



(11) **EP 3 389 072 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**17.10.2018 Bulletin 2018/42**

(51) Int Cl.:  
**H01H 47/04 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **18166607.4**

(22) Date de dépôt: **10.04.2018**

(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**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(71) Demandeur: **Schneider Electric Industries SAS**  
**92500 Rueil-Malmaison (FR)**

(72) Inventeur: **LAPIERE, Christophe**  
**38050 Grenoble Cedex 09 (FR)**

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

(30) Priorité: **11.04.2017 FR 1753164**

(54) **PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UN APPAREIL DE COUPURE DE COURANT ÉLECTRIQUE, ACTIONNEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE COMPRENANT UN CIRCUIT DE MISE EN OEUVRE DE CE PROCÉDÉ ET APPAREIL ÉLECTRIQUE DE COUPURE COMPRENANT UN TEL ACTIONNEUR**

(57) Ce procédé de commande d'un appareil de coupure comporte la mise en oeuvre d'une limitation de la valeur d'intensité du courant d'alimentation d'une bobine d'un l'actionneur, comportant des étapes :

- a) d'acquisition (100) d'une valeur limite de courant d'alimentation ;
- b) de génération (102) d'une valeur de référence représentative de la valeur limite de courant d'alimentation ;
- c) d'acquisition (104) d'un signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation circulant au travers de la

bobine ;

- d) de comparaison (106) du signal de référence avec le signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation ;
- e) d'inhibition (108) de l'alimentation en courant de la bobine, tant que l'intensité du courant d'alimentation a une valeur supérieure ou égal à la valeur de référence, l'alimentation en courant de la bobine étant rétablie lorsque l'intensité du courant d'alimentation redevient inférieure à la valeur de référence.

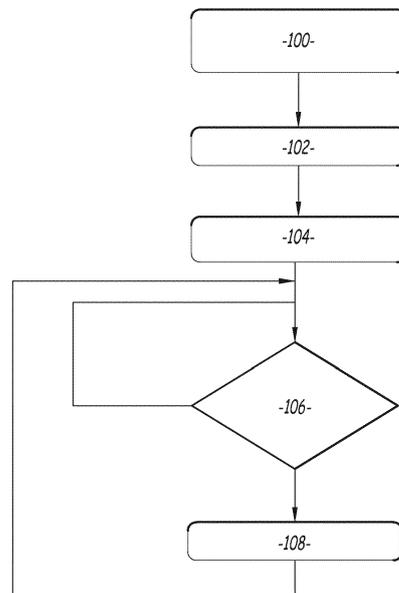


Fig.3

EP 3 389 072 A1

## Description

**[0001]** La présente invention concerne un procédé de commande d'un appareil de coupure d'un courant électrique comprenant un actionneur électromagnétique. L'invention concerne également un actionneur électromagnétique comprenant un circuit de commande pour la mise en oeuvre de ce procédé et un appareil électrique de coupure comprenant un tel actionneur électromagnétique.

**[0002]** L'invention est plus généralement applicable au domaine technique des appareils de coupure d'un courant électrique, tels que des contacteurs.

**[0003]** De façon connue, de tels appareils de coupure comportent un bloc de coupure, dans lequel une partie mobile est déplaçable par rapport à des terminaux de connexion électrique, entre une position ouverte et une position fermée pour empêcher ou, respectivement, autoriser la circulation d'un courant électrique entre les terminaux de connexion. Ces appareils comprennent également un actionneur électromagnétique commandable, qui est adapté pour déplacer sélectivement la partie mobile entre ses positions ouverte et fermée. L'actionneur comporte à cet effet une bobine qui est configurée pour générer un champ magnétique lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique d'alimentation. De façon correspondante, la partie mobile est équipée d'un élément magnétique, tel qu'un aimant permanent, qui interagit avec le champ magnétique de manière à créer une force électromagnétique qui déplace la partie mobile.

**[0004]** Ces appareils comportent également un circuit de commande qui pilote l'alimentation de la bobine, par exemple en fonction d'un signal de commande extérieur. Typiquement, la commutation de l'appareil de coupure depuis la position ouverte vers la position fermée est réalisée en deux phases : une phase d'appel, dans laquelle un premier courant est envoyé dans la bobine pour déplacer la partie mobile, puis une phase de maintien, dans laquelle un deuxième courant est envoyé dans la bobine pour maintenir la partie mobile dans la position fermée. En effet, l'actionneur est non-linéaire et l'inductance de la bobine présente des valeurs différentes entre ces deux phases, du fait notamment de la charge mécanique que représente la partie mobile, ou de variations d'inductance en fonction de la température de la bobine.

**[0005]** Le courant d'appel présente une valeur élevée, qui supérieure à la valeur de courant requise lors de la phase de maintien. Parfois, le courant d'appel est plusieurs fois supérieur à la valeur de courant requise dans la phase de maintien.

**[0006]** Or, dans de nombreux appareils électriques connus, l'actionneur est dépourvu de moyens de mesure de la position de la partie mobile, ceci dans un but de simplification. La phase d'appel présente alors une durée prédéfinie, quelque soient les circonstances de fonctionnement de l'actionneur. Ainsi, un courant d'appel d'intensité élevée continue à être fourni à la bobine même lorsque la partie mobile a terminé son déplacement, ce

courant d'appel étant surdimensionné par rapport à la valeur de courant qui serait strictement nécessaire pour maintenir la partie mobile, ceci afin de conserver une marge de sécurité pour s'assurer que l'appareil de coupure puisse commuter vers sa position fermée en toutes circonstances.

**[0007]** Cette situation connue présente de nombreux inconvénients. En effet, il en résulte que la consommation d'énergie est plus élevée que nécessaire, ce qui présente un coût pour l'utilisateur, ainsi qu'une dissipation thermique excessive. Il est alors nécessaire de prévoir des dissipateurs thermiques et/ou des systèmes de refroidissement, ce qui renchérit l'encombrement et le coût de l'appareil. La fabrication de l'appareil de coupure en est ainsi rendue plus compliquée.

**[0008]** C'est à ces inconvénients qu'entend plus particulièrement remédier l'invention en proposant un procédé de commande d'un appareil de coupure d'un courant électrique comprenant une partie mobile de coupure déplaçable au moyen d'un actionneur électromagnétique pourvu d'une bobine, dans lequel la consommation de courant d'alimentation de la bobine est réduite pendant une phase de fermeture.

**[0009]** A cet effet, l'invention concerne un procédé de commande d'un appareil de coupure d'un courant électrique, cet appareil de coupure comprenant un actionneur électromagnétique pourvu d'une bobine pour déplacer une partie mobile de coupure de l'appareil, ce procédé comportant :

- la réception d'un ordre de commutation de l'appareil électrique depuis un état ouvert vers un état fermé ;
- en réponse, la fourniture d'un courant électrique d'alimentation à une bobine de l'actionneur, au moyen d'un circuit de commande, pour déplacer la partie mobile de coupure depuis une position ouverte vers une position fermée.

**[0010]** Conformément à l'invention, la fourniture du courant d'alimentation comporte la mise en oeuvre d'une limitation de la valeur d'intensité du courant électrique d'alimentation, cette limitation comportant des étapes :

- a) d'acquisition d'une valeur limite de courant d'alimentation par un microcontrôleur du circuit de commande, cette valeur étant enregistrée sous forme numérique dans une mémoire du circuit de commande ;
- b) de génération d'une valeur de référence sous la forme d'un signal analogique, représentative de la valeur limite de courant d'alimentation, à partir de la valeur limite acquise et au moyen d'un convertisseur numérique-analogique du circuit de commande ;
- c) d'acquisition, par le circuit de commande, d'un signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation circulant au travers de la bobine ;
- d) de comparaison, au moyen d'un comparateur analogique du circuit de commande, du signal ana-

logique de référence avec le signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation ;

e) d'inhibition, par le circuit de commande, de l'alimentation en courant de la bobine, en réponse à la comparaison, tant que l'intensité du courant d'alimentation a une valeur supérieure ou égal à la valeur de référence, l'alimentation en courant de la bobine étant rétablie lorsque l'intensité du courant d'alimentation redevient inférieure à la valeur de référence.

**[0011]** Grâce à l'invention, la limitation du courant électrique d'alimentation de la bobine pendant la fermeture permet de réduire la quantité de courant consommée inutilement pendant la phase de fermeture une fois que la partie mobile a atteint sa position fermée. En outre, l'utilisation d'un comparateur analogique permet de mettre en oeuvre la comparaison entre le courant d'alimentation de la bobine et la valeur de référence indépendamment du microcontrôleur et donc sans consommer de ressources de calcul du microcontrôleur. Le fonctionnement du circuit de commande est ainsi simplifié.

**[0012]** Selon des aspects avantageux mais non obligatoires de l'invention, un tel procédé de commande peut incorporer une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toute combinaison techniquement admissible :

- La génération du signal de référence comporte :
  - la lecture de la valeur limite enregistrée dans la mémoire, cette lecture comportant l'émission d'une requête d'accès direct à la mémoire émise par le convertisseur au moyen d'un contrôleur de mémoire du circuit de commande, puis,
  - la transformation, par le convertisseur, de la valeur limite acquise en un signal analogique formant la valeur de référence.
- L'acquisition du signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation est réalisée au moyen d'une sonde de mesure appartenant au circuit de commande.
- La sonde de mesure du courant comporte une résistance de mesure connectée en série avec la bobine et l'acquisition comporte la mesure de la tension électrique aux bornes de la résistance de mesure.
- La fourniture du courant d'alimentation comporte la génération d'un courant électrique d'alimentation par modulation de largeur d'impulsion au moyen d'un interrupteur commandable du circuit de commande, ce courant électrique d'alimentation modulé étant fourni à la bobine, cet interrupteur commandable étant piloté en fonction d'un signal de commande généré par un module de commande du circuit de commande, et l'inhibition de l'alimentation en courant comportant le maintien du signal de commande à une valeur prédéfinie pour interrompre la génération du courant d'alimentation modulé.

**[0013]** Selon un autre aspect, l'invention concerne un actionneur électromagnétique pour un appareil électrique de coupure d'un courant électrique, comprenant une bobine et un circuit de commande adapté pour alimenter électriquement la bobine, l'actionneur étant adapté pour déplacer sélectivement une partie mobile de coupure de l'appareil électrique de coupure sous l'action de la bobine, le circuit de commande étant adapté pour :

- recevoir un ordre de commutation de l'appareil électrique depuis un état ouvert vers un état fermé ;
- en réponse, fournir d'un courant électrique d'alimentation à la bobine pour déplacer la partie mobile de coupure depuis une position ouverte vers une position fermée.

**[0014]** Le circuit de commande est configuré pour que la fourniture du courant d'alimentation comporte la mise en oeuvre d'une limitation de la valeur d'intensité du courant électrique d'alimentation, cette limitation comportant des étapes :

- a) d'acquisition d'une valeur limite de courant d'alimentation par un microcontrôleur du circuit de commande, cette valeur étant enregistrée sous forme numérique dans une mémoire du circuit de commande ;
- b) de génération d'une valeur de référence sous la forme d'un signal analogique, représentative de la valeur limite de courant d'alimentation, à partir de la valeur limite acquise et au moyen d'un convertisseur numérique-analogique du circuit de commande ;
- c) d'acquisition, par le circuit de commande, d'un signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation circulant au travers de la bobine ;
- d) de comparaison, au moyen d'un comparateur analogique du circuit de commande, du signal analogique de référence avec le signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation ;
- e) d'inhibition, par le circuit de commande, de l'alimentation en courant de la bobine, en réponse à la comparaison, tant que l'intensité du courant d'alimentation a une valeur supérieure ou égal à la valeur de référence, l'alimentation en courant de la bobine étant rétablie lorsque l'intensité du courant d'alimentation redevient inférieure à la valeur de référence.

**[0015]** Selon un autre aspect, l'invention concerne un appareil électrique de coupure d'un courant électrique, comprenant un bloc de coupure et un actionneur électromagnétique, le bloc de coupure comportant :

- une armature fixe sur laquelle sont fixés des terminaux de connexion et
- une partie mobile de coupure, déplaçable par rapport aux terminaux de connexion, entre des positions ouverte et fermée, pour empêcher ou, respectivement, autoriser la circulation d'un courant électrique

entre les terminaux de connexion.

**[0016]** L'actionneur électromagnétique comprend une bobine et un circuit de commande adapté pour alimenter électriquement la bobine, l'appareil électrique de coupure et l'actionneur électromagnétique étant tels que décrits précédemment.

**[0017]** L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lumière de la description qui va suivre, d'un mode de réalisation d'un procédé de commande donné uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un circuit de commande pour un actionneur électromagnétique d'un appareil de coupure d'un courant électrique conforme à l'invention ;
- la figure 2 est une représentation synoptique simplifiée du fonctionnement d'un aspect du circuit de commande de la figure 1 ;
- la figure 3 est un ordigramme d'un procédé de fonctionnement du circuit de commande de la figure 1 conforme à l'invention ;
- la figure 4 est un oscillogramme qui représente schématiquement un exemple de comparaison entre les valeurs de courant électrique d'alimentation fournis à une bobine d'un actionneur électromagnétique.

**[0018]** La figure 1 représente un circuit de commande 2 pour un actionneur électromagnétique commandable d'un appareil de coupure d'un courant électrique, tel qu'un contacteur.

**[0019]** Cet appareil de coupure, non illustré, comporte un bloc de coupure et un bloc actionneur.

**[0020]** Le bloc de coupure comporte une armature fixe sur laquelle sont fixés des terminaux de connexion, qui sont destinés à être raccordés électriquement à un circuit électrique, par exemple au sein d'un tableau électrique. Le bloc de coupure comporte également une partie mobile, dite partie mobile de coupure, qui est déplaçable par rapport aux terminaux de connexion, entre des positions ouverte et fermée, pour empêcher ou, respectivement, autoriser la circulation d'un courant électrique entre les terminaux de connexion.

**[0021]** Le bloc actionneur contient l'actionneur électromagnétique commandable. L'actionneur électromagnétique est adapté pour déplacer sélectivement la partie mobile entre ses positions ouverte et fermée en réponse à un signal de commande, notamment grâce au circuit de commande 2. L'actionneur inclut ici le circuit de commande 2.

**[0022]** L'actionneur comporte une bobine 4, ou solénoïde, qui est configurée pour générer un champ magnétique lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique d'alimentation modulé délivré par le circuit de commande 2. Par exemple, la bobine 4 est formée par enroulement d'un fil électriquement conducteur autour d'un

support, ce support s'étendant ici le long d'un axe longitudinal.

**[0023]** De façon correspondante, la partie mobile est équipée d'un élément magnétique, tel qu'un aimant permanent, qui interagit avec le champ magnétique de manière à déplacer la partie mobile.

**[0024]** A titre d'exemple, la partie mobile est ici déplaçable en translation entre ses positions ouverte et fermée le long d'un axe de déplacement coaxial avec l'axe longitudinal de la bobine. La partie mobile est ici par défaut dans la position ouverte, et n'est déplacée vers la position fermée que sous l'action de la bobine 4. Un organe de rappel élastique est avantageusement agencé pour ramener la partie mobile vers sa position ouverte lorsque la bobine 4 n'est plus alimentée.

**[0025]** Le circuit de commande 2 est configuré pour fournir un courant électrique d'alimentation aux bornes de la bobine 4, en réponse à un signal de commande et en suivant un procédé de commande préétabli.

**[0026]** Plus précisément, en réponse à un ordre de commuter l'appareil vers la position fermée, le circuit 2 est configuré pour mettre en oeuvre d'abord une phase de fermeture, aussi nommée phase d'appel, en fournissant une énergie suffisante à la bobine 4 pour déplacer la partie mobile depuis la position ouverte vers la position fermée, puis une phase de maintien, en fournissant à la bobine 4 une énergie suffisante pour maintenir la partie mobile dans la position fermée, notamment en s'opposant à la force exercée par l'organe de rappel élastique.

**[0027]** L'actionneur est ici dépourvu de moyens de mesure de la position de la partie mobile, ceci dans un but de simplification.

**[0028]** Dans cet exemple, le circuit 2 est raccordé à une alimentation électrique extérieure 6, qui fournit une ou plusieurs tensions électriques d'alimentation au circuit 2. Ici, l'alimentation 6 délivre une tension de 100 Volts AC et une tension de 250 Volts AC sur deux entrées distinctes du circuit 2.

**[0029]** Le circuit 2 comporte également ici un étage de puissance et un étage logique.

**[0030]** L'étage de puissance comprend des équipements de protection électrique et de transformation de la tension d'alimentation reçue ou, le cas échéant, des tensions d'alimentation reçues. L'étage logique et la bobine 4 sont destinés à être alimentés par l'étage de puissance.

**[0031]** Dans cet exemple, l'étage de puissance du circuit 2 comprend :

- un module 8 de protection et de redressement des tensions d'alimentation reçues, alimenté par la source 6 et qui délivre une tension électrique continue en sortie,
- des résistances d'entrée 10 et 12, connectés en série entre la sortie du module 8 et une masse électrique commune GND du circuit 2,
- un filtre 14 de protection contre des interférences électromagnétiques, connecté à la sortie du module

8, et

- un ballast 16, aussi nommé module limiteur de courant, connecté en série avec le filtre 14.

**[0032]** En variante, ces équipements peuvent être choisis différemment.

**[0033]** Dans cet exemple, la bobine 4 est connectée à la sortie du module 8 par l'intermédiaire d'un interrupteur 24 commandable, pour recevoir un courant d'alimentation électrique. Dans cet exemple, comme expliqué dans ce qui suit, ce courant d'alimentation électrique est un courant modulé élaboré par modulation de largeur d'impulsion pendant une phase de fermeture. Cette technique de modulation de largeur d'impulsion, dite PWM pour « Pulse Width Modulation » en langue anglaise, est bien connue et n'est pas décrite plus en détail dans ce qui suit. Par exemple, ce courant d'alimentation modulé est un signal haché.

**[0034]** Le circuit 2 comporte également un convertisseur de puissance 18 de type « flyback » en langue anglaise, qui a pour fonction de fournir une alimentation stabilisée aux composants internes du circuit 2. Ce transformateur 18 est alimenté par la tension continue délivrée par le module 8, ici en étant connecté en sortie du ballast 16. Dans cet exemple, le transformateur 18 appartient à l'étage de puissance.

**[0035]** L'étage logique du circuit 2 comporte également un microcontrôleur 20 programmable qui est notamment adapté pour piloter le fonctionnement de l'interrupteur 24 pour commander sélectivement l'alimentation de la bobine 4.

**[0036]** Dans cet exemple, le microcontrôleur 20 est alimenté par le convertisseur 18 par l'intermédiaire d'un régulateur linéaire 22, de type dit « low dropout regulator » en langue anglaise, qui délivre une tension continue de 3,3 Volts.

**[0037]** Le circuit 2 contient également un module de pilotage 26, aussi nommé « driver », pour actionner le déplacement de l'interrupteur 24 en fonction d'un signal de commande CMH envoyé par le microcontrôleur 20. Le module 26 est adapté pour être alimenté électriquement par le convertisseur 18, ici par une tension de 15 Volts et par une tension de 8 Volts. Dans cet exemple, le microcontrôleur 20 est connecté au module 26 par l'intermédiaire d'un opto-coupleur 28, de manière à assurer une isolation galvanique entre l'étage de puissance et l'étage logique.

**[0038]** Sur la figure 2, les traits pointillés représentent des liaisons de données, adaptées pour transmettre des signaux de données depuis et/ou à destination du microcontrôleur 20.

**[0039]** Le microcontrôleur 20 est également connecté à une sonde de mesure de la tension d'entrée, non illustrée, par exemple adaptée pour mesurer la tension électrique au sein du circuit 2, par exemple entre un point milieu situé entre les résistances d'entrée 10 et 12 d'une part et la masse électrique GND d'autre part.

**[0040]** Le microcontrôleur 20 est également adapté

pour mesurer une grandeur représentative de la valeur du courant électrique d'alimentation qui circule dans la bobine 4. Par exemple, le circuit 2 comporte une sonde de mesure du courant à laquelle le microcontrôleur 20 est connecté sur une de ses entrées. Cette sonde de mesure comporte ici une résistance de mesure 30 connectée en série avec la bobine 4, ce qui permet de mesurer une tension électrique représentative du courant d'alimentation de la bobine 4. Cette tension électrique est ici notée « Isense » et forme un signal représentatif de l'intensité du courant d'alimentation circulant au travers de la bobine 4.

**[0041]** Dans cet exemple, le circuit 2 comporte également un interrupteur 32 commandable par le microcontrôleur 20. Cet interrupteur 32 est connecté en série avec une diode 36 et raccorde une autre sortie du convertisseur 18 à la bobine 4.

**[0042]** On note « 34 » une diode de protection connectée en parallèle avec la bobine 4. On note « 40 » un interrupteur normalement fermé connecté ici en série avec la bobine 4 et la résistance de mesure 30, cet interrupteur 40 étant commandable par le microcontrôleur 20. Le circuit 2 comprend également une diode Zener 38 connectée en parallèle avec cet interrupteur 40. L'interrupteur 32 permet de piloter la bobine 4 pendant la phase de maintien. L'interrupteur 40 est destiné à être activé pendant une phase d'ouverture ultérieure. Associé à la diode 38, cet interrupteur 40 permet de démagnétiser la bobine 4.

**[0043]** La figure 2 représente schématiquement le fonctionnement du microcontrôleur 20.

**[0044]** Le microcontrôleur 20 comporte un convertisseur analogique-numérique 50, un comparateur 52, ainsi qu'une horloge, non illustrée, adaptée pour générer un signal d'horloge HCLK.

**[0045]** Le circuit 2 comprend également une mémoire informatique et un contrôleur 54 d'accès à cette mémoire. La mémoire est adaptée pour stocker au moins une valeur numérique, ici codée sur douze bits.

**[0046]** Par exemple, la valeur numérique stockée dans la mémoire est une valeur de limite de courant d'alimentation acquise par le microcontrôleur 20 et notée Vref\_value.

**[0047]** Cette mémoire est ici connectée au microcontrôleur 20 au moyen d'un bus de données, non illustré. Le contrôleur 54 est connecté au bus de données et est adapté pour accéder au contenu de la mémoire, notamment pour le lire, en envoyant une requête de type accès direct à la mémoire, dite « Direct Memory Access » en langue anglaise. Ainsi, le contrôleur 54 peut accéder au contenu de la mémoire indépendamment du microcontrôleur 20. La lecture de la valeur enregistrée dans la mémoire ne nécessite pas de consommer des ressources de calcul du microcontrôleur 20.

**[0048]** Le convertisseur 50 est adapté pour transformer un signal numérique reçu sur une entrée, non illustrée, en un signal analogique, délivré sur une sortie DAC\_OUT. Plus précisément, le convertisseur 50 a pour

fonction de convertir la valeur Vref\_value, représentée par un signal numérique, en une valeur Vref\_in-, représentée par un signal analogique, tel qu'une tension électrique. Le convertisseur 50 est ici alimenté électriquement par une tension de référence VDDA reçue sur une entrée d'alimentation Vref\_DAC.

**[0049]** L'émission de la requête d'accès à la mémoire est par exemple réalisée lorsqu'un signal de synchronisation T4\_OVF est reçu sur une entrée de synchronisation Trigger\_in.

**[0050]** Le comparateur 52 comprend une première entrée in+ et une deuxième entrée in-et est configuré pour délivrer un signal de sortie OECLEAR, par exemple sous la forme d'une tension électrique qui peut prendre l'une ou l'autre de deux valeurs distinctes, en fonction des valeurs des signaux reçus sur les entrées in+ et in-. Le comparateur 52 est notamment configuré pour que le signal de sortie OECLEAR prenne :

- une valeur basse tant que la valeur du signal entrant sur l'entrée in+ est inférieure à la valeur du signal entrant sur l'entrée in-, et
- une valeur haute lorsque la valeur du signal entrant sur l'entrée in+ est supérieure ou égale à la valeur du signal entrant sur l'entrée in-.

**[0051]** Le microcontrôleur 20 comprend également un module de synchronisation 56 et un module 58 de commande PWM.

**[0052]** Le module 56 est adapté pour fournir au convertisseur 50 le signal T4\_OVF synchronisé par rapport au signal d'horloge HCLK.

**[0053]** Le module 58 a pour fonction d'élaborer le signal de commande CMH de modulation de largeur d'impulsion pour commander l'ouverture et la fermeture l'interrupteur 24. Ce signal de commande CMH est par exemple fourni au module de pilotage 26. Cette élaboration du signal de commande CMH est réalisée par le module 58 en fonction du signal d'horloge CLK et en fonction du signal OECLEAR généré par le comparateur 52. Le module 58 est notamment programmé pour que :

- tant que le signal OECLEAR est égal à la valeur basse, le module 58 génère un signal CMH suivant une consigne prédéfinie, par exemple suivant un signal périodique en créneaux ; et
- quand le signal OECLEAR prend la valeur haute, interrompre le signal de commande CMH, de manière à arrêter provisoirement l'alimentation de la bobine. Cela permet de limiter la valeur de l'intensité du courant en-dessous de la valeur seuil.

**[0054]** Un exemple de fonctionnement du circuit 2 est maintenant décrit en référence à l'ordinogramme de la figure 3 et avec l'aide des figures 1 et 2.

**[0055]** Initialement, la partie mobile est dans la position ouverte. L'appareil de coupure est donc dans un état électriquement ouvert, pour empêcher la circulation d'un

courant électrique entre les terminaux de connexion.

**[0056]** Puis, l'appareil de coupure reçoit un ordre de commuter vers l'état fermé. Cet ordre est par transmis au moyen d'un signal prédéfini, par exemple en alimentant le circuit 2 à partir de l'alimentation 6.

**[0057]** En réponse, le circuit 2 commande le déplacement de la partie mobile depuis sa position ouverte vers la position fermée, en fournissant un courant électrique d'alimentation de la bobine 4 pendant une durée prédéterminée, correspondant à la phase de fermeture.

**[0058]** Pendant cette phase de fermeture, le microcontrôleur 20 commande l'ouverture et la fermeture successive de l'interrupteur 24, ici par l'intermédiaire du module 26, en fournissant le signal de commande CMH généré par le module 58. Cela permet de fournir à la bobine 4 un courant d'alimentation suivant la technique de modulation de largeur d'impulsion. Ainsi, à partir du courant continu délivré par l'étage de puissance du circuit 2 et notamment, ici, par le convertisseur 18, la bobine 4 reçoit le courant d'alimentation modulé qui permet la génération du champ magnétique et donc d'une force magnétique qui déplace la partie mobile.

**[0059]** La phase de fermeture se partage ici deux sous-phases distinctes : une première sous-phase P1 et une deuxième sous-phase P2, dont la durée respective dépend du déplacement de la partie mobile en réponse au courant d'alimentation de la bobine 4.

**[0060]** Pendant la première sous-phase P1, la partie mobile se déplace vers la position fermée depuis la position ouverte. La sous-phase P1 se termine lorsque la partie mobile atteint la position fermée.

**[0061]** Pendant la première sous-phase P2, qui débute immédiatement après, la bobine 4 continue à être alimentée suivant la même technique de modulation de largeur d'impulsion. Cependant, la partie mobile étant alors immobile dans la position fermée, le courant d'alimentation est supérieur au courant minimal strictement nécessaire pour maintenir la partie mobile dans la position fermée. La différence entre le courant ainsi fourni et le courant minimal nécessaire correspond à une « marge de sécurité ». En pratique, la durée nécessaire pour déplacer la partie mobile peut varier en fonction des circonstances n'est pas connue d'avance. Notamment, le fonctionnement de l'actionneur électromagnétique est non-linéaire, en particulier du fait des variations de l'inductance de la bobine 4 en fonction de la température.

**[0062]** Le circuit 2 précédemment décrit permet de mettre en oeuvre, lors de cette étape, un procédé de régulation, ou limitation, de la valeur du courant d'alimentation de la bobine 4, pour optimiser la marge de sécurité et réduire la surconsommation en courant de la bobine 4 pendant la deuxième sous-phase P2, sans pour autant dégrader la sécurité de fonctionnement de l'appareil électrique de coupure.

**[0063]** A cet effet, lors d'une étape 100, le microcontrôleur 20 acquiert une valeur limite de courant d'alimentation, par exemple par lecture de cette valeur limite, ici depuis un support d'enregistrement de données exté-

rieur et au moyen d'une interface d'échange de données. Cette valeur acquise est ensuite enregistrée dans la mémoire sous la forme d'un signal numérique Vref\_value. Dans cet exemple, la valeur limite est prédéterminée, de préférence en étant calculée à l'avance en fonction de caractéristiques de la bobine 4 et de l'actionneur et du calibre du contacteur.

**[0064]** Lors d'une étape 102, le convertisseur numérique-analogique 50 génère la valeur de référence Vref\_in- sous la forme d'un signal analogique à partir de la valeur limite acquise Vref\_value. Cette valeur de référence Vref\_in- est représentative de la valeur limite de courant d'alimentation.

**[0065]** Dans cet exemple, lors de cette étape 102, le convertisseur 50 lit automatiquement la valeur limite Vref\_value acquise enregistrée dans la mémoire, en émettant d'une requête d'accès direct à la mémoire au moyen du contrôleur de mémoire 54. Le contrôleur 54 accède ainsi à la mémoire par l'intermédiaire du bus de données sans solliciter le microcontrôleur 20. Cette requête est par exemple émise à chaque fois que le signal de synchronisation T4\_OVF prend une valeur particulière.

**[0066]** La valeur numérique Vref\_value est ainsi transmise par le contrôleur 54 vers une entrée du convertisseur 50, qui transforme automatiquement cette valeur Vref\_value en un signal analogique formant la valeur de référence Vref\_in-.

**[0067]** Lors d'une étape 104, le microcontrôleur 20 acquiert la valeur Isense d'intensité du courant d'alimentation, ici en mesurant la tension aux bornes de la résistance de mesure 30.

**[0068]** Ensuite, lors d'une étape 106, le comparateur 52 compare les valeurs Vref\_in- et Isense. Comme cette comparaison est réalisée directement par le comparateur analogique 52, elle ne consomme pas de ressources de calcul propres au microcontrôleur 20.

**[0069]** Si la valeur Isense est déterminée lors de cette comparaison comme étant supérieure ou égale à la valeur Vref\_in-, alors, lors d'une étape 108, le circuit 2 commande l'inhibition de l'alimentation en courant de la bobine 4.

**[0070]** Par exemple, le signal de sortie OECLEAR du comparateur 52 passe de la valeur basse à la valeur haute. En réponse, le module 58 modifie le signal de commande CMH pour modifier le ratio de modulation des impulsions, par exemple en maintenant le signal de commande CMH à une valeur prédéterminée, par exemple une valeur constante nulle. La commutation de l'interrupteur 24 est alors modifiée en conséquence, et la valeur de l'intensité du courant d'alimentation décroît. L'intensité du courant d'alimentation de la bobine 4 est alors limitée et reste inférieure à la valeur limite.

**[0071]** Au contraire, si la valeur Isense est déterminée lors de cette comparaison comme étant inférieure à la valeur Vref\_in-, alors l'alimentation de la bobine n'est pas inhibée et est maintenue. Par exemple, le signal de sortie OECLEAR reste à la valeur basse et le module 58 génère

le signal commande CMH de façon prédéfinie en fonction du signal d'horloge HCLK.

**[0072]** Ainsi, lorsque l'intensité Isense redevient inférieure à la valeur de référence Vref\_in-, alors l'alimentation en courant de la bobine 4 est rétablie. Par exemple, le signal OECLEAR reprend la valeur basse et le module 58 émet à nouveau le signal CMH suivant la forme prédéfinie.

**[0073]** Ici, ce procédé est exécuté de façon répétée pendant toute la durée de la phase de fermeture. Notamment, les étapes 102, 104 et 106 sont ici répétées en boucle pendant toute la durée de la phase de fermeture. En particulier, l'étape 106 de comparaison est ici réalisée en continu, notamment grâce à la chaîne de traitement analogique formée par le convertisseur 50 et le comparateur 52. Le temps de réponse dépend notamment du temps de propagation et de traitement des données par cette chaîne de traitement analogique.

**[0074]** Par exemple, à l'issue de l'étape 108, le procédé revient à l'étape 106.

**[0075]** Dans cet exemple, la phase de fermeture se termine à l'issue d'un délai prédéfini, décompté par le microcontrôleur 20.

**[0076]** A l'issue de la phase de fermeture, l'actionneur a pour rôle de maintenir la partie mobile dans la position fermée tant qu'il ne reçoit pas d'ordre contraire. Ainsi, lors d'une phase de maintien, le circuit de commande injecte un courant électrique d'alimentation de la bobine 4 qui est différent du courant électrique d'alimentation injecté pendant la phase de fermeture. Pendant cette phase de maintien, la puissance électrique consommée par la bobine 4 est ainsi inférieure à la puissance consommée par la bobine pendant la phase de fermeture.

**[0077]** Enfin, l'appareil de coupure peut être ensuite commandé pour revenir dans un état électriquement ouvert, pour interrompre la circulation du courant électrique entre les terminaux de connexion. Pour ce faire, lors d'une phase d'ouverture, le circuit de commande 2 cesse d'alimenter en courant la bobine 4. Le champ magnétique est interrompu, de même que la force magnétique. La partie mobile de coupure revient donc vers la position ouverte, par exemple sous l'action de l'organe élastique de rappel.

**[0078]** La figure 4 représente des exemples d'évolution de valeurs I de courants d'alimentation de la bobine 4, en ordonnée, en fonction du temps t, en abscisse, lors d'une phase de fermeture pendant laquelle la partie mobile commute vers la position fermée.

**[0079]** Plus précisément, la courbe 62 représente l'évolution du courant d'alimentation dans un cas connu où le procédé de limitation de la figure 3 n'est pas mis en oeuvre, alors que la courbe 64 représente un exemple de l'évolution du courant d'alimentation dans le cas où le procédé de limitation de la figure 3 est mis en oeuvre.

**[0080]** Aux côtés de ces courbes 62 et 64, la courbe 60 représente la position de la partie mobile de l'appareil de coupure et varie entre une valeur basse, correspondant à la position ouverte et une valeur élevée, corres-

pendant à la position fermée.

**[0081]** Pendant la première sous-phase P1, les courbes 62 et 64 sont superposées, indiquant que les courants d'alimentation respectifs de la bobine 4 sont essentiellement identiques, que le procédé soit ou non appliqué. La limitation n'est ici pas mise en oeuvre et donc n'est pas préjudiciable au déplacement de la partie mobile.

**[0082]** En revanche, pendant la deuxième sous-phase P2, la courbe 64 diffère de la courbe 62, notamment en ce que la courbe 64 est tronquée au-dessus d'une valeur seuil par rapport à la courbe 62. Cela traduit le fait que le courant d'alimentation de la bobine 4 est limité automatiquement par le circuit 2. On réduit ainsi la puissance fournie à la bobine 4 par le circuit 2. Ainsi, le circuit 2 tel que décrit permet d'optimiser la limitation de l'alimentation en courant de la bobine 4 lors de la phase de fermeture.

**[0083]** Les modes de réalisation et les variantes envisagées ci-dessus peuvent être combinés entre eux pour générer de nouveaux modes de réalisation.

## Revendications

1. Procédé de commande d'un appareil de coupure d'un courant électrique, cet appareil de coupure comprenant un actionneur électromagnétique pourvu d'une bobine pour déplacer une partie mobile de coupure de l'appareil, ce procédé comportant :

- la réception d'un ordre de commutation de l'appareil électrique depuis un état ouvert vers un état fermé ;
- en réponse, la fourniture d'un courant électrique d'alimentation à une bobine (4) de l'actionneur, au moyen d'un circuit de commande (2), pour déplacer la partie mobile de coupure depuis une position ouverte vers une position fermée ;

le procédé étant **caractérisé en ce que** la fourniture du courant d'alimentation comporte la mise en oeuvre d'une limitation de la valeur d'intensité du courant électrique d'alimentation, cette limitation comportant des étapes :

- a) d'acquisition (100) d'une valeur limite de courant d'alimentation par un microcontrôleur (20) du circuit de commande (2), cette valeur étant enregistrée sous forme numérique (Vref\_value) dans une mémoire du circuit de commande (2) ;
- b) de génération (102) d'une valeur de référence (Vref\_in-) sous la forme d'un signal analogique, représentative de la valeur limite de courant d'alimentation, à partir de la valeur limite acquise (Vref\_value) et au moyen d'un convertisseur numérique-analogique (50) du circuit de commande

de (2) ;

c) d'acquisition (104), par le circuit de commande (2), d'un signal (Isense) représentatif de l'intensité du courant d'alimentation circulant au travers de la bobine (4) ;

d) de comparaison (106), au moyen d'un comparateur analogique (52) du circuit de commande (2), du signal analogique de référence (Vref\_in-) avec le signal (Isense) représentatif de l'intensité du courant d'alimentation ;

e) d'inhibition (108), par le circuit de commande (2), de l'alimentation en courant de la bobine (4), en réponse à la comparaison, tant que l'intensité (Isense) du courant d'alimentation a une valeur supérieure ou égale à la valeur de référence (Vref\_in-), l'alimentation en courant de la bobine (4) étant rétablie lorsque l'intensité (Isense) du courant d'alimentation redevient inférieure à la valeur de référence.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la génération du signal de référence comporte :

- la lecture de la valeur limite (Vref\_value) enregistrée dans la mémoire, cette lecture comportant l'émission d'une requête d'accès direct à la mémoire émise par le convertisseur (50) au moyen d'un contrôleur de mémoire (54) du circuit de commande (2), puis,
- la transformation, par le convertisseur (50), de la valeur limite acquise (Vref\_value) en un signal analogique formant la valeur de référence (Vref\_in-).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'acquisition (104) du signal (Isense) représentatif de l'intensité du courant d'alimentation est réalisée au moyen d'une sonde de mesure appartenant au circuit de commande (2).

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la sonde de mesure du courant comporte une résistance de mesure (30) connectée en série avec la bobine (4) et **en ce que** l'acquisition comporte la mesure de la tension électrique aux bornes de la résistance de mesure (30).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la fourniture du courant d'alimentation comporte la génération d'un courant électrique d'alimentation par modulation de largeur d'impulsion au moyen d'un interrupteur commandable (24) du circuit de commande (2), ce courant électrique d'alimentation modulé étant fourni à la bobine (4), cet interrupteur commandable (24) étant piloté en fonction d'un signal de commande (CMH) généré par un module de commande (58) du

circuit de commande (2), et **en ce que** l'inhibition (108) de l'alimentation en courant comporte le maintien du signal de commande (CMH) à une valeur prédéfinie pour interrompre la génération du courant d'alimentation modulé.

6. Actionneur électromagnétique pour un appareil électrique de coupure d'un courant électrique, comprenant une bobine (4) et un circuit de commande (2) adapté pour alimenter électriquement la bobine (4), l'actionneur étant adapté pour déplacer sélectivement une partie mobile de coupure de l'appareil électrique de coupure sous l'action de la bobine (4), le circuit de commande (2) étant adapté pour :

- recevoir un ordre de commutation de l'appareil électrique depuis un état ouvert vers un état fermé ;
- en réponse, fournir d'un courant électrique d'alimentation à la bobine (4) pour déplacer la partie mobile de coupure depuis une position ouverte vers une position fermée ;

l'actionneur étant **caractérisé en ce que** le circuit de commande (2) est configuré pour que la fourniture du courant d'alimentation comporte la mise en oeuvre d'une limitation de la valeur d'intensité du courant électrique d'alimentation, cette limitation comportant des étapes :

- a) d'acquisition (100) d'une valeur limite de courant d'alimentation par un microcontrôleur (20) du circuit de commande (2), cette valeur étant enregistrée sous forme numérique (Vref\_value) dans une mémoire du circuit de commande (2) ;
- b) de génération (102) d'une valeur de référence (Vref\_in-) sous la forme d'un signal analogique, représentative de la valeur limite de courant d'alimentation, à partir de la valeur limite acquise (Vref\_value) et au moyen d'un convertisseur numérique-analogique (50) du circuit de commande (2) ;
- c) d'acquisition (104), par le circuit de commande (2), d'un signal (Isense) représentatif de l'intensité du courant d'alimentation circulant au travers de la bobine (4) ;
- d) de comparaison (106), au moyen d'un comparateur analogique (52) du circuit de commande (2), du signal analogique de référence (Vref\_in-) avec le signal (Isense) représentatif de l'intensité du courant d'alimentation ;
- e) d'inhibition (108), par le circuit de commande (2), de l'alimentation en courant de la bobine (4), en réponse à la comparaison, tant que l'intensité (Isense) du courant d'alimentation a une valeur supérieure ou égal à la valeur de référence (Vref\_in-), l'alimentation en courant de la bobine (4) étant rétablie lorsque l'intensité (Isense) du

courant d'alimentation redevient inférieure à la valeur de référence.

7. Appareil électrique de coupure d'un courant électrique, comprenant un bloc de coupure et un actionneur électromagnétique, le bloc de coupure comportant :

- une armature fixe sur laquelle sont fixés des terminaux de connexion et
- une partie mobile de coupure, déplaçable par rapport aux terminaux de connexion, entre des positions ouverte et fermée, pour empêcher ou, respectivement, autoriser la circulation d'un courant électrique entre les terminaux de connexion,

l'actionneur électromagnétique comprenant une bobine (4) et un circuit de commande (2) adapté pour alimenter électriquement la bobine (4), l'appareil électrique de coupure étant **caractérisé en ce que** l'actionneur électromagnétique est selon la revendication 6.



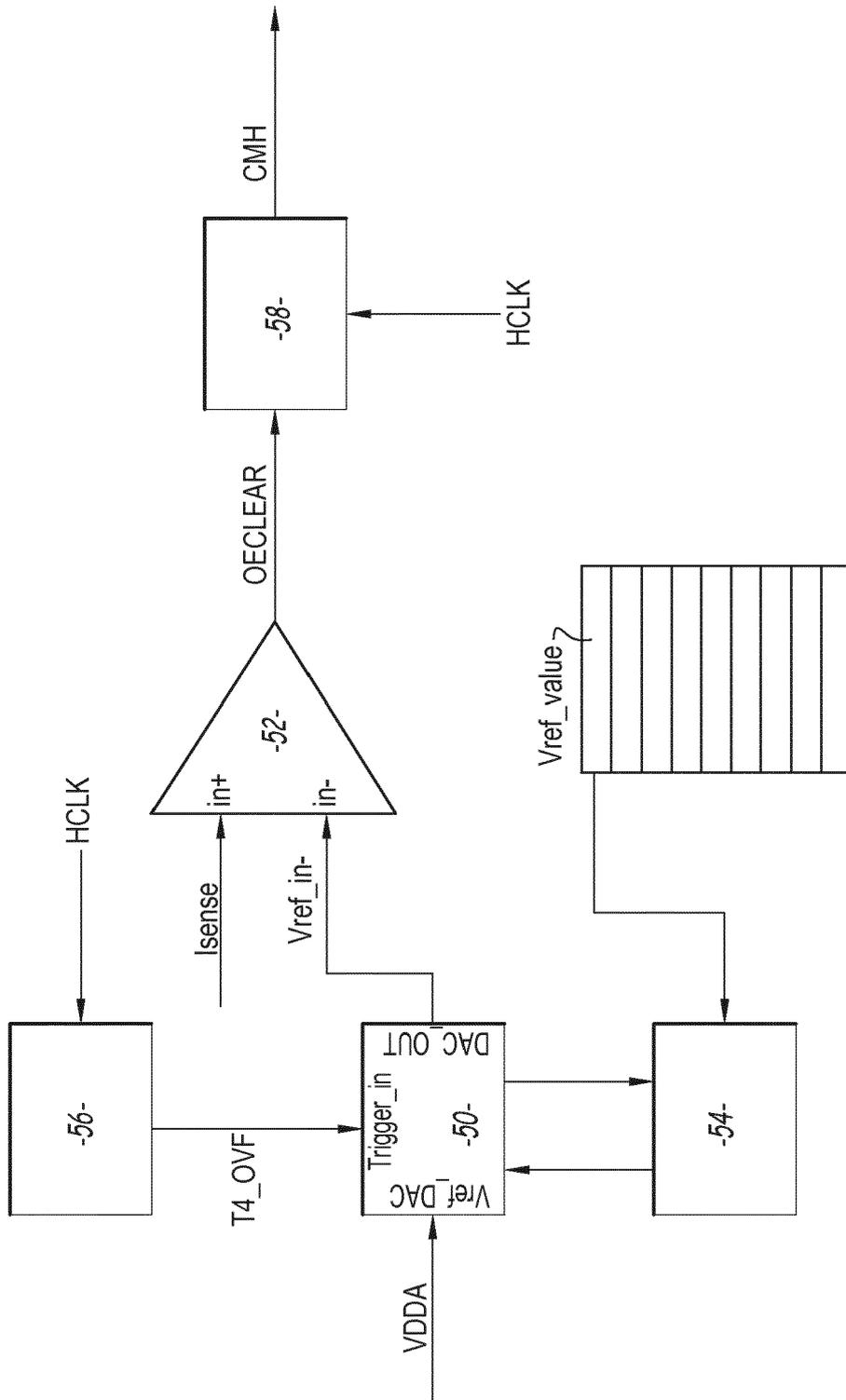


Fig.2

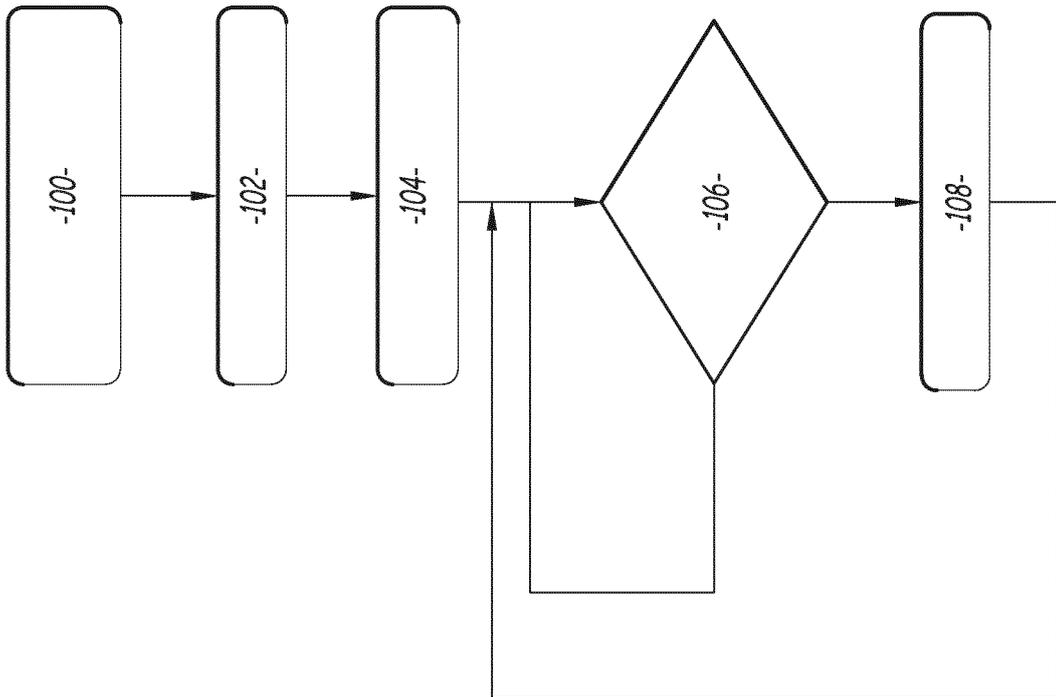


Fig.3

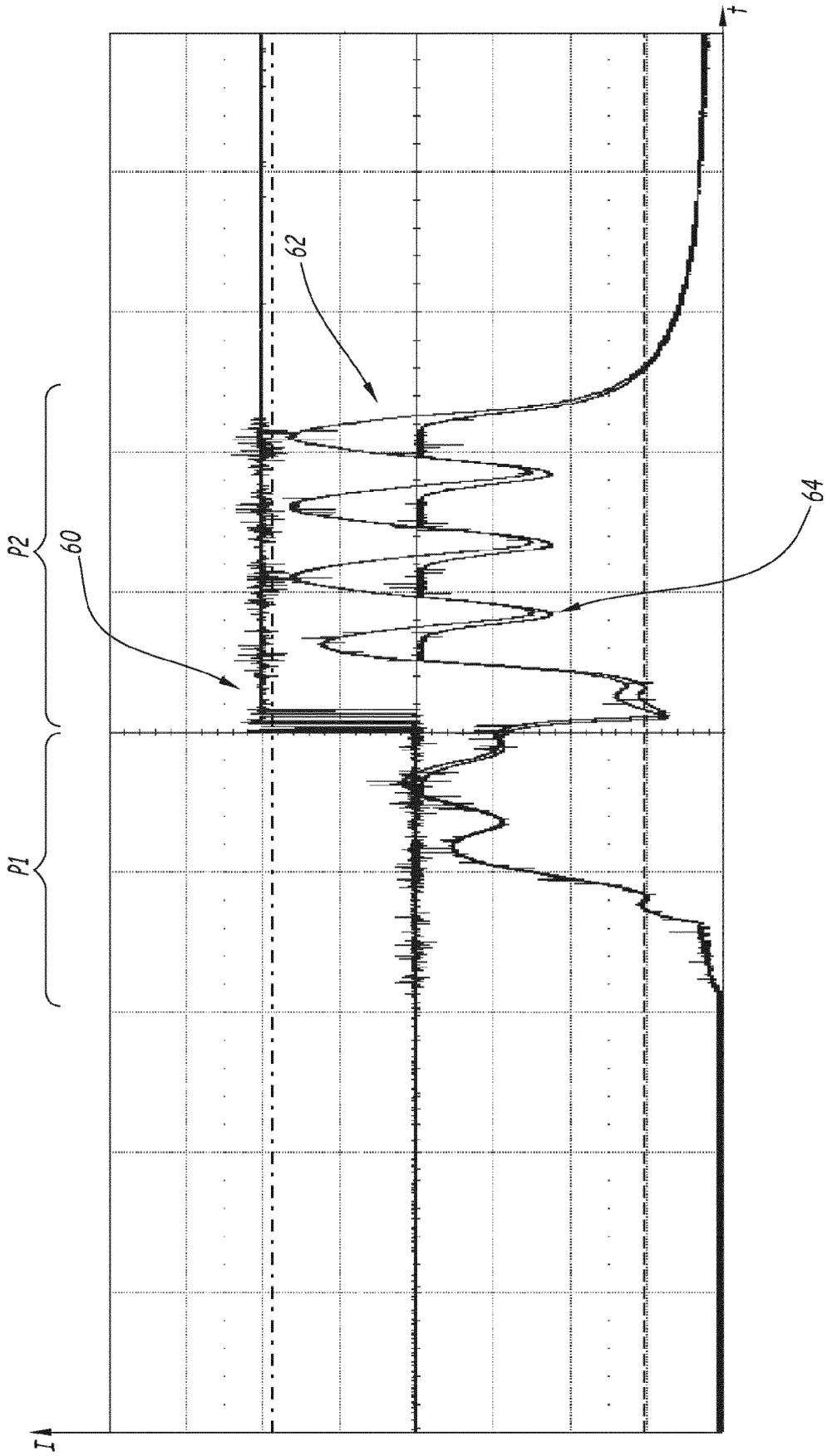


Fig.4



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 18 16 6607

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	EP 0 400 389 A2 (MOTOROLA INC [US]) 5 décembre 1990 (1990-12-05) * colonne 3, ligne 20 - colonne 6, ligne 27; figures 1,2,7,8 * * colonne 11, ligne 12 - colonne 14, ligne 21 *	1-7	INV. H01H47/04
A	EP 0 882 303 A1 (MOTOROLA ENERGY SYSTEMS INC [US]) 9 décembre 1998 (1998-12-09) * alinéa [0009] - alinéa [0019]; figures 1-4,7 * * alinéa [0031] *	1-7	
A	EP 0 911 851 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC SA [FR]) 28 avril 1999 (1999-04-28) * figure 1 *	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>Munich</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>3 juillet 2018</b>	Examineur <b>Ernst, Uwe</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 18 16 6607

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

03-07-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0400389 A2	05-12-1990	AT 144074 T	15-10-1996
		DE 69028802 D1	14-11-1996
		DE 69028802 T2	10-04-1997
		EP 0400389 A2	05-12-1990
		US 5053911 A	01-10-1991
-----			
EP 0882303 A1	09-12-1998	DE 69728756 D1	27-05-2004
		DE 69728756 T2	28-04-2005
		EP 0882303 A1	09-12-1998
		ES 2219777 T3	01-12-2004
		JP 2001506802 A	22-05-2001
		US 5784245 A	21-07-1998
		WO 9824106 A1	04-06-1998
-----			
EP 0911851 A1	28-04-1999	CA 2250348 A1	24-04-1999
		DE 69822397 D1	22-04-2004
		DE 69822397 T2	19-08-2004
		EP 0911851 A1	28-04-1999
		ES 2215283 T3	01-10-2004
		FR 2770336 A1	30-04-1999
		JP H11234893 A	27-08-1999
		TW 417128 B	01-01-2001
		US 5959826 A	28-09-1999
-----			

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82