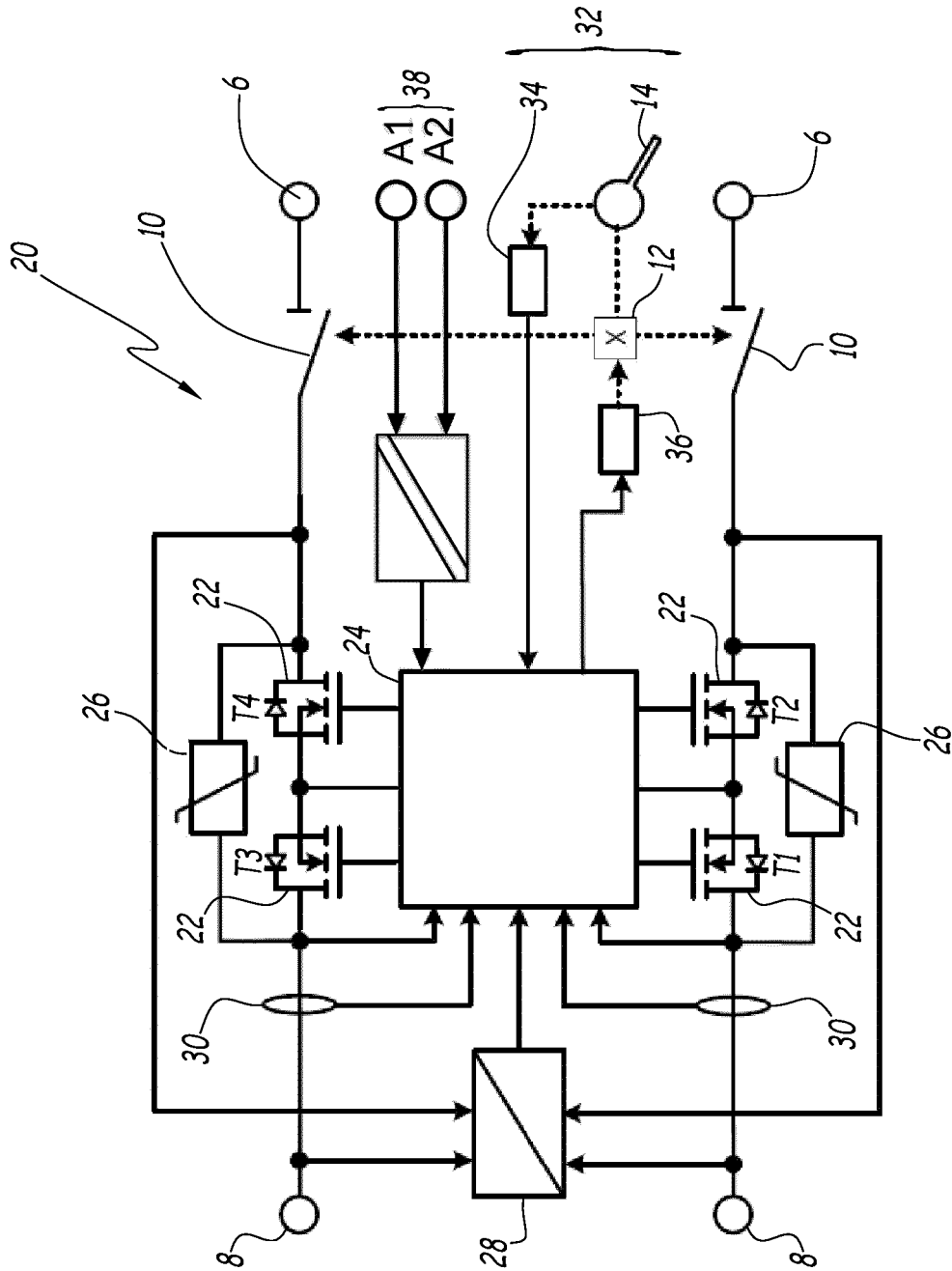


FIG. 2

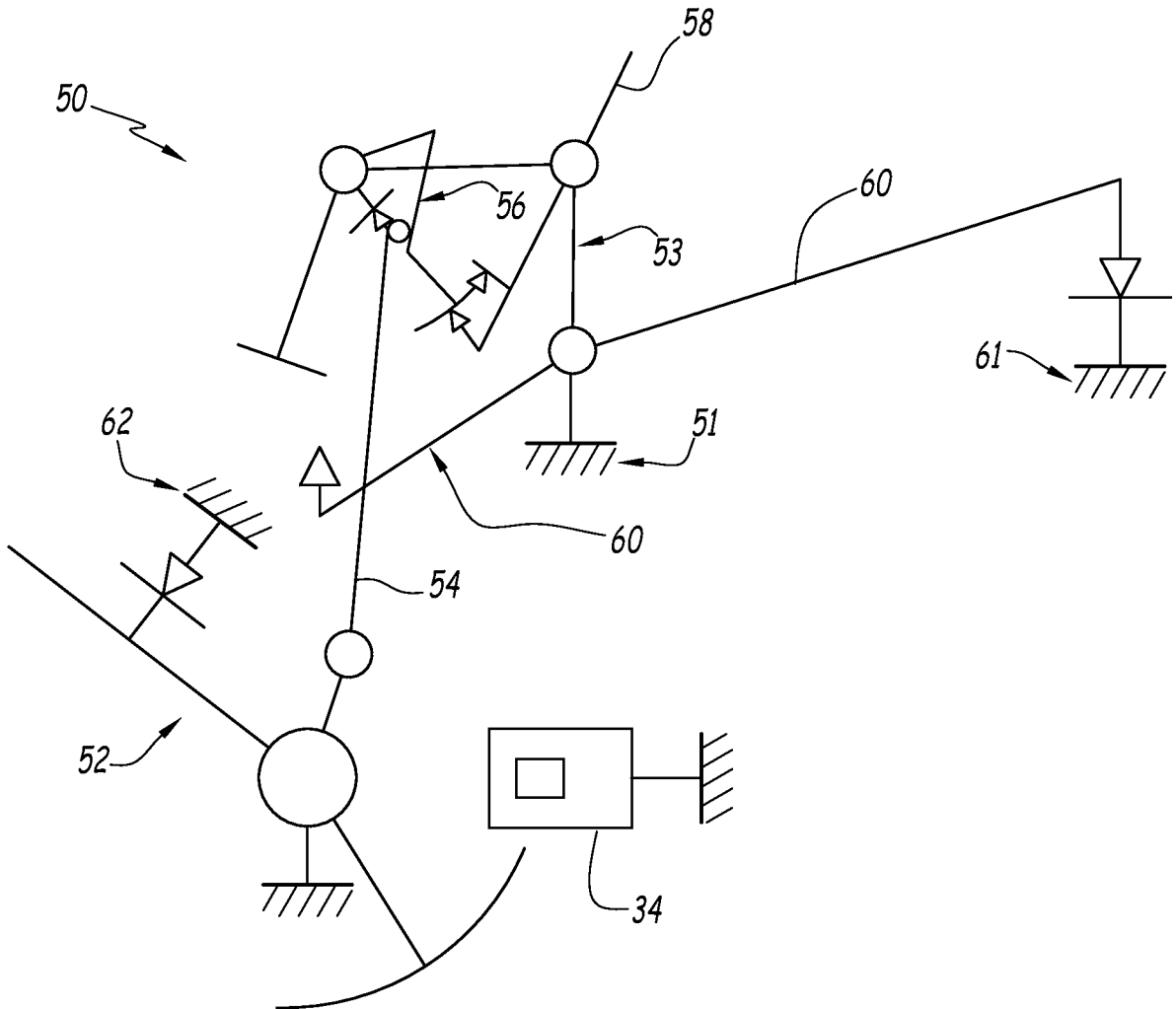


FIG.3

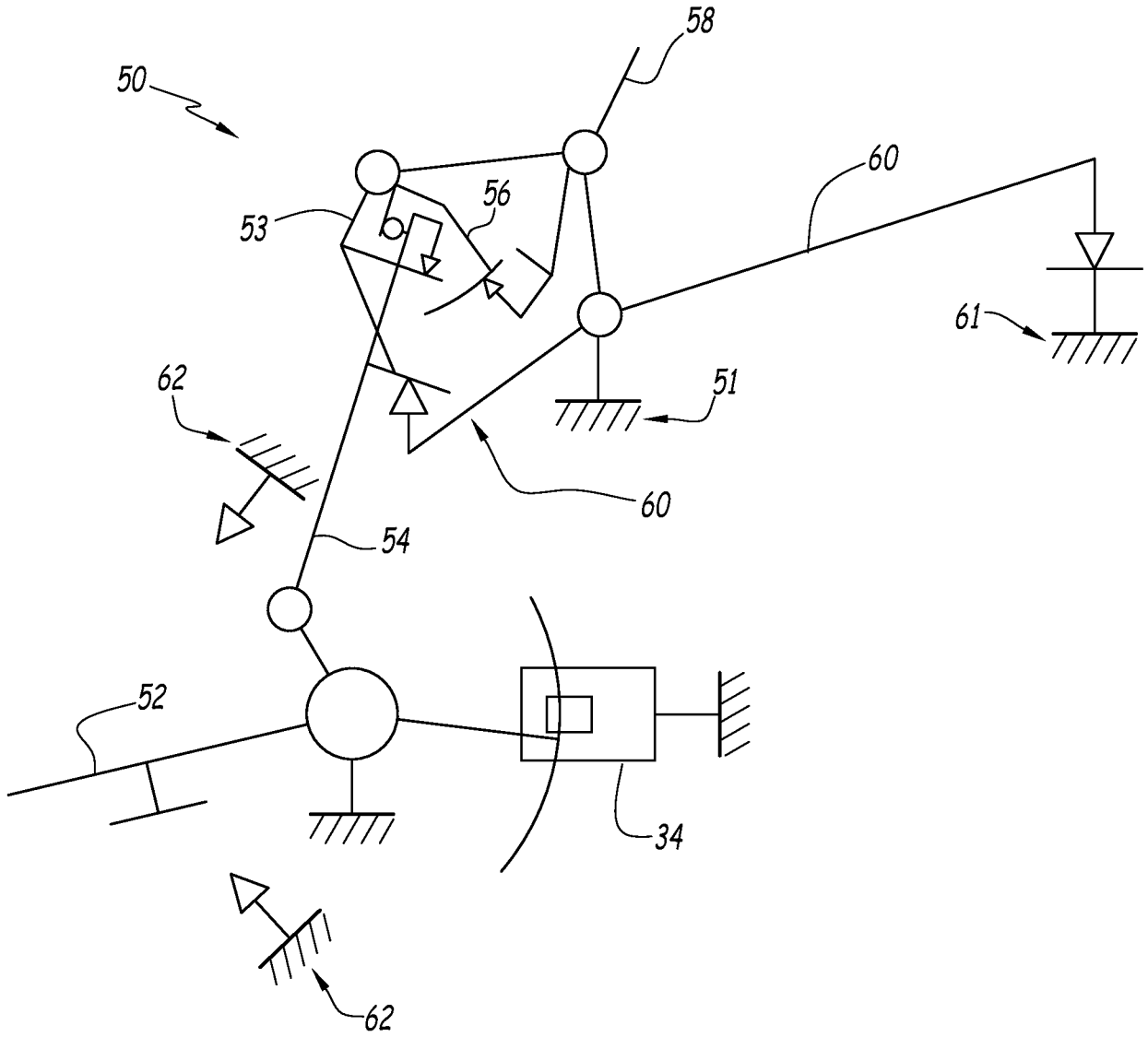


FIG.4

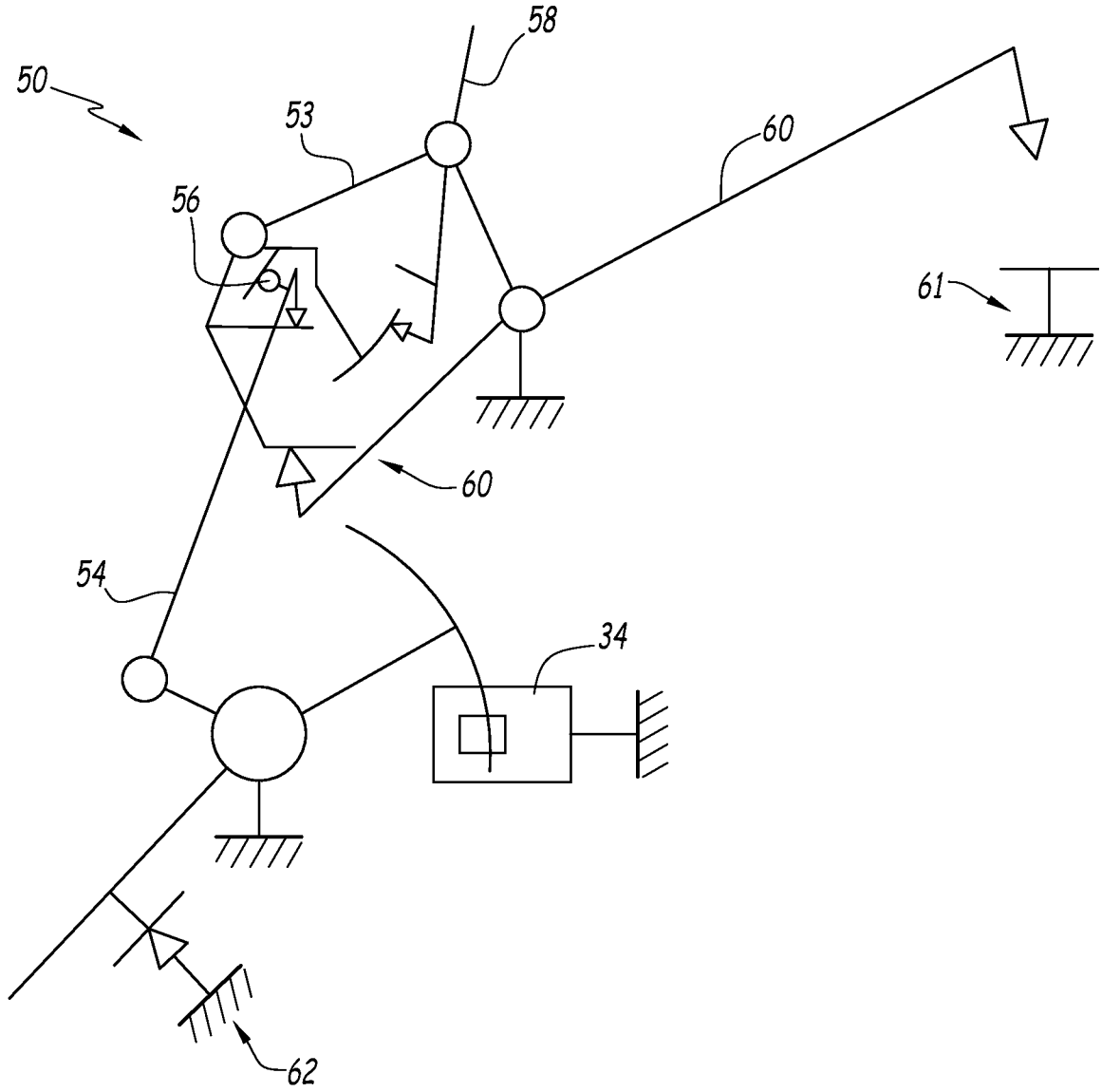


FIG.5

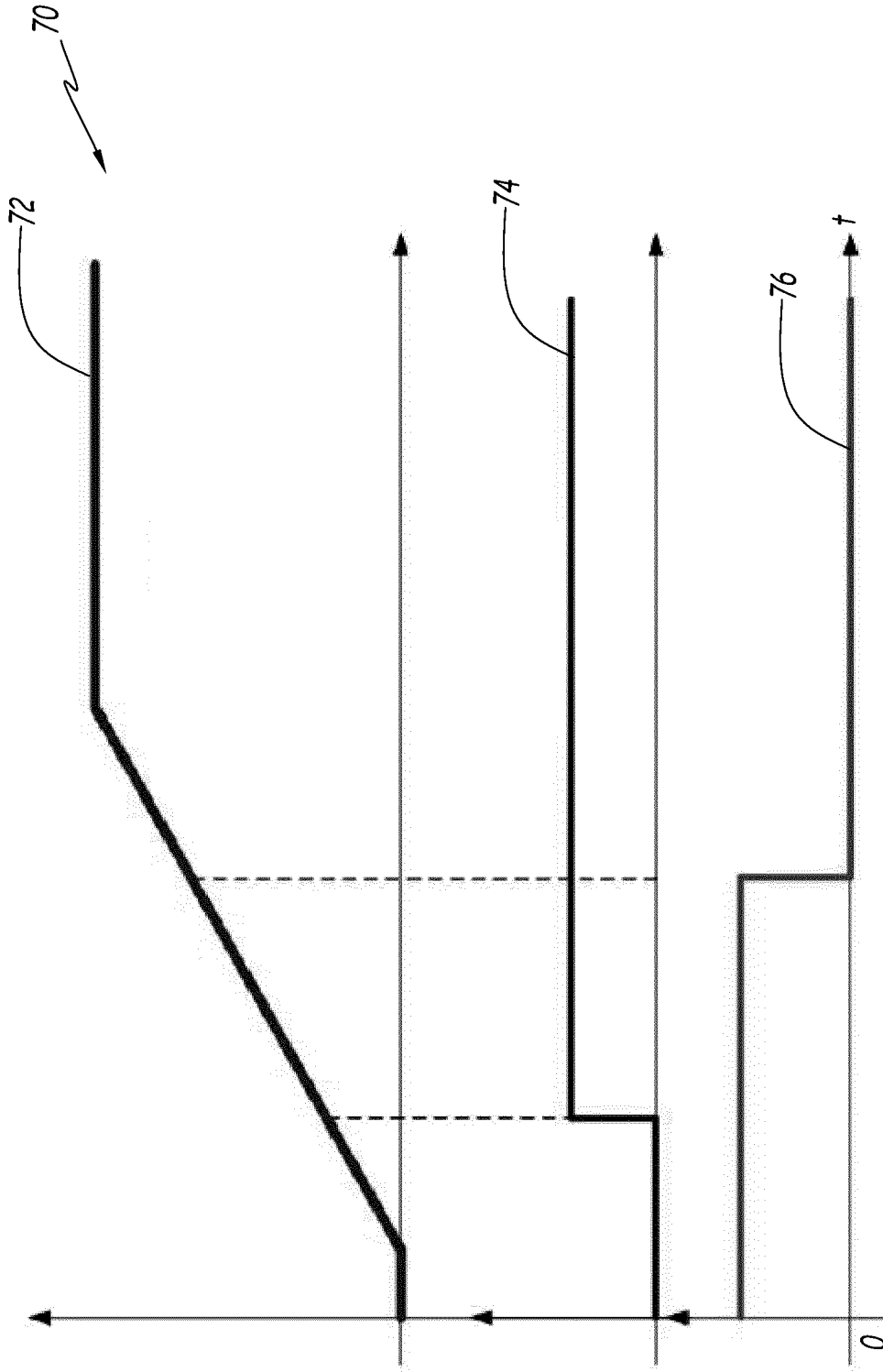


FIG.6

7/11

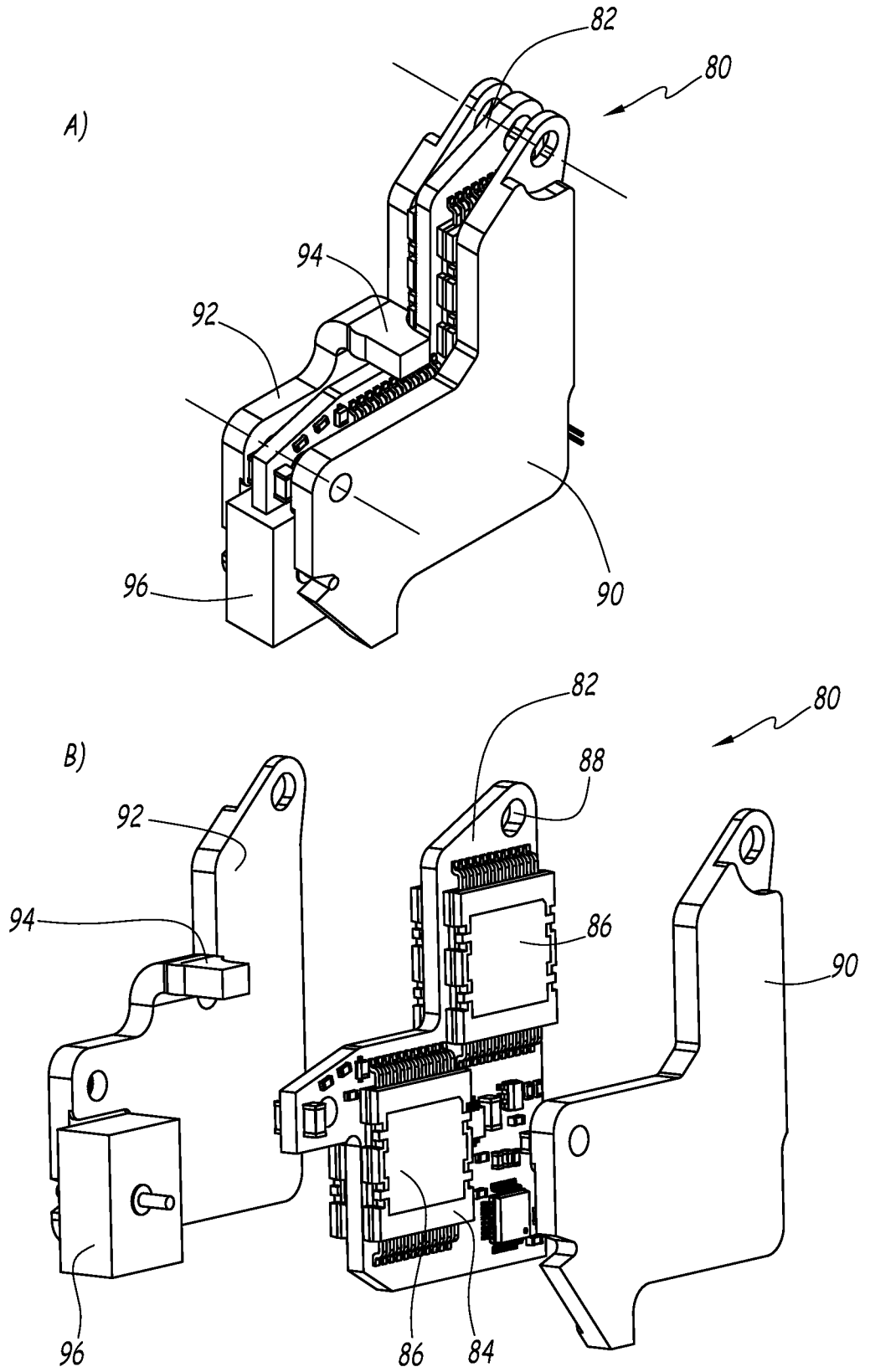


FIG. 7

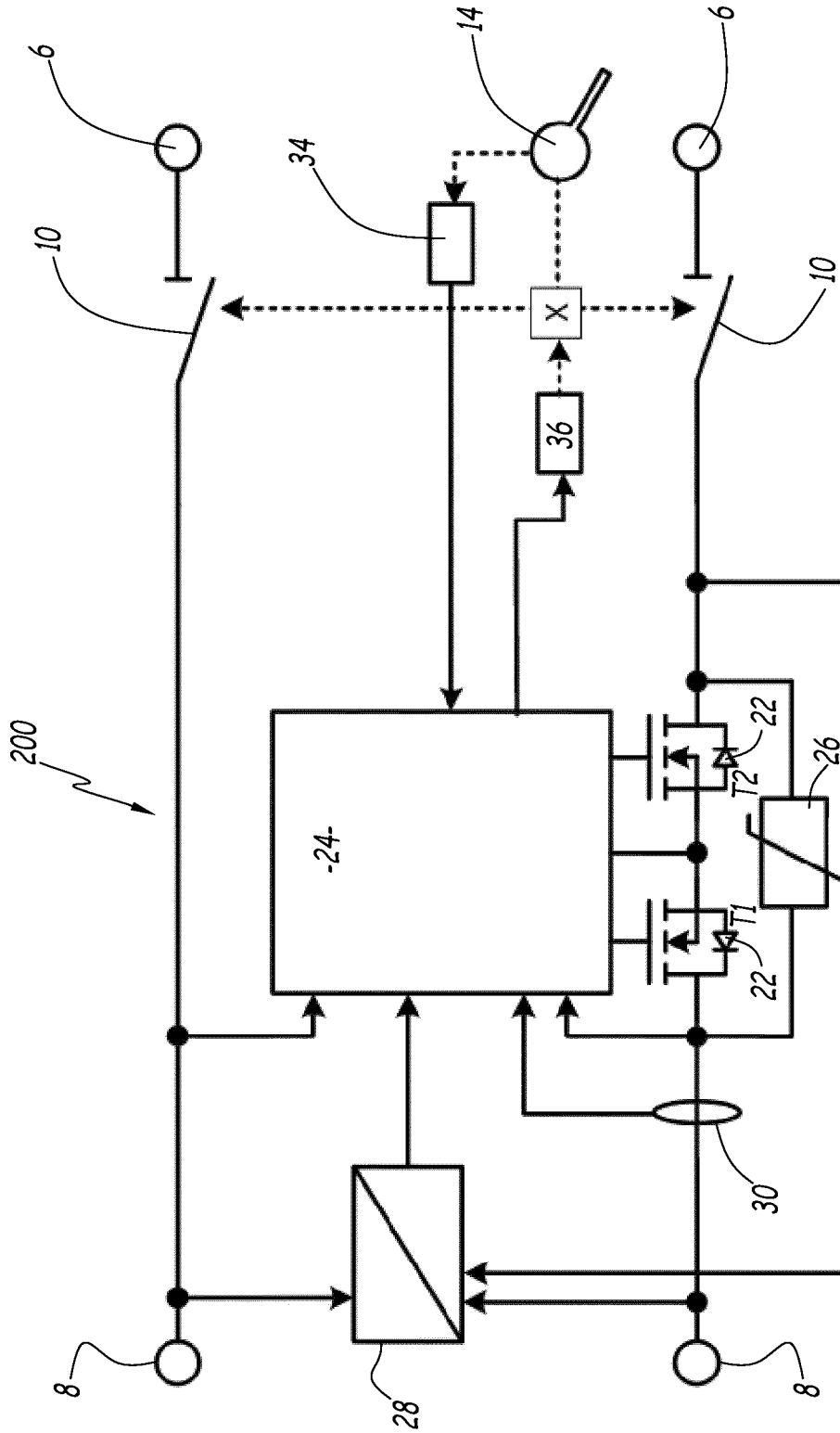


FIG.8

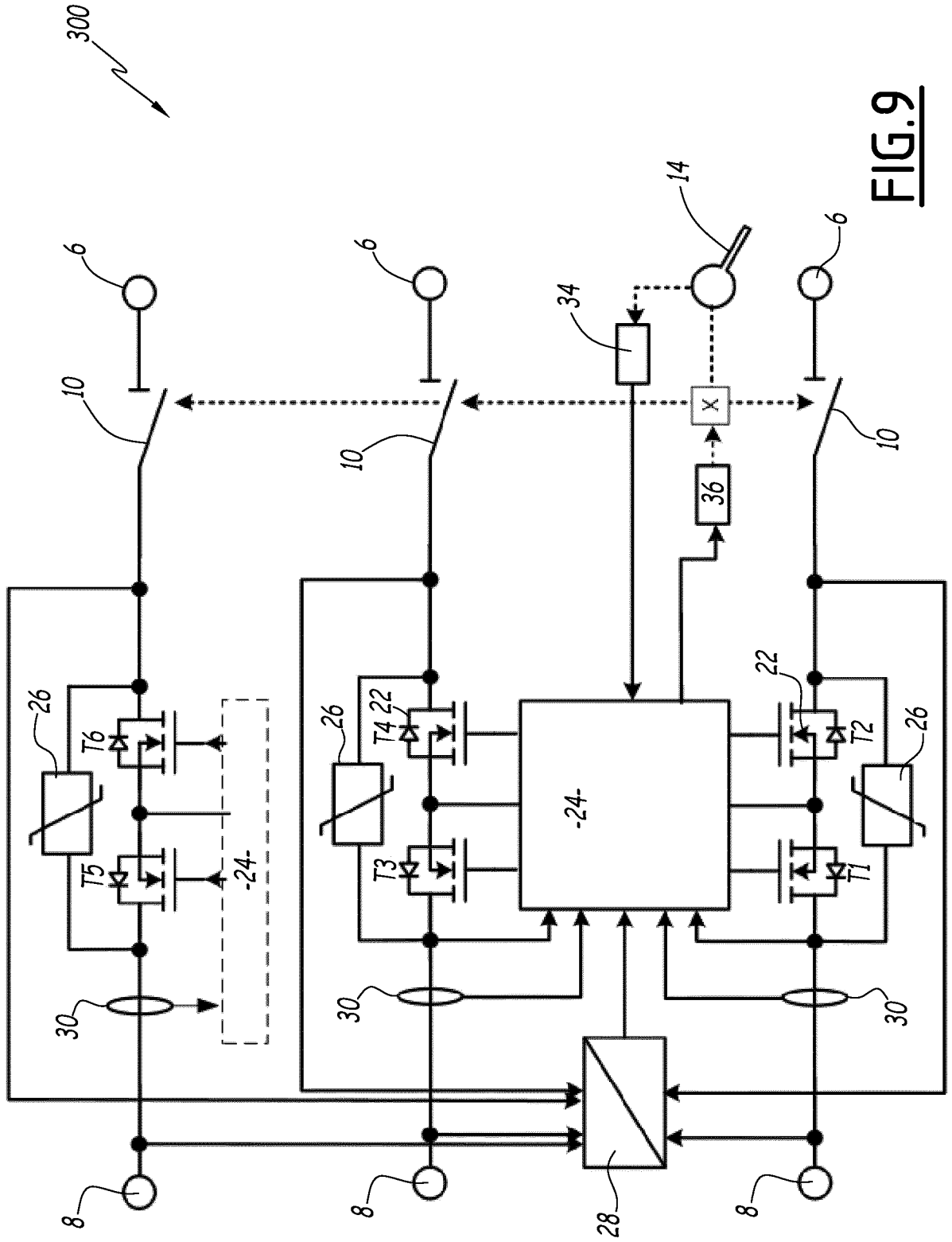
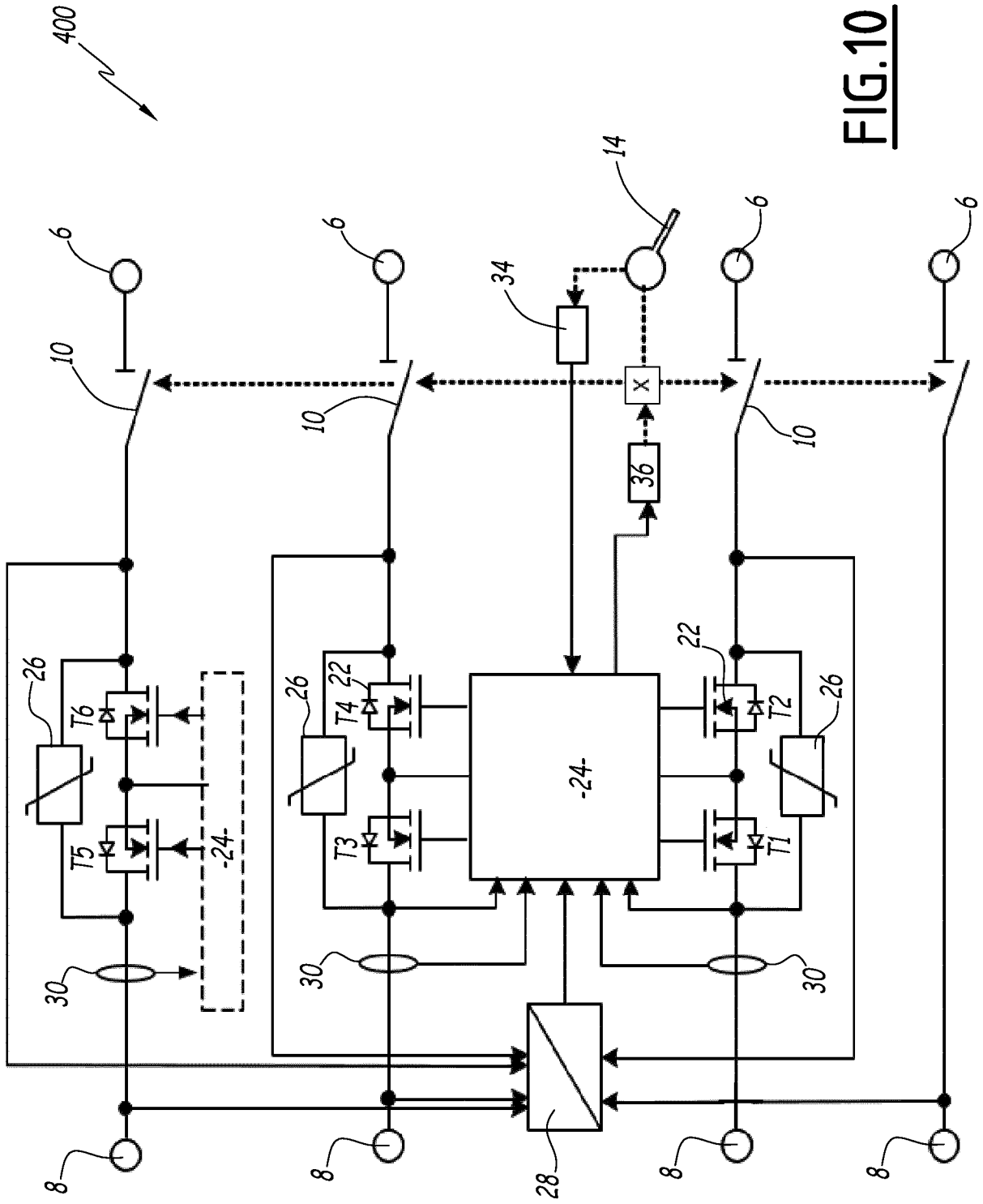


FIG. 9



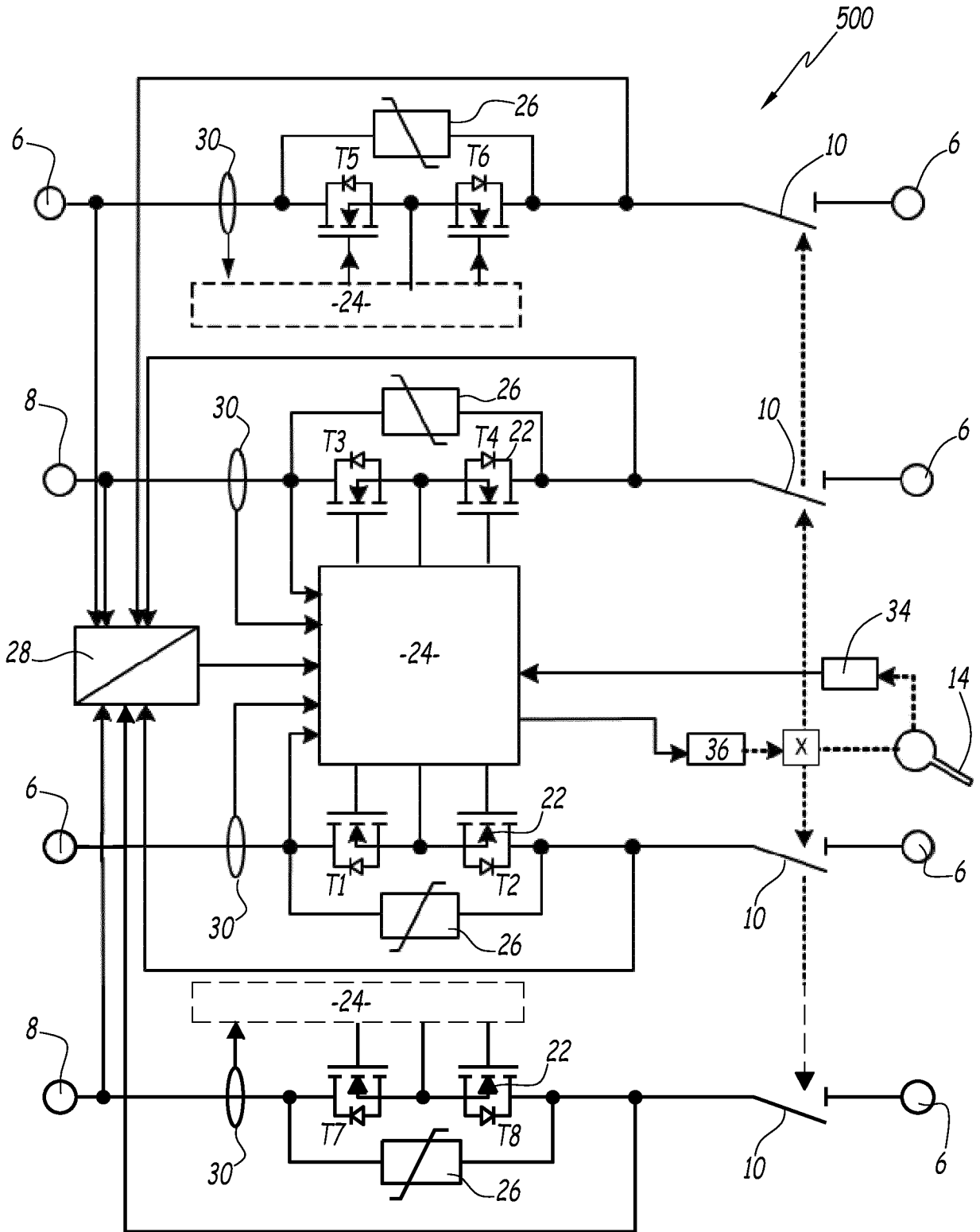


FIG.11

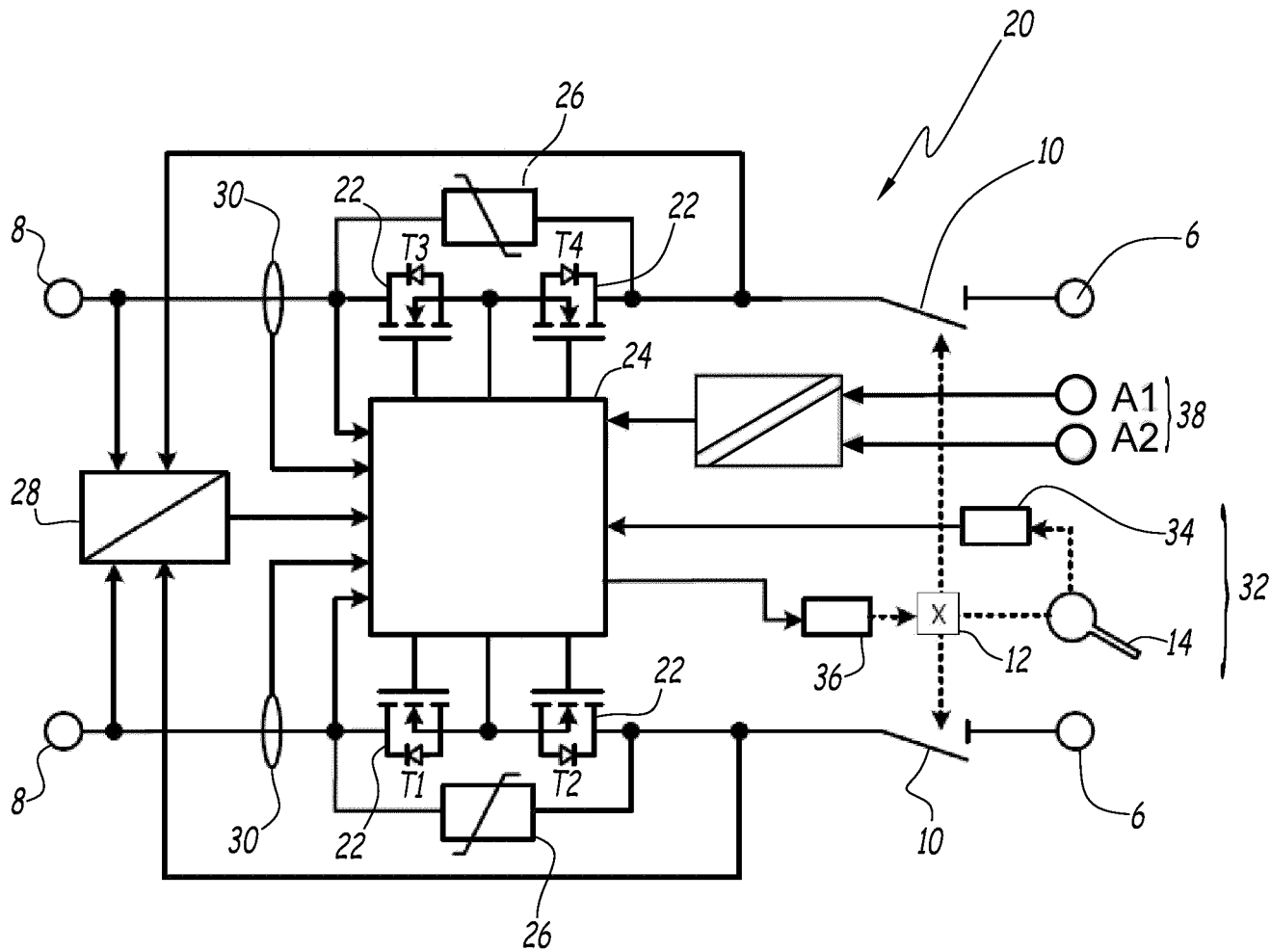


FIG. 2