

①② **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ DISPOSITIF DE MESURE D'UNE RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE D'UN ÉLÉMENT.

②② Date de dépôt : 03.08.23.

③③ Priorité : 14.04.23 FR 2303726;
14.04.23 FR 2303728.

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : ATEQ SAS — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 18.10.24 Bulletin 24/42.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 18.04.25 Bulletin 25/16.

⑦② Inventeur(s) : BALLET Sylvain.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

⑦③ Titulaire(s) : ATEQ SAS.

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦④ Mandataire(s) : CABINET VIDON - BREVETS &
STRATEGIE.



Description

Titre de l'invention : DISPOSITIF DE MESURE D'UNE RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE D'UN ÉLÉMENT

- [0001] La présente invention se rapporte au domaine des dispositifs de mesure de résistivité électrique d'un élément.
- [0002] Par exemple, lors de l'assemblage d'un aéronef, tel qu'un avion, un hélicoptère, un drone, etc. ou plus tard lors des maintenances, les opérateurs doivent vérifier que les pièces sont bien assemblées (ou fixées) les unes aux autres. Ces vérifications peuvent notamment s'effectuer en mesurant les valeurs de résistance entre éléments (ou parties d'un élément).
- [0003] La valeur de résistance est en effet une grandeur physique qui reflète la qualité de la jonction entre éléments, plus cette valeur est basse plus la jonction est bonne. Les jonctions des éléments d'un aéronef présentent avantageusement une valeur de résistance faible pour limiter les dommages engendrés lorsque l'aéronef est frappé par la foudre.
- [0004] On notera que ce type de mesure permet également de contrôler des métallisations de pièces, la qualité d'une soudure, etc.
- [0005] De manière générale, la mesure d'une valeur de résistance repose sur le fait d'appliquer une tension ou un courant dont la valeur est prédéterminée à l'élément dont on cherche à mesurer la résistance. Puis, par la suite, de mesurer respectivement la valeur de courant ou de tension qui en résulte, le lien entre tension et courant étant, comme énoncé dans la loi d'Ohm, la valeur de résistance de l'élément testé.
- [0006] On voit ainsi que, d'une part, la valeur de la tension ou du courant imposé à l'élément doit être connue de la manière la plus exacte possible, et d'autre part, que la valeur mesurée du courant ou de tension qui en résulte doit également être mesurée de la manière la plus précise possible, afin bien sûr de déterminer la valeur de résistance, la plus juste possible, relative à l'élément testé.
- [0007] Les dispositifs de mesure de conductivité électrique actuels ne sont pas adaptés pour tester avec une bonne précision des éléments présentant des résistances avec des ordres de grandeur très différents, allant par exemple de quelques milliohms à quelques dizaines de Ohms.
- [0008] Par ailleurs, l'alimentation électrique de tels dispositifs de mesure peut délivrer des valeurs de tension ou de courant présentant des variations ou dérives, notamment en fonction de l'usure des composants électroniques, de la température, ou d'autres paramètres environnementaux ou intrinsèques. Ces variations incontrôlées peuvent altérer la précision de la mesure des valeurs de résistance électrique.

- [0009] En effet, l'intensité du courant injecté étant différente de celle attendue, la valeur de la résistance calculée est erronée.
- [0010] De telles erreurs de mesure sont problématiques, car une valeur de résistance erronée peut être assimilée, par l'utilisateur de l'appareil ou l'opérateur, soit à un défaut de continuité électrique du réseau conducteur, ce qui peut engendrer des opérations inutiles de maintenance, soit à une mesure de continuité correcte alors que ce n'est pas le cas.
- [0011] Ainsi, la présente invention se propose de remédier partiellement à au moins un des inconvénients évoqués ci-dessus en proposant un nouveau type de dispositif de mesure de résistance d'un élément, notamment d'un élément de structure d'aéronef. Selon l'invention, ledit dispositif comprend :
- un circuit numérique de commande configuré pour, d'une part, commander la valeur d'un courant de mesure à injecter dans l'élément à tester, et d'autre part, déterminer, à partir de la valeur de tension engendrée par le courant de mesure (I_R), la valeur de résistance de l'élément testé ;
 - un étage de conversion numérique-analogique configuré pour convertir un signal numérique en un signal analogique et inversement ;
 - un circuit analogique de mesure relié audit circuit de commande par l'intermédiaire desdits convertisseurs et comprenant :
 - des moyens de génération du courant de mesure à partir d'une consigne numérique issue du circuit de commande ;
 - des moyens de mesure d'une valeur analogique de la tension engendrée par le courant de mesure ;
- les moyens de génération d'un courant de mesure étant configurés pour convertir une valeur de tension en sortie de l'étage de conversion numérique-analogique en un courant de mesure, et comprennent un circuit de sélection d'une valeur de résistance électrique de référence, ledit circuit de sélection comprenant plusieurs résistances de référence, et au moins un interrupteur configuré pour isoler, mettre en série, et/ou mettre en parallèle une ou plusieurs desdites résistances de référence de sorte à sélectionner un courant de mesure destiné à parcourir l'élément à tester.
- [0012] Avantageusement, le fait d'avoir plusieurs résistances de référence permet notamment d'avoir plusieurs « calibres de courant » pour tester des éléments présentant des résistances avec des ordres de grandeur très différents, ce qui permet ainsi de garder une bonne précision pour différents ordres de grandeur de valeur de résistance, qu'il s'agisse de valeurs de résistance de l'ordre du milliohm à quelques dizaines d'Ohms.

- [0013] On notera qu'on entend par « signal analogique », des grandeurs physiques (tension, courant, etc.) à variation continue. Tandis qu'on entend par « signal numérique », un signal qui présente un nombre fini d'états (ou de valeurs) et qui est donc quantifié.
- [0014] Par ailleurs, on notera qu'on entend par « résistance électrique », une grandeur physique reflétant la capacité d'un matériau ou d'au moins un élément a laissé passer le courant électrique, cette résistance électrique est généralement exprimée en Ohms. Cependant, l'invention couvre également le cas d'une mesure indirecte de résistance électrique, comme une mesure de la conductivité électrique (qui est l'inverse de la résistance électrique) d'au moins un élément, grandeur physique généralement exprimée en Siemens.
- [0015] Selon une autre caractéristique possible, ledit dispositif comprend une interface homme-machine.
- [0016] On notera qu'on entend par interface homme-machine, l'ensemble des éléments permettant à l'utilisateur d'interagir avec le dispositif selon l'invention, plus particulièrement de contrôler le dispositif selon l'invention et d'échanger des informations avec ledit dispositif. L'interface homme-machine comprend par exemple au moins un moyen d'affichage, tel qu'un écran tactile ou non, des boutons, un clavier, etc.
- [0017] Selon une caractéristique possible, les moyens de génération d'un courant de mesure comprennent un circuit de sélection d'une résistance de test de valeur connue et au moins un interrupteur configuré pour isoler ladite résistance de test de sorte à vérifier la valeur du courant de test injecté pour cette valeur connue de résistance électrique.
- [0018] Selon une caractéristique possible, le circuit numérique de commande est configuré pour comparer la valeur de tension engendrée par le courant de mesure aux bornes de la résistance de test à une valeur connue de référence, et pour détecter et calculer une dérive du courant de test injecté lorsque la différence calculée est supérieure à un seuil prédéterminé.
- [0019] Selon une caractéristique possible, l'interface homme-machine comprend un moyen de sélection de la résistance de test correspondant à une fonction d'auto-test.
- [0020] Selon une caractéristique possible, le circuit de commande est configuré pour tenir compte de la dérive du courant calculé pour déduire la valeur de résistance électrique d'un élément testé.
- [0021] Selon une caractéristique possible, le dispositif de mesure comprend une source de tension de référence reliée audit étage de conversion numérique-analogique, ledit étage de conversion numérique-analogique étant configuré pour utiliser la valeur de tension générée par ladite source de référence pour la conversion :
- de signaux numériques, tels que la consigne numérique qui commande la génération d'un courant de mesure par ledit circuit analogique de mesure, issus du circuit

numérique de commande en signaux analogiques à destination du circuit analogique de mesure, et

- de signaux analogiques, tels que la valeur de tension mesurée aux bornes de l'élément testé, issus du circuit de mesure en signaux numériques à destination du circuit numérique de commande.

[0022] Selon une caractéristique possible, ledit étage de conversion comprend deux convertisseurs de signaux distincts :

- un premier convertisseur du type numérique-analogique ;
- un deuxième convertisseur du type analogique-numérique ;

ladite source de tension de référence étant reliée à chacun desdits convertisseurs.

[0023] On notera également que :

- un convertisseur analogique-numérique est un dispositif ou composant électronique dont la fonction est de transformer une grandeur analogique en une valeur numérique codée sur plusieurs bits, le signal converti étant généralement une tension électrique ;
- un convertisseur numérique-analogique est un dispositif ou composant électronique dont la fonction est de transformer une valeur numérique (codée sur plusieurs bits) en une grandeur analogique, par exemple une tension, proportionnelle à la valeur numérique codée.

[0024] La source de tension de référence est avantageusement reliée directement à chacun desdits convertisseurs, afin de limiter les variations de la tension engendrée par ladite source, notamment au niveau des entrées des convertisseurs.

[0025] Selon une autre caractéristique possible, le circuit analogique comprend un montage générateur de courant configuré pour convertir une valeur de tension en sortie du convertisseur numérique-analogique en un courant de mesure.

[0026] Selon une autre caractéristique possible, ledit dispositif comprend un étage d'amplification de la tension mesurée aux bornes de l'élément testé (tension engendrée par le courant de mesure).

[0027] Selon une autre caractéristique possible, ledit étage d'amplification est un montage amplificateur d'instrumentation.

On notera qu'un montage amplificateur d'instrumentation est un composant (ou circuit) électronique destiné au traitement de signaux électriques faibles, notamment ceux issus de capteurs de mesure. Par ailleurs, le montage amplificateur d'instrumentation permet de s'affranchir en grande partie des erreurs liées au mode commun.

[0028] Selon une autre caractéristique possible, l'étage d'amplification comprend une pluralité d'amplificateurs opérationnels et une pluralité de résistances.

- [0029] Selon une autre caractéristique possible, ledit dispositif comprend un étage de filtrage configuré pour filtrer le signal analogique destiné à être converti par le convertisseur analogique-numérique.
- [0030] Selon une autre caractéristique possible, le circuit de commande est configuré pour envoyer une consigne de courant sous forme d'une consigne numérique. Ladite consigne numérique code en fait une valeur de tension en sortie du convertisseur analogique-numérique qui est transformée en un courant de mesure I_R .
- [0031] Selon une autre caractéristique possible, la tension de consigne de courant en sortie du convertisseur numérique-analogique est fonction de la tension de référence V_{ref} , du nombre de bits n_1 du convertisseur, les valeurs des bits a_n , d'un coefficient k .
- [0032] Selon une autre caractéristique possible, la tension de consigne de courant est envoyée en entrée du montage générateur de courant pour engendrer un courant de mesure I_R .
- [0033] Selon une autre caractéristique possible, la tension en entrée du convertisseur analogique-numérique engendre en sortie un signal numérique $L_{U_{ext}}$ est fonction de la tension de référence V_{ref} , du nombre de bits n_2 du convertisseur.
- [0034] Selon une autre caractéristique possible, ledit dispositif comprend une connexion électrique Kelvin, connexion électrique également désignée sous le terme de « connexion quatre fils ».
- [0035] Une connexion Kelvin est un moyen permettant d'établir un contact électrique avec un composant tout en éliminant ou en réduisant considérablement l'effet des résistances parasites liées à la connexion en elle-même, telles que la résistance de contact et/ou la résistance des conducteurs. Ceci est particulièrement critique dans le cadre de mesures de grandeurs électriques nécessitant d'être mesurées le plus précisément possible, par exemple de petites valeurs de résistance, notamment inférieures à 1 Ohm.
- [0036] Selon une autre caractéristique possible, le circuit de commande et le circuit de mesure sont disposés sur deux cartes électroniques distinctes.
Le fait d'avoir deux cartes distinctes permet notamment de réduire le bruit sur le circuit de mesure.
- [0037] Selon une autre caractéristique possible, ledit dispositif comprend un moyen d'alerte, par exemple configuré pour indiquer, à l'opérateur (ou à l'utilisateur), l'injection d'un courant de mesure I_R , la fin de la mesure et/ou la détermination (et l'affichage par l'intermédiaire de l'interface homme-machine) de la valeur de résistance électrique d'un élément testé, que ladite mesure est correcte, etc. Ledit moyen d'alerte est par exemple un indicateur sonore et/ou lumineux.

- [0038] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celles-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, donnée uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :
- La [Fig.1], référencée [Fig.1], illustre une représentation très schématique illustrant un dispositif de mesure de résistance selon l'invention ;
 - la [Fig.2], référencée [Fig.2], est une vue très schématique et agrandie de la partie du dispositif dédiée à la mesure de la [Fig.1] ;
 - la [Fig.3], référencée [Fig.3], est une vue très schématique et détaillée de la partie du dispositif illustrée à la [Fig.2] ;
 - la [Fig.4], référencée [Fig.4], est un schéma bloc illustrant la conversion des signaux électriques réalisés dans le dispositif de la [Fig.1] ;
- [0039] - la [Fig.5], référencée [Fig.5], est un schéma bloc illustrant en partie le circuit de génération d'un courant de mesure du dispositif de la [Fig.1] selon un mode de réalisation particulier ;
- [0040] - la [Fig.6], référencée [Fig.6], est un schéma bloc illustrant en partie le circuit de génération d'un courant de mesure du dispositif de la [Fig.1] selon un autre mode de réalisation particulier ;
- [0041] - la [Fig.7], référencée [Fig.7], est un schéma bloc illustrant un exemple de circuit d'auto-test du dispositif de la [Fig.1] pour détecter une éventuelle dérive du courant de test injecté.
- [0042] La [Fig.1] est une représentation très schématique d'un dispositif 1 selon l'invention destiné à mesurer la valeur de résistance électrique d'au moins un élément 2, tel que des éléments de structure d'un aéronef.
- [0043] Le dispositif de mesure 1 est apte à déterminer la résistance électrique de l'élément 2 testé à partir de la valeur d'un courant injecté dit de mesure dans l'élément 2 testé et de la tension mesurée aux bornes de l'élément 2 testé.
- [0044] Ce type de dispositif de mesure 1 est utilisé notamment lors de l'assemblage d'un aéronef, tel qu'un avion, un hélicoptère, un drone, etc. ou plus tard lors des opérations de maintenance de ces derniers pour s'assurer que les pièces sont correctement assemblées les unes aux autres en mesurant des résistances de contact, et plus particulièrement des résistances de faible valeur (par exemple inférieures ou égales à 60 Ohms, préférentiellement de quelques Ohms, et de préférence encore inférieures à 1 Ohm, jusqu'à des valeurs de l'ordre du milliohms) avec une précision d'au moins 1%.
- [0045] On notera qu'on entend par résistance électrique, la valeur de résistivité électrique d'un élément, c'est-à-dire la tendance d'un élément à s'opposer au passage d'un courant électrique. Le dispositif 1 selon l'invention peut mesurer directement la résistance électrique de l'élément 2 ou réaliser une mesure indirecte, c'est à dire

en mesurant une grandeur physique proportionnelle ou inverse de la résistance électrique, telle que la conductivité électrique, pour finalement déterminer une valeur de résistance électrique.

[0046] Ledit dispositif 1 comprend ainsi un boîtier 100, par exemple en matière plastique, dans lequel sont logés :

- une source d'alimentation électrique 3 qui est par exemple une source de tension de référence ;
- des circuits électroniques de commande 5 et de mesure 7, avantageusement deux cartes électroniques distinctes ;
- un étage de conversion 8 numérique-analogique reliant le circuit de commande 5 au circuit de mesure 7 et qui est configuré pour convertir un signal numérique en un signal analogique et inversement ;
- une connexion électrique 9 destinée à relier le dispositif 1, notamment le circuit de mesure 7, à l'élément 2 dont on cherche à déterminer la valeur de résistance électrique.

[0047] La connexion électrique 9 est avantageusement une connexion Kelvin ou 4-fils. Ainsi, ladite connexion Kelvin 9 comprend quatre conducteurs 11a, 11b, 13a, 13b électriques généralement terminés par des pinces ou des pointes qui sont destinées à se connecter ou s'appliquer sur le ou les éléments 2 dont on cherche à déterminer la valeur de résistance électrique. Plus particulièrement, la connexion Kelvin 3 comprend deux conducteurs de puissance 11a, 11b et deux conducteurs de mesure 13a, 13b.

[0048] Les conducteurs de puissance 11a et 11b, plus particulièrement visibles à la [Fig.2], sont ainsi configurés pour injecter un courant électrique I_R , dit « de mesure », dans l'élément 2 testé, tandis que les conducteurs de mesure 13a et 13b sont configurés pour permettre la mesure d'une tension aux bornes de l'élément 2.

[0049] Dans le cas présent, la connexion Kelvin 9 permet de mesurer la tension V_R engendrée par le courant de mesure I_R en limitant, voire en annulant, les effets des résistances liées aux résistances de contact et/ou des conducteurs de ladite connexion 9.

[0050] Par ailleurs, ledit dispositif 1 comprend avantageusement une interface homme-machine (non représentée). L'interface homme-machine correspond à l'ensemble des éléments permettant à l'utilisateur d'interagir avec le dispositif 1 selon l'invention, plus particulièrement de contrôler le dispositif 1 et/ou d'échanger des informations avec ledit dispositif 1. Ainsi, l'interface homme-machine comprend par exemple au moins un moyen d'affichage, tel qu'un écran tactile ou non, des boutons, un clavier, etc.

[0051] Plus particulièrement, ledit dispositif 1 comprend deux circuits électroniques 5 et 7 qui sont :

- un circuit de commande 5 qui est, d'une part, un circuit numérique, et d'autre part, configuré pour commander la valeur d'un courant de mesure I_R à injecter dans l'élément 2 ;
- un circuit de mesure 7 qui est un circuit analogique, relié audit circuit de commande 5, et qui est configuré, d'une part, pour générer un courant de mesure I_R selon une consigne numérique issue dudit circuit de commande 5, et d'autre part, mesurer une valeur analogique de la tension V_R engendrée par le courant de mesure I_R .

On notera par ailleurs que le circuit de commande 5 est relié à l'interface homme-machine et a également pour fonction de gérer ladite interface.

- [0052] On notera par ailleurs que le circuit de commande 5 est une entité électronique, comportant par exemple un ou plusieurs composants, tels des microcontrôleurs, et qui est notamment configurée pour envoyer et recevoir des signaux, traiter des données, stocker des données, etc.
- [0053] L'étage de conversion 8 est, quant à lui, configuré pour utiliser la valeur de tension générée par ladite source d'alimentation électrique 3 pour la conversion :
- de signaux numériques (notamment de la consigne numérique qui va donner lieu à la création d'un courant de mesure I_R par le circuit de mesure 7) issus du circuit de commande 5 en signaux analogiques à destination du circuit de mesure 7, et
 - de signaux analogiques (notamment une valeur de tension V_R mesurée aux bornes de l'élément 2 testé) issus du circuit de mesure 7 en signaux numériques à destination du circuit de commande 5.
- [0054] Ainsi, lors d'un test d'un élément 2, le circuit de commande 5 envoie une consigne numérique C_m (qui est un signal numérique) qui est convertie en un signal analogique par l'étage de conversion 8 pour être transformé par le circuit de mesure 7 en un courant de mesure I_R qui est injecté par la connexion électrique 9 à l'élément 2 (notamment par l'intermédiaire des conducteurs de puissance 11a et 11b).
- [0055] La circulation d'un courant de mesure I_R dans l'élément 2 entraîne la création d'une tension V_R aux bornes dudit élément 2. La valeur de la tension V_R est mesurée par l'intermédiaire de la connexion électrique 9, notamment au moyen des conducteurs de mesures 13a et 13b.
- [0056] La valeur de la tension V_R est un signal analogique qui est traité (par exemple filtré et/ou amplifié) par le circuit de mesure 7, afin d'être converti en un signal numérique par l'étage de conversion 8 à destination du circuit de commande 5.
- [0057] Par conséquent, le circuit de commande 5 est configuré pour commander une valeur de courant de mesure I_R à injecter dans l'élément 2 et récupérer une valeur de tension V_R (sous forme numérique), afin de déterminer la valeur de résistance électrique dudit élément 2 à partir desdites valeurs I_R et V_R sous leurs formes numériques. L'étage de

conversion 8 convertit ainsi les signaux numériques et analogiques circulant entre lesdits circuits 5 et 7.

- [0058] Le circuit de commande 5 est donc configuré pour envoyer une consigne de courant sous forme d'un signal numérique codé en tension qui est ensuite converti en une valeur de courant électrique. La tension V_C de consigne de courant en sortie du convertisseur numérique-analogique est fonction de la tension de référence V_{ref} , du nombre de bits n_1 du convertisseur, des valeurs des bits a_n , et d'un coefficient k .
- [0059] La [Fig.2] est une vue schématique et agrandie d'une partie dispositif 1 de la [Fig.1], et plus particulièrement de la source d'alimentation électrique 3 servant de source de tension de référence V_{ref} , de l'étage de conversion 8 et du circuit de mesure 7.
- [0060] L'étage de conversion 8 comprend un convertisseur numérique-analogique 11 et un convertisseur analogique-numérique 13 chacun d'entre eux reliant le circuit de commande 5 au circuit de mesure 7. La transmission de signaux analogiques et de signaux numériques entre lesdits circuits 5 et 7 s'effectue respectivement par l'intermédiaire desdits convertisseurs 11 et 13.
- [0061] On notera qu'un convertisseur analogique-numérique est un dispositif ou composant électronique dont la fonction est de transformer une grandeur analogique en une valeur numérique codée sur plusieurs bits (le signal converti étant généralement une tension électrique).
- [0062] On notera également qu'un convertisseur numérique-analogique est un dispositif ou composant électronique dont la fonction est de transformer une valeur numérique (codée sur plusieurs bits) en une grandeur analogique, par exemple une tension, proportionnelle à la valeur numérique codée.
- [0063] Ladite source de tension 3 de référence est, quant à elle, reliée (de préférence directement) à chacun desdits convertisseurs 11 et 13 pour servir d'unique référence lors de la conversion de signaux numériques en signaux analogiques et inversement, lors d'échanges de signaux entre lesdits circuits 5 et 7.
- [0064] Le fait d'avoir une source de tension de référence unique et identique pour la conversion des différents signaux issus du circuit de commande et du circuit de mesure permet de limiter les risques d'erreur liés à ces conversions et donc d'améliorer la justesse avec laquelle la valeur de résistance électrique de l'élément testé est déterminée.
- [0065] Le circuit de mesure 7 comprend en outre :
- un montage générateur de courant 17 configuré pour générer un courant de mesure I_R destiné à parcourir l'élément 2 testé;
 - un étage d'amplification 19 de signal analogique, tel que la tension mesurée aux bornes de l'élément 2 (tension engendrée par le courant de mesure I_R).

- [0066] Par ailleurs, le convertisseur numérique-analogique 11 relie le circuit de commande 5 au montage générateur de courant 17 du circuit de mesure 7, tandis que le convertisseur analogique-numérique 13 relie l'étage d'amplification 19 au circuit de commande 5.
- [0067] Plus particulièrement, le circuit de commande 5 est configuré pour envoyer une consigne numérique C_m , donc un signal numérique qui code une valeur de tension, qui va être convertie en un signal analogique correspondant à une valeur de tension en sortie V_C du convertisseur numérique-analogique, le montage 17 étant configuré pour convertir (ou transformer) cette valeur de tension en sortie V_C du convertisseur 11 en un courant de mesure I_R .
- [0068] La [Fig.3], quant à elle, est une vue schématique et plus détaillée du circuit de mesure 7 de la [Fig.2].
- [0069] Comme cela y est plus particulièrement illustré, le montage générateur de courant 17 comprend un circuit de sélection d'une valeur résistance de référence R_{SH} (et donc d'un courant de mesure I_R) qui sera décrit en relation avec la [Fig.5], un premier et un deuxième amplificateur opérationnel respectivement AO_1 et AO_2 , ainsi qu'un transistor T_1 .
- [0070] L'ensemble desdits amplificateurs opérationnels respectivement AO_1 et AO_2 , du transistor T_1 , et du circuit de sélection d'une valeur de résistance de référence R_{SH} forme un montage du type convertisseur tension-courant.
- [0071] Plus particulièrement, la sortie du premier convertisseur 11 (convertisseur numérique-analogique) est reliée à l'entrée non inverseuse du premier amplificateur opérationnel AO_1 . Tandis que la sortie du premier amplificateur opérationnel AO_1 est, quant à elle, connectée au transistor T_1 .
- [0072] Le transistor T_1 est par exemple un transistor de type MOSFET dont sa grille est reliée directement à la sortie de l'amplificateur opérationnel AO_1 , tandis que sa source est reliée directement à l'entrée non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 et à l'une des bornes du circuit de sélection d'une valeur de résistance de référence R_{SH} , l'autre borne du circuit de sélection d'une valeur de résistance de référence R_{SH} étant reliée à l'entrée inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 et au conducteur de puissance 11a de la connexion électrique 9. Les entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 sont donc connectées aux bornes du circuit de sélection d'une valeur de résistance de référence R_{SH} . Le transistor T_1 régule donc la valeur du courant de mesure I_R en fonction de la valeur de tension V_C , du gain du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 et la valeur sélectionnée de la résistance R_{SH} .

- [0073] De plus, la sortie du deuxième amplificateur AO_2 est reliée à l'entrée du premier amplificateur opérationnel AO_1 . Ainsi, la tension V_C en sortie premier convertisseur 11 est comparée à la tension aux bornes du circuit de sélection d'une valeur de résistance de référence R_{SH} à laquelle est appliqué un gain par le deuxième amplificateur opérationnel AO_2 .
- [0074] Plus particulièrement, ledit étage d'amplification 19 comprend un montage amplificateur d'instrumentation 21, ainsi qu'un étage de filtrage 23 configuré pour filtrer un signal analogique (notamment les bruits) destiné à être converti par le convertisseur analogique-numérique, tel que la valeur de la tension V_R aux bornes de l'élément 2.
- [0075] Le montage amplificateur d'instrumentation comprend ainsi une pluralité d'amplificateurs opérationnels AO_3 , AO_4 et AO_5 , ainsi qu'une pluralité de résistances R_1 , R_2 et R_3 , respectivement première R_1 , deuxième R_2 et troisième R_3 résistance.
- [0076] Plus particulièrement, les conducteurs de mesure 13a et 13b sont respectivement connectés aux entrées non inverseuses des troisième et quatrième amplificateurs opérationnels AO_3 et AO_4 , ainsi une différence de tensions V_R aux bornes de l'élément 2 testé est appliquée aux entrées non inverseuses desdits amplificateurs opérationnels AO_3 et AO_4 .
- [0077] Les première, deuxième et troisième résistances R_1 , R_2 et R_3 sont, quant à elles, disposées en série, les bornes de cette pluralité de résistances étant reliées aux sorties respectives desdits troisième et quatrième amplificateurs opérationnels AO_3 et AO_4 .
- [0078] L'une des bornes de la première résistance R_1 est donc reliée à la sortie du quatrième amplificateur AO_4 , tandis que l'autre borne est reliée à la fois la deuxième résistance R_2 , mais également à l'entrée inverseuse du quatrième amplificateur AO_4 .
- [0079] De plus, l'une des bornes de la troisième résistance R_3 est donc reliée à la sortie du troisième amplificateur AO_3 , tandis que l'autre borne est reliée à la fois la deuxième résistance R_2 , mais également à l'entrée inverseuse du troisième amplificateur AO_3 . Les bornes de la deuxième résistance R_2 sont reliées respectivement à chacune des entrées inverseuses des troisième et quatrième amplificateurs opérationnels AO_3 et AO_4 et aux sorties des troisième et quatrième amplificateurs opérationnels AO_3 et AO_4 , respectivement par le biais des première et troisième résistances R_1 et R_3 .
- [0080] En outre, les sorties des troisième et quatrième amplificateurs opérationnels AO_3 et AO_4 sont connectées respectivement aux entrées inverseuse et non-inverseuse du cinquième amplificateur opérationnel AO_5 , ledit cinquième amplificateur AO_5 effectuant une soustraction entre les signaux de sortie provenant des troisième et quatrième amplificateurs opérationnels AO_3 et AO_4 .

- [0081] La sortie du cinquième amplificateur opérationnel AO_5 est reliée à l'entrée de l'étage de filtrage 23. Ainsi, en sortie de l'étage de filtrage 23, la tension V_R mesurée est donc amplifiée puis filtrée, et envoyée en entrée convertisseur analogique-numérique 13. L'étage d'amplification 19 permet par exemple d'amplifier le signal d'entrée d'un facteur 1000.
- [0082] Le gain du cinquième amplificateur opérationnel AO_5 est sensiblement égale à 1, mais peut être modifié par la modification des valeurs des première, deuxième et troisième résistances R_1 , R_2 et R_3 , par exemple par la présence de résistances additionnelles pouvant être disposées en série et/ou en parallèle desdites résistances R_1 , R_2 et R_3 par l'intermédiaire d'un ou plusieurs interrupteurs. La présence de résistances additionnelles et d'interrupteurs permet par exemple de faire varier la valeur du gain dudit cinquième amplificateur opérationnel AO_5 d'un facteur 1000, 100 et/ou 10.
- [0083] On notera que ledit dispositif 1 peut comprendre un moyen d'alerte (non représentée), par exemple au niveau du circuit de commande 5, configuré pour indiquer à l'opérateur, l'injection d'un courant de mesure I_R , la fin de la mesure et/ou la détermination (et l'affichage par l'intermédiaire de l'interface homme-machine) de la valeur de résistance électrique d'un élément testé.
- [0084] Ledit moyen d'alerte est par exemple un indicateur sonore, haptique et/ou lumineux. Ledit moyen d'alerte peut également être configuré pour indiquer que la mesure a été réalisée et/ou que celle-ci est correcte ou non, notamment par rapport à une ou plusieurs valeurs prédéterminées de résistance électrique.
- [0085] De façon avantageuse, ledit montage générateur de courant 17 comprend un circuit de sélection d'une valeur de résistance de référence, et donc d'un courant de mesure I_R , dans lequel sont mises en œuvre plusieurs résistances de référence, ainsi que des interrupteurs configurés pour isoler, mettre en série, et/ou mettre en parallèle une ou plusieurs desdites résistances de référence.
- [0086] Dans le mode de réalisation particulier illustré sur la [Fig.5], ledit circuit de sélection du montage générateur de courant 17 comprend deux résistances de référence R_{SH1} et R_{SH2} et trois interrupteurs S_1 , S_2 et S_3 . L'une des bornes (dite première borne) de la résistance R_{SH1} est reliée à la source du transistor T_1 et, par le biais du premier interrupteur S_1 , à l'entrée non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 .
- [0087] L'autre borne (dite deuxième borne) de la résistance R_{SH1} est reliée à l'entrée inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 par le biais du deuxième interrupteur S_2 . La deuxième borne de la résistance R_{SH1} est reliée à la première borne de la résistance R_{SH2} , cette dernière étant reliée à l'entrée non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 par le biais du premier interrupteur S_1 . L'autre borne (deuxième borne) de la résistance R_{SH2} est reliée à l'entrée inverseuse du deuxième

amplificateur opérationnel AO_2 par le biais du deuxième interrupteur S_2 et est reliée au conducteur de puissance 11a de la connexion électrique 9. Un troisième interrupteur S_3 relie les deux bornes de la résistance R_{SH2} .

- [0088] Selon la position des trois interrupteurs S_1 , S_2 et S_3 , il est possible de faire varier la valeur de la résistance de référence R_{SH} aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 , et donc de calibrer différemment le dispositif 1 de mesure en fonction de la résistance à mesurer de l'élément 2. La valeur de la résistance de référence R_{SH} aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 est égale à :
- R_{SH1} lorsque les interrupteurs S_1 et S_2 sont chacun dans une première position (correspondant à celle de la [Fig.5]) et reliés respectivement aux première et deuxième bornes de la résistance R_{SH1} , l'interrupteur S_3 étant ouvert,
 - la somme des résistances R_{SH1} et R_{SH2} lorsque l'interrupteur S_3 est fermé, l'interrupteur S_1 étant dans la première position (et donc relié à la première borne de la résistance R_{SH1}) et l'interrupteur S_2 dans une deuxième position (et donc relié à la deuxième borne de la résistance R_{SH2}),
 - R_{SH2} lorsque l'interrupteur S_3 est fermé, l'interrupteur S_1 étant dans une deuxième position (et donc relié à la deuxième borne de la résistance R_{SH1} et à la première borne de la résistance R_{SH2}) et l'interrupteur S_2 est dans la deuxième position (et donc relié à la deuxième borne de la résistance R_{SH2}).

- [0089] Ce circuit permet ainsi d'isoler ou de mettre en série les résistances R_{SH1} et R_{SH2} , et de faire varier la valeur de la résistance de référence R_{SH} aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 .

- [0090] Dans l'autre mode de réalisation particulier illustré sur la [Fig.6], le dit circuit de sélection du montage générateur de courant 17 comprend deux résistances de référence R_{SH1} et R_{SH2} et deux interrupteurs S_1 et S_2 . L'une des bornes (la première borne) de la résistance R_{SH1} est reliée à l'entrée non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 et l'une des bornes (la première borne) de la résistance R_{SH2} est reliée à la même entrée non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 . Ces deux bornes sont également reliées à la source du transistor T_1 . L'autre borne (la deuxième borne) de la résistance R_{SH1} est reliée à l'entrée inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 par le biais du premier interrupteur S_1 . L'autre borne (la deuxième borne) de la résistance R_{SH2} est reliée à l'entrée inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 par le biais du deuxième interrupteur S_2 . La deuxième borne de la résistance R_{SH1} est reliée au conducteur de puissance 11a de la connexion électrique 9.

- [0091] Selon la position des trois interrupteurs S_1 , S_2 et S_3 , il est possible de faire varier la valeur de la résistance de référence R_{SH} aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 , et donc de calibrer différemment le dispositif 1 de mesure en fonction de la résistance à mesurer de l'élément 2. La valeur de la résistance de référence R_{SH} aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 est égale à :
- R_{SH1} lorsque l'interrupteur S_2 est ouvert et que l'interrupteur S_1 est fermé,
 - la résistance équivalente à R_{SH1} en parallèle avec R_{SH2} lorsque l'interrupteur S_2 est fermé et l'interrupteur S_1 est fermé,
 - R_{SH2} lorsque l'interrupteur S_2 est fermé et que l'interrupteur S_1 est ouvert.
- [0092] Ce circuit permet ainsi d'isoler ou de mettre en parallèle les résistances R_{SH1} et R_{SH2} et de faire varier la valeur de la résistance de référence R_{SH} aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 .
- [0093] L'utilisateur peut donc calibrer différemment le dispositif 1 de mesure en fonction de la valeur approximative de la résistance à mesurer par le biais de l'interface homme-machine.
- [0094] Le dispositif 1 de mesure est adapté pour mesurer des résistances de faible valeur avec une bonne précision, par exemple inférieures ou égales à 60 Ohms, préférentiellement de quelques Ohms, et de préférence encore inférieures à 1 Ohm, notamment la mesure de valeurs de résistance de l'ordre du milliohm, avec une précision d'au moins 1%.
- [0095] La [Fig.4] est un schéma bloc du traitement du signal réalisé lors du test d'un élément 2 par le dispositif 1 selon l'invention.
- [0096] L'opérateur relie ainsi la connexion 9 sur l'élément 2 à tester et initie le démarrage du test pour déterminer la valeur de résistance de l'élément 2. Le circuit de commande 5 génère une consigne numérique C_m qui s'identifie à une valeur de courant de mesure en rapport avec l'ordre de grandeur de la valeur de résistance recherchée. Pour ce faire, l'utilisateur calibre le dispositif 1 de mesure en fonction de la valeur approximative de la résistance à mesurer par le biais de l'interface homme-machine.
- [0097] La consigne numérique C_m est donc ensuite convertie en une tension V_C de consigne de courant en sortie du convertisseur numérique-analogique 11, ladite tension V_C étant entre autres fonction de la tension de référence V_{ref} , du nombre de bits n_1 du convertisseur 11, des valeurs des bits a_n , et d'un coefficient k .
- [0098] Cette tension V_C de consigne de courant est alors transformée, par le montage 17 générateur de courant, en un courant de mesure I_R , ledit courant de mesure I_R étant entre autres fonction de la valeur sélectionnée de résistance R_{SH} , du gain de l'amplificateur opérationnel AO_2 .

- [0099] Le courant de mesure I_R ainsi généré est injecté dans l'élément 2, et engendre aux bornes du l'élément 2, une tension V_R . Cette tension V_R est amplifiée et filtrée par l'étage d'amplification 19 pour générer une tension V_R' .
- [0100] Cette tension V_R' est la tension en entrée du convertisseur analogique-numérique 13 et engendre en sortie dudit convertisseur un signal numérique $L_{U_{ext}}$, ledit signal numérique $L_{U_{ext}}$ étant fonction de la tension de référence V_{ref} , du nombre de bits n_2 du convertisseur.
- [0101] Selon une mise en œuvre possible, ledit dispositif 1 de mesure comprend une fonction d'auto-test destinée à vérifier la valeur du courant de test injecté. Il peut en effet être nécessaire de prendre en compte les dérives résultant des composants électroniques du dispositif 1 et/ou des paramètres environnementaux et l'usure des matériaux. Pour ce faire, comme illustré sur l'exemple de la [Fig.7], ledit montage générateur de courant 17 comprend une résistance $R_{SH\ 3}$ de précision dite de test et est configuré pour pouvoir auto-tester cette résistance $R_{SH\ 3}$ de valeur connue pour détecter une éventuelle dérive du courant de test injecté et l'évaluer sur la base de la tension mesurée aux bornes de cette résistance de test $R_{SH\ 3}$.
- [0102] La valeur de la tension mesurée aux bornes cette résistance de test R_{SH3} correspond à un signal analogique destiné à être converti par ledit convertisseur analogique numérique 11 à destination du circuit de commande 5. Ce dernier est configuré pour comparer la valeur convertie à une valeur connue de référence, et pour détecter et évaluer une dérive du courant de test injecté lorsque la différence calculée est supérieure à un seuil prédéterminé.
- [0103] Dans la position illustrée des interrupteurs S_4 , S_5 , S_6 et S_7 , la valeur de la résistance électrique aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 est égale à la valeur de la résistance R_{SH} .
- [0104] Cette valeur de résistance R_{SH} peut être sélectionnée par le biais d'un circuit tel que celui décrit en relation avec la [Fig.5] ou la [Fig.6], dans lequel sont mises en œuvre plusieurs résistances, ainsi que des interrupteurs configurés pour isoler, mettre en série, et/ou mettre en parallèle une ou plusieurs desdites résistances.
- [0105] Dans l'autre position illustrée en pointillées des interrupteurs S_4 , S_5 , S_6 et S_7 , la valeur de la résistance électrique aux bornes des entrées inverseuse et non inverseuse du deuxième amplificateur opérationnel AO_2 est égale à $R_{SH\ 3}$, ce qui correspond à la configuration d'auto-test.
- [0106] L'utilisateur peut donc auto-tester le dispositif 1 de mesure par le biais de l'interface homme-machine.
- [0107] Le fait de tester une résistance de précision de valeur connue permet de tenir compte des dérives résultant de l'usure des composants électroniques et/ou des paramètres

environnementaux, le circuit de commande étant configuré pour tenir compte de ces dérives pour déduire la valeur de résistance électrique d'un élément testé.

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif (1) de mesure de résistance d'un élément (2), notamment d'un élément de structure d'aéronef, ledit dispositif (1) comprenant :

- un circuit numérique de commande (5) configuré pour, d'une part, commander la valeur d'un courant de mesure (I_R) à injecter dans l'élément à tester (2), et d'autre part, déterminer, à partir de la valeur de tension (V_R) engendrée par le courant de mesure (I_R), la valeur de résistance de l'élément testé (2);

- un étage de conversion numérique-analogique (8) configuré pour convertir un signal numérique en un signal analogique et inversement;

- un circuit analogique de mesure (7) relié audit circuit de commande (5) par l'intermédiaire desdits convertisseurs et comprenant :

- des moyens de génération du courant de mesure (I_R) à partir d'une consigne numérique (C_m) issue du circuit de commande (5);
- des moyens de mesure d'une valeur analogique de la tension (V_R) engendrée par le courant de mesure (I_R);

les moyens de génération d'un courant de mesure (I_R) étant configurés pour convertir une valeur de tension (V_C) en sortie de l'étage de conversion numérique-analogique (8) en un courant de mesure (I_R), et comprennent un circuit de sélection d'une valeur de résistance électrique de référence (R_{SH}), ledit circuit de sélection comprenant plusieurs résistances de référence (R_{SH1} R_{SH2}), et au moins un interrupteur (S_1 , S_2 , S_3) configuré pour isoler, mettre en série, et/ou mettre en parallèle une ou plusieurs desdites résistances de référence (R_{SH1} R_{SH2}) de sorte à sélectionner un courant de mesure (I_R) destiné à parcourir l'élément (2) à tester,

caractérisé en ce qu'il comprend une source de tension de référence (3) reliée audit étage de conversion numérique-analogique (8), ledit étage de conversion numérique-analogique (8) étant configuré pour utiliser la valeur de tension (V_{ref}) générée par ladite source de référence (3) pour la conversion :

- de signaux numériques (C_m), tels que la consigne numérique (C_m) qui commande la génération d'un courant de mesure (I_R) par ledit circuit analogique de mesure (7), issus du circuit numérique de commande (5) en signaux analogiques (V_C) à destination du circuit analogique de mesure (7), et

- de signaux analogiques, tels que la valeur de tension (V_R) mesurée aux bornes de l'élément testé (2), issus du circuit de mesure (7) en signaux numériques ($L_{U_{ext}}$) à destination du circuit numérique de commande (5).

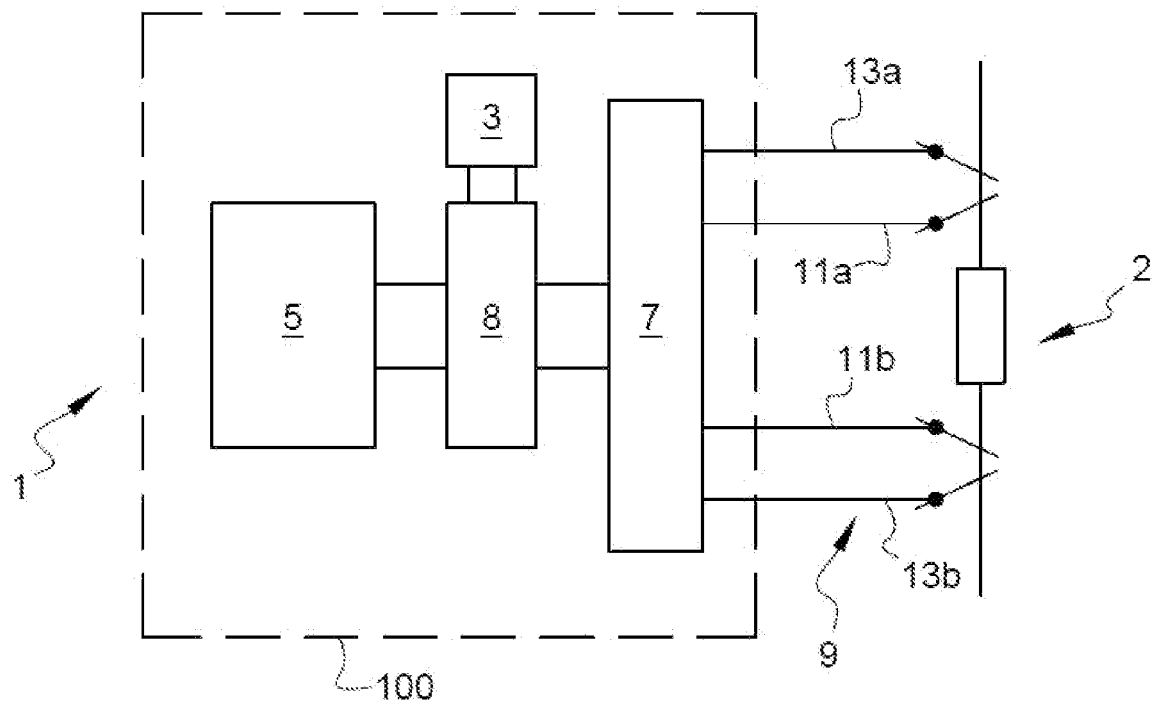
- [Revendication 2] Dispositif (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une interface homme-machine comprenant un moyen de sélection d'une valeur de résistance de référence (R_{SH}).
- [Revendication 3] Dispositif (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens de génération d'un courant de mesure (I_R) comprennent un circuit de sélection d'une résistance de test (R_{SH3}) de valeur connue et au moins un interrupteur (S_4, S_5, S_6, S_7) configuré pour isoler ladite résistance de test (R_{SH3}) de sorte à vérifier la valeur du courant de test injecté pour cette valeur connue de résistance électrique.
- [Revendication 4] Dispositif (1) selon la revendication 3, caractérisé en ce que le circuit numérique de commande (5) est configuré pour comparer la valeur de tension (V_R) engendrée par le courant de mesure (I_R) aux bornes de la résistance de test (R_{SH3}) à une valeur connue de référence, et pour détecter et calculer une dérive du courant de test injecté lorsque la différence calculée est supérieure à un seuil prédéterminé.
- [Revendication 5] Dispositif (1) selon les revendications 2 et 4, caractérisé en ce que l'interface homme-machine comprend un moyen de sélection de la résistance de test (R_{SH3}) correspondant à une fonction d'auto-test.
- [Revendication 6] Dispositif (1) selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que le circuit de commande (5) est configuré pour tenir compte de la dérive du courant calculé pour déduire la valeur de résistance électrique d'un élément (2) testé.
- [Revendication 7] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit analogique de mesure (7) comprend un montage générateur de courant (17) configuré pour convertir une valeur de tension (V_C) en sortie du convertisseur numérique-analogique (11) en un courant de mesure (I_R).
- [Revendication 8] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il y a un étage d'amplification de la tension (19) mesurée engendrée par le courant de mesure (I_R).
- [Revendication 9] Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit de commande (5) est configuré pour

envoyer une consigne de courant sous forme d'un signal numérique (C_m).

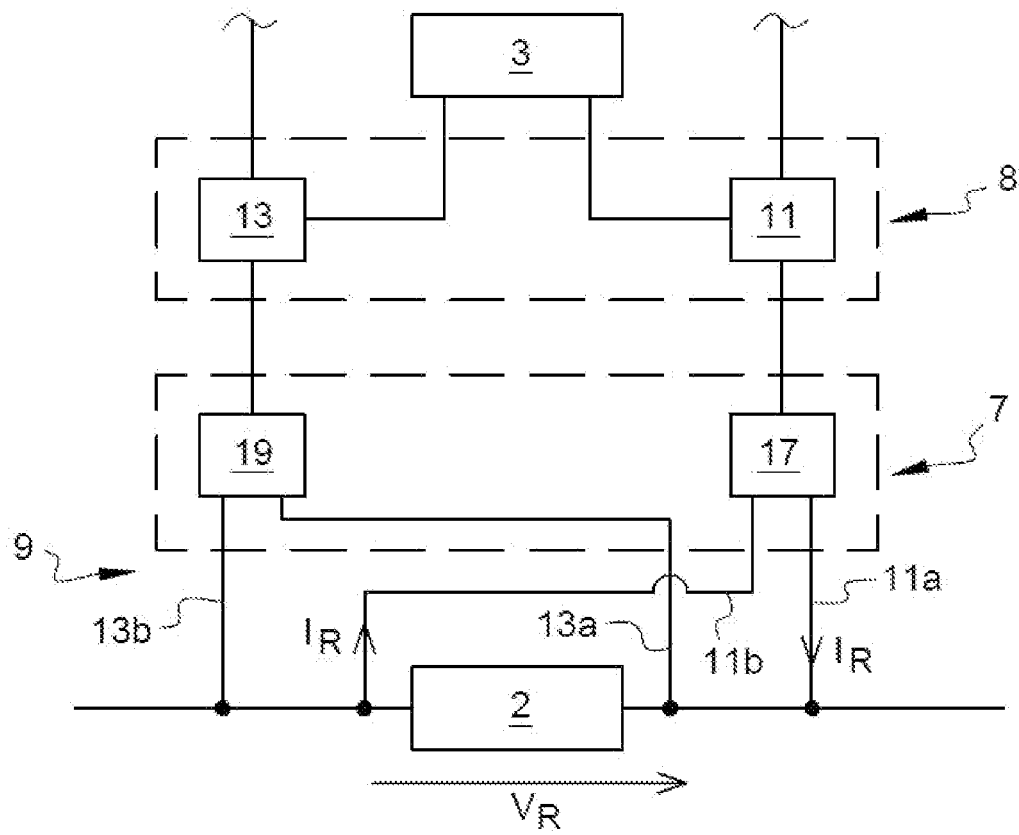
[Revendication 10] Dispositif (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la tension de consigne (V_C) de courant en sortie du convertisseur numérique-analogique (11) est fonction de la tension de référence (V_{ref}), du nombre de bits n_1 du convertisseur, les valeurs des bits a_n , d'un coefficient k .

[Revendication 11] Dispositif (1) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la tension de consigne (V_C) de courant est envoyée en entrée du montage générateur de courant (17) pour engendrer un courant de mesure (I_R).

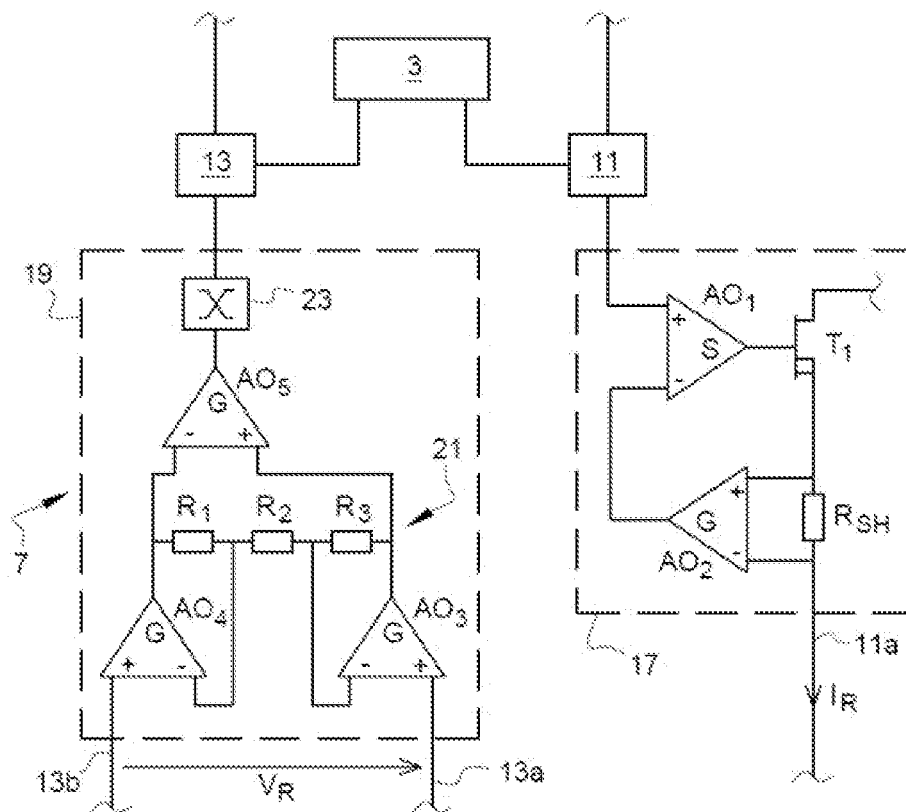
[Fig. 1]



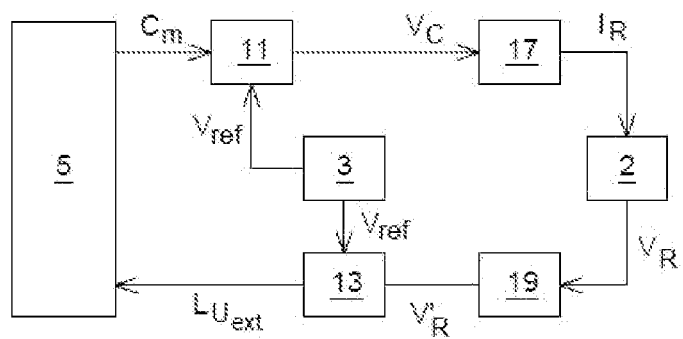
[Fig. 2]



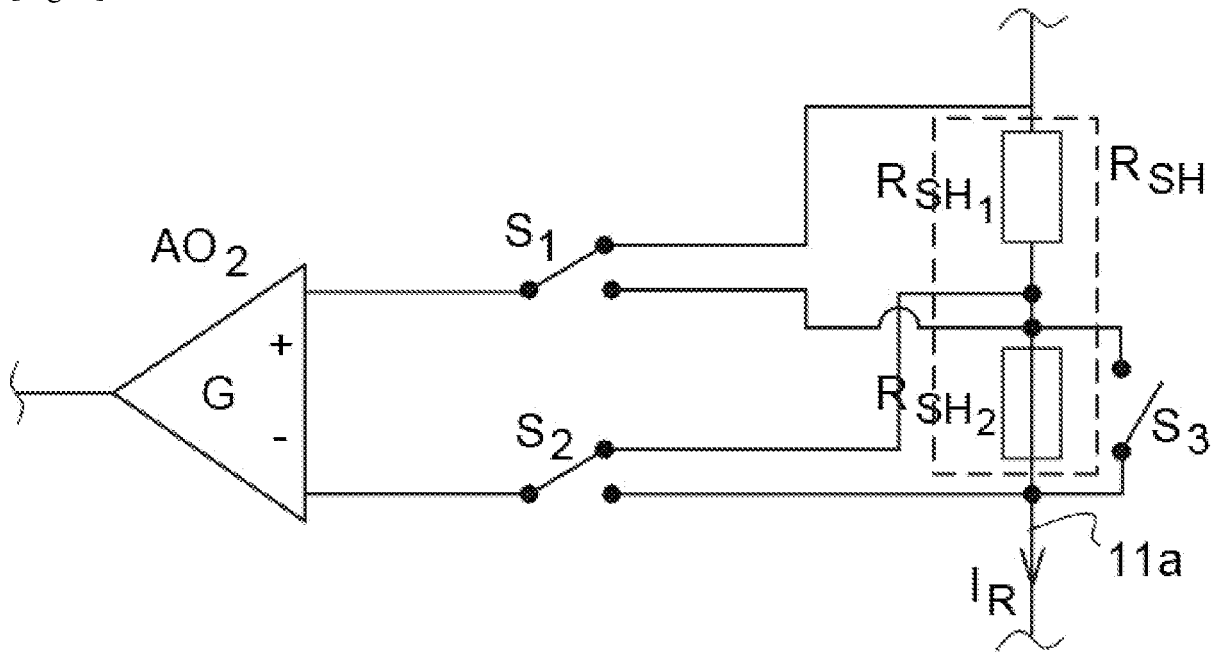
[Fig. 3]



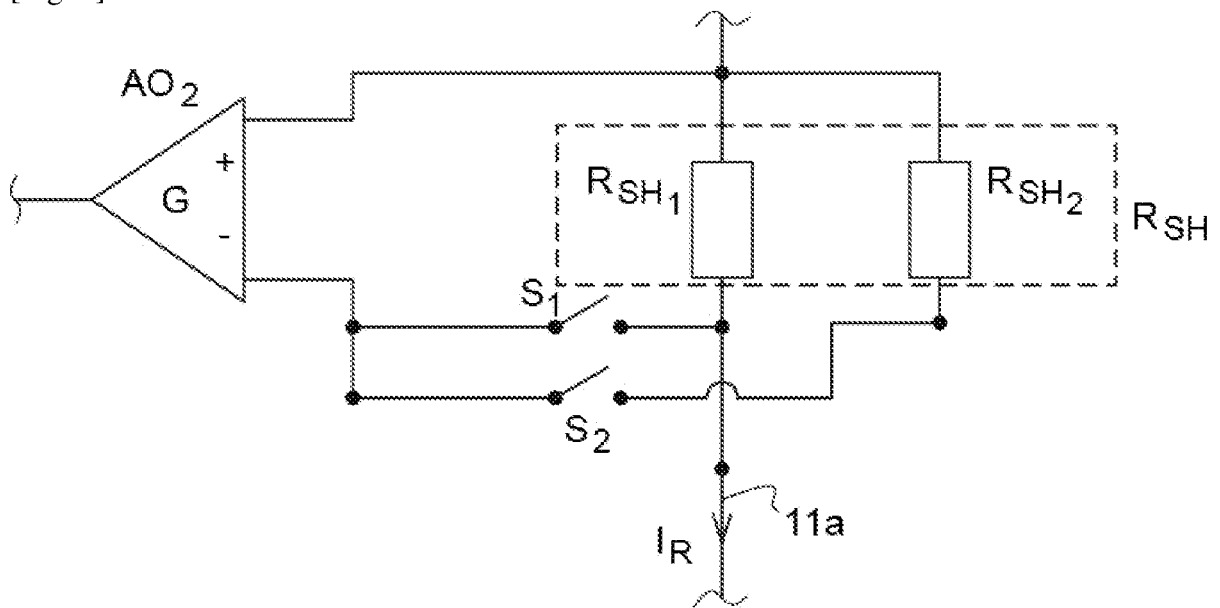
[Fig. 4]



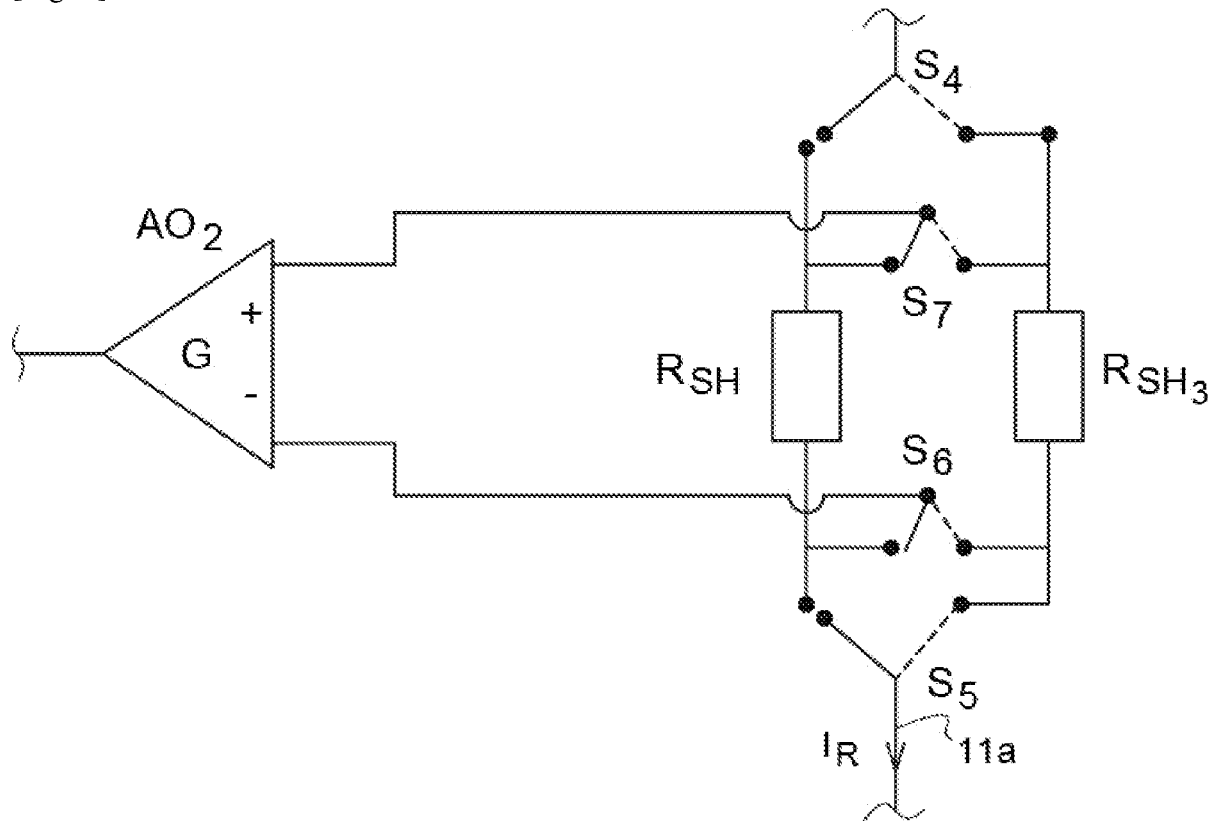
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 2019/377016 A1 (NAKAMURA ATSUSHI [DE])
12 décembre 2019 (2019-12-12)

US 2022/091169 A1 (CHEN ZEYU [CN] ET AL)
24 mars 2022 (2022-03-24)

CN 113 009 236 A (DONGGUAN MINGXIN TECH CO LTD)
22 juin 2021 (2021-06-22)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT