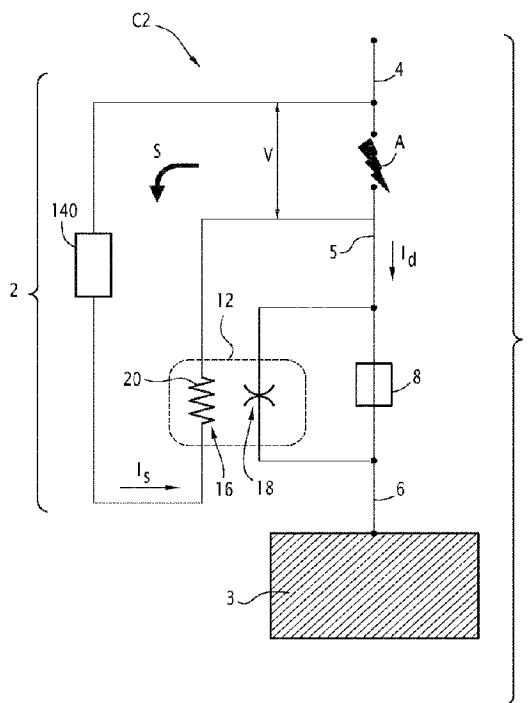




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2016/09/09  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2017/03/16  
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2023/12/05  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2018/02/26  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2016/071280  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2017/042321  
(30) Priorité/Priority: 2015/09/10 (FR1558433)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01H 9/10* (2006.01),  
*H01H 39/00* (2006.01), *H01H 89/00* (2006.01),  
*H01H 9/54* (2006.01)  
(72) Inventeurs/Inventors:  
DE PALMA, GIANFRANCO, FR;  
OUAIDA, REMY, FR  
(73) Propriétaire/Owner:  
MERSEN FRANCE SB SAS, FR  
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : DISPOSITIF DE PROTECTION POUR UN CIRCUIT ELECTRIQUE, CIRCUIT ELECTRIQUE EQUIPE D'UN TEL DISPOSITIF ET PROCEDE DE PROTECTION D'UN TEL CIRCUIT ELECTRIQUE  
(54) Title: PROTECTIVE DEVICE FOR AN ELECTRICAL CIRCUIT, ELECTRICAL CIRCUIT PROVIDED WITH SUCH A DEVICE AND METHOD FOR PROTECTING SUCH AN ELECTRICAL CIRCUIT



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un dispositif (2) de protection pour un circuit électrique (1), comprenant un premier fusible (8), un interrupteur (12) pyroélectrique raccordé en parallèle au premier fusible et comportant une zone de commande (16), apte à recevoir un signal (S) de déclenchement, et une zone de puissance (18) pour le passage du courant électrique. Le dispositif comporte en outre et un circuit de commande configuré pour élaborer et transmettre le signal de déclenchement à la zone de commande. Le dispositif comprend un deuxième fusible raccordé en série entre un premier conducteur d'entrée (4) et le premier fusible et apte fournir une tension (V) d'alimentation au circuit de commande, lequel étant raccordé entre le deuxième fusible et la zone de commande.

## (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 2017/042321 A1

(43) Date de la publication internationale  
16 mars 2017 (16.03.2017)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :

H01H 9/10 (2006.01) H01H 39/00 (2006.01)  
H01H 9/54 (2006.01) H01H 89/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2016/071280

(22) Date de dépôt international :

9 septembre 2016 (09.09.2016)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1558433 10 septembre 2015 (10.09.2015) FR

(71) Déposant : MERSEN FRANCE SB SAS [FR/FR]; 15 rue  
Jacques Vaucanson, 69720 Saint-Bonnet-de-Mure (FR).(72) Inventeurs : DE PALMA, Gianfranco; 4 rue du champ  
des Poiriers, 49124 St Barthelemy d'Anjou (FR). OUAIDA,  
Remy; 11 rue Francis de Préssensé, 69100 Villeurbanne  
(FR).(74) Mandataires : MYON, Gérard et al.; Lavoix, 62, rue de  
Bonnell, 69003 Lyon (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, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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), eurasienn (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))

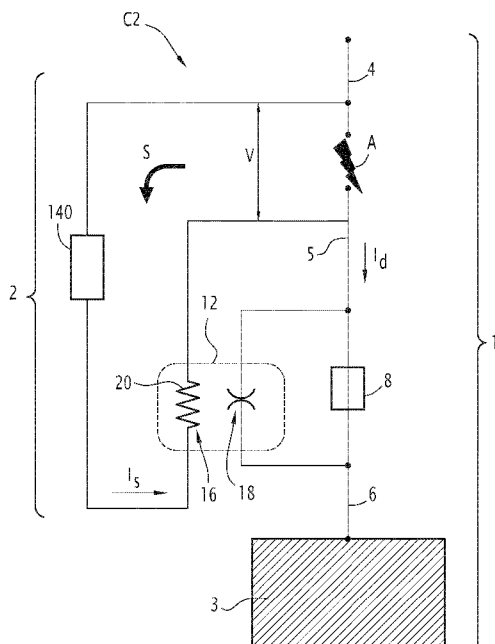
(54) Title : PROTECTIVE DEVICE FOR AN ELECTRICAL CIRCUIT, ELECTRICAL CIRCUIT PROVIDED WITH SUCH A  
DEVICE AND METHOD FOR PROTECTING SUCH AN ELECTRICAL CIRCUIT(54) Titre : DISPOSITIF DE PROTECTION POUR UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE, CIRCUIT ÉLECTRIQUE ÉQUIPÉ D'UN TEL  
DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE PROTECTION D'UN TEL CIRCUIT ÉLECTRIQUE

Fig.2

(57) Abstract : The invention relates to a protective device (2) for an electrical circuit (1), including a first fuse (8), a pyroelectric switch (12) connected in parallel with the first fuse and comprising a control area (16), capable of receiving a trigger signal (S), and a power area (18) for the passage of the electric current. The device also comprises a control circuit configured to produce and transmit the trigger signal to the control area. The device includes a second fuse connected in series between a first input conductor (4) and the first fuse and capable of supplying a power supply voltage (V) to the control circuit, which is connected between the second fuse and the control area.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif (2) de protection pour un circuit électrique (1), comprenant un premier fusible (8), un interrupteur (12) pyroélectrique raccordé en parallèle au premier fusible et comportant une zone de commande (16), apte à recevoir un signal (S) de déclenchement, et une zone de puissance (18) pour le passage du courant électrique. Le dispositif comporte en outre et un circuit de commande configuré pour élaborer et transmettre le signal de déclenchement à la zone de commande. Le dispositif comprend un deuxième fusible raccordé en série entre un premier conducteur d'entrée (4) et le premier fusible et apte fournir une tension (V) d'alimentation au circuit de commande, lequel étant raccordé entre le deuxième fusible et la zone de commande.

## **Dispositif de protection pour un circuit électrique, circuit électrique équipé d'un tel dispositif et procédé de protection d'un tel circuit électrique**

L'invention concerne un dispositif de protection pour un circuit électrique, ainsi qu'un circuit électrique équipé d'un tel dispositif de protection. Enfin, l'invention concerne un procédé de protection d'un tel circuit électrique.

Dans le domaine de protection d'un circuit électrique, il est connu d'utiliser un dispositif ou un composant électrique de protection apte à ouvrir le circuit électrique lorsque celui-ci est traversé par un courant électrique de défaut, tel qu'un courant de surcharge ou un courant de court-circuit.

A ce sujet, plusieurs dispositifs de protection existent, comme les fusibles. De façon connue, un fusible est un dipôle qui utilise l'effet Joule du courant électrique qui le traverse pour, en cas de surintensité, faire fondre un conducteur électrique qui ouvre le circuit électrique et empêche ainsi le courant électrique de circuler. Les fusibles sont dimensionnés en fonction de l'intensité du courant de défaut que le système doit protéger, ainsi que son temps d'ouverture. On connaît également des coupe-circuits pyrotechniques, aussi nommés « interrupteur pyroélectrique » ou bien « pyroswitch » en langue anglaise. Une limitation des coupe-circuits pyrotechniques est aujourd'hui leur faible capacité à couper de hautes tensions, par exemple supérieurs à 50V. En effet, lors de la coupure sous haute tension, il y a apparition d'un arc électrique qui peut engendrer l'explosion du dispositif. De plus, afin de garantir la coupure, les coupe-circuits pyrotechniques sont souvent volumineux.

A ce sujet, il est également connu d'utiliser un dispositif hybride de protection caractérisé par une mise en parallèle entre deux composants électriques de protection, tels qu'un fusible et un coupe-circuit pyrotechnique. Le brevet US-7875997-B1 décrit un exemple d'un tel dispositif. La mise en parallèle entre ces deux composants apporte de nombreux avantages. En premier lieu, le coupe-circuit pyrotechnique étant moins résistif que le fusible, la majorité du courant électrique va circuler dans le coupe-circuit pyrotechnique. Lorsque la protection se déclenche sous un courant de défaut, le coupe-circuit pyrotechnique s'ouvre. Le fusible étant à ce stade toujours fermé, il court-circuite le coupe-circuit pyrotechnique, évitant l'apparition d'un arc électrique au sein de ce dernier. Le courant circule alors dans le fusible, faisant fondre ce dernier. Un tel dispositif de protection peut être utilisé avec des tensions électriques élevées qui sont supérieures à la tension limite du coupe-circuit pyrotechnique, jusqu'à un niveau de tension équivalent au calibre du fusible. Comme le fusible ne voit que des courants faibles en utilisation

nominale, son dimensionnement peut être réduit, ce qui réduit son coût et son temps de coupure.

Toutefois, le coupe-circuit pyrotechnique nécessite un circuit de commande apte à fournir la commande de coupure. Un tel circuit de commande peut être complexe et  
 5 comporter, par exemple, un capteur de courant, une unité de traitement de données et un microcontrôleur. Ainsi, le circuit de commande nécessite d'être alimenté par une source d'alimentation externe. Le dispositif de protection hybride, formé du fusible, de l'interrupteur pyroélectrique et de son circuit de commande, n'est pas autonome et, malgré des coûts inférieurs pour le fusible, un tel dispositif engendre un coût et un  
 10 encombrement supérieurs, notamment à cause de la source d'alimentation externe.

C'est à ces inconvénients qu'entend plus particulièrement remédier l'invention en proposant un nouveau dispositif de protection pour un circuit électrique qui s'avère autonome, tout en réduisant les coûts de production.

Dans cet esprit, l'invention concerne un dispositif de protection pour un circuit  
 15 électrique configuré pour transmettre un courant électrique, le dispositif de protection comprenant :

- un premier conducteur,
- un second conducteur formant un conducteur de sortie,
- un premier fusible raccordé au conducteur de sortie,
- 20 - au moins un interrupteur pyroélectrique raccordé en parallèle au premier fusible, l'interrupteur pyroélectrique comportant une zone de commande, apte à recevoir un signal de déclenchement, et une zone de puissance pour le passage du courant électrique, et
- un circuit de commande configuré pour élaborer et transmettre le signal de  
 25 déclenchement à la zone de commande de l'interrupteur pyroélectrique,

dans lequel le dispositif comprend, en outre, un deuxième fusible raccordé en série entre le conducteur d'entrée et le premier fusible et apte à fournir une tension d'alimentation au circuit de commande,

et dans lequel le circuit de commande est raccordé entre le deuxième fusible et la zone  
 30 de commande de l'interrupteur pyroélectrique.

Grâce à l'invention, le deuxième fusible fournit une information de présence d'un courant électrique de défaut et la tension d'alimentation nécessaire pour le fonctionnement du circuit de commande. Le circuit de commande se charge de générer et transmettre le signal de déclenchement à l'interrupteur pyroélectrique. Le dispositif de  
 35 protection a un coût de production et un encombrement faibles, car il ne nécessite pas de

source d'alimentation externe pour le déclenchement de l'interrupteur pyroélectrique. Le dispositif de protection permet ainsi la récupération de l'énergie électrique générée par la fusion du deuxième fusible. De plus, le dispositif de protection selon l'invention induit des pertes de puissance très faibles et des prestations de coupure améliorées.

5 Selon des aspects avantageux mais non obligatoires de l'invention, un tel dispositif de protection comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises selon toute combinaison techniquement admissible :

10 - Le courant de coupure du deuxième fusible est égal à une valeur nominale de courant électrique, cette valeur nominale de courant étant définie comme étant la valeur maximale du courant prévu pour circuler dans le dispositif de protection en fonctionnement normal, et la tension de coupure du premier fusible est égale à une valeur nominale de tension électrique, cette valeur nominale de tension étant définie comme étant la valeur maximale de la tension prévue pour être appliquée aux bornes du dispositif de protection en fonctionnement normal.

15 - La zone de puissance de l'interrupteur pyroélectrique présente une résistance électrique largement inférieure à celle du premier fusible.

20 - Le courant de coupure du premier fusible est au moins quatre fois inférieur ou égal à la valeur nominale de courant électrique, et la tension de coupure du deuxième fusible est au moins quatre fois inférieure ou égale à la valeur nominale de tension électrique.

25 - Le dispositif est configuré pour être successivement dans une configuration de fermeture où les premier et deuxième fusibles ne sont pas fondus, une première configuration intermédiaire où le deuxième fusible est mis en fusion et la tension d'alimentation est fournie au circuit de commande, une deuxième configuration intermédiaire où l'interrupteur pyroélectrique est déclenché et le premier fusible n'est pas fondu, et une configuration d'ouverture où les premier et deuxième fusibles sont fondus.

30 - Le dispositif comprend au moins deux interrupteurs pyroélectriques raccordés en parallèle au premier fusible entre le premier conducteur et le second conducteur.

- Le circuit de commande comporte un potentiomètre apte à contrôler le signal de déclenchement transmis à la zone de commande de l'interrupteur pyroélectrique.

L'invention concerne également un circuit électrique configuré pour être alimenté par un courant électrique, le circuit électrique étant équipé d'un dispositif de protection conforme à l'invention.

Enfin, l'invention concerne un procédé de protection d'un circuit électrique, dans lequel le circuit électrique est un circuit électrique tel que défini ci-dessus, le procédé comportant, au moins, des étapes de :

- 5 a) mise en fusion du deuxième fusible provoquée par un courant électrique de défaut et alimentation du circuit de commande,
- b) transmission, à l'aide du circuit de commande, du signal de déclenchement à l'interrupteur pyroélectrique,
- c) déclenchement de l'interrupteur pyroélectrique et coupure de la zone de puissance de l'interrupteur pyroélectrique,
- 10 d) fusion du premier fusible provoquée par le courant électrique de défaut.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, lors de l'étape a), la tension d'alimentation du circuit de commande est générée par un arc électrique qui s'installe aux bornes du deuxième fusible.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus  
15 clairement à la lumière de la description qui va suivre, d'un dispositif de protection, d'un circuit électrique et d'un procédé conformes à l'invention, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif de protection conforme à l'invention et d'un circuit électrique comportant ce dispositif de protection ;
- 20 - la figure 2 est une représentation schématique du dispositif de protection à la figure 1, lorsqu'un deuxième fusible est fondu ;
- la figure 3 est une représentation analogue à la figure 2, lorsque le coupe-circuit pyrotechnique est ouvert ;
- la figure 4 est une représentation analogue à la figure 3, lorsqu'un premier fusible  
25 est fondu ;
- la figure 5 est un schéma blocs d'un procédé de protection conforme à l'invention ;
- et
- la figure 6 est une représentation analogue à la figure 1, pour un dispositif de protection et un circuit conformes à un deuxième mode de réalisation de l'invention.

30 À la figure 1, est représenté un circuit électrique 1 configuré pour être alimenté par un courant électrique I et équipé d'un dispositif de protection 2. Le circuit électrique 1 comprend une charge 3 et est destiné à être raccordé à une source non représentée de courant, continu ou alternatif en fonction de la charge 3. Le dispositif de protection 2 est apte à ouvrir le circuit électrique 1 lorsque celui-ci est traversé par un courant électrique  
35 de défaut. On considère un courant électrique de défaut tout courant électrique I ayant une intensité supérieure ou égale à une valeur nominale de courant  $I_n$ , aussi nommée

courant nominal  $I_n$ . Cette valeur nominale de courant  $I_n$  est définie comme étant la valeur maximale du courant prévu pour circuler dans le dispositif de protection 2 en fonctionnement normal. Elle est prédéterminée en fonction de la nature du circuit électrique 1. Ainsi, dans la description qui va suivre, le courant électrique de défaut est défini comme la somme  $I_n + I_d$ , où  $I_d$  désigne un surcourant. La différence de potentiel électrique maximale qui peut être appliquée entre les bornes du dispositif de protection 2 en alimentant la charge 3, sans coupure par le dispositif de protection 2, est nommée valeur nominale de tension et notée  $V_n$  dans ce qui suit. Cette valeur nominale de tension est également déterminée en fonction de la nature du circuit électrique. Le choix des valeurs de courant nominal  $I_n$  et de la valeur nominale de tension  $V_n$  dépend de la nature de la charge 3 à protéger.

Le courant électrique de défaut  $I_d$  est, par exemple, un courant de surcharge ou un courant de court-circuit et constitue un risque pour la charge 3 du circuit électrique 1. Le dispositif de protection 2 comprend un premier conducteur 4 et un second conducteur 6. Dans cet exemple, le premier conducteur 4 forme un conducteur d'entrée du courant électrique, et le second conducteur 6 forme un conducteur de sortie du courant électrique. La charge 3 est raccordée au conducteur de sortie. Les conducteurs 4 et 6 sont configurés pour raccorder le dispositif de protection 2 au reste du circuit électrique 1 et ainsi pour le passage de tout courant électrique. En régime de fonctionnement normal, c'est-à-dire en l'absence de courant électrique de défaut, le courant électrique  $I$  qui circule entre les conducteurs 4 et 6 est inférieur ou égal à la valeur nominale de courant  $I_n$  et la tension électrique aux bornes des conducteurs 4 et 6 est inférieure ou égale à la valeur nominale de tension  $V_n$ .

Le dispositif de protection 2 comprend également un premier fusible 8 et un deuxième fusible 10 raccordés électriquement en série entre les conducteurs 4 et 6. Le premier fusible 8 est raccordé au conducteur de sortie 6, alors que le deuxième fusible 10 est raccordé en série entre le conducteur d'entrée 4 et le premier fusible 8. On note un conducteur intermédiaire reliant les fusibles 8 et 10 entre eux, qui est donc intercalé entre les conducteurs 4 et 6.

De façon connue, un fusible est un dipôle dont les bornes sont raccordées électriquement entre elles uniquement par un élément conducteur qui est apte à être détruit, généralement par fusion due à l'effet Joule, lorsqu'il est traversé par un courant électrique qui dépasse une valeur seuil. Cette valeur seuil est ici nommée « courant de coupure ». La tension de coupure d'un fusible, nommée « rated voltage » en langue anglaise, est ici définie comme étant la valeur de tension électrique aux bornes du fusible

à partir de laquelle le fusible ne peut pas interrompre le passage du courant lorsque l'élément conducteur a été détruit. Lorsqu'un fusible a commencé à fondre, si une tension supérieure à cette tension de coupure est appliquée entre ses bornes, alors un arc électrique se forme entre ces bornes et y perdure, autorisant la circulation d'un courant électrique.

Dans ce qui suit, un fusible est dit être « fondu » lorsque l'élément conducteur a été détruit et qu'aucun arc électrique ne peut se former compte tenu des valeurs des tensions électriques présentes dans le circuit électrique 1. Il forme alors un circuit électriquement ouvert au travers duquel aucun courant électrique ne peut circuler. Un fusible est dit être « en train de fondre » lorsque le courant électrique le traversant a dépassé le courant de coupure, entraînant un début de fusion de l'élément conducteur, mais que la tension électrique à ses bornes est supérieure à la tension de coupure de ce fusible, entraînant l'apparition d'un arc électrique entre ses bornes. L'arc électrique perdure tant que le fusible est en train de fondre.

Les premier et deuxième fusibles 8 et 10 ont des calibres différents. En particulier, le courant de coupure  $I_8$  du premier fusible 8 est nettement inférieur à la valeur nominale  $I_n$ . Par « nettement », on entend que le courant de coupure est au moins quatre fois, par exemple dix fois ou cinquante fois inférieur à la valeur nominale  $I_n$ . Ce dimensionnement est rendu possible par le fait que le premier fusible 8 n'est normalement pas destiné à être traversé par le courant nominal  $I_n$ . Le courant de coupure  $I_{10}$  du deuxième fusible 10 est égal, en pratique à 1% ou 3% près, à la valeur nominale  $I_n$ . Ainsi, le courant de coupure  $I_8$  du premier fusible 8 est nettement inférieur au courant de coupure  $I_{10}$  du deuxième fusible 10.

La tension de coupure  $V_8$  du premier fusible 8 est égale, en pratique à 1% ou 3% près, à la valeur nominale  $V_n$ . La tension de coupure  $V_{10}$  du deuxième fusible 10 est nettement inférieure à la valeur nominale  $V_n$ . Par « nettement », on entend que la tension de coupure est au moins quatre fois, par exemple cinq fois ou dix fois inférieure à la valeur nominale  $V_n$ . Ainsi, la tension de coupure  $V_{10}$  du deuxième fusible 10 est nettement inférieure à la tension de coupure  $V_8$  du premier fusible 8.

Le dispositif de protection 2 comprend également un interrupteur pyroélectrique 12 et un circuit de commande 14.

L'interrupteur pyroélectrique 12 est raccordé en parallèle au premier fusible 8 entre le conducteur intermédiaire 5 et le conducteur de sortie 6. L'interrupteur pyroélectrique 12 comporte une première zone 16 et une deuxième zone 18.

La première zone 16 est dite zone de commande et est apte à recevoir un signal de déclenchement S. La deuxième zone 18 est dite zone de puissance.

5 La zone de puissance 18 est la partie de l'interrupteur pyroélectrique 12 électriquement raccordée en parallèle au premier fusible 8. Elle est configurée pour le passage du courant électrique I qui alimente le circuit électrique 1. En particulier, la zone de puissance 18 présente une résistance électrique qui est largement inférieure à celle du premier fusible 8, par exemple au moins dix fois inférieure. Ainsi, lorsque le courant électrique I traverse le dispositif de protection 2, on peut considérer qu'un tel courant électrique traverse le deuxième fusible 10 et la zone de puissance 18 de l'interrupteur pyroélectrique 12, puisque seulement une partie négligeable du courant électrique traverse le premier fusible 8.

10 En pratique, dans le cas où un courant électrique supérieur au courant nominal  $I_n$  traverse le dispositif de protection 2, le deuxième fusible 10 commence à fondre et un arc électrique A, comme visible à la figure 2, commence à apparaître entre ses bornes. La partie de courant électrique qui traverse le premier fusible 8 n'a pas une intensité suffisante pour déclencher la fusion du premier fusible 8. Ainsi, le deuxième fusible 10 est dimensionné et disposé pour commencer à fondre avant le premier fusible 8.

15 La zone de commande 16 de l'interrupteur pyroélectrique 12 comporte une résistance 20 apte à chauffer lorsqu'elle est traversée par un courant électrique. De façon connue en soi, l'interrupteur pyroélectrique comporte également un agent explosif non représenté, par exemple une poudre explosive, et un élément de coupure, tel qu'un piston ou une guillotine. L'élément de coupure, qui n'est pas représenté, est réalisé en matériau électriquement isolant, par exemple en plastique. Il est apte à couper la zone de puissance 18. En pratique, lorsque la résistance 20 de la zone de commande 16 est traversée par un courant électrique, la résistance 20 chauffe et déclenche la détonation de l'agent explosif qui fait basculer l'élément de coupure d'une première position où il est éloigné de la zone de puissance 18 à une deuxième position où il coupe la zone de puissance 18 de façon à interrompre le passage de courant électrique dans le circuit électrique 1.

20 Le circuit de commande 14 est configuré pour élaborer et transmettre le signal de déclenchement S à la zone de commande 16 de l'interrupteur pyroélectrique 12. Le circuit de commande 14 est raccordé entre le deuxième fusible 10 et la zone de commande 16. En pratique, le signal de déclenchement S élaboré par le circuit de commande 14 est un courant électrique  $I_s$  de déclenchement qui est transmis à la zone de commande 16. Ainsi,

le courant de déclenchement  $I_s$  traverse la résistance 20 et déclenche l'interrupteur pyroélectrique 12.

De façon connue, le circuit de commande 14 peut comporter un ou plusieurs composants électriques actifs et/ou passifs pour la génération et la transmission du signal de déclenchement S. En particulier, le circuit de commande 14 ne comporte pas de source d'alimentation interne.

Selon une variante qui n'est pas représentée aux figures, le circuit de commande 14 comporte un potentiomètre apte à contrôler le courant de déclenchement  $I_s$  transmis à l'interrupteur pyroélectrique 12. En pratique, le potentiomètre est configuré pour moduler l'intensité du courant électrique  $I_s$  qui est fourni à la zone de commande 16 de l'interrupteur pyroélectrique 12. Ainsi, le potentiomètre du circuit de commande 14 est configuré pour contrôler la vitesse d'ouverture de l'interrupteur pyroélectrique 12.

Ainsi, le dispositif de protection 2 est configuré pour être dans différentes configurations C1, C2, C3, et C4, à savoir une configuration de fermeture C1, une première configuration intermédiaire C2, une deuxième configuration intermédiaire C3 et une configuration d'ouverture C4.

Dans la configuration de fermeture C1 représentée à la figure 1, le courant électrique I qui alimente le circuit électrique 1 est inférieur au courant nominal  $I_n$  et donc les premier et deuxième fusibles 8 et 10 ne sont pas fondus.

Dans la première configuration intermédiaire C2 représentée à la figure 2, le courant électrique I qui alimente le circuit électrique 1 est supérieur à la valeur de seuil  $I_n$ . Le deuxième fusible 10 commence alors à fondre, et l'arc électrique A apparaît entre ses bornes. Cet arc électrique A cause l'apparition d'une tension électrique d'alimentation V, qui est alors fournie au circuit de commande 14. En effet, la tension de coupure  $V_{10}$  du deuxième fusible 10 est choisie de façon à ce que l'arc électrique A reste présent entre ses bornes pendant qu'il est en train de fondre, tant que le courant I circule.

Dans la deuxième configuration intermédiaire C3 représentée à la figure 3, l'interrupteur pyroélectrique 12 est déclenché et le premier fusible 8 est fermé. Le circuit de commande 14, alimenté par la tension V, élabore à partir de cette tension V et transmet le signal de déclenchement S, sous la forme du courant  $I_s$ , à la résistance électrique 20 de la zone de commande 16, en déclenchant l'interrupteur pyroélectrique 12 qui ouvre rapidement la zone de puissance 18. Ainsi, le courant électrique I traverse le premier fusible 8.

Dans la configuration d'ouverture C4 représentée à la figure 4, les premier et deuxième fusibles 8 et 10 sont fondus. En effet, à partir du moment où on atteint la

deuxième configuration intermédiaire C3, le courant électrique de défaut provoque la fusion du premier fusible 8 après une période de temps prédéterminée, de l'ordre de quelques millisecondes (ms) qui dépend des caractéristiques du premier fusible 8. Comme la valeur du courant de coupure  $I_8$  du premier fusible 8 est choisie nettement inférieure à la valeur du courant nominal  $I_n$ , le premier fusible 8 fond très vite lorsqu'il est traversé par le courant  $I$ . La tension de coupure  $V_8$  du premier fusible étant égale à la valeur nominale  $V_n$ , le fusible fond rapidement et l'arc électrique à ses bornes ne reste pas établi longtemps, contrairement au deuxième fusible 10.

A la figure 1, le circuit de commande 14 est représenté comme un « boîtier » raccordé entre le deuxième fusible 10 et la zone de commande 16. Aux figures 2 à 4, le circuit de commande 14 est représenté par une résistance électrique 140, pour les raisons développées ci-dessous. La résistance électrique 140 est soumise à la tension d'alimentation  $V$  générée aux bornes du deuxième fusible 10. Ici, la valeur de la résistance 20 est inférieure à dix fois ou à cent fois la valeur de la résistance 140. C'est donc la valeur de la résistance 140 qui dimensionne la valeur du courant  $I_s$  transmis à la zone de commande 16. En effet, indépendamment des composants électriques du circuit de commande 14, celui-ci peut être représenté électriquement par une simple résistance 140 dans un schéma électrique, comme c'est le cas aux figures 2 à 4. Dans les schémas des figures 2 à 4, la résistance électrique 140 est raccordée électriquement en série avec la résistance électrique 20. L'ensemble formé par la résistance 20 et la résistance 140 est raccordé électriquement en parallèle avec le deuxième fusible.

Un procédé de protection du circuit électrique 1, équipé du dispositif de protection 2, est mis en œuvre lorsqu'un courant électrique  $I$  supérieur au courant nominal  $I_n$  survient dans le circuit électrique 1 et traverse le dispositif de protection 2. Dans ce cas, le surcourant  $I_d$  est strictement supérieur à zéro. Par défaut, le dispositif de protection 2 est dans la configuration de fermeture C1, puisque le courant électrique  $I$  alimente le circuit électrique 1 et les premier et deuxième fusibles 8 et 10 ne sont pas fondus. Le procédé de protection est décrit ci-dessous.

Au début de ce procédé, et au cours d'une étape initiale a), un défaut survient dans l'alimentation du circuit électrique 1 et le courant électrique traverse le dispositif de protection 2. A cause du courant électrique, et dans un intervalle de temps prédéterminé par le calibre du deuxième fusible 10, le deuxième fusible 10 commence à fondre et l'arc électrique A s'installe aux bornes du deuxième fusible 10. Comme mentionné ci-dessus, le deuxième fusible 10 est dimensionné de façon à ce que l'arc électrique A reste présent entre ses bornes pendant qu'il est en train de fondre, tant que le courant  $I$  est présent, ce

qui génère la tension d'alimentation  $V$  et assure le passage du courant. Cette tension  $V$  est utilisée pour alimenter le circuit de commande 14. A l'issue de l'étape a), le dispositif de protection 2 est dans sa première configuration intermédiaire C2 où le deuxième fusible 10 est en train de fondre et la tension d'alimentation  $V$  est fournie au circuit de commande 14. Comme mentionné ci-dessus, puisque le circuit de commande 14 est un circuit passif, la tension d'alimentation  $V$  fournie par le deuxième fusible 10 représente la seule source d'alimentation du circuit de commande 14 nécessaire pour le fonctionnement de celui-ci. Ainsi, lors de l'étape a), le procédé comporte la mise en fusion du deuxième fusible 10 provoquée par le courant électrique  $I$  supérieur à  $I_n$  et l'alimentation du circuit de commande 14.

Le procédé comporte ensuite une étape b) dans laquelle le circuit de commande 14 élabore le signal de déclenchement  $S$ , qui correspond au courant électrique de déclenchement  $I_s$ . Ensuite, le circuit de commande 14 transmet ce courant de déclenchement  $I_s$  à l'interrupteur pyroélectrique 12, en particulier à la zone de commande 16 de l'interrupteur pyroélectrique 12. Puisque l'arc électrique  $A$  est toujours présent aux bornes du deuxième fusible 10, le courant électrique de défaut  $I_d$  traverse encore la zone de puissance 18 de l'interrupteur pyroélectrique 12. Lors de l'étape b), le procédé comporte la transmission, à l'aide du circuit de commande 14, du signal de déclenchement  $S$  à l'interrupteur pyroélectrique 12.

Ensuite, le procédé comporte une étape c) qui comporte le déclenchement de l'interrupteur pyroélectrique 12 et la coupure de la zone de puissance 18 de l'interrupteur pyroélectrique 12. En pratique, le courant électrique  $I_s$  traverse la résistance électrique 20 de la zone de commande 16 qui se réchauffe et déclenche la détonation de l'agent explosif de l'interrupteur pyroélectrique 12. Comme expliqué ci-dessus, la détonation de l'agent explosif fait basculer l'élément de coupure de sa première position vers sa deuxième position de façon à couper la zone de puissance 18 de l'interrupteur pyroélectrique 12. A l'issue de l'étape c), le dispositif de protection 2 se trouve dans sa deuxième configuration intermédiaire C3 où l'interrupteur pyroélectrique 12 est déclenché, la zone de puissance 18 est ouverte et le premier fusible 8 est encore fermé.

Enfin, le procédé comporte une étape d) dans laquelle le courant électrique traverse le premier fusible 8, puisque la zone de puissance 18 de l'interrupteur pyroélectrique 12 est ouverte. Le premier fusible 8 étant sous-dimensionné par rapport au deuxième fusible 10, le premier fusible 8 fond rapidement à cause du courant électrique. Ainsi, le dispositif de protection 2 assure l'ouverture du circuit électrique 1, puisqu'aucun arc électrique ne s'installe aux bornes de la zone 18 de l'interrupteur 12. Un arc électrique

peut apparaître aux bornes du premier fusible 8 lorsqu'il fond, mais il s'éteint rapidement du fait que la tension de coupure de ce premier fusible 8 est du même ordre de grandeur de la tension nominale  $V_n$ . Une fois que le premier fusible 8 est fondu, le circuit électrique s'ouvre et le courant  $I$  ne circule plus. L'arc  $A$  s'éteint à son tour, et le second fusible 10 fond complètement. Le dispositif de protection 2 se trouve alors dans sa configuration d'ouverture C4 où les premier et deuxième fusibles 8 et 10 sont fondus.

La figure 6 montre un deuxième mode de réalisation de l'invention. Les éléments du dispositif de protection 2 de ce mode de réalisation qui sont analogues à ceux du premier mode portent les mêmes références et ne sont pas décrits en détails dans la mesure où la description ci-dessus peut leur être transposée. Le dispositif de protection 2 comprend deux interrupteurs pyroélectriques 12A et 12B. Les deux interrupteurs pyroélectriques 12A et 12B sont raccordés en parallèle au premier fusible 8 entre le conducteur d'entrée 4 et le conducteur de sortie 6. En particulier, chaque interrupteur pyroélectrique 12A et 12B comporte une résistance électrique 20A et 20B. Les résistances électriques 20A et 20B sont en parallèle et sont ainsi traversées par une partie du courant électrique de déclenchement  $I_s$  qui provoque le réchauffement de ces résistances 20A et 20B, comme expliqué ci-dessus.

Selon une variante qui n'est pas représentée aux figures, le dispositif de protection 2 comporte trois ou plus de trois interrupteurs pyroélectriques raccordés en parallèle.

L'introduction de plusieurs interrupteurs pyroélectriques raccordés en parallèle permet au dispositif de protection 2 de couper un courant électrique  $I$  ayant une intensité très élevée. Par exemple, pour la variante représentée à la figure 6, chaque interrupteur pyroélectrique 12A et 12B est configuré pour couper un courant électrique de défaut  $I_d$  ayant une intensité de 200 ampères. Ainsi, le dispositif de protection 2 est apte à couper un courant électrique  $I$  ayant une intensité totale de 400 ampères.

En variante, la charge 3 est raccordée électriquement au premier conducteur 4. Le courant électrique 1 circule alors depuis le second conducteur 6 vers le premier conducteur 4 en régime de fonctionnement normal.

Les variantes envisagées ci-dessus peuvent être combinées entre elles pour générer de nouveaux modes de réalisation de l'invention.

REVENDEICATIONS

1.- Dispositif de protection pour un circuit électrique configuré pour transmettre un courant électrique, le dispositif de protection comprenant :

- 5 - un premier conducteur,
  - un second conducteur formant un conducteur de sortie,
  - un premier fusible raccordé au conducteur de sortie,
  - au moins un interrupteur pyroélectrique raccordé en parallèle au premier fusible, l'interrupteur pyroélectrique comportant une zone de commande, apte à recevoir un signal de déclenchement, et une zone de puissance pour le passage du courant électrique, et
  - 10 - un circuit de commande configuré pour élaborer et transmettre le signal de déclenchement à la zone de commande de l'interrupteur pyroélectrique,
- dans lequel le dispositif comprend, en outre, un deuxième fusible raccordé en série entre le premier conducteur et le premier fusible et apte à fournir une tension d'alimentation au
- 15 circuit de commande,
- et dans lequel le circuit de commande est raccordé entre le deuxième fusible et la zone de commande de l'interrupteur pyroélectrique.

2.- Dispositif selon la revendication 1, dans lequel :

- 20 - un courant de coupure du deuxième fusible est égal à une valeur nominale de courant électrique, cette valeur nominale de courant étant définie comme étant la valeur maximale du courant prévu pour circuler dans le dispositif en fonctionnement normal, et
- une tension de coupure du premier fusible est égale à une valeur nominale de tension électrique, cette valeur nominale de tension étant définie comme étant
- 25 la valeur maximale de tension prévue pour être appliquée aux bornes du dispositif en fonctionnement normal.

3.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel la zone de puissance de l'interrupteur pyroélectrique présente une résistance électrique au moins dix fois inférieure à celle du premier fusible.

4.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, dans lequel :

- 30 - un courant de coupure du premier fusible est au moins quatre fois inférieur ou égal à la valeur nominale de courant électrique, et

- une tension de coupure du deuxième fusible est au moins quatre fois inférieure ou égale à la valeur nominale de tension électrique.

5.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le dispositif est configuré pour être successivement dans :

- 5 - une configuration de fermeture où le premier fusible et le deuxième fusible ne sont pas fondus,
- une première configuration intermédiaire où le deuxième fusible est mis en fusion et la tension d'alimentation est fournie au circuit de commande,
- 10 - une deuxième configuration intermédiaire où l'interrupteur pyroélectrique est déclenché et le premier fusible n'est pas fondu, et
- une configuration d'ouverture où le premier fusible et le deuxième fusible sont fondus.

6.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le dispositif comprend au moins deux interrupteurs pyroélectriques raccordés en parallèle au premier fusible entre le premier conducteur et le second conducteur.

7.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le circuit de commande comporte un potentiomètre apte à contrôler le signal de déclenchement transmis à la zone de commande de l'interrupteur pyroélectrique.

8.- Circuit électrique configuré pour être alimenté par un courant électrique, le circuit électrique étant équipé d'un dispositif de protection selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9.- Procédé de protection d'un circuit électrique, dans lequel le circuit électrique est un circuit électrique selon la revendication 8, le procédé comportant, au moins, des étapes de :

- 25 a) mise en fusion du deuxième fusible provoquée par un courant électrique de défaut et alimentation du circuit de commande,
- b) transmission, à l'aide du circuit de commande, du signal de déclenchement à l'interrupteur pyroélectrique,
- c) déclenchement de l'interrupteur pyroélectrique et coupure de la zone de puissance de l'interrupteur pyroélectrique,
- 30 d) fusion du premier fusible provoquée par le courant électrique de défaut.

10.- Procédé selon la revendication 9, dans lequel, lors de l'étape a), la tension d'alimentation du circuit de commande est générée par un arc électrique qui s'installe aux bornes du deuxième fusible.

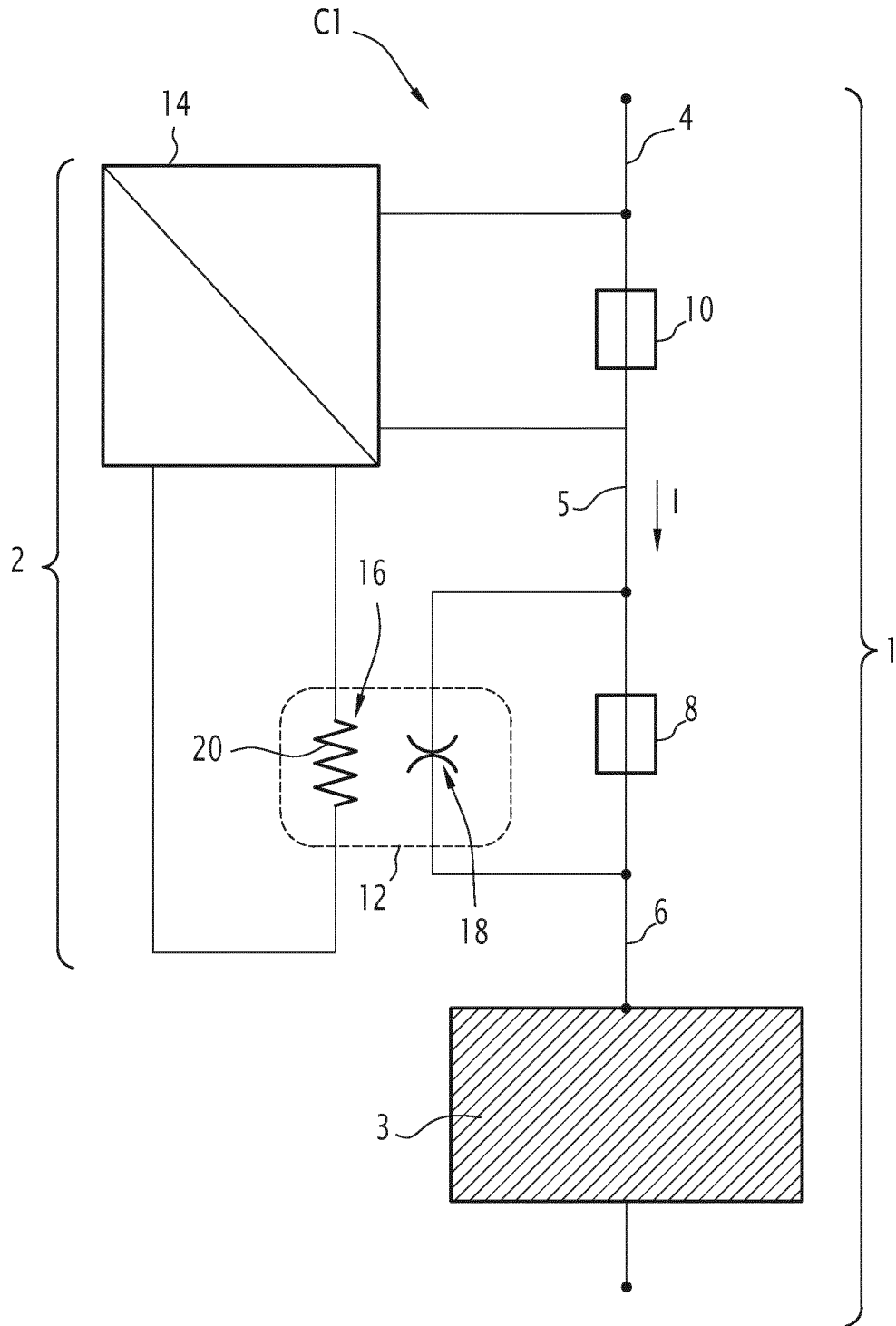


Fig.1

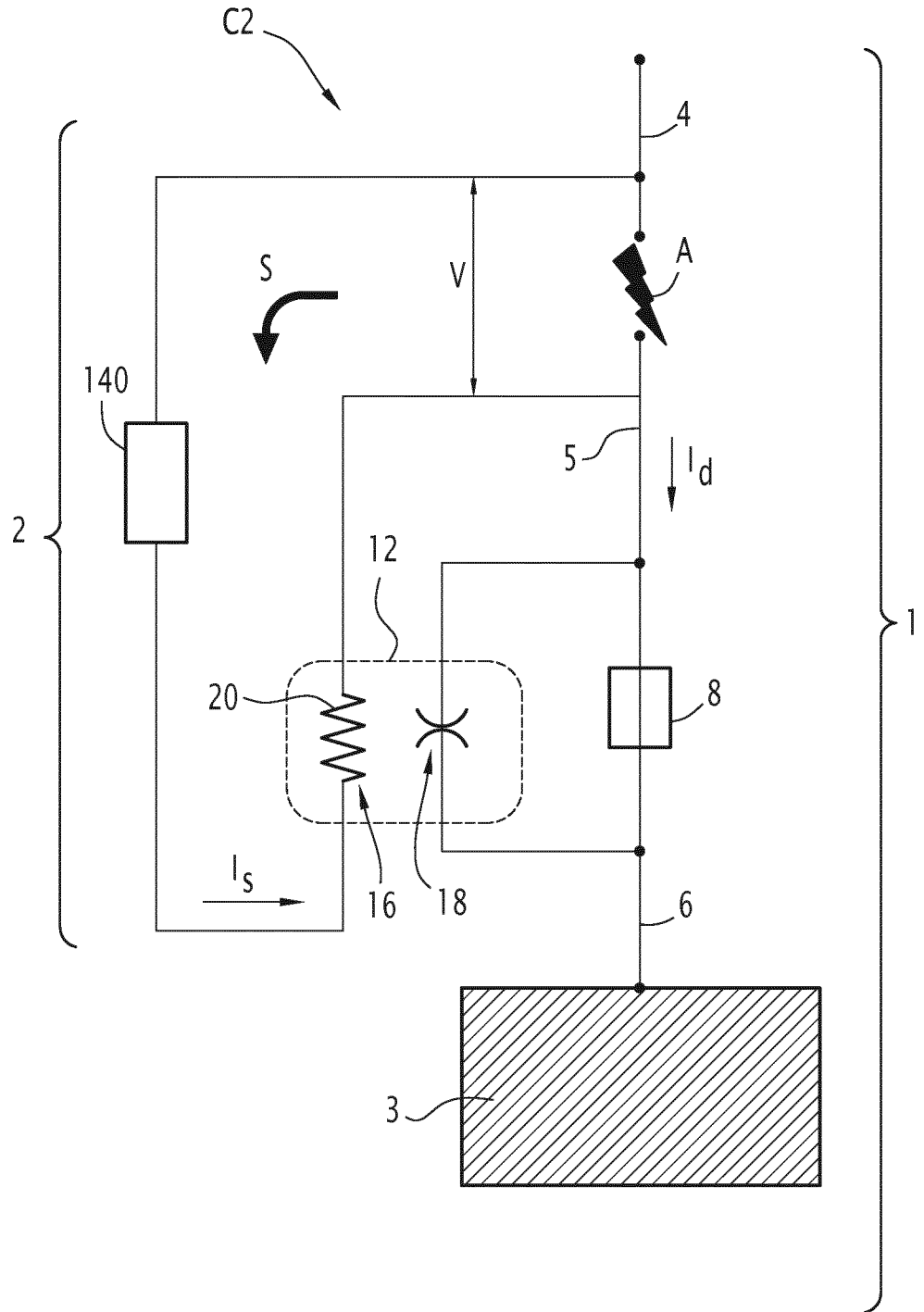


Fig.2

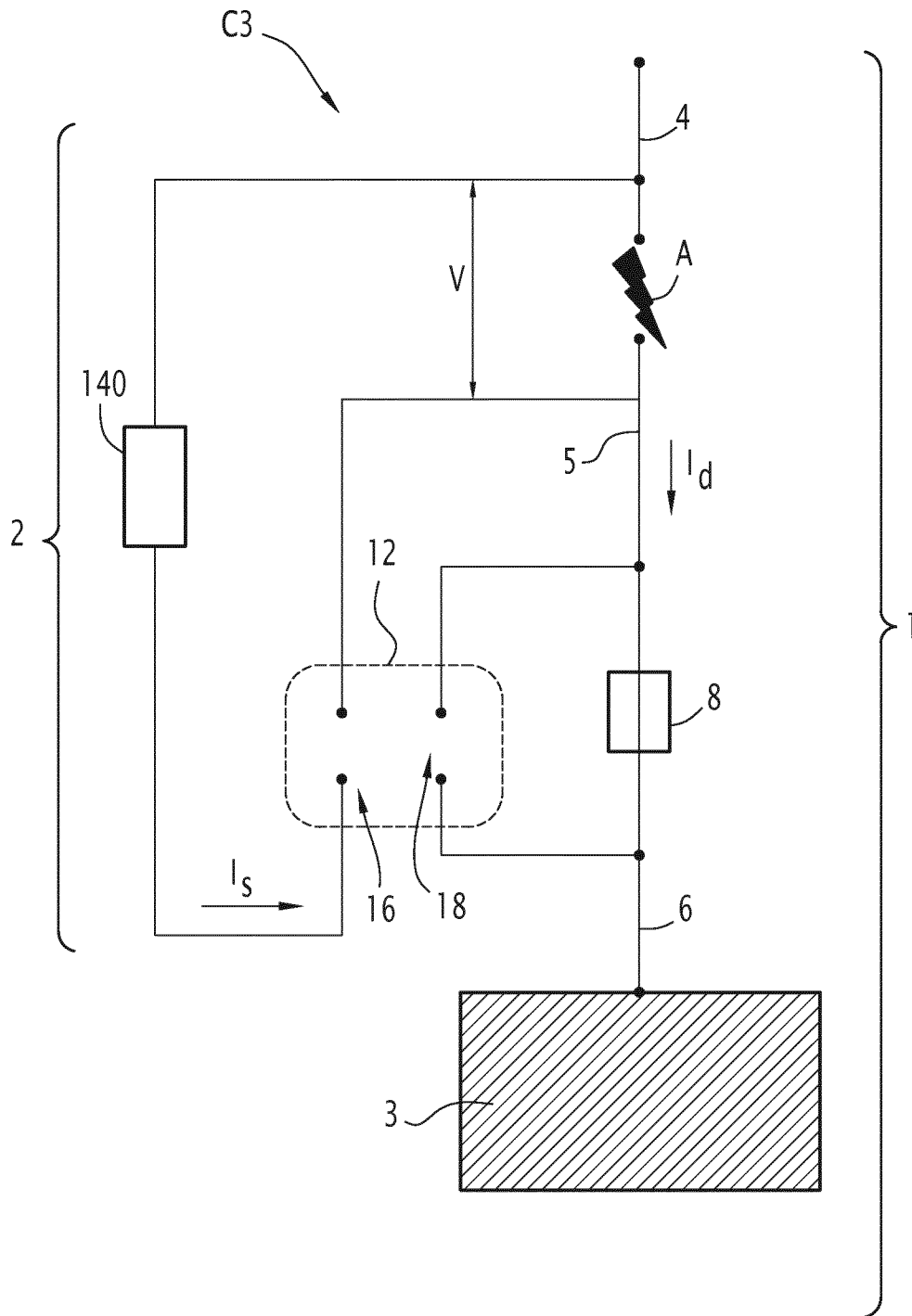


Fig.3

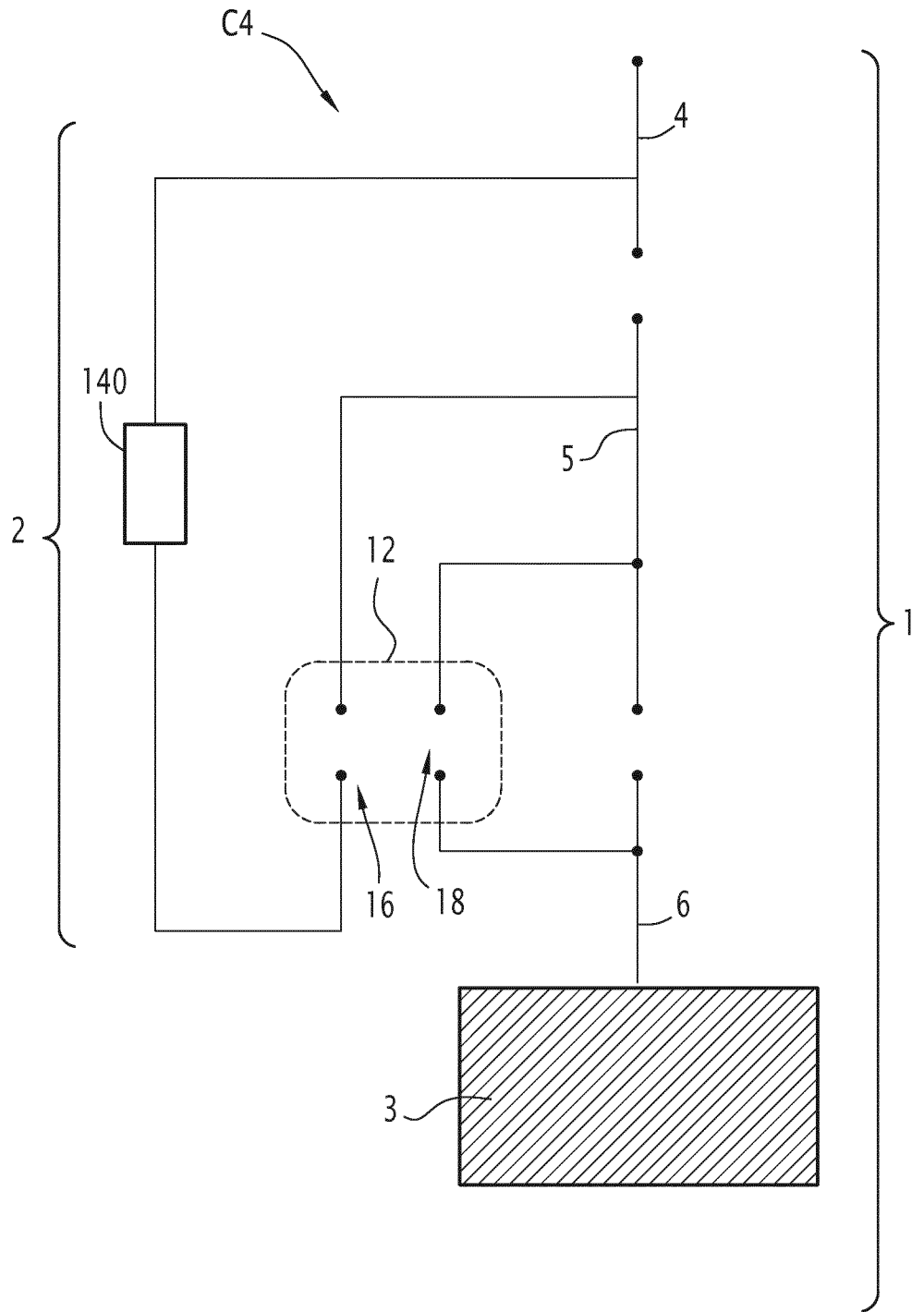
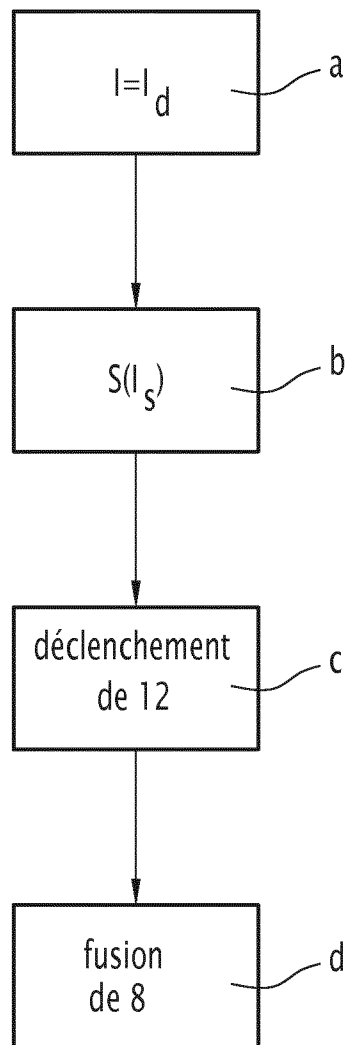


Fig.4

5/6

*Fig.5*

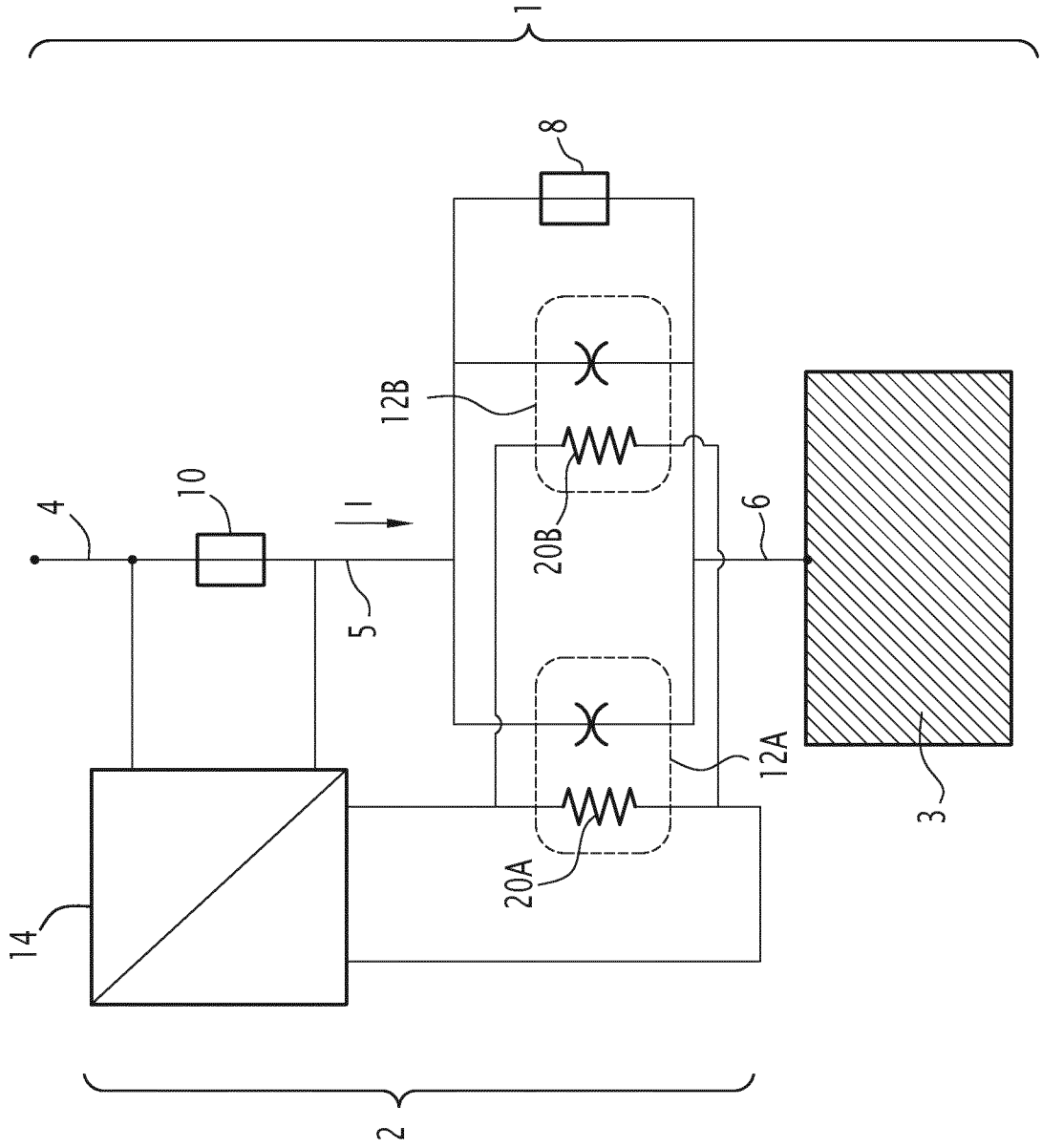


Fig.6

