

(19)



(11)

EP 3 888 111 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
24.05.2023 Bulletin 2023/21

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01H 9/10 (2006.01) H01H 39/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19806289.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01H 9/106; H01H 39/006

(22) Date de dépôt: **27.11.2019**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2019/082720

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2020/109375 (04.06.2020 Gazette 2020/23)

(54) **DISPOSITIF DE PROTECTION POUR UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE ET CIRCUIT ÉLECTRIQUE ÉQUIPÉ D'UN TEL DISPOSITIF**

VORRICHTUNG ZUM SCHUTZ EINER ELEKTRISCHEN SCHALTUNG UND ELEKTRISCHE SCHALTUNG MIT SOLCH EINER VORRICHTUNG

DEVICE FOR PROTECTING AN ELECTRICAL CIRCUIT, AND ELECTRICAL CIRCUIT COMPRISING SUCH A DEVICE

(84) Etats contractants désignés:

AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **GERLAUD, Antoine**
69120 VAULX-EN-VELIN (FR)
- **OEUVRARD, Jean-François**
69003 LYON (FR)

(30) Priorité: **28.11.2018 FR 1872010**

(74) Mandataire: **Lavoix**
62, rue de Bonnel
69448 Lyon Cedex 03 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
06.10.2021 Bulletin 2021/40

(73) Titulaire: **Mersen France SB SAS**
69720 Saint-Bonnet-de-Mure (FR)

(56) Documents cités:
DE-A1-102009 023 801 DE-A1-102018 207 247
FR-B1- 3 041 143 US-A- 4 920 446
US-A1- 2008 137 253 US-A1- 2010 023 286
US-A1- 2017 330 714

(72) Inventeurs:

- **CHAILLOUX, Thibaut**
69100 VILLEURBANNE (FR)

EP 3 888 111 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif de protection pour un circuit électrique, ainsi qu'un circuit électrique équipé d'un tel dispositif de protection.

[0002] Dans le domaine de protection d'un circuit électrique, FR-3 041 143-B1 décrit un dispositif de protection hybride comportant un fusible et un coupe-circuit pyrotechnique, aussi nommé « interrupteur pyroélectrique » ou « interrupteur pyrotechnique » ou bien « pyroswitch » en anglais, connectés en parallèle entre eux. Un fusible additionnel connecté en série avec une zone de puissance du coupe-circuit pyrotechnique génère une tension électrique lorsqu'il fond en cas de défaut électrique. Cette tension électrique sert de signal pour actionner le coupe-circuit pyrotechnique. Le dispositif de protection peut ainsi être commandé de façon autonome. Le brevet US-2008137253 cité par FR-3 041 143-B1 décrit un dispositif de protection hybride comportant un fusible et un coupe-circuit pyrotechnique, connectés en parallèle entre eux. Toutefois, il existe un risque qu'en cas de défaillance, le fusible parallèle ne remplisse pas sa fonction d'aide à l'ouverture du coupe-circuit, ce qui peut conduire à la perte totale de la fonction demandée. De plus, le document US 2017/330714 A1 divulgue un dispositif de protection selon le préambule de la revendication 1.

[0003] C'est à ces inconvénients qu'entend plus particulièrement remédier l'invention en proposant un nouveau dispositif de protection pour un circuit électrique présentant une fiabilité accrue.

[0004] Dans cet esprit, l'invention concerne un dispositif de protection selon la revendication 1.

[0005] Grâce à l'invention, le système de diagnostic permet de détecter une défaillance du dispositif de protection susceptible d'empêcher l'interrupteur pyrotechnique de couper le courant en cas de nécessité.

[0006] 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 :

- le dispositif de protection comporte en outre : un circuit de commande configuré pour élaborer et transmettre le signal de déclenchement à la zone de commande du composant de coupure ; un deuxième fusible raccordé en série entre le premier conducteur et le premier fusible et apte à fournir une tension d'alimentation au circuit de commande, le circuit de commande étant raccordé entre le deuxième fusible et la zone de commande du composant de coupure ;
- le système de diagnostic comporte un capteur additionnel agencé pour mesurer le courant qui circule dans la zone de puissance du composant de coupure ;
- le système de diagnostic comporte un capteur additionnel agencé pour mesurer le courant qui circule au travers du deuxième fusible ;

- le système de diagnostic comporte un capteur additionnel agencé pour mesurer le courant qui circule au travers de la zone de commande du composant de coupure ;
- 5 - le dispositif de protection comprend au moins deux composants de coupure dont les zones de puissance respectives sont raccordées en série avec le deuxième fusible entre le premier conducteur et le second conducteur, le système de diagnostic comprenant au moins deux capteurs additionnels, chacun agencé pour mesurer le courant qui circule dans la zone de commande d'un des composants de coupure ;
- 10 - le dispositif de protection comprend au moins deux composants de coupure raccordés en parallèle au premier fusible entre le premier conducteur et le second conducteur, le système de diagnostic comprenant au moins deux capteurs additionnels, chacun agencé pour mesurer le courant qui circule dans la zone de commande d'un des composants de coupure ;
- 15 - le système de diagnostic comporte en outre une sonde de température et alors que l'unité électronique de traitement est programmée pour corriger les mesures de courant fournies par le ou chaque capteur en fonction de la température mesurée ;
- l'unité électronique de traitement du système de diagnostic est connectée au circuit de commande et est en outre programmée pour générer un signal de déclenchement du composant de coupure lorsqu'elle détecte une défaillance du dispositif de protection ;
- 20 - le composant de coupure est un interrupteur pyrotechnique.

25 **[0007]** 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.

30 **[0008]** 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 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 :

- [Fig 1] 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 ;
- [Fig 2] La figure 2 est une représentation schématique du dispositif de protection à la figure 1, lorsqu'un deuxième fusible est fondu ;
- [Fig 3] La figure 3 est une représentation analogue à la figure 2, lorsque le coupe-circuit pyrotechnique est ouvert ;
- [Fig 4] La figure 4 est une représentation analogue à la figure 3, lorsqu'un premier fusible est fondu ;

- [Fig 5] La figure 5 est un schéma blocs d'un procédé de protection conforme à l'invention ; et
- [Fig 6] 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.

[0009] 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 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.

[0010] 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 .

[0011] 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 fu-

sible 8. On note 5 un conducteur intermédiaire reliant les fusibles 8 et 10 entre eux, qui est donc intercalé entre les conducteurs 4 et 6.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] Le dispositif de protection 2 comprend également un interrupteur pyroélectrique 12 et un circuit de commande 14.

[0017] 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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 ré-

sistance 20 et déclenche l'interrupteur pyroélectrique 12.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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 net-

tement 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.

[0030] À 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.

[0031] Un procédé de protection du circuit électrique 1, équipé du dispositif de protection 2, est mis en oeuvre 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.

[0032] 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. À 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. À 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.

[0033] 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.

[0034] 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. À 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.

[0035] 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.

[0036] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le dispositif de protection 2 comprend deux interrupteurs pyroélectriques semblables à l'interrupteur pyrotechnique 12. Les deux interrupteurs pyroélectriques

ques 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 comporte une résistance électrique 20. Les résistances électriques sont en parallèle et sont ainsi traversées par une partie du courant électrique de déclenchement I_s qui provoque le réchauffement de ces résistances, comme expliqué ci-dessus.

[0037] 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.

[0038] 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, selon une variante non illustrée, chaque interrupteur pyroélectrique 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.

[0039] 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.

[0040] Dans tous ces modes de réalisation, le dispositif 2 comporte en outre un système de diagnostic 30 comprenant au moins un capteur, par exemple pour mesurer le courant qui circule dans l'interrupteur pyrotechnique 12, notamment du courant qui circule dans le fusible 8, et une unité électronique de traitement programmée pour détecter une défaillance du dispositif de protection en fonction des valeurs de courant mesurées. Dans des modes de réalisation, le système de diagnostic 30 comprend un premier capteur 32 pour mesurer le courant I_s qui circule dans la zone de commande 16 et un deuxième capteur 34 pour mesurer le courant I qui circule dans la zone de puissance 18. L'unité électronique de traitement est programmée pour comparer les valeurs de courant mesurées par le premier capteur 32 et le deuxième capteur 34 et pour détecter une défaillance du dispositif de protection 2 en fonction des valeurs de courant mesurées.

[0041] Dans le mode de réalisation des figures 1 à 4, le système 30 comporte un capteur 32 pour mesurer le courant qui circule dans le fusible 8. En option, dans le mode de réalisation spécifiquement illustré à la figure 3, le système 30 peut en plus comporter un capteur 34 qui mesure le courant qui circule dans la zone de commande 16.

[0042] On comprend que le fonctionnement du dispositif de protection 2 tel que décrit précédemment en référence aux figures 1 à 5 est indépendant du positionnement des capteurs 32 et 34 et que la description qui en a été faite est transposable aux autres modes de réalisation dans lesquels le ou les capteurs du système de diagnostic 30 sont disposés différemment.

[0043] Comme illustré dans le mode de réalisation de la figure 6, au moins un capteur 34 du système de diagnostic 30 est agencé pour mesurer le courant dans le fusible 8, par exemple en étant connecté en série avec le fusible 8. Le système de diagnostic 30 peut alors comporter un ou plusieurs capteurs additionnels 32 qui peuvent être connectés avec le composant de coupure 12, par exemple avec la zone de commande 16 comme illustré sur les figures 3 et 6 et/ou avec la zone de puissance 18 et/ou avec le fusible 10.

[0044] Le système de diagnostic 30 permet de détecter l'apparition d'une défaillance pouvant affecter le bon fonctionnement du dispositif de protection 2, comme par exemple la défaillance de la zone de commande 16, une défaillance du fusible 10, une défaillance du fusible 8 associé au composant de coupure 12, ou la rupture accidentelle d'un des connecteurs.

[0045] En pratique, selon des exemples, en l'absence de défaillance du dispositif de protection 2, la valeur du courant I_s mesurée par le capteur 34 est liée à la valeur du courant I mesurée par un autre capteur. Par exemple, ces deux valeurs de courant I et I_s sont liées par une relation de proportionnalité qui est fonction de la température du dispositif de protection 2.

[0046] Par exemple, on considère qu'une défaillance est présente dans le dispositif de protection 2 si la valeur du courant I_s mesurée par le capteur 34 est nulle alors que la valeur du courant I mesurée par l'autre capteur n'est pas nulle.

[0047] Selon des exemples de mise en oeuvre, le système de diagnostic comporte une première unité électronique de traitement 36 qui est connectée à une deuxième unité électronique de traitement 38 distante, par l'intermédiaire d'une liaison de données 40.

[0048] La deuxième unité de traitement 38 est par exemple configurée pour, dès réception d'un signal indiquant une défaillance, déclencher des mesures de mise en sécurité du circuit 1, comme par exemple déconnecter la source électrique alimentant le circuit 1 ou déconnecter la charge électrique 3, par exemple au moyen d'un contacteur ou d'un interrupteur, non illustrés.

[0049] Selon un premier exemple, le premier capteur 32 et le deuxième capteur 34 sont tous les deux raccordés à la première unité de traitement 36. La comparaison et la détection d'une défaillance sont réalisées par la première unité de traitement 36. La première unité de traitement 36 est en outre programmée pour envoyer un signal de détection d'un défaut à destination de la deuxième unité de traitement 38 par l'intermédiaire du bus 40.

[0050] Selon un deuxième exemple, comme illustré sur la figure 3, le premier capteur 32 est raccordé à la première unité de traitement 36. Le deuxième capteur 34 est raccordé à la deuxième unité de traitement 38. La comparaison et la détection d'une défaillance sont réalisées par la deuxième unité de traitement 36. La première unité de traitement 36 est en outre programmée pour transmettre la valeur de courant mesurée par le capteur de courant auquel elle est connectée à destination de la

deuxième unité de traitement 38 par l'intermédiaire du bus 40.

[0051] Ces exemples peuvent être généralisés à des variantes comportant un nombre de capteurs 32, 34 différent de deux et/ou dans lequel le ou les capteurs 32, 34 sont disposés différemment.

[0052] De préférence, les capteurs 32 et/ou 34 sont des capteurs de courant. Par exemple, les capteurs de courant 32 et/ou 34 sont des capteurs de type à effet Hall ou des capteurs à effet inductif ou des transformateurs de courant.

[0053] En variante, les capteurs 32 et/ou 34 comportent un capteur de tension qui mesure la tension électrique aux bornes d'une résistance.

[0054] Selon encore une autre variante, les capteurs 32 et/ou 34 incluent un dispositif d'injection de courant incluant une bobine entourant la branche du circuit dans laquelle circule le courant à mesurer, le dispositif étant apte à injecter dans la branche, au moyen de la bobine, un courant électrique présentant une forme prédéfinie (par ex. une impulsion ou un signal sinusoïdal). Le dispositif comporte une deuxième bobine entourant ladite branche et permettant de mesurer le courant total circulant dans ladite branche, et un circuit de traitement permet de déterminer automatiquement la valeur et/ou la forme de signal du courant à mesurer circulant dans ladite branche.

[0055] Selon des variantes non illustrées, la mesure du courant I par le système 30 est réalisée indirectement, en mesurant des propriétés électriques de la charge 3. Ainsi, le capteur correspondant n'est pas associé à un conducteur électrique du circuit 1 mais, au contraire, est associé à la charge 3. Le deuxième capteur 34 n'est alors pas nécessairement un capteur de courant.

[0056] Les unités de traitement 36 et 38 comportent par exemple un circuit électronique dédié et/ou un microcontrôleur programmable.

[0057] La liaison de données 40 est une liaison filaire, par exemple un bus de terrain tel qu'un bus CAN ou un bus LIN, ou encore une liaison sans fil.

[0058] Selon des variantes, afin de gagner en compacité, les différents constituants du système de diagnostic 30 peuvent être intégrés dans un même boîtier.

[0059] Selon des exemples, au moins une partie des constituants du système de diagnostic 30 peuvent être intégrés dans un même élément électronique, tel qu'un circuit intégré de type ASIC.

[0060] Selon d'autres modes de réalisation, dont un exemple est illustré sur la figure 6, le système de diagnostic 30 précédemment décrit est modifié de sorte que le deuxième capteur 34 est agencé pour mesurer le courant qui circule au travers du premier fusible 8.

[0061] Dans ce cas, l'unité électronique de traitement est toujours programmée pour comparer les valeurs de courant mesurées par le premier capteur 32 et le deuxième capteur 34 et pour détecter une défaillance du dispositif de protection 2 en fonction des valeurs de courant mesurées, mais peut se baser sur une formule de calcul

différente de celle décrite. Ainsi, il n'est pas nécessaire de mesurer le courant qui circule dans la zone de puissance 18.

[0062] Selon d'autres variantes, comme expliqué ci-dessus, un capteur additionnel analogue au deuxième capteur 34 peut être agencé pour mesurer le courant qui circule au travers du deuxième fusible 10. Cela permet de déterminer si le deuxième fusible 10 est toujours électriquement conducteur et que le circuit 14 est toujours apte à être alimenté par la tension V fournie par le deuxième fusible 10.

[0063] Selon des implémentations alternatives, le système de diagnostic comporte un seul capteur 32 ou 34 pour mesurer le courant. Dans ce cas, le capteur 32 ou 34 est agencé pour mesurer le courant qui circule au travers du fusible 8.

[0064] Dans ce cas, l'unité électronique de traitement 36, 38 est programmée pour détecter une défaillance du dispositif de protection 2 sur la base des valeurs de courant mesurées par le seul capteur 32 ou 34.

[0065] En pratique, mesurer le courant qui circule dans le fusible 8 permet de vérifier si ce fusible est toujours électriquement conducteur.

[0066] Selon des variantes non illustrées, un système de diagnostic analogue au système de diagnostic 30 peut être utilisé dans les modes de réalisation du dispositif de protection 2 comprenant plusieurs composants de coupure 12.

[0067] Par exemple, une implémentation du dispositif de protection 2 comporte deux interrupteurs pyroélectriques 12A, 12B dont les zones de puissance respectives 18 sont raccordées en série avec le deuxième fusible 10 entre le premier conducteur 4 et le second conducteur 6. Le système de diagnostic 30 comprend alors au moins deux capteurs, par exemple analogues au capteur 32, chacun des deux capteurs étant agencé pour mesurer le courant qui circule dans la zone de commande d'un des deux interrupteurs pyrotechniques. Dans ce cas, l'unité électronique de traitement est programmée pour comparer les valeurs de courant mesurées par les deux capteurs afin de détecter une défaillance du dispositif de protection 2. Cette variante peut être transposée au cas où le dispositif 2 comporte plus de deux interrupteurs pyroélectriques.

[0068] Dans un autre exemple, une implémentation alternative du dispositif de protection 2 comporte deux interrupteurs pyroélectriques 12A, 12B dont les zones de puissance respectives 18 sont raccordées en parallèle au premier fusible 8 entre le premier conducteur 4 et le second conducteur 6. Le système de diagnostic 30 comprend alors au moins deux capteurs, par exemple analogues au capteur 32, chacun des deux capteurs étant associé à l'un des deux interrupteurs pyrotechniques. Par exemple, chacun desdits capteurs est agencé pour mesurer le courant qui circule dans la zone de commande d'un des deux interrupteurs pyrotechniques.

[0069] Selon d'autres aspects, le système de diagnostic 30 selon l'un quelconque des modes de réalisation

présentés ci-dessus peut comporter un capteur de température, de préférence installé à proximité ou au contact du dispositif 2. Dans ce cas, l'unité électronique de traitement est programmée pour corriger les mesures de courant fournies par le ou chaque capteur 32 et/ou 34 en fonction de la température mesurée.

[0070] Les différents modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent être généralisés à un composant de coupure 12 différent d'un interrupteur pyrotechnique 12, tel qu'un interrupteur de puissance commandable par un signal d'actionnement.

[0071] Par exemple, en variante, l'interrupteur pyrotechnique 12 peut être remplacé par un composant de coupure 12 électronique tel qu'un disjoncteur ou un contacteur. Dans ce cas, la zone de puissance 18 correspond à une zone de coupure à contacts séparables, et la zone de commande 16 correspond à un mécanisme de déclenchement apte à être commandé par une tension électrique pour ouvrir les contacts de la zone de puissance 18. Selon d'autres exemples, le composant de coupure 12 comporte un transistor de puissance, la zone de commande 16 correspondant alors à une électrode de commande du transistor, telle que la grille du transistor.

[0072] Selon des variantes, le deuxième fusible 10 peut être omis. Dans ce cas, le circuit de commande 14 peut être omis. Le signal de déclenchement S du composant de coupure 12 est alors généré par un circuit de commande extérieur, ou par le système de diagnostic 30.

[0073] Les variantes envisagées ci-dessus peuvent être combinées entre elles pour générer de nouveaux modes de réalisation de l'invention.

Revendications

1. Dispositif (2) de protection pour un circuit électrique (1) configuré pour transmettre un courant électrique (I), le dispositif de protection comportant :

- un premier conducteur (4) et un second conducteur (6),
- un premier fusible (8) raccordé au second conducteur (6),
- au moins un composant de coupure (12) d'un courant électrique raccordé en parallèle au premier fusible, le composant de coupure (12) 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, et
- un système de diagnostic (30) comprenant au moins un capteur (32, 34) pour mesurer le courant qui circule dans le fusible (8) et une unité électronique de traitement (36, 38),

caractérisé en ce que l'unité électronique de traitement est programmée pour détecter une défaillance

du dispositif de protection (2) en fonction des valeurs de courant mesurées.

2. Dispositif (2) de protection selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif (2) de protection comporte en outre :

- un circuit (14) de commande configuré pour élaborer et transmettre le signal de déclenchement (S) à la zone de commande du composant de coupure (12) ;
- un deuxième fusible (10) raccordé en série entre le premier conducteur (4) et le premier fusible (8) et apte à fournir une tension (V) d'alimentation au circuit de commande (14), le circuit de commande étant raccordé entre le deuxième fusible (10) et la zone de commande (16) du composant de coupure (12).

3. Dispositif (2) de protection selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** le système de diagnostic (30) comporte un capteur additionnel agencé pour mesurer le courant qui circule dans la zone de puissance (18) du composant de coupure (12).

4. Dispositif de protection selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le système de diagnostic (30) comporte un capteur additionnel agencé pour mesurer le courant qui circule au travers du deuxième fusible (10).

5. Dispositif de protection selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système de diagnostic (30) comporte un capteur additionnel (32) agencé pour mesurer le courant qui circule au travers de la zone de commande (16) du composant de coupure (12).

6. Dispositif (2) de protection selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins deux composants de coupure (12) dont les zones de puissance respectives (18) sont raccordées en série avec le deuxième fusible (10) entre le premier conducteur (4) et le second conducteur (6), le système de diagnostic (30) comprenant au moins deux capteurs additionnels, qui sont chacun agencés pour mesurer le courant qui circule dans la zone de commande d'un des composants de coupure.

7. Dispositif (2) de protection selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins deux composants de coupure (12) raccordés en parallèle au premier fusible (8) entre le premier conducteur (4) et le second conducteur (6), le système de diagnostic (30) comprenant au moins deux capteurs additionnels, qui sont chacun agencés pour mesurer le courant qui circule

dans la zone de commande d'un des composants de coupure.

8. Dispositif (2) de protection selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système de diagnostic (30) comporte en outre une sonde de température et **en ce que** l'unité électronique de traitement (36, 38) est programmée pour corriger les mesures de courant fournies par le ou chaque capteur (32, 34) en fonction de la température mesurée.
9. Dispositif (2) de protection selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'unité électronique de traitement (36, 38) du système de diagnostic (30) est connectée au circuit (14) de commande et est en outre programmée pour générer un signal de déclenchement (S) du composant de coupure (12) lorsqu'elle détecte une défaillance du dispositif de protection (2).
10. Dispositif (2) de protection selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le composant de coupure (12) est un interrupteur pyrotechnique.
11. Circuit électrique (1) configuré pour être alimenté par un courant électrique (I), le circuit électrique étant équipé d'un dispositif de protection (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes.

Patentansprüche

1. Schutzvorrichtung (2) für einen elektrischen Schaltkreis (1), der konfiguriert ist, um einen elektrischen Strom (I) zu übertragen, die Schutzvorrichtung umfassend:
- einen ersten Leiter (4) und einen zweiten Leiter (6);
 - eine erste Sicherung (8), die mit dem zweiten Leiter (6) verbunden ist,
 - mindestens eine Unterbrechungskomponente (12) eines elektrischen Stroms, die parallel zu der ersten Sicherung verbunden ist, die Unterbrechungskomponente (12) umfassend einen Steuerbereich (16), der geeignet ist, um ein Auslösesignal (S) zu empfangen, und einen Leistungsbereich (18) für den Durchgang des elektrischen Stroms, und
 - ein Diagnosesystem (30), umfassend mindestens einen Sensor (32, 34) zum Messen des Stroms, der durch die Sicherung (8) fließt, und eine elektronische Verarbeitungseinheit (36, 38),

dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische

Verarbeitungseinheit programmiert ist, um abhängig von den gemessenen Stromwerten eine Störung der Schutzvorrichtung (2) zu erkennen.

2. Schutzvorrichtung (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzvorrichtung (2) ferner Folgendes umfasst:
- eine Steuerschaltung (14), die konfiguriert ist, um das Auslösesignal (S) zu erarbeiten und an den Steuerbereich der Unterbrechungskomponente (12) zu übertragen;
 - eine zweite Sicherung (10), die zwischen dem ersten Leiter (4) und der ersten Sicherung (8) in Reihe verbunden und geeignet ist, um der Steuerschaltung (14) eine Versorgungsspannung (V) bereitzustellen, wobei die Steuerschaltung zwischen der zweiten Sicherung (10) und dem Steuerbereich (16) der Unterbrechungskomponente (12) verbunden ist.
3. Schutzvorrichtung (2) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Diagnosesystem (30) einen zusätzlichen Sensor umfasst, der angeordnet ist, um den Strom zu messen, der in dem Leistungsbereich (18) der Unterbrechungskomponente (12) fließt.
4. Schutzvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Diagnosesystem (30) einen zusätzlichen Sensor umfasst, der angeordnet ist, um den Strom zu messen, der durch die zweite Sicherung (10) fließt.
5. Schutzvorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Diagnosesystem (30) einen zusätzlichen Sensor (32) umfasst, der angeordnet ist, um den Strom zu messen, der durch den Steuerbereich (16) der Unterbrechungskomponente (12) fließt.
6. Schutzvorrichtung (2) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens zwei Unterbrechungskomponenten (12) umfasst, deren jeweilige Leistungsbereiche (18) mit der zweiten Sicherung (10) zwischen dem ersten Leiter (4) und dem zweiten Leiter (6) in Reihe verbunden ist, das Diagnosesystem (30) umfassend mindestens zwei zusätzliche Sensoren, die jeweils angeordnet sind, um den Strom zu messen, der durch den Steuerbereich einer der Unterbrechungskomponenten fließt.
7. Schutzvorrichtung (2) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens zwei Unterbrechungskomponenten (12) umfasst, die parallel zu der ersten Sicherung (8) zwischen dem ersten Leiter (4) und dem zweiten Leiter (6) verbunden sind, das Diagnosesystem (30) um-

fassend mindestens zwei zusätzliche Sensoren, die jeweils angeordnet sind, um den Strom zu messen, der durch den Steuerbereich einer der Unterbrechungskomponenten fließt.

8. Schutzvorrichtung (2) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Diagnosesystem (30) ferner einen Temperatursensor umfasst, und dass die elektronische Verarbeitungseinheit (36, 38) programmiert ist, um die von dem oder jedem Sensor (32, 34) gelieferten Strommessungen abhängig von der gemessenen Temperatur zu korrigieren.
9. Schutzvorrichtung (2) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Verarbeitungseinheit (36, 38) des Diagnosesystems (30) mit der Steuerschaltung (14) verbunden und ferner programmiert ist, um ein Auslösesignal (S) für die Unterbrechungskomponente (12) zu erzeugen, wenn sie eine Störung der Schutzvorrichtung (2) erkennt.
10. Schutzvorrichtung (2) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterbrechungskomponente (12) ein pyrotechnischer Schalter ist.
11. Elektrischer Schaltkreis (1), der konfiguriert ist, um mit einem elektrischen Strom (I) versorgt zu werden, wobei der elektrische Schaltkreis mit einer Schutzvorrichtung (2) nach einem der vorherigen Ansprüche ausgestattet ist.

Claims

1. A device (2) for protecting an electrical circuit (1) configured to transmit an electrical current (I), the protection device comprising:
- a first conductor (4) and a second conductor (6),
 - a first fuse (8) connected to the second conductor (6),
 - at least one circuit breaker (12) for cutting off an electrical current connected in parallel to the first fuse, the circuit breaker (12) comprising a control zone (16), capable of receiving a tripping signal (S), and a power zone (18) for the passage of the electrical current, and
 - a diagnostic system (30) comprising at least one sensor (32, 34) for measuring the current flowing in the fuse (8) and an electronic processing unit (36, 38),

characterized in that the electronic processing unit is programmed to detect a fault of the protection device (2) depending on the measured current values.

2. The protection device (2) according to claim 1, **characterized in that** the protection device (2) further comprises:

- a control circuit (14) configured to produce and transmit the tripping signal (S) to the control zone of the circuit breaker (12).
- a second fuse (10) connected in series between the first conductor (4) and the first fuse (8) and capable of supplying a supply voltage (V) to the control circuit (14), the control circuit being connected between the second fuse (10) and the control zone (16) of the circuit breaker (12).

3. The protection device (2) according to claim 1 or claim 2, **characterized in that** the diagnostic system (30) comprises an additional sensor arranged to measure the current flowing in the power zone (18) of the circuit breaker (12).

4. The protection device (2) according to claim 2, **characterized in that** the diagnostic system (30) comprises an additional sensor arranged to measure the current flowing through the second fuse (10).

5. The protection device (2) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the diagnostic system (30) comprises an additional sensor (32) arranged to measure the current flowing through the control zone (16) of the circuit breaker (12).

6. The protection device (2) according to claim 2, **characterized in that** it comprises at least two circuit breakers (12) whose respective power zones (18) are connected in series with the second fuse (10) between the first conductor (4) and the second conductor (6), the diagnostic system (30) comprising at least two additional sensors, which are each arranged to measure the current flowing through the control zone of one of the circuit breakers.

7. The protection device (2) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises at least two circuit breakers (12) connected in parallel to the first fuse (8) between the first conductor (4) and the second conductor (6), the diagnostic system (30) comprising at least two additional sensors, which are each arranged to measure the current flowing in the control zone of one of the circuit breakers.

8. The protection device (2) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the diagnostic system (30) further comprises a temperature sensor and **in that** the electronic processing unit (36, 38) is programmed to correct the current measurements provided by the or each sensor (32, 34)

depending on the measured temperature.

9. The protection device (2) according to claim 2, **characterized in that** the electronic processing unit (36, 38) of the diagnostic system (30) is connected to the control circuit (14) and is further programmed to produce a tripping signal (S) of the circuit breaker (12) when it detects a fault of the protection device (2). 5
10. The protection device (2) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the circuit breaker (12) is a pyrotechnic breaker. 10
11. An electrical circuit (1) configured to be supplied with an electrical current (I), the electrical circuit being equipped with a protection device (2) according to any one of the preceding claims. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

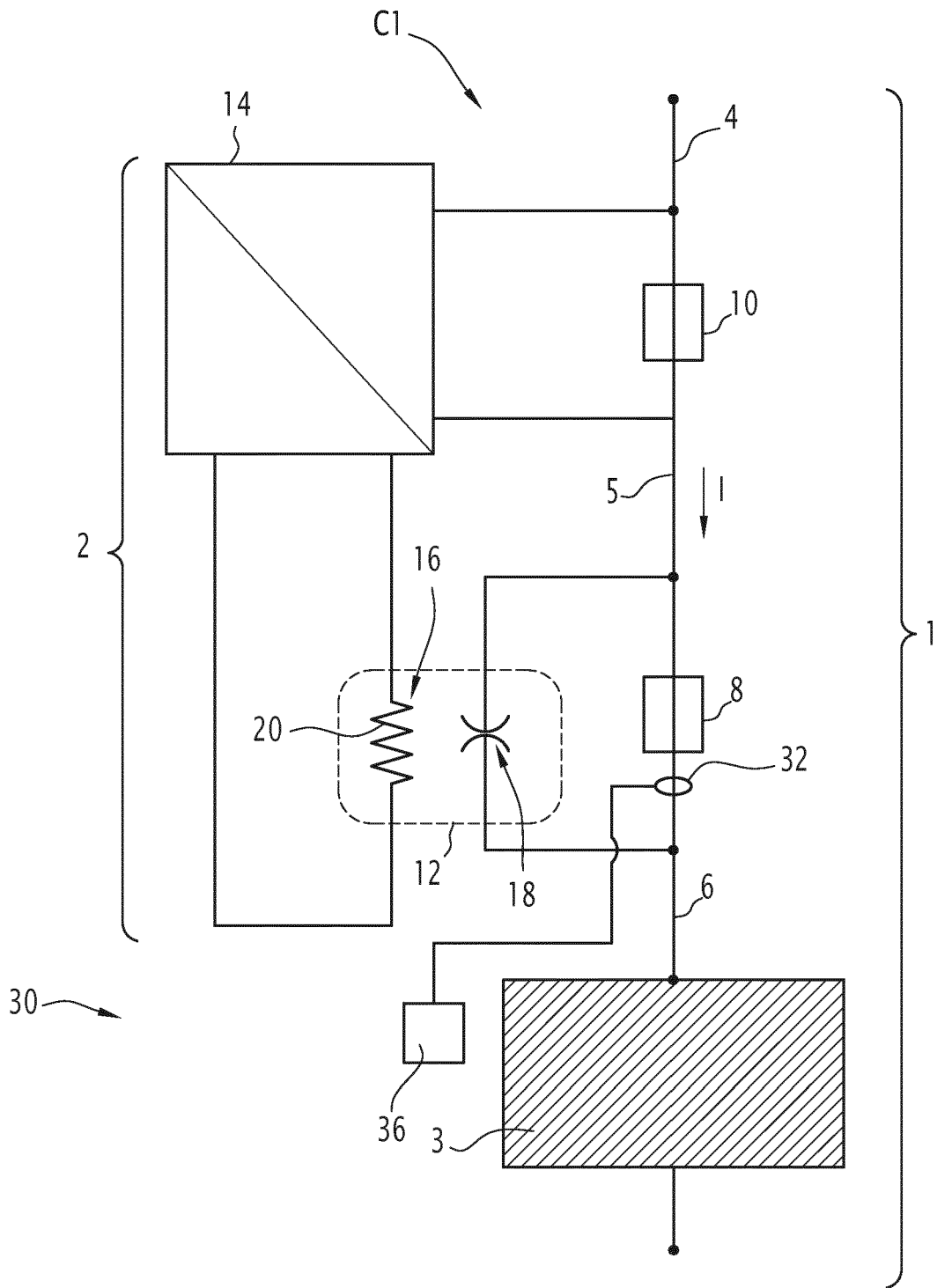


FIG.1

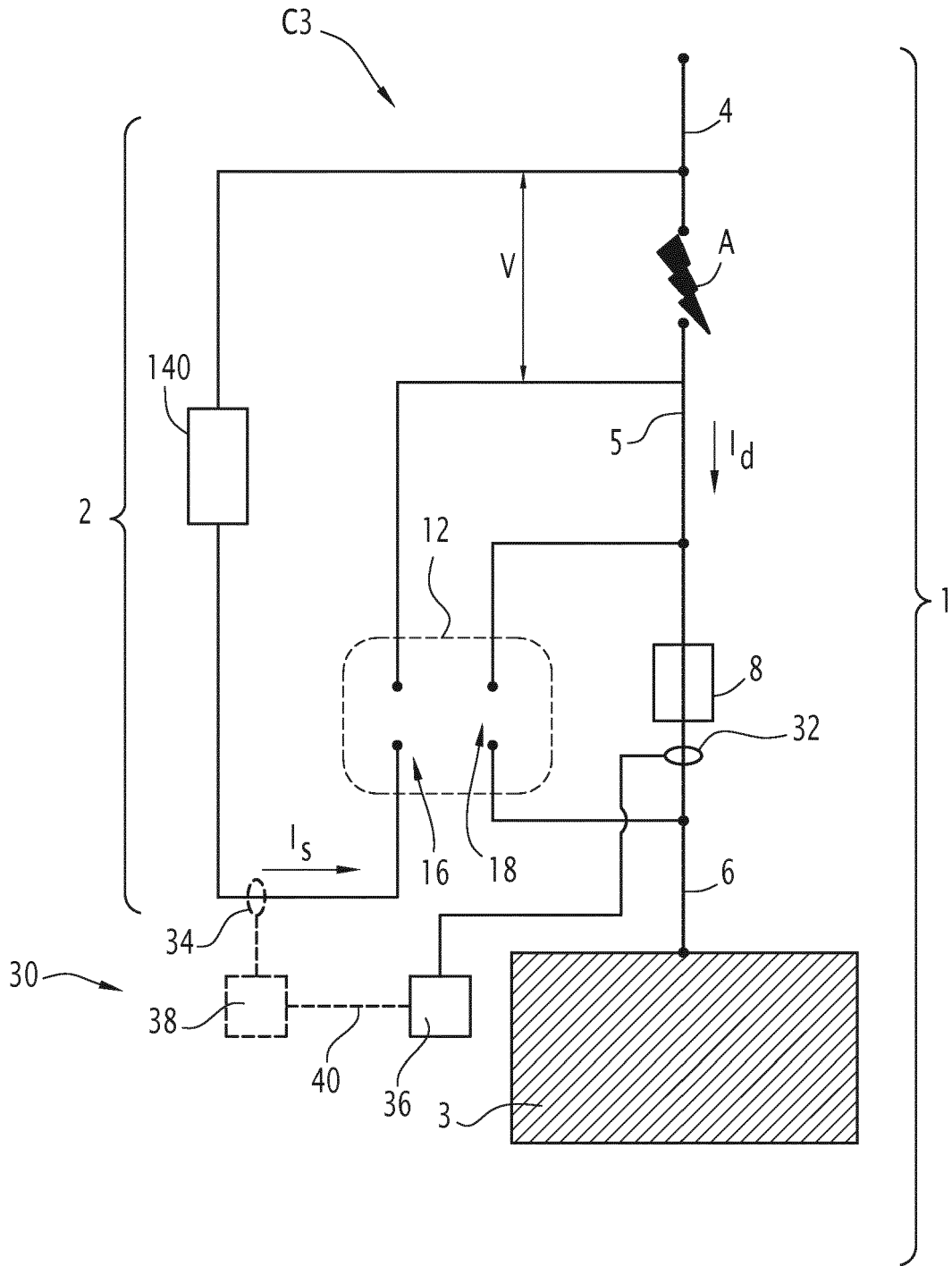


FIG.3

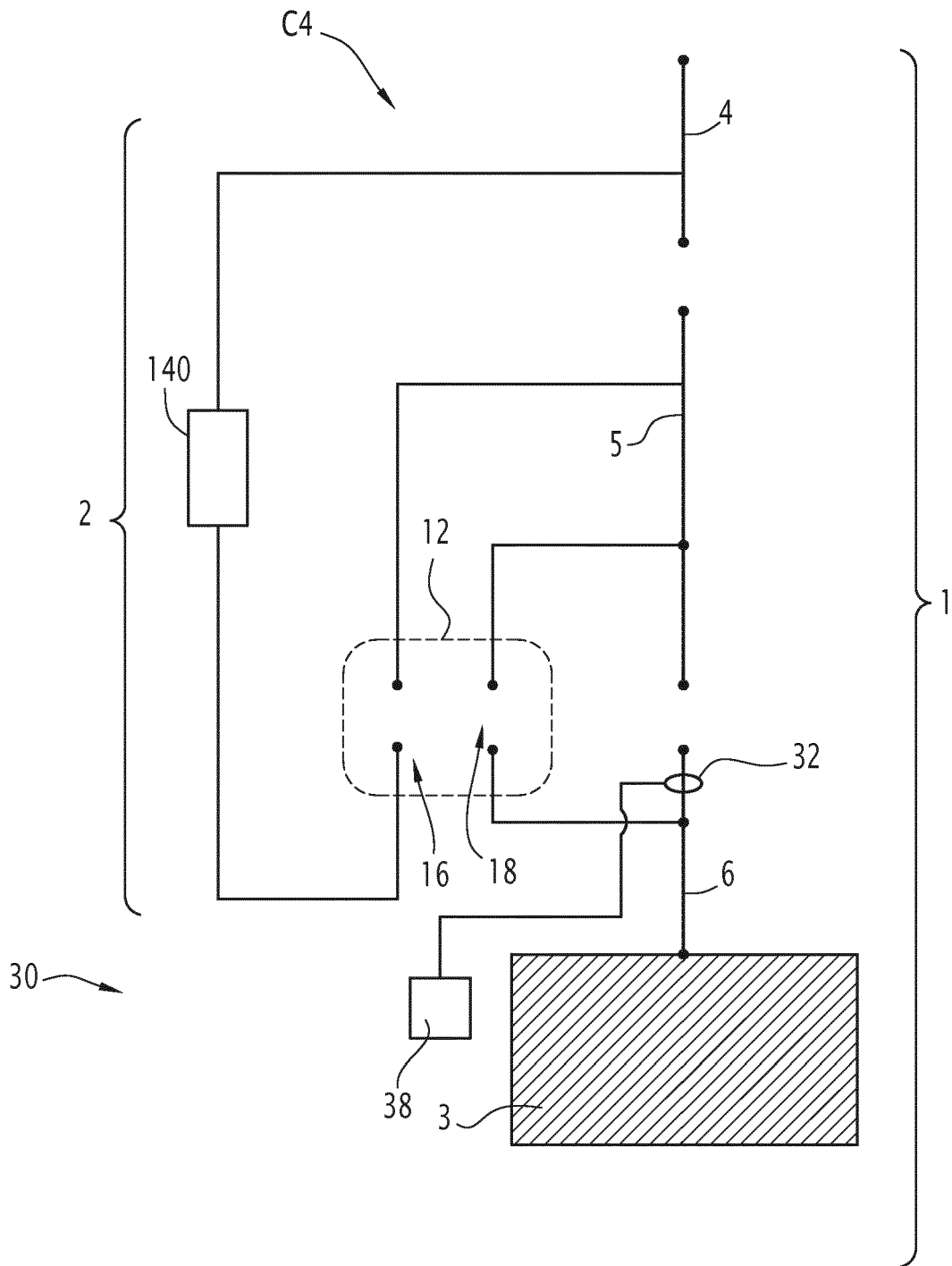


FIG. 4

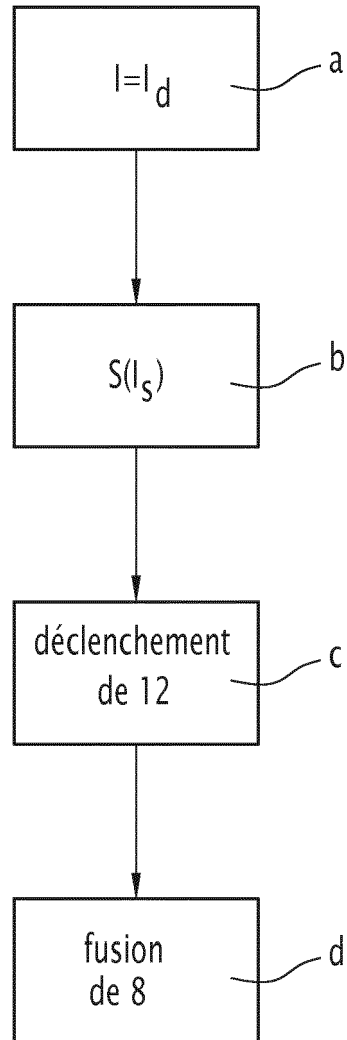


FIG.5

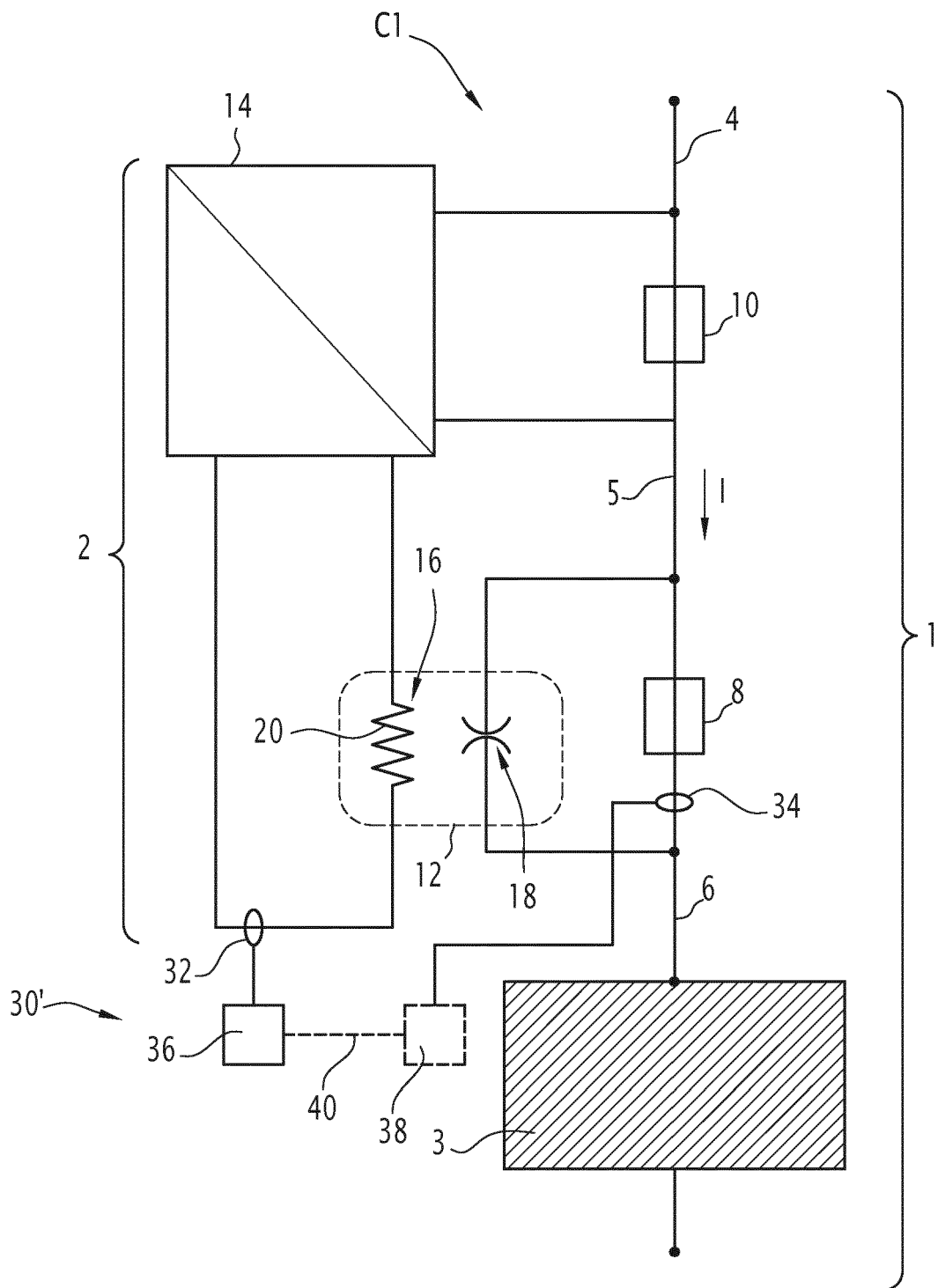


FIG. 6

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 3041143 B1 [0002]
- US 2017330714 A1 [0002]
- US 2008137253 A [0002]