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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
29 octobre 2009 (29.10.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/130290 A1

(51) Classification internationale des brevets : *H02B 13/065* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/EP2009/054915

(22) Date de dépôt international : 23 avril 2009 (23.04.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
08 52821 25 avril 2008 (25.04.2008) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **AREVA T&D SA** [FR/FR]; Tour AREVA, 1, place Jean Millier, F-92084 Paris La Defense Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **JUGE, Patrice** [FR/FR]; 269, chemin de la Ravoire, F-74150 Marcellaz Albanais (FR). **FOURNET, Claude** [FR/FR]; 3, rue Flaubert, F-73100 Aix-les-bains (FR).

(74) Mandataire : **ILGART, Jean-Christophe**; Brevalex, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

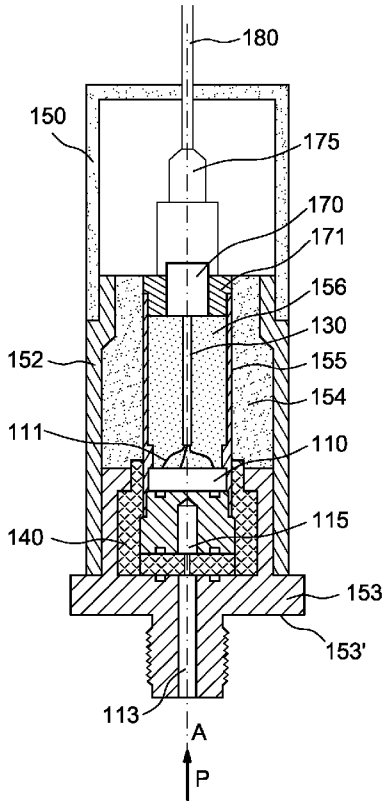
(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR QUICK DEFECT DETECTION USING A QUICK PRESSURE SENSOR-RECORDER

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE DETECTION RAPIDE DE DEFAUT A CAPTEUR-ENREGISTREUR RAPIDE DE PRESSION

FIG. 4



(57) Abstract : The invention relates to a pressure probe that can be positioned on the metal casing of an HV device and that comprises a probe body (150, 152) containing: pressure or pressure-variation detecting means (110) of the capacitive type; means (113) for contacting said pressure or pressure-variation detecting means with an external atmosphere (P); digital data processing means (130) for processing data from the pressure or pressure-variation detecting means; electric insulation means (154, 156, 140) for insulating the pressure or pressure-variation detecting means and the data processing means from the probe body or casing (150, 152).

(57) Abrégé : Sonde de pression, apte à être positionnée sur l'enveloppe métallique d'un dispositif HT, comportant un corps (150, 152) de sonde contenant : - des moyens (110) de détection de pression ou de variation de pression, de type capacitif, - des moyens (113) pour mettre en contact ces moyens de détection de pression, ou de variation de pression, avec une atmosphère (P) extérieure, L'atmosphère du enveloppe métallique 82) - des moyens (130) de traitement numérique de données, pour traiter des données des moyens de détection de pression ou de variation de pression - des moyens (154, 156, 140) d'isolation électrique pour isoler, par rapport au corps ou à l'enveloppe (150, 152) de la sonde, les moyens de détection de pression ou de variation de pression et les moyens de traitement de données.

WO 2009/130290 A1

TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))*

DISPOSITIF ET PROCEDE DE DETECTION RAPIDE DE DEFAUT A CAPTEUR-ENREGISTREUR RAPIDE DE PRESSION

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR

L'invention concerne le domaine du matériel moyenne ou haute tension. Dans ce type de matériel, des défauts peuvent se produire.

Elle concerne plus particulièrement un procédé et un dispositif permettant la détection d'un défaut électrique, et plus spécifiquement d'un arc interne, dans une liaison électrique ou dans un poste électrique, à moyenne ou à haute tension, sous enveloppe métallique (encore appelés PSEM ou GIS) ou dans une ligne à isolation gazeuse (encore appelée LIG ou GIL).

La détection de l'arc interne de défaut (contrairement à un arc de coupure), à l'intérieur de matériel haute tension est nécessaire pour la sécurité, la maintenance et l'exploitation.

D'autres types de défauts peuvent nécessiter une caractérisation, par exemple un choc externe sur l'enveloppe du matériel haute tension, ou encore une fuite importante de gaz isolant sous pression, ou encore une dilatation de l'enveloppe.

Un procédé de détection basé sur les ondes de pression est connu du document FR 2 773 420.

De manière pratique, les solutions connues mettent en oeuvre des capteurs de pression analogiques ou des capteurs optiques raccordés individuellement à des unités d'acquisition capables de traiter

simultanément les informations de tous les capteurs. Ceci conduit à utiliser des unités d'acquisition surpuissantes d'un coût très élevé.

Divers inconvénients sont inhérents à la mise en oeuvre de la méthode optique : les défauts sont fugitifs, il n'y a pas de mémoire de signal et cette méthode demande en outre des capteurs supplémentaires et judicieusement placés dans l'installation à surveiller, il en résulte donc que un coût très élevé.

Plus précisément, le principe de détection optique comporte des limitations. Une part considérable de défauts en matériel HT survient durant la manœuvre des appareils. Sur la base de la lumière, la détection peut être rapide. Mais, cette information est fugitive.

Comme les appareils HT génèrent, durant les manœuvres, de la lumière, en raison des arcs de coupure (qui ne sont pas des arcs de défaut), le système de détection d'arc doit alors être occulté.

Le temps de détection d'un tel système est généralement court (moins de 20 ms), sauf en cas de manœuvre d'appareils où il est aveugle. Un autre inconvénient est la difficulté de franchissement des isolateurs ou des parties actives ou des coudes du matériel HT pouvant conduire à des zones d'ombre.

Comme il n'est pas aisé de poser des fibres optiques (qui sont habituellement utilisées pour ramener la lumière émise par l'arc au niveau de l'unité d'acquisition) sur de longues distances et dans des conditions environnementales difficiles. Pour être exact les GIS sont le plus souvent en bâtiment, par contre les GIL sont à l'extérieur. Cependant, même en

bâtiment, poser des fibres optiques entre l'appareillage GIS et les armoires contenant le système d'acquisition n'est pas aisé car le trajet est tortueux.

Cette technique est en outre inadaptée à des mesures sur des jeux de barres ou LIG de plusieurs dizaines de m à plusieurs centaines de m.

L'architecture parallèle des capteurs de lumière conduit à une multiplication du nombre de câbles optiques et à des unités d'acquisition comportant de nombreuses entrées et donc à des coûts peu supportables.

D'autre part, les capteurs optiques étant inertes (il s'agit d'un simple conducteur optique de 5 à 10mm de section, prolongeant la fibre à l'intérieur du compartiment et se terminant par un collecteur de lumière), la lumière ne peut être amplifiée. Ceci pose problème en raison de l'atténuation du signal lumineux à l'intérieur des fibres optiques.

De plus, un tel système est particulièrement exposé à des défaillances au niveau des fibres en raison de leur nombre, de leur rayon de courbure limité, et de leur exposition dans les zones de maintenance de l'appareillage HT. Ceci est problématique en raison de l'impossibilité pour le système de se tester lui-même. Il faudrait donc prévoir des campagnes de maintenance rapprochées et compliquées en raison de la nécessité de générer manuellement une lumière à l'extrémité de chaque fibre et de tester la réaction de l'unité d'acquisition, ceci ayant un impact sur la continuité d'exploitation de la ligne.

Par ailleurs, ce système est lui aussi coûteux.

La reconnaissance d'arc interne basée sur l'utilisation de capteurs analogiques n'est, quant à elle, pas satisfaisante, car les mesures analogiques sont sensibles aux perturbations électromagnétiques générées par les appareils HT, et notamment celles émises par l'arc interne lui-même. Les perturbations électromagnétiques émises lors d'un arc interne se traduisent par la circulation de courants circulant dans les enveloppes des appareils haute tension et dans les circuits de terre, mais aussi dans les écrans des câbles des capteurs. Ces courants transmettent par couplage des perturbations sur les fils du câble. En cas de capteurs à communication analogique, la mesure est perturbée.

Il se pose donc le problème de trouver un nouveau procédé et un nouveau dispositif permettant de réaliser des identifications de défauts de manière plus efficace que par les techniques actuellement connues. En particulier, une identification plus rapide d'un défaut et une intervention plus rapide suite à cette identification est souhaitable. De préférence un tel nouveau procédé ou dispositif est adaptable à l'identification de divers types de défauts.

Un autre problème est celui des courants parasites qui se produisent dans une enveloppe métallique d'un dispositif du type indiqué ci-dessus (par exemple PSEM ou GIS ou LIG ou GIL) en particulier le problème des courants dits de retour qui perturbent toute mesure qui permettrait d'identifier un défaut.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention concerne un procédé de détection d'un défaut dans un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique, au moins un conducteur central, un gaz sous pression faisant office d'isolant diélectrique, et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, ce procédé comportant les étapes suivantes :

- disposer, dans chaque compartiment, un capteur numérique de pression muni de moyens pour échantillonner des données de pression, et pour identifier des données de pression caractéristiques dudit défaut,
- transmettre les données numériques de pression caractéristiques dudit défaut à des moyens de traitement de données.

Ces moyens de traitement des données sont de préférence communs à tous les capteurs.

Selon l'invention, l'acquisition de données de mesures, et leur traitement pour identifier l'apparition d'un défaut sont réalisés par des moyens propres, associés et dédiés à chaque capteur.

Un capteur de pression selon l'invention, muni de ses moyens de traitement et de moyens de mémorisation, peut donc effectuer en permanence une analyse de l'évolution de la pression. Celle-ci peut être mesurée suivant un cycle d'observation rapide.

Du fait de l'existence de plusieurs capteurs, on utilise une architecture de traitement parallèle, profitant des moyens de traitement ou de calcul disponibles dans chaque capteur.

La synthèse des données ainsi obtenues peut être transmise à une unité d'acquisition en une seule trame de communication, par exemple d'une durée de l'ordre de quelques millisecondes, qui va surtout dépendre de la vitesse de communication du capteur. Ainsi, une durée inférieure à 1 msec par capteur a pu être obtenue dans le cadre de la présente invention.

La mémorisation, par chaque capteur, de la perturbographie de pression sur une fenêtre temporelle glissante permet de procéder à une analyse conduisant à un diagnostic très fiable de la présence d'un défaut, par exemple un arc interne.

Les moyens de traitement de chaque capteur sont aptes à diagnostiquer par eux-mêmes la présence d'un défaut, et à avertir spontanément l'unité d'acquisition, qui n'a plus à traiter que le message d'alarme d'un seul capteur. À cette fin, les moyens de traitement peuvent comporter un ou des algorithmes embarqués dans chaque capteur.

Il en résulte une durée de diagnostic inférieure à celle obtenue avec les dispositifs existants. La durée de diagnostic peut être divisée par un facteur d'environ 50 à 15.

Des données numériques de pression, dans une fenêtre temporelle glissante, peuvent être mémorisées. Selon un mode de réalisation, une trace de l'évolution de la pression, sur une certaine fenêtre temporelle, est conservée dans une mémoire, telle qu'une mémoire tournante, qui précède l'instant de mesure.

Une analyse, à l'aide des moyens de traitement de données associés localement à chaque capteur, lui permet de détecter quasi-instantanément, ou de manière très rapide, la présence d'une anomalie, par exemple une anomalie de surpression, comme celle générée par un arc interne.

Le capteur est donc capable d'émettre, en une seule trame, un message d'alarme contenant une synthèse sur l'évolution récente des valeurs de pression.

Le capteur a également la capacité de transmettre, en vue d'une analyse détaillée par l'unité d'acquisition, les valeurs unitaires mesurées à l'intérieur d'une fenêtre de temps qui est déterminée, soit par l'unité d'acquisition, soit par le capteur en fonction de sa propre analyse.

Le temps de réponse de chaque capteur est de préférence inférieur à 1,5 msec.

Chaque capteur de pression est de préférence de type à variation de capacité ou à cellule piezo-résistive.

Des données de variation de pression caractéristique d'un défaut peuvent être identifiées à l'aide d'un calcul de variation de pression ΔP pendant une certaine durée ΔT, $(\Delta P/\Delta T)$, et/ou à l'aide d'une fréquence d'oscillations de la pression et/ou de la mesure de l'amplitude crête à crête de la pression et/ou à l'aide de l'identification d'une onde de pression amortie et/ou d'une pente persistante de pression.

Le rapport $\Delta P/\Delta T$ et/ou la fréquence d'oscillations de la pression et/ou l'amplitude crête à crête et/ou la forme de l'onde de pression peuvent être mesurées ou identifiées à intervalles réguliers.

Dans le cas de la détection d'un arc, des données de variations de pression, caractéristiques d'un arc, peuvent être identifiées à l'aide d'un calcul de variation de pression ΔP pendant une certaine durée ΔT, $\Delta P/\Delta T$, qui peut être réalisé à intervalles réguliers.

Il peut être intéressant de mesurer en outre une température représentative de la température de l'enveloppe métallique.

Les capteurs et l'unité de traitement peuvent fonctionner en mode autonome, ce qui permet au capteur d'informer, de façon immédiate, l'unité de traitement de la détection d'un phénomène.

Mais le capteur et l'unité de traitement sont de préférence en relation maître - esclave, chaque capteur ne pouvant émettre une donnée ou une information que s'il a reçu des moyens de traitement une requête de transmission de donnée ou d'information.

De préférence, chaque capteur ne peut émettre une donnée ou une information, après réception d'une requête de transmission de donnée ou d'information, que pendant une durée prédéfinie et limitée.

Un procédé selon l'invention peut comporter, entre l'étape a) et l'étape b), une étape a') de transmission, aux moyens de traitement de données, d'une information d'apparition d'un défaut.

Après l'étape a'), un signal d'anomalie peut être produit, par exemple par les moyens de traitement de données.

Ce signal d'anomalie peut être produit avant l'étape b).

De préférence, l'étape b) est réalisée sur requête des moyens de traitement de données au capteur ayant identifié un défaut.

Le défaut est par exemple l'apparition d'un arc interne, ou un choc externe sur l'enveloppe, ou une fuite de gaz isolant, ou une dilatation de l'enveloppe.

Il est d'ailleurs possible de reconfigurer un capteur, programmé par exemple pour identifier des arcs, pour identifier un autre type de défaut, par exemple une dilatation.

L'invention permet en outre de résoudre le problème lié à l'influence des perturbations électromagnétiques sur les mesures.

Ainsi, il peut arriver qu'une information, par exemple émise sous forme de trame, soit affectée par une perturbation (par exemple un octet devient illisible), et, dans ce cas, l'information, par exemple la trame dans l'exemple choisi, peut être réémise.

C'est notamment le cas pour les capteurs à communication numérique, pour lesquels il existe au moins deux paires de fils. Une des deux paires est dédiée à l'alimentation du capteur (par exemple : 24VDC de tension nominale d'alimentation), l'autre étant dédiée à la communication, par exemple sous forme d'échange de trames. Un contrôle de transmission peut être réalisé (souvent appelé CRC).

En outre, grâce à la mémoire du capteur, la transmission de données peut être différée, notamment après que les perturbations électromagnétiques aient disparu (donc après le défaut qui a occasionné les perturbations). Ceci peut être en particulier appliqué dans le cas ou l'on télécharge l'ensemble des points de mesure pour une analyse humaine a posteriori, après que le capteur ait détecté et signalé un défaut en temps quasi réel.

Les fils d'alimentation du capteur peuvent aussi ramener des perturbations vers le capteur, qui fonctionne durant le défaut. C'est pourquoi des filtres, de préférence CEM, peuvent être prévus à l'entrée du capteur. D'autres caractéristiques peuvent être mises en oeuvre pour ce type de situation : par exemple on peut prévoir une réserve d'énergie suffisante en cas de creux de tension et/ou une plage de fonctionnement étendue en tension.

L'invention concerne également un dispositif de détection d'un défaut dans un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique, un conducteur central et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur. Ce dispositif de détection comporte :

- une pluralité de capteurs numériques de pression, chaque capteur étant muni de moyens pour échantillonner des données de pression, et pour identifier des données de pression caractéristiques d'un défaut,

- des moyens pour transmettre des données variations de pression caractéristiques d'un défaut à des moyens de traitement de données.

L'invention concerne également un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique, au moins un conducteur central et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, et un dispositif selon l'invention, notamment tel qu'expliqué ci-dessus.

L'invention concerne également un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique, au moins un conducteur central et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, et des capteurs numériques de mesure de pression pour mettre en oeuvre un procédé selon l'invention, notamment tel qu'expliqué ci-dessus.

Dans un dispositif selon l'invention, les moyens de traitement de données peuvent comporter un régulateur d'alimentation à découpage.

Un dispositif selon l'invention peut en outre comporter des moyens pouvant mesurer une température représentative de la température de l'enveloppe métallique.

Chaque capteur de pression peut être de type à variation de capacité.

Les capteurs et l'unité de traitement fonctionnent de préférence en mode autonome ou sont en relation maître - esclave, les capteurs ne pouvant émettre que s'ils y ont été invités par l'unité de traitement.

Chaque capteur peut être positionné à l'intérieur d'une enveloppe, dans laquelle le gaz isolant sous pression pénètre par un conduit.

L'invention concerne également un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique, au moins un conducteur central et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, et un dispositif selon l'invention, chaque capteur de la pluralité de capteurs numériques étant positionné dans un des compartiments et relié aux moyens de traitement de données.

Dans un dispositif selon l'invention, chaque capteur et les moyens de traitement de données correspondants peuvent être contenus dans un corps de sonde à positionner sur l'enveloppe métallique d'un dispositif HT.

L'invention concerne donc également un capteur ou une sonde, comportant un corps de sonde, apte à être positionné sur l'enveloppe métallique d'un dispositif HT, ce corps contenant:

- des moyens de détection de pression ou de variation de pression, de type capacitif,
- des moyens, par exemple une ouverture, pour mettre en contact ces moyens de détection de pression, ou de variation de pression, avec une atmosphère extérieure,
- des moyens de traitement de données, pour traiter des données des moyens de détection de pression ou de variation de pression,
- des moyens d'isolation électrique pour isoler, par rapport au corps ou à l'enveloppe de la

sonde, les moyens de détection de pression ou de variation de pression et les moyens de traitement de données.

Une telle structure de sonde permet d'éviter les nuisances dues aux courants parasites qui circulent dans une enveloppe sur laquelle ou contre laquelle la sonde est installée ou disposée, en particulier les courants de retour.

Des moyens de type connecteur peuvent être prévus, pour relier les moyens de traitement de données à, par exemple, un câble de connexion. Un tel câble comporte de préférence un ensemble de fils entouré d'un écran métallique, l'ensemble étant entouré d'une gaine isolante.

De préférence, les moyens de type connecteur forment un prolongement de l'écran métallique du câble.

Les moyens de type connecteur peuvent être prolongés par au moins une enveloppe intérieure qui contient au moins les moyens de détection de pression ou de variation de pression et/ou les moyens de traitement de données.

Chacun des moyens de détection de pression ou de variation de pression et des moyens de traitement de données est de préférence contenu dans une matière ou une enveloppe en matériau isolant, par exemple en céramique. On peut aussi utiliser un matériau de type silicone ou polyuréthane.

Selon un mode de réalisation préféré, un tel dispositif est de forme allongée, sensiblement à symétrie axiale. Dans un dispositif selon l'invention,

les moyens de traitement de données d'un capteur peuvent être réalisés sous forme d'un circuit imprimé logé dans le corps de sonde.

L'invention concerne également un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique, au moins un conducteur central et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, et des capteurs numériques de mesure de pression pour mettre en oeuvre un procédé selon l'invention, selon l'un quelconque des modes de réalisation décrits ci dessus.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

- La figure 1 représente un mode de réalisation, selon l'invention, d'une enveloppe métallique ligne HT munie de capteurs.
- La figure 2 représente l'évolution temporelle de données de pression mesurées par un capteur selon l'invention.
- La figure 3 représente un mode de réalisation d'un procédé selon l'invention.
- La figure 4 représente un capteur pouvant être utilisé dans le cadre de l'invention.
- Les figures 5A et 5B sont des représentations schématiques, d'une part d'un capteur pouvant être utilisés dans le cadre de l'invention et d'autre part de son circuit équivalent.
- La figure 6 est une représentation schématique d'une sonde de température pouvant être utilisée dans un capteur selon l'invention.

- La figure 7 est une représentation schématique d'une carte électronique pouvant être utilisée dans un capteur selon l'invention.

- Les figures 8A à 8C et 9-11 représentent des évolutions temporelles de données de pression mesurées par un capteur selon l'invention.

- Les figures 12A - 12C représentent des mesures effectuées selon l'invention.

- La figure 13 représente la structure d'un câble mis en œuvre dans la présente invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Un exemple de mise en oeuvre de l'invention est illustré sur la figure 1.

L'invention peut être mise en oeuvre dans des architectures de type GIS ou GIL. Des organes de coupure ou d'isolation, tels qu'un ou plusieurs disjoncteurs ou sectionneur, peuvent être intégrés dans ce type d'architecture.

L'invention peut aussi être mise en œuvre dans une chambre de coupure, par exemple à SF6, d'un disjoncteur non blindé ou dans un sectionneur non blindé.

Sur la figure 1 est représenté un GIS qui comporte une enveloppe métallique 2 compartimentée et un conducteur central 4, isolé par un gaz sous pression, par exemple de l'azote et/ou de l'hexafluorure de soufre SF6. Les compartiments sont délimités par des supports isolants 6, qui, en outre, maintiennent le conducteur électrique 4. L'invention s'applique également aux matériels haute tension

triphasée, comportant trois conducteurs 4 dans une même enveloppe.

Sur chaque compartiment est monté un capteur de pression 10 (les capteurs individuels sont désignés par S1, S2, S3, …S8 etc…).

Les différents capteurs sont reliés à une unité d'acquisition 12 par un bus 14 de communication numérique.

De tels moyens 12 d'acquisition sont par exemple de type microordinateur et comportent par exemple une unité centrale ou un microprocesseur, qui va permettre de réaliser des traitements sur les données reçues des capteurs, et de mémoriser lesdites données ainsi que des calculs effectués à partir de ces données. Une unité d'affichage permet d'afficher des données, par exemple sous forme de graphiques tels que ceux des figures 12A – 12C, ou des données calculées.

Les moyens 12 peuvent être programmés pour mettre en œuvre des étapes de procédé décrites dans la présente demande.

Selon l'invention, il n'est pas procédé par requêtes successives sur chaque capteur et envoi de toutes les données vers l'unité 12, ce qui introduirait un temps de cycle incompatible avec un échantillonnage rapide sur chaque capteur. Au contraire, chaque capteur 10 comporte des moyens pour échantillonner, de préférence à grande vitesse, le signal.

Chaque capteur 10 comporte en outre des moyens de mémorisation, par exemple une mémoire tournante, qui permettent de mémoriser temporairement au moins un certain nombre de données qui ont été

prélevées au cours d'un intervalle de temps de durée ΔT, écoulé, précédant l'instant t0 de mesure (c'est l'intervalle [t0- ΔT, t0]). Un tel intervalle est représenté par exemple en figure 2, qui donne l'évolution de la pression en fonction du temps, telle qu'elle est mesurée par un capteur 10. Est également représentée, en traits interrompus, la moyenne de la pression dans la phase d'évolution. Sur la courbe de la figure 2 est en outre représenté un saut ΔP de pression, qui correspond à la variation entre la pression initiale et la pression finale, telle que détectée par le capteur.

Chaque capteur 10 comporte en outre, localement, des moyens de traitement des données permettant de traiter les données mémorisées dans les moyens de mémorisation.

A partir de cet échantillonnage et de ce traitement, une anomalie peut être qualifiée.

Par exemple, un arc interne peut être détecté à partir d'une fréquence élevée des mouvements de la pression générée dans le gaz, ou alors à partir d'un écart de pression crête à crête significatif. Des mesures de pression durant un arc électrique dans du SF6 ont permis de caractériser les fréquences et les amplitudes ainsi que les atténuations lors de la propagation dans le gaz. Les fréquences sont plus importantes que celles d'un bruit mécanique, permettant ainsi d'établir une distinction avec le cas d'un bruit mécanique.

La mesure d'un écart de pression crête à crête est particulièrement bien adaptée dans les

compartiments de type « jeu de barres ou LIG», où il est difficile de détecter de petits arcs dégageant peu d'énergie, et où, par conséquent, des variations de pression ΔP sont souvent faibles en raison d'un volume particulièrement important de compartiments.

Par exemple encore, l'élévation de pression sur un certain intervalle de temps, tel que l'intervalle ΔT ci-dessus, est calculée. Les moyens de traitement de données associés au capteur peuvent donc calculer une valeur moyenne du rapport $\Delta P/\Delta T$, ΔT étant une fenêtre temporelle qui précède immédiatement l'instant de mesure. Cette valeur peut être comparée à une valeur de seuil, en-deçà de laquelle il n'y a pas anomalie, et au-delà de laquelle l'anomalie est caractérisée, c'est-à-dire correspond à un arc.

D'autres types d'anomalies peuvent être détectés : par exemple un choc externe sur l'enveloppe 2 peut être détecté, grâce au caractère non persistant des perturbations de pression, rapidement amorties dans le gaz. Par exemple encore, une fuite « catastrophique» de gaz, qui peut être provoquée par exemple par l'ouverture ou l'éclatement accidentel d'un disque de rupture, se traduit par une forme de l'onde de pression en « onde plongeante ».

Encore un autre type d'anomalie consiste en la dilatation de l'enveloppe : les efforts liés à une telle dilatation provoquent une libération d'énergie, et il en résulte une forme d'onde très courte ou qui peut être corrélée avec des variations de température, les variations de température étant à l'origine des phénomènes de dilatation.

Les informations relatives à ces événements sont disponibles dans le capteur.

Avec un dispositif et un procédé selon l'invention, de tels événements peuvent être détectés très rapidement, et permettre la mise en place d'une mesure de sécurité de l'installation, pour éviter que la situation, qui résulte de l'événement en question, ne prenne un caractère très grave.

De tels événements, ou les informations correspondantes, peuvent être mémorisés ou archivés dans une base de données, permettant ensuite une analyse, par exemple en termes de vieillissement et d'usure du matériel.

Les figures 8A-12C donnent des exemples de formes d'ondes de pression pour diverses situations et divers types d'événements.

Si l'anomalie est caractérisée, il peut y avoir alors sauvegarde de, au moins, tout ou partie des données du capteur identifiant l'anomalie. La présence de l'anomalie est signalée à l'unité d'acquisition 12. Cette dernière peut alors décider immédiatement d'une action (par exemple déclenchement d'une signalisation ou d'une alarme), puis télécharger l'ensemble de ces données sauvegardées, par exemple en interrogeant le capteur qui a signalé l'anomalie.

Dès que la réception des données par l'unité d'acquisition 12 est bonne, le capteur 10 peut reprendre le cycle normal d'interrogation rapide.

L'unité d'acquisition 12 dispose donc d'abord de l'information relative à l'apparition d'un incident (production d'un arc ou autre anomalie), ce

qui permet de gagner du temps pour déclencher une alarme, plutôt que d'attendre la réception de toutes les données, celles qui identifient l'anomalie et éventuellement d'autres données.

Le transfert des points de mesure, qui justifient le déclenchement de l'alarme, peut ensuite être réalisé.

Autrement dit, selon l'invention, chaque capteur et les moyens qui lui sont localement associés, a la capacité de détecter une anomalie en un temps très court, de signaler cette anomalie à l'unité 12, qui va d'abord agir pour que la situation résultant de l'apparition de cette anomalie soit maîtrisée.

Un exemple de fonctionnement d'un capteur selon l'invention va être donné en liaison avec la figure 3.

Sur cette figure des étapes de procédé sont désignées par les références S0 - S5.

Dans une première étape S0, le capteur est mis sous tension.

Puis, on procède à un échantillonnage rapide, par exemple à une fréquence de 1000 Hertz, du signal du capteur. Les données échantillonnées sont mises en mémoire dans une mémoire tournante, par exemple de 512 points.

On procède alors à une analyse glissante, c'est-à-dire à la mise en oeuvre d'un algorithme de mesure des variations de pression sur une fenêtre temporelle glissante comme déjà expliqué ci-dessus. Le bruit du signal peut, à ce stade, être filtré.

La présence ou l'absence d'une variation de pression anormale est ensuite confirmée ou infirmée (étape S2).

Dans le deuxième cas (pas de pression anormale), le procédé reboucle sur l'étape précédente S1. Au contraire, si la présence d'une variation de pression anormale est confirmée, les données sont mises en mémoire, de manière permanente, et un message d'alarme peut être envoyé à l'unité d'acquisition 12 (étape S3).

Les données de variation de pression peuvent ensuite être transmises à cette même unité d'acquisition 12 (étape S4).

Tant que cette transmission n'est pas terminée, il y a bouclage sur cette étape S4 (étape S5). Ce n'est qu'après la fin de la transmission des valeurs qu'il peut être procédé, de nouveau, à un échantillonnage rapide (étape S1).

La figure 4 représente une sonde comportant un capteur, pouvant être utilisé dans le cadre de l'invention.

Dans le mode de réalisation illustré, cette sonde est de forme sensiblement cylindrique autour d'un axe AA'. Elle comporte un corps, constitué par exemple en deux parties 150, 152, fixé sur une embase 153. La partie extérieure 153' de l'embase 153 vient en appui sur l'enveloppe métallique 2 (voir figure 1). En outre l'embase 153 dernière est traversée par un passage cylindrique 113, reliant l'atmosphère du compartiment au capteur. A l'extrémité de ce passage, à l'intérieur du corps de la sonde, est d'ailleurs disposé le capteur

110. Ce dernier est isolé du corps de la sonde ; il est par exemple maintenu dans une pièce en céramique 140, maintenue elle-même par l'embase 153, et dans la base de laquelle un orifice 115 laisse le passage libre à l'atmosphère ambiante provenant du conduit 113 et dont la pression est à mesurer.

Le diamètre de cet orifice 115, ainsi que le diamètre de la partie du conduit 113 située entre la partie extérieure 153' de l'embase 153 et le capteur 110 peuvent être ajustés pour constituer un filtre mécanique passe-bas, qui permet de filtrer les bruits.

Le tube extérieur 152, qui forme la partie basse du corps du dispositif, est de préférence réalisé en inox et est fixé sur l'embase 153. En cours de fonctionnement, la température de ce tube 152 est sensiblement celle de l'enveloppe 2.

Le capot 150 qui ferme le dispositif peut être une pièce moulée, par exemple en polyuréthane traité, et qui tient à la température sur une gamme comprise sensiblement entre -40° C et + 110° C.

Dans le prolongement du capteur 110, et sensiblement sur l'axe AA' du dispositif, est disposé un circuit imprimé 130, comportant des moyens de traitement et des moyens de mémorisation de données mesurées à partir du capteur 110, ainsi que des moyens de communication avec une unité d'acquisition 12 extérieure (voir figure 1). Le capteur 110 est relié, depuis sa face arrière, au circuit 130 par des connexions 111.

Le circuit 130 est maintenu dans un premier tube 155, ou tube intérieur, par une matière de

remplissage 156, isolante du point de vue électrique (elle est par exemple à base de silicone). Une matière de remplissage 154 forme un remplissage extérieur, entre le tube intérieur 155 et le tube extérieur 152. Cette matière est elle aussi isolante du point de vue électrique, elle est par exemple en mousse de polyuréthane et/ou en silicone. Les deux tubes 155 et 152 peuvent être à symétrie cylindrique, et disposés suivant un même axe de symétrie comme sur la figure 4.

Le circuit 130 est lui-même relié à un connecteur 170, sur lequel des moyens 175 de connexion peuvent être fixés. Ces moyens 175 sont prolongés par un câble 180. Le connecteur 170 comporte une bague cylindrique périphérique 171.

L'ensemble comportant le capteur 110, le circuit 130 et le connecteur 170 peut être maintenu par le tube 155 métallique, lui-même maintenu dans le tube 152 par la matière de remplissage 154.

De manière plus précise, le câble 180 comporte la structure représentée en figure 13. Il comporte donc un ensemble de fils 181, qui sont entourés par un écran métallique 183. Celui-ci comporte par exemple une tresse en cuivre étamé, munie d'une feuille d'aluminium. L'ensemble est entouré par une gaine 185. Les moyens de communication et d'alimentation du capteur sont représentés ici par un seul fil, mais il y en a en réalité plusieurs (2x2).

Lorsque l'ensemble du dispositif de la figure 4 est positionné sur l'enveloppe 2 (figure 1), on constate l'existence de courants dits de retour, en particulier lorsqu'un défaut tel qu'un arc interne se

produit. En effet, il existe alors des courants entre le conducteur 4 (voir la figure 1) et l'enveloppe 2. Le fonctionnement du capteur, directement positionné sur l'enveloppe, est donc perturbé par ces courants de retour.

Par couplage, une partie de ces courants parasites peut être distribuée à l'intérieur du câble 180. Des courants de fuite se produisant dans l'écran du câble peuvent amener à la conclusion qu'il existe un défaut dans le système qui est sous surveillance, alors qu'en fait ce n'est pas le cas.

En outre, lorsque le capteur est à communication numérique, ces courants parasites peuvent occasionner des pertes de trame d'information.

La structure d'un capteur selon l'invention réalise une isolation par rapport à ces courants parasites. En effet, la matière isolante 156,154 et les moyens de support isolant 140, permettent d'isoler électriquement les moyens électroniques 130 et le capteur 110 de l'enveloppe extérieure 152 qui peut éventuellement conduire les courants parasites. De même, on voit bien sur la figure 4, que la bague 171, et donc le connecteur 170, est séparé de l'enveloppe 152 par une couche de matière isolante 154.

En cours de fonctionnement, l'embase 153 est donc au potentiel de l'enveloppe métallique 2, et l'isolation réalisée permet d'éviter la circulation d'un courant sur l'enveloppe 171 et l'écran 183 du câble 180.

Un capteur selon l'invention comporte donc une enveloppe extérieure qui contient un circuit 130 et

un capteur 110, mais ces derniers sont isolés de l'enveloppe extérieure par des moyens d'isolation électrique, qui prennent la forme, dans l'exemple de représenté, des couches de matière 154, 156, et de l'embase isolante 140.

Ces moyens d'isolation électrique permettent de conférer au dispositif une tenue aux tensions de plusieurs kilovolts, par exemple au moins 5 ou 10 kV.

Ces moyens d'isolation permettent également de réaliser une continuité de l'écran 183 du câble qui, par conséquent, est prolongé vers l'intérieur du capteur, et enveloppe l'électronique 130 et le capteur 110 lui-même tout en étant séparé de l'enveloppe 152 par des moyens d'isolation. Concrètement, dans la structure qui a été décrite ci-dessus, un contact électrique est établi entre l'écran du câble, la pièce ou les moyens 175 de connexion, et le connecteur 170,171. À son tour, ce dernier est en contact avec le tube 155.

De préférence, une distance d d'amorçage, calculée pour une certaine valeur de tension, par exemple 30 kV, sépare la bague 171 du connecteur 170 du tube extérieur 152.

La figure 5A représente schématiquement le capteur 110 lui-même, de type capacitif.

Ce capteur de pression 110 fonctionne sur le principe d'une variation de capacité engendrée par la flexion d'une membrane 112 en céramique ($A1_2O_3$) métallisée sur sa face interne.

Cette membrane est scellée sur une embase 114 elle-même en céramique et sur laquelle trois électrodes 115, 117 et 119 ont également été préalablement sérigraphiées. Ce scellement est réalisé par sérigraphie d'une mince épaisseur de verre 116 à l'état pâteux sur le pourtour de la membrane 112 et sur l'embase 114.

Sous l'influence de la pression, le centre de la membrane 112 se rapproche de l'embase 114 et provoque l'accroissement de la capacité de mesure Cm constituée par l'électrode 113 située au centre de l'embase et la membrane. L'électrode périphérique sert de capacité de référence Cr.

Dans une réalisation, le circuit équivalent de ce dispositif est représenté en figure 5B, sur laquelle les capacités, respectivement de mesure et de référence sont représentées.

Les capacités de mesure Cm et de référence Cr sont de l'ordre de 30pF chacune. La variation de la capacité de mesure (capacité centrale) est de l'ordre de 1 pF à 2 pF pour la pleine échelle de mesure.

Le conditionnement du signal est réalisé sur le principe du transfert de charge d'un condensateur vers les deux capacités du capteur. La tension obtenue aux bornes des deux capacités est ensuite filtrée pour donner un signal analogique.

Afin de déterminer la température de l'enveloppe 2 du sectionneur, des moyens formant capteur de température peuvent être disposés dans le dispositif de mesure, de préférence avec le circuit électronique 130. Par exemple, deux capteurs de

température RTH1 et RTH2, disposés comme indiqué sur la figure 6, sont utilisés.

Chacun de ces deux capteurs peut être réalisé en platine, sous forme d'un chip résistif. La résistance nominale de chaque capteur, à 0°C, est de 1000 Ohm.

Les deux capteurs sont disposés en série, avec une borne commune. Tcap_pres désigne la température de la capsule sous pression, et Telectronique désigne la température du circuit électronique 130.

Une méthode de calcul pour déterminer la température de l'enveloppe est par exemple la suivante :

Tenveloppe = Tcap_pres - ((Telectronique - Tcap_pres)/RTH2)*(RTHI + RTH2).

Ce type de calcul donne un résultat très correct dans la mesure où la puissance (énergie) dissipée par les moyens électroniques est constante et où l'isolement du cœur du transmetteur est correctement assuré (du point de vue thermique) par rapport à l'extérieur. Dans ce cas, l'écoulement des calories dissipées par la carte électronique se fera essentiellement vers l'enveloppe 2 du dispositif.

Cette information relative à la température peut ensuite être exploitée pour déterminer la densité du gaz d'isolement ou l'évolution de cette densité en fonction du temps. L'information concernant la densité, et/ou les informations de pression et de température, peuvent être envoyées à l'unité d'acquisition, soit spontanément, dans le cas d'un mode de fonctionnement

« autonome », soit sur requête de l'unité d'acquisition, dans le cas d'un mode de fonctionnement maître-esclave.

Selon un mode de réalisation préférée, ce capteur est alimenté de façon précise et régulée sous une tension continue de 24 V. Son fonctionnement est permanent, donc le flux thermique est constant.

Avec un tel capteur on peut mesurer précisément la température de l'extrémité (embout 153 vissé) du capteur 10, qui est assez représentative de la température de l'enveloppe 2. La précision de mesure est de 1°C, ou même inférieure.

La validité du principe de mesure est notamment assurée par la bonne conductivité thermique de l'isolation électrique céramique 140, qui est environ deux fois meilleure que celle de l'inox utilisé pour la construction de l'extrémité 153 du capteur.

La figure 7 représente une carte électronique d'un capteur de pression selon l'invention.

L'électronique du transmetteur est structurée autour d'un microcontrôleur 132 qui intègre des fonctionnalités telles que l'acquisition des signaux et la communication.

En fait, cette électronique comporte des moyens ou une carte, par exemple sous forme de circuits imprimés, de processeur central 132 avec son alimentation 134 et une interface 136, par exemple de type RS485.

Les moyens 132 comportent des moyens pour le conditionnement du signal du capteur de pression capacitif.

Les moyens 130 peuvent comporter des moyens, ou une carte, de filtrage notamment pour assurer la protection EMI et CEM. Dans la structure de la figure 4 ces moyens peuvent être placés sur le circuit 130, immédiatement derrière l'embase 171.

De préférence, les moyens microcontrôleur 132 permettent de réaliser une acquisition de signaux analogiques (ADC) avec un multiplexeur à 4 entrées et 12 bits de résolution minimum. Le temps d'acquisition est préférentiellement inférieur à 10 µs.

Ces moyens 132 permettent de calculer la valeur effective de la pression et de la température en un temps de calcul inférieur à 0.5 ms (incluant compensation thermique, linéarité, mise à l'échelle…).

La liaison série RS485 est de type UART avec des buffers de type FIFO.

Ces moyens sont équipés d'une mémoire " FLASH " programmable in situ (l6Kbyte minimum).

Ils comportent également une mémoire RAM suffisante pour contenir toutes les variables de travail ainsi que les buffers de communication et les enregistrements des mesures. De préférence cette mémoire a une capacité de 2Kbyte, ou plus.

Ces moyens comportent également une mémoire EEPROM, pour le stockage de diverses aux informations telles que par exemple des paramètres de calibrage et/ou les références et/ou le numéro de série du capteur.

Ces moyens microcontrôleur 132 comportent en outre un système d'horloge intégré ou des moyens de génération de signal d'horloge en temps réel. Ces moyens d'horloge vont également permettre la gestion de la synchronisation du protocole retenu.

Enfin, le microcontrôleur va permettre de réaliser la gestion des interruptions avec une table des vecteurs programmables.

En vue de l'utilisation spécifique qui en est faite, ce microcontrôleur a de préférence une faible consommation, par exemple environ 22 mA sous 5 volts en 8 Mips. Il fonctionne sur une large gamme de tension de fonctionnement, par exemple de 2,5V à 5,5V, et sur une gamme de température comprise entre -40°C et 85°C (cette dernière correspond à une garantie de fonctionnement pour la mesure). Mais, il est souhaitable que la résistance du composant à la température soit en fait de environ 140°C, c'est à dire que, pour toute température inférieure à 140°C il n'y ait ni destruction, ni dommage irréversible.

Un exemple de microcontrôleur pouvant être utilisé est le dsPIC30F3012 ou le dsPIC30F3013 de MICROCHIP.

Le dispositif 130 comporte des moyens 134 d'alimentation.

De préférence, et afin de conserver un gradient de température constant au niveau de la carte électronique par rapport à son environnement, et ce quelle que soit la tension d'alimentation, cette alimentation met en oeuvre la technologie de conversion d'énergie à découpage.

Du côté du microcontrôleur, la consommation est à peu près constante, tant que celui-ci fonctionne à fréquence constante. Quelle que soit la tension d'alimentation, la puissance consommée par la carte électronique est à peu près constante, seul le courant varie.

Compte tenu des conditions de fonctionnement de l'ensemble du système, l'alimentation peut être un des éléments qui peut subir le plus directement d'éventuelles perturbations générées par l'environnement. Par conséquent, on choisit de préférence une alimentation robuste, pouvant assurer une protection du microcontrôleur ; elle est par exemple du type qualifié pour des applications embarquées dans le domaine de l'automobile.

De préférence, les principales caractéristiques d'un régulateur d'alimentation 134 à découpage pour cette application sont les suivantes :

- une faible consommation (courant de fonctionnement < 1 mA),
- une fréquence de découpage élevée (par exemple de l'ordre de 600 kHz) afin de minimiser la valeur de la self de transfert d'énergie,
- une technologie MOS de puissance intégrée haute tension, afin de permettre une large plage d'entrée,
- une référence de tension intégrée,
- une protection contre les pointes de courant et courts-circuits.

Un régulateur à découpage qui convient est le régulateur LM5008 de National Semi-Conducteur. Son

MOS intégré de 100V permet de supporter une plage de tension d'alimentation comprise entre 10 et 90Vdc (pour une tension d'alimentation nominale de 24Vdc). La fréquence de découpage varie, en fonction du courant délivré par le régulateur, entre 100 kHz et 600 KHz. La valeur de la self est comprise entre 100 µH et 220 µH.

Si le microcontrôleur retenu précédemment (dsPlC30F30l2) est programmé pour fournir une puissance de calcul de 4 MIPS, sa consommation théorique sous 5Vdc d'alimentation est de 22 mA, ce qui donne une consommation globale de (5V/24V x 22mA) + 1mA < 6 mA pour une carte alimentée sous 24 Vdc, ceci en considérant que le microcontrôleur est le principal consommateur de courant. Le niveau de décrochage de cette alimentation est de 8 volts, et une consommation de seulement 6 mA est satisfaisante, loin des limites imposées.

L'interface 136 de communication RS485 assure la transmission des données à l15 Kbauds en mode half duplex sur une paire torsadée.

Le driver d'interface RS485 étant l'un des composants qui peuvent être les plus exposés aux perturbations générées par l'environnement (notamment les pics de tension conduits), celui-ci est de préférence sélectionné en fonction de ses performances vis-à-vis des surtensions et courts circuits. Une protection ESD, par exemple de +/-15 KV, est donc intégrée au composant. Afin de ne pas lui-même générer des perturbations conduites ou rayonnées, le driver RS485 est sélectionné dans la gamme de vitesse comprise entre 500 Kbauds et 2,5Mbauds. Le choix d'un composant

rapide permet de limiter les appels de courant lors des commutations. Comme le courant est prélevé sur l'alimentation du capteur, il peut en résulter un bruit sur les mesures. Les appels de courants dépendent aussi de la charge que représente le bus de communication entre capteur et unité d'acquisition.

De préférence, la consommation du driver en fonctionnement ne dépasse pas 1 à 2 mA.

Plusieurs drivers ont été testés.

Le premier est le LTCI785CS8 de LinearTechnology. Ce driver est performant en ce qui concerne les protections vis-à-vis des perturbations externes : il permet une protection contre les surtensions jusqu'à 60V, contre les courts circuits, et il supporte les ESD jusqu'à $\pm$ 15KV sans dommage ni « latchup » (IEC-61000-4-2, level 4, qui identifie des décharges électrostatiques) ainsi que les décharges transitoires, rapides, en salve, de $\pm$ 4 KV (IEC-61000-4-4 level 4, qui identifie ce type de décharges).

Un autre composant, le Texas SN65176B, a donné durant les mêmes essais des résultats également satisfaisants.

Un fonctionnement d'un logiciel de traitement et d'exploitation des données mis en œuvre dans des moyens 132 d'un capteur individuel 10 est le suivant.

Un tel logiciel permet de mettre en oeuvre tout ou partie des fonctions ou des opérations déjà décrites ci-dessus.

A la mise sous tension, le microcontrôleur 132 gère lui-même, en fonction de la configuration

programmée (zone mémoire spécifique des moyens 132)), sa phase de Reset ainsi que la mise en fonction de son oscillateur.

Toutes les Entrées/sorties (I/O) sont de préférence configurées en entrée : dans une première étape, le logiciel configure les entrées/sorties du microcontrôleur 132 ainsi que les différentes fonctions associées (par exemple : les entrées analogiques pour les signaux du capteur, UART (émetteur-récepteur asynchrone universel) pour la liaison série qui pilote le driver RS485, ….).

Les interruptions (IT) en temps réel permettent d'assurer un bon déroulement temporel, parfaitement cadencé.

Dans une première phase, les IT en temps réel sont générées à une fréquence qui peut être ajustée, par exemple toutes les 200 µs. On cherche un compromis entre capacité de traitement dans l'IT en temps réel et les tâches de fond. En règle générale, le traitement sous IT ne doit pas dépasser 30 % de la capacité globale.

Les tâches exécutées dans le traitement de l'IT en temps réel sont essentiellement les acquisitions de signaux provenant des capteurs et l'incrémentation de différents compteurs tels que ceux relatifs à la gestion du déroulement temporel du protocole de communication entre les capteurs 10 et l'unité 12.

Une ou plusieurs acquisitions de chacun des signaux des capteurs sont réalisées à chaque interruption en temps réel. Chaque valeur de signal

ainsi obtenue est additionnée aux précédentes dans un registre tampon. Toutes les 8 IT en temps réel, le tampon est transféré pour initier les calculs de pression et température, puis remis à zéro pour la prochaine séquence d'acquisition. Les calculs sont pris en charge par un gestionnaire de tâches de fond (hors IT). Ainsi, il est possible d'obtenir une valeur de pression et de température actualisées toutes les 1 ms.

Le traitement sur chaque paquet d'échantillons, par exemple 16 échantillons, conduit à réaliser une moyenne après élimination des valeurs atypiques et des valeurs extrêmes, par l'utilisation d'un filtre de cohérence absolue et relative.

L'émission et la réception des informations sont effectuées sous IT. Le microcontrôleur 132 est pourvu de buffers (en émission et réception) qui assurent une bonne transmission, sans risque de pertes de caractères, et sans risque de ruptures de cadence dans l'émission des caractères de la trame (temps maximum entre 2 caractères = 1,5 caractère).

Les principales tâches de fond activées en mode « mesure » sont les suivantes :

- gestion de la mesure : les valeurs de la pression et de la température sont calculées en fonction des valeurs d'acquisitions et des paramètres de calibrage (compensation thermique, linéarité, mise à l'échelle …).

- Gestion des trames : les trames reçues sont analysées. Il n'y a pas d'action si la trame est destinée à un autre capteur ou traitement de la commande dans le cas contraire, avec dans ce cas

chargement du buffer de réponse à la requête du maître. Quand la commande est traitée et le buffer chargé, un drapeau (« flag ») est positionné pour initier l'émission des caractères sous IT UART.

- Surveillance du bon fonctionnement du transmetteur : cette fonction est assurée grâce à des mécanismes de validité des accès en mémoires pour le programme et les données.

Des tâches secondaires comportent par exemple des procédures annexes auxquelles le programme principal fait occasionnellement appel pour réaliser des fonctions particulières et exceptionnelles, telles que :

- une fonction qui permet de programmer ou de charger ou de télécharger une nouvelle version du logiciel sans ouvrir physiquement le produit. Cette fonction permet de recevoir la nouvelle version du programme via la liaison série RS485. A cet effet une fonction spécifique du protocole est réservée, et assure l'implantation en mémoire "FLASH". Éventuellement, cette fonction permet de mettre en œuvre une autre version du traitement des données si on change de type de défaut à caractériser.

La calibration, qui est une fonction spécifique auquel le programme principal fait appel uniquement lors de la phase de calibrage du transmetteur, en production ou lors des étalonnages ultérieurs. Le transmetteur est complètement assemblé avant son calibrage, qui est réalisé via la liaison série RS485 et une commande spécifique du protocole réservée. Cette fonction inclue l'enregistrement des

données de traçabilité et d'identification, données qui sont stockées dans une mémoire (par exemple de type EEPROM) du transmetteur.

Les paramètres d'offset et de gain peuvent être préalablement ajustés, la calibration sur site se limitant alors à une comparaison avec un étalon.

Les données des capteurs 10 sont transmises à l'unité de calcul 12. Pour ce faire, un protocole de dialogue entre ces différents éléments a été élaboré.

Ces éléments sont en relation maître - esclave : les capteurs (esclaves) ne peuvent émettre que s'ils y ont été invités par l'unité 12 (le maître). Chaque échange de données est initié par celle-ci. Quand elle interroge un capteur, celui-ci dispose d'une durée maximale (par exemple 1 ms ou même 500 µs), pour traiter la commande et répondre ; un message transmis hors de cette fenêtre temporelle est considéré comme invalide. De même après l'exécution d'une commande, ou après réception d'une trame dont il n'est pas destinataire, le transmetteur 10 dispose d'une durée temps maximum, par exemple 500 µs, afin de se remettre en écoute de l'unité 12.

La liaison physique est assurée par une interface 136 RS485 qui transmet un signal différentiel en semi-duplex (les différents équipements accèdent successivement au bus 14 (figure 1). Cette liaison utilise une paire torsadée pour la transmission des données, et une paire pour l'alimentation (24Vdc nominal).

Le format des données transmises sur le bus est le suivant :

- 1 bit Start.
- 8 bits de données (bit de poids faible en premier).
- 1 bit Stop.

Si la vitesse de transmission est de 115200 Baud, la durée de transmission d'un caractère est donc de l'ordre de 100 µs.

Lors de la transmission d'une trame, les caractères sont transmis successivement, sans interruption. Le protocole de transmission peut spécifier que la durée maximale entre 2 caractères est inférieure à 1,5 caractères, donc inférieure à 150 µs.

Une interruption de la transmission des caractères, pendant une durée supérieure à 3 caractères, (donc supérieur à 300 µs) est interprétée comme une fin de trame.

Le format d'une trame émise par le maître est la suivante :

Adresse station | Code Fonction | Données (optionnel) …..| CRC16_H | CRC16_L |

L'adresse « station » est celle du capteur concerné.

Une adresse, par exemple 250, peut être réservée aux commandes "BROADCAST", c'est-à-dire aux commandes adressées à tous les capteurs 10 simultanément. Ces commandes ne nécessitent pas de réponse de la part des capteurs.

Les autres adresses, par exemple 1 à 249, peuvent être utilisées pour les transmetteurs présents sur le bus 14.

Le code fonction détermine la commande à exécuter par la station (esclave). Le code fonction est par exemple codé sur 7 bits, le huitième bit (MSB) étant toujours égal à 0.

Les paramètres ou données sont les informations permettant l'exécution de la fonction.

Les 2 octets CRC16 constituent une clef de contrôle de l'ensemble de la trame et permettent de garantir l'intégrité des données reçues. Le calcul du CRC16 fait l'objet d'un standard décrit dans la norme Modbus (modbus.org).

Une réponse émise par un transmetteur répond à un format spécifique :

Adresse station | X ou Code Fonction | n Data (optionnel) …..| CRC16_H | CRC16_L |

En tête de sa réponse, le transmetteur retourne sa propre adresse pour confirmer que c'est bien lui qui a exécuté la fonction.

Si le transmetteur a correctement exécuté la fonction, il retourne le code fonction identique à celui émis par le maître. Si une erreur quelconque est survenue, il retourne le code fonction en forçant le huitième bit (MSB) à 1. Dans ce cas, la donnée qui suit est un code d'erreur exceptionnelle.

Les données « Data » sont présentes si la fonction exige un retour d'informations.

Pour les octets CRC16, on se reportera aux explications ci-dessus.

En général, la longueur d'une réponse émise par une station comprend entre 5 et 10 caractères.

Enfin, des erreurs exceptionnelles peuvent être programmées, telles que des erreurs de transmission.

Chaque transmetteur peut mettre en œuvre les fonctions suivantes :

- Lecture des paramètres de calibrage et spécifications techniques.
- Ecriture des paramètres de calibrage et spécifications techniques.
- Initialisation des appareils ; identification des appareils donnée en retour.
- Programmation de l'adresse de bus.
- Lecture du numéro de série.
- Lecture des valeurs de pression et de température réelles au format virgule flottante.
- Lecture des valeurs de pression et de température réelles au format entier.

Pour chacune de ces fonctions, est définie :

- une requête du maître, selon un format prédéfini, par exemple celui indiqué ci-dessus,
- une réponse du transmetteur, selon un format prédéfini, par exemple celui indiqué ci-dessus,
- une ou des erreurs exceptionnelles

Une fonction de lecture des valeurs mesurées en " cascade ", également appelée " BUS rapide ", peut être implémentée. Elle consiste à obtenir successivement la réponse de plusieurs transmetteurs suite à une seule requête du maître, elle est spécifique et contraire au principe du protocole

« Modbus », mais permet d'améliorer l'efficacité d'un procédé selon l'invention.

Si plusieurs appareils sont connectés au bus, seul le premier est interrogé par le maître; les autres répondent chacun à leur tour, à condition que les adresses soient en ordre croissant et consécutive. Sinon, l'unité d'acquisitions interroge les capteurs un par un.

Chaque valeur de pression mesurée, par exemple chaque milliseconde, est stockée dans une pile tournante de 512 valeurs.

Cette valeur est exprimée en millibar. 2 octets sont utilisés par valeur, soit une pile de 1024 octets.

Cette pile peut être stockée dans une mémoire RAM du DSP, utilisant la moitié de la RAM. Les 1024 octets restants sont suffisants pour les besoins de l'application.

L'application possède un algorithme de détection d'événement pression, basé sur un seuil de $\Delta P/\Delta T$ (configurable). Le calcul se fait à intervalles réguliers, par exemple chaque msec, par calcul de l'élévation de pression sur un certain intervalle de temps, par exemple un intervalle de 10 msec. En cas de dépassement de seuil, une confirmation, d'après la pente obtenue par régression linéaire, peut être effectuée sur, par exemple, 10 valeurs.

En outre, en cas de dépassement, la pile est figée avec une certaine valeur prise comme valeur d'origine de l'enregistrement, par exemple la valeur N-20. Les valeurs suivantes (par exemple: 512 valeurs)

sont enregistrées et gardées à disposition du maître pendant, par exemple, une minute.

Le trigger déclenche un compteur de millisecondes permettant le marquage temporel de l'événement, lors de la lecture par le maître.

En cas d'événement, lors de la réponse (quelle que soit la question, sur la pression ou la température), un code spécifique est retourné au maître. Ce dernier ayant été informé d'un événement, un code fonction permet de réaliser le chargement (« Dump ») de la pile de ces valeurs ainsi que du compteur de temps. Le maître retourne un accusé de réception, ou réitère sa demande. Dés la réception de cet accusé de réception, ou au plus tard à l'issue d'un délai prédéfini, par exemple 64 secondes, le fonctionnement de la pile tournante est ré-initialisé, et le fonctionnement du compteur est arrêté.

De préférence, le temps de réponse d'un capteur est inférieur à 1,5 msec. Ceci permet d'assurer une durée d'un cycle de Question/Réponse (Q/R), lors d'un échange de données ou d'informations avec l'unité 12, inférieure à 2,5 msec.

De préférence encore, la durée entre la fin d'une question du maître et le début de la réponse du capteur est de moins de 500 microsecondes.

Le temps d'initialisation du capteur est de préférence inférieur à 10 msec, et préférablement inférieur à 3 cycles complets de Q/R en pression, soit au maximum 7 msec.

Dans un exemple de réalisation, les dimensions de la carte électronique sont: l =16 ($\pm$ 0,1)

mm, L = 30 ± 10mm. Eventuellement, l'utilisation de composants CMS de dernière génération permet d'assurer la miniaturisation et la tenue face à certaines perturbations électromagnétiques. Les résistances et condensateurs CMS n'étant pas soumis à des impératifs de puissance ou tenue en tension, sont en boîtier 0402 (qui est un boîtier miniature, préférable sauf en cas d'échauffement du composant).

Des exemples non limitatifs de détails de réalisation sont les suivants.

Les amplificateurs opérationnels destinés au conditionnement des signaux issus des capteurs de pression ou température sont en boîtier MSOP8.

Le circuit imprimé est de technologie 4 couches classe-5B ou classe-6B. Les 2 couches centrales seront réservées principalement à la mise à la masse du microcontrôleur et à la tension d'alimentation positive du microcontrôleur (par exemple +5 Volt).

La matière est du FR4 avec une épaisseur d'environ 1,6 mm.

L'épaisseur des conducteurs (cuivre) est standard : +/-35 microns, les vernis de protection des conducteurs sont en LPI - 2 x vert. Etant donné le niveau de miniaturisation extrême, il n'y a pas de sérigraphie pour le repérage des composants, celle-ci présente plus d'inconvénients pour la bonne soudure des composants que de réel intérêt pour la mise au point ou le test des cartes.

La largeur minimum des conducteurs (pistes) est de 0.2mm, et le diamètre des trous est de 0.35mm minimum.

Les figures 8A-8C, 9-11 représentent les évolutions de signaux de pression en fonction du temps dans le cadre de mesures réalisées avec un dispositif selon l'invention.

Dans les 3 cas des figures 8A-8C, un événement se produit dans l'enveloppe 2 d'un dispositif à haute tension, pendant une durée Tarc. Des variations de pression sont observées pendant cet intervalle de temps, et la question se pose de savoir si ces variations de pression permettent de caractériser effectivement la présence, ou non, d'un arc électrique. Les données de pression sont obtenues, dans les trois cas, selon l'un des procédés selon l'invention qui ont été décrits ci-dessus.

Le premier cas (figure 8A) est celui d'un compartiment de petit volume, ou celui d'un défaut important, qui libère beaucoup d'énergie. Dans ce cas, l'amplitude ΔP, c'est-à-dire l'écart entre la pression après défaut et la pression avant défaut est significatif, c'est-à-dire supérieure à l'erreur de mesure du capteur de pression.

Le deuxième cas (figure 8B) est celui d'un compartiment de grand volume, ou d'un petit défaut, qui libère peu d'énergie. Dans ce cas, il est préférable d'identifier la fréquence des variations de pression. Si cette fréquence est élevée, et si les oscillations se produisent sur une durée suffisante, un défaut peut être caractérisé.

Le troisième cas (figure 8C) est celui d'un compartiment de grand volume, ou d'un petit défaut, avec un capteur localisé de manière relativement proche

du défaut. Dans ce cas, il est préférable d'identifier l'amplitude crête à crête ΔcP ; une amplitude crête à crête élevée et répétée confirme la présence d'un arc.

Les cas des figures 9 à 11 représentent d'autres situations qui peuvent être identifiées à l'aide d'une variation de pression détectée par un procédé selon invention.

Le premier cas (figure 9) représente l'évolution de la pression en fonction du temps, à la suite d'un choc externe. Du point de vue de l'évolution de la pression, ce choc se caractérise par une quasi-absence de variation de pression entre la pression initiale et la pression finale, ainsi que par la présence d'une onde rapidement amortie.

Le deuxième cas (figure 10) représente l'évolution de la pression en fonction du temps, à la suite d'une dilatation. Du point de vue de l'évolution de la pression, cette dilatation se caractérise par une quasi-absence de variation de pression entre la pression initiale et la pression finale, ainsi que par la présence d'une onde de fréquence élevée et rapidement amortie.

Le troisième cas (figure 11) représente l'évolution de la pression en fonction du temps, à la suite d'une fuite catastrophique de gaz. Du point de vue de l'évolution de la pression, cette fuite se caractérise par la pente négative importante de la courbe de pression en fonction du temps, cette pente étant précédée d'une situation normale, au cours de laquelle la pression est stable.

Les figures 12A - 12C représentent des mesures, du type de celle schématisée en figure 8A ou 2, pour un arc à 990 A (d'une durée de 210 ms), effectuées avec un capteur enregistreur auto déclenché de chez Bourdon. Des valeurs de pression peuvent être identifiées pour chaque milliseconde.

Sur ces 3 graphiques, l'axe des abscisses est en ms et l'axe des ordonnées en mbar.

Le capteur est situé au droit de l'arc pour la figure 12A et à 3,45 m de l'arc pour la figure 12B. Pour la figure 12C deux courbes sont représentées, l'une (courbe I) avec le capteur situé au droit de l'arc et l'autre (courbe II) avec le capteur situé à 3,45 m de l'arc. Le ΔP mesuré est de 24,5 mbar. Le gaz isolant est du SF6 dans les 3 cas.

REVENDICATIONS

1. Sonde de pression, apte à être positionnée sur l'enveloppe métallique d'un dispositif HT, comportant un corps (150, 152) de sonde contenant:

- des moyens (110) de détection de pression ou de variation de pression, de type capacitif,
- des moyens (113) pour mettre en contact ces moyens de détection de pression, ou de variation de pression, avec une atmosphère (P) extérieure,
- des moyens (130) de traitement numérique de données, pour traiter des données des moyens de détection de pression ou de variation de pression,
- des moyens (154, 156, 140) d'isolation électrique pour isoler, par rapport au corps ou à l'enveloppe (150, 152) de la sonde, les moyens de détection de pression ou de variation de pression et les moyens de traitement de données.

2. Sonde selon la revendication 1, comportant en outre des moyens (175, 170, 171) de type connecteur, pour relier les moyens de traitement de données à un câble (180) de connexion ;

3. Sonde selon la revendication 2, le câble (180) comportant un ensemble de fils (181) entouré d'un écran métallique (183), l'ensemble étant entouré d'une gaine isolante (185).

4. Sonde selon la revendication 3, les moyens de type connecteur formant un prolongement de l'écran métallique du câble.

5. Sonde selon l'une des revendications 2 à 4, les moyens de type connecteur étant prolongés par au moins une enveloppe intérieure (155) qui contient au moins en partie les moyens (110) de détection de pression ou de variation de pression et/ou les moyens (130) de traitement de données.

6. Sonde selon l'une des revendications 1 à 5, chacun des moyens de détection de pression ou de variation de pression et des moyens de traitement de données étant au moins en partie entouré d'une matière (152, 154, 140) en matériau isolant.

7. Procédé de détection d'un défaut dans un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique (2), au moins un conducteur central (4) et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, ce procédé comportant les étapes suivantes :

a) disposer, en communication avec chaque compartiment, une sonde de pression selon l'une des revendications 1 à 6, pour échantillonner des données de pression, et pour identifier des données de pression caractéristique dudit défaut,

b) transmettre des données numériques de pression caractéristiques du défaut à des moyens (12) de traitement de données.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel des données numériques de pression dans une fenêtre temporelle glissante sont mémorisées.

9. Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, dans lequel on mesure en outre une température représentative de la température de l'enveloppe métallique.

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel les sondes et l'unité de traitement fonctionnent en mode autonome ou les sondes et l'unité de traitement sont en relation maître - esclave, chaque sonde (10) ne pouvant émettre une donnée ou une information que si elle a reçu des moyens de traitement (12) une requête de transmission de donnée ou d'information.

11.Procédé selon l'une des revendications 7 à 10, dans lequel les sondes et l'unité de traitement sont en relation maître - esclave, chaque sonde (10) ne pouvant émettre une donnée ou une information, après réception d'une requête de transmission de donnée ou d'information provenant des moyens de traitement (12), que pendant une durée prédéfinie et limitée.

12. Procédé selon l'une des revendications 7 à 11, les moyens de détection de pression étant de type à variation de capacité ou à cellule piezo-résistive.

13. Procédé selon l'une des revendications 7 à 12, comportant, entre l'étape a) et l'étape b), une étape a') de transmission, aux moyens de traitement de données, une information d'apparition d'un défaut.

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel, après l'étape a'), un signal d'anomalie est produit.

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel ledit signal d'anomalie est produit avant l'étape b).

16. Procédé selon l'une des revendications 7 à 15, dans lequel l'étape b) est réalisée sur requête des moyens de traitement de données à la sonde ayant identifié un défaut.

17. Procédé selon l'une des revendications 7 à 16, dans lequel le défaut est l'apparition d'un arc interne, ou un choc externe sur l'enveloppe, ou une fuite de gaz isolant, ou une dilatation de l'enveloppe.

18. Procédé selon l'une des revendications 7 à 17, dans lequel des données de variation de pression caractéristique d'un défaut sont identifiées à l'aide d'un calcul de variation de pression ΔP pendant une certaine durée ΔT, $(\Delta P/\Delta T)$, et/ou à l'aide d'une fréquence d'oscillations de la pression et/ou de la mesure de l'amplitude crête à crête de la pression et/ou à l'aide de l'identification d'une onde de

pression amortie et/ou d'une pente persistante de pression.

19. Procédé selon la revendication 18, $\Delta P/\Delta T$ et/ou la fréquence d'oscillations de la pression et/ou l'amplitude crête à crête et/ou la forme de l'onde de pression étant mesurées ou identifiées à intervalles réguliers.

20. Dispositif de détection d'un défaut dans un dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique (2), au moins un conducteur central (4) et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, ce dispositif comportant :

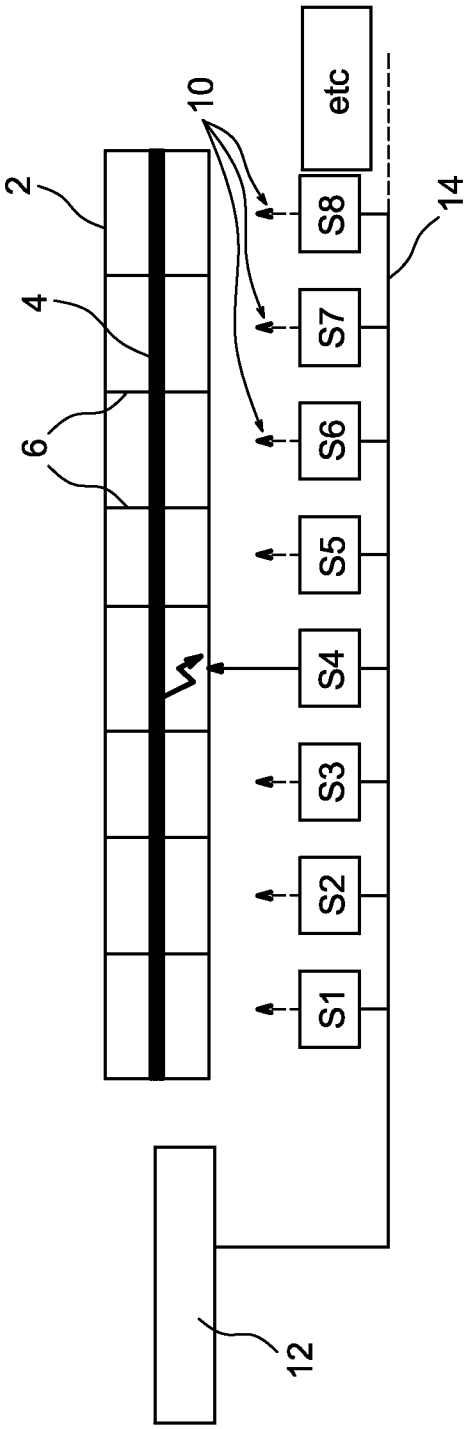
- une pluralité de sondes numériques (10) de pression, selon l'une des revendications 1 à 6, pour échantillonner des données de pression, et pour identifier des données de pression caractéristiques dudit défaut,
- des moyens (136) pour transmettre des données de pression caractéristiques dudit défaut à des moyens (12) de traitement de données communs à toutes les sondes.

21. Dispositif selon la revendication 20, les sondes et l'unité de traitement fonctionnant en mode autonome ou étant en relation maître - esclave, les sondes (10) ne pouvant émettre que si elles y ont été invitées par l'unité de traitement (12).

22. Dispositif selon l'une des revendications 20 ou 21, chaque sonde (110) étant positionnée à l'intérieur d'une enveloppe (150, 152), dans laquelle le gaz isolant sous pression pénètre par un conduit (113).

23. Dispositif haute tension, comportant une enveloppe métallique (2), au moins un conducteur central (4) et une pluralité de compartiments traversés par ce conducteur, et un dispositif selon l'une des revendications 20 à 22, chaque sonde de la pluralité de sondes numériques (10) étant positionnée dans un des compartiments et relié aux moyens de traitement de données.

FIG. 1



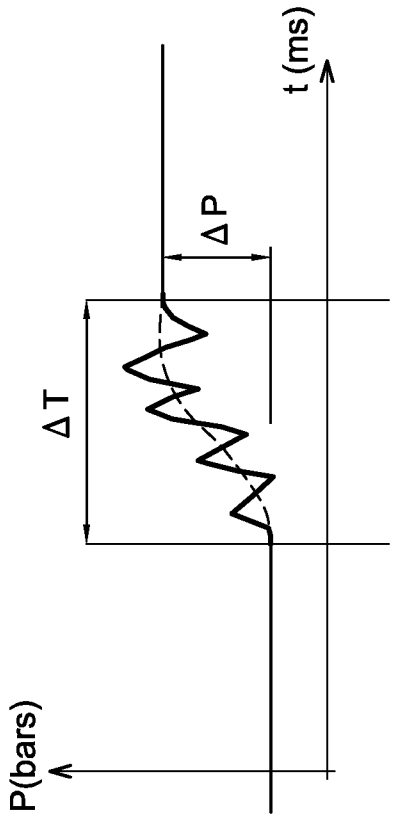


FIG. 2

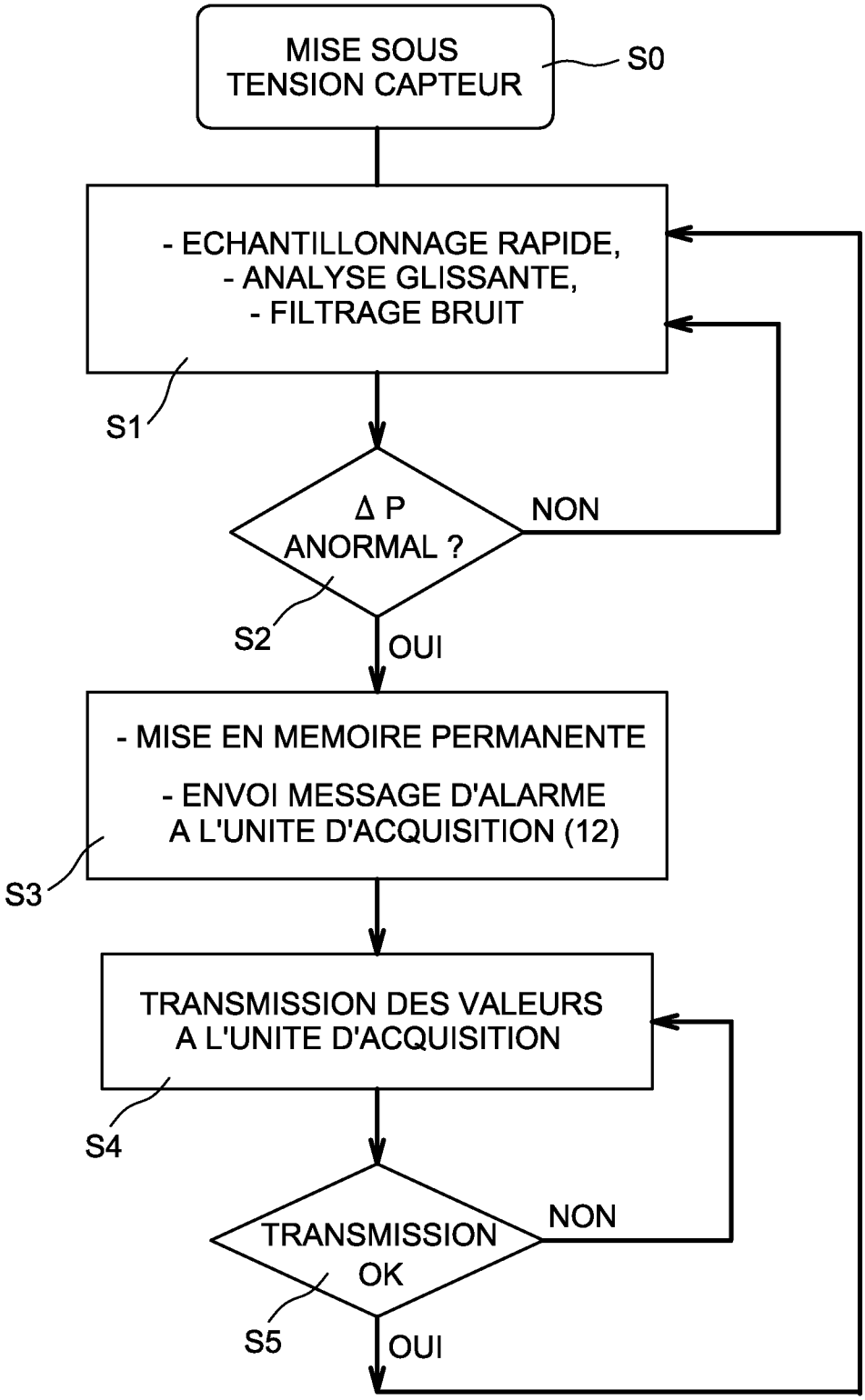
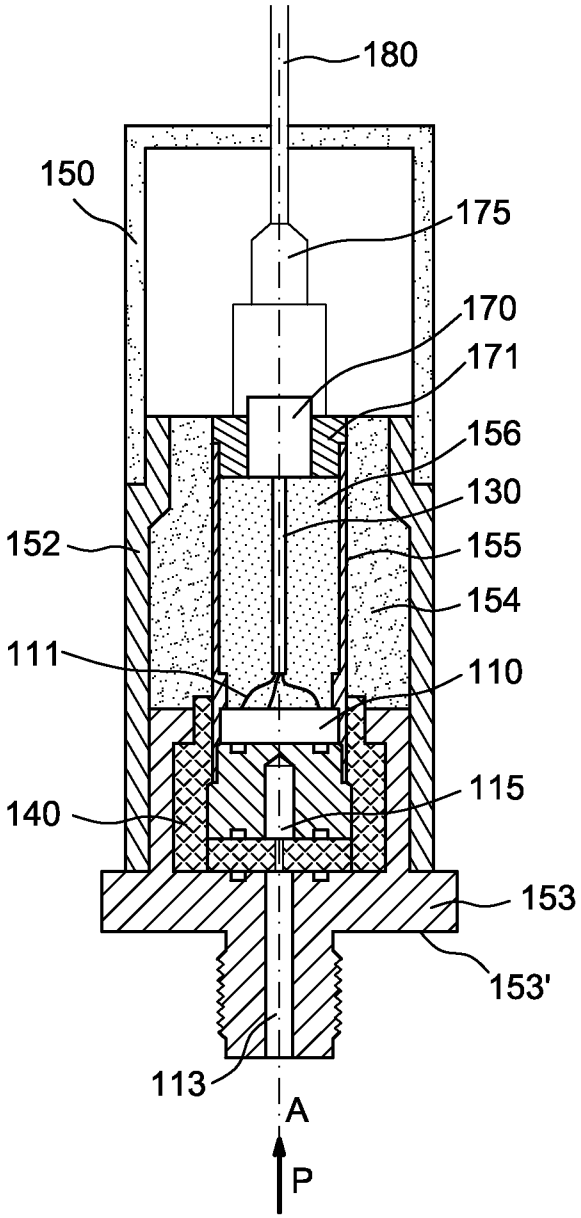

MISE SOUS TENSION CAPTEUR
S0
- ECHANTILLONNAGE RAPIDE,
- ANALYSE GLISSANTE,
- FILTRAGE BRUIT
S1
Δ P ANORMAL ?
NON
S2
OUI
- MISE EN MEMOIRE PERMANENTE
- ENVOI MESSAGE D'ALARME A L'UNITE D'ACQUISITION (12)
S3
TRANSMISSION DES VALEURS A L'UNITE D'ACQUISITION
S4
TRANSMISSION OK
NON
S5
OUI

FIG. 3

FIG. 4



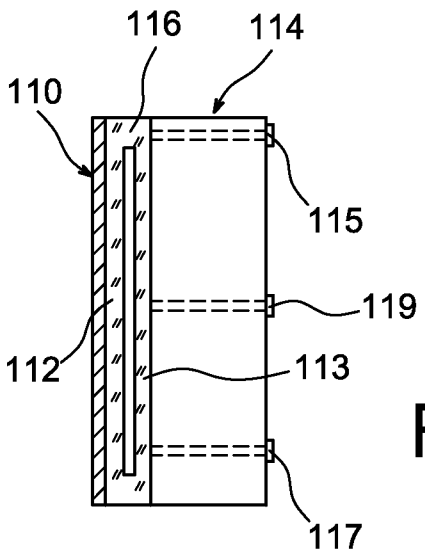


FIG. 5A

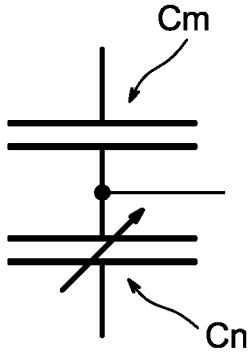


FIG. 5B

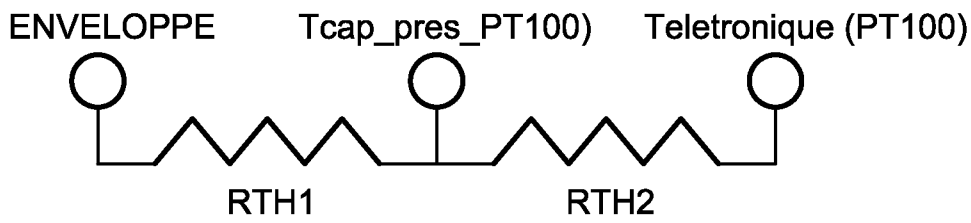

ENVELOPPE
Tcap_pres_PT100)
Teletronique (PT100)
RTH1
RTH2

FIG. 6

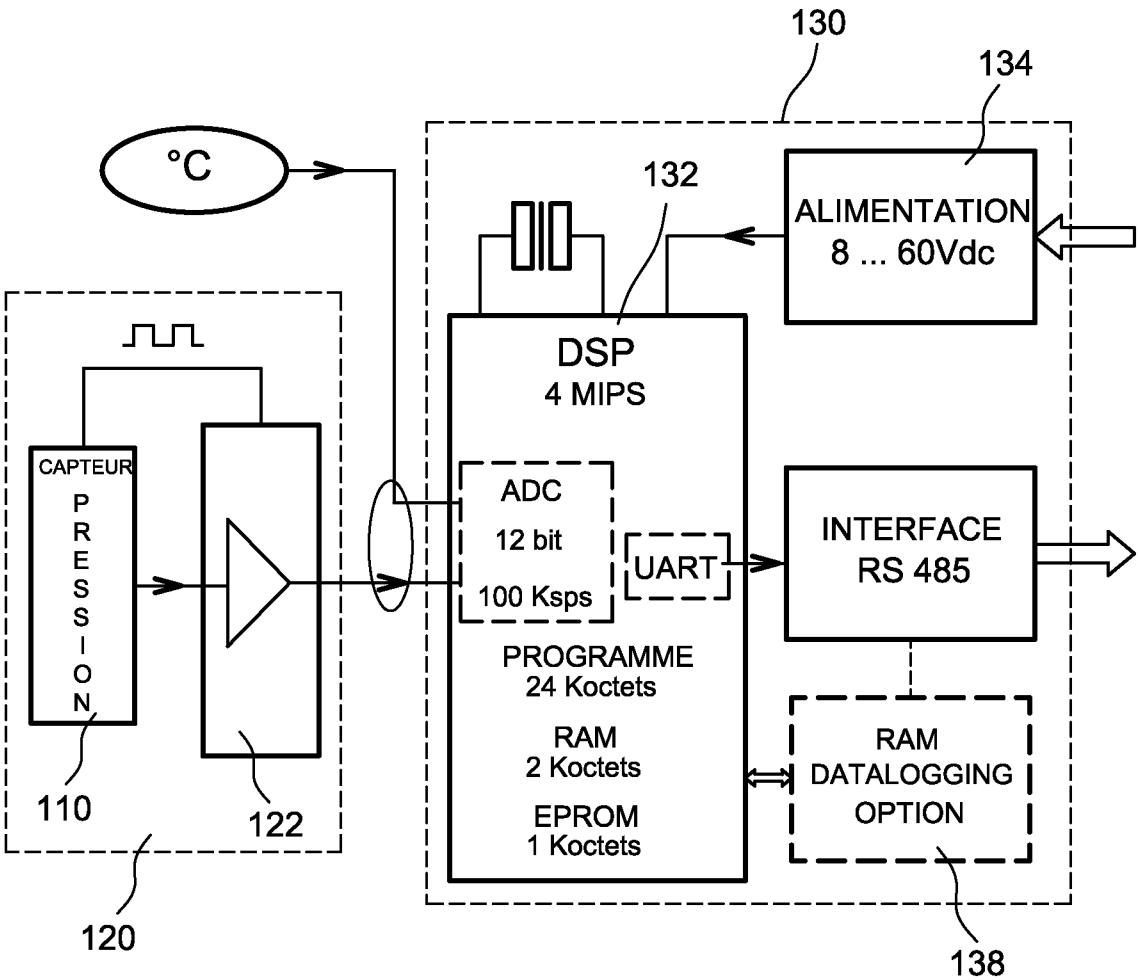

130
134
°C
132
ALIMENTATION
8 ... 60Vdc
DSP
4 MIPS
CAPTEUR
PRESSION
ADC
12 bit
100 Ksps
UART
INTERFACE
RS 485
PROGRAMME
24 Koctets
RAM
2 Koctets
EPROM
1 Koctets
RAM
DATALOGGING
OPTION
110
122
120
138

FIG. 7

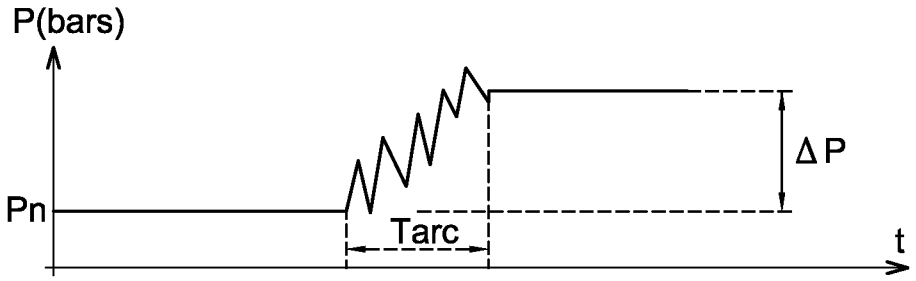


FIG.8A

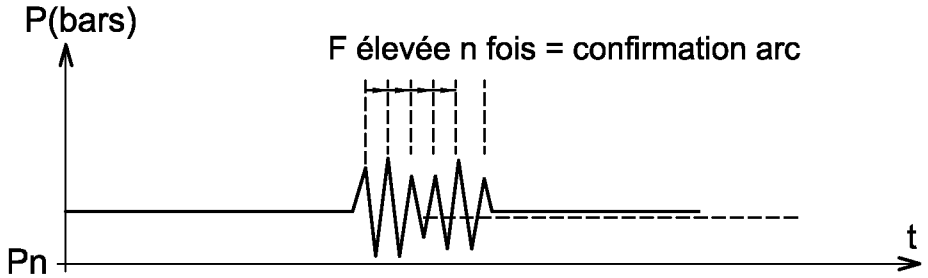


FIG.8B

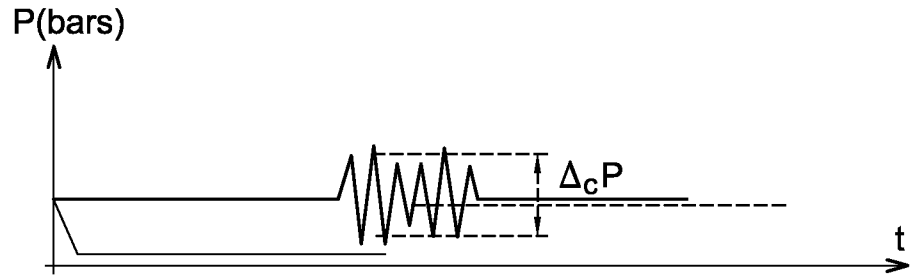


FIG.8C

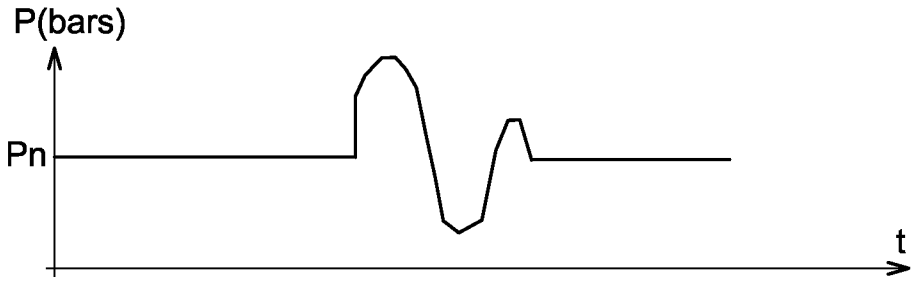


FIG. 9

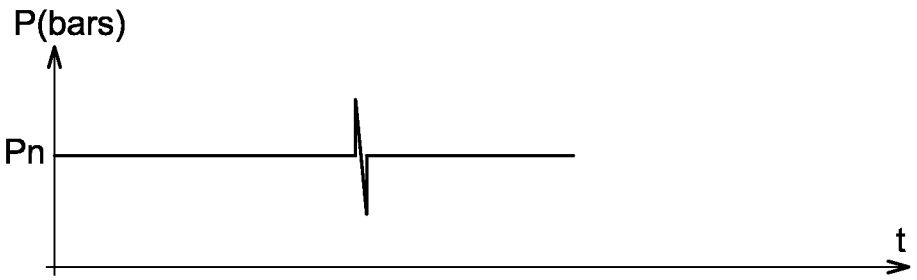


FIG.10

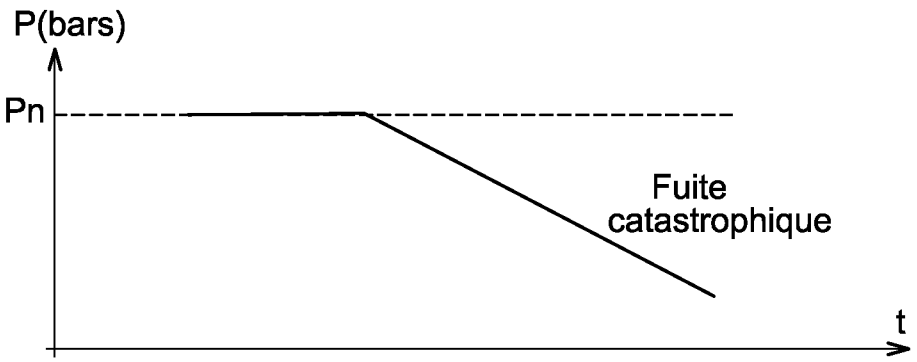


FIG.11

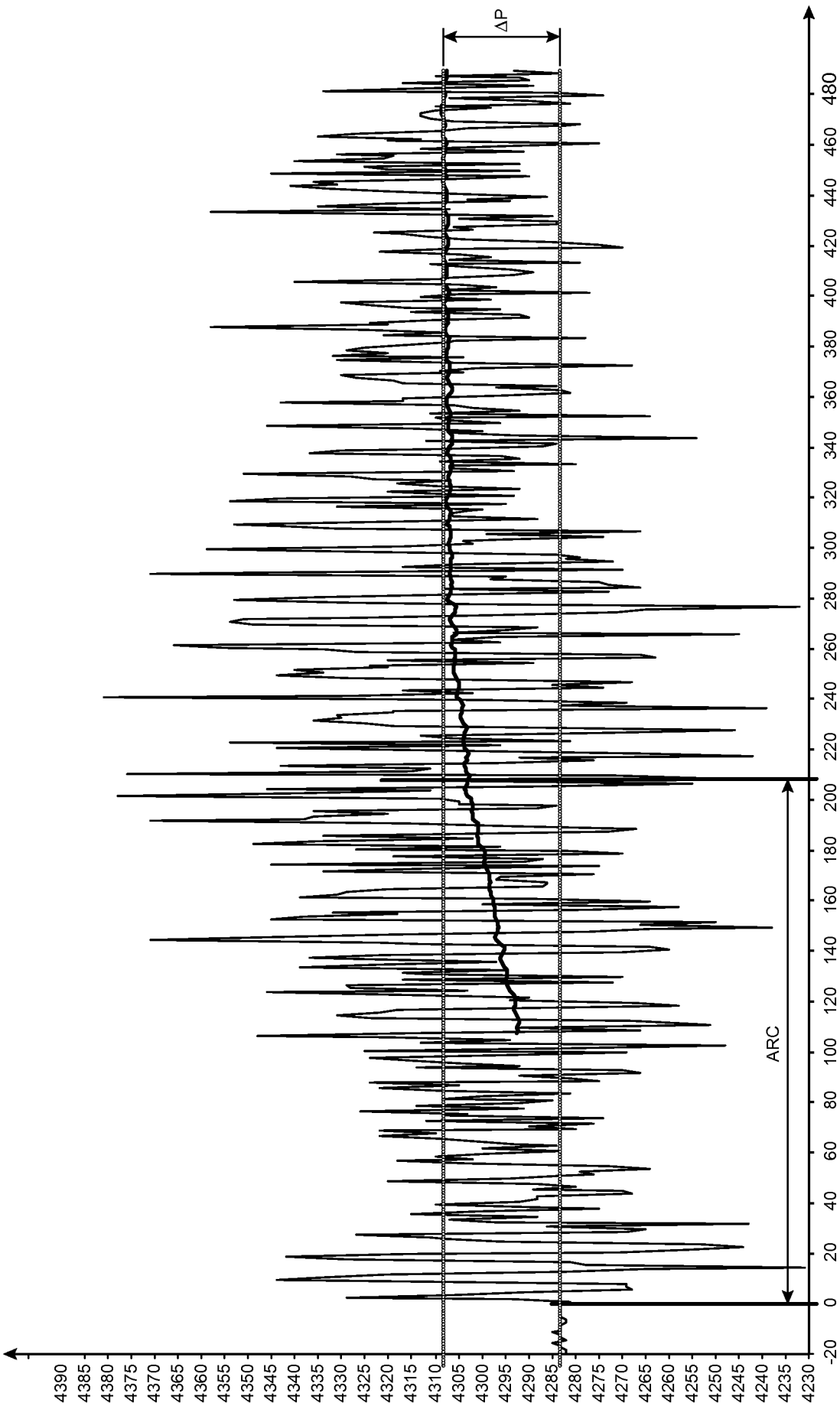

ΔP
ARC
4390
4385
4380
4375
4370
4365
4360
4355
4350
4345
4340
4335
4330
4325
4320
4315
4310
4305
4300
4295
4290
4285
4280
4275
4270
4265
4260
4255
4250
4245
4240
4235
4230
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480

FIG. 12A

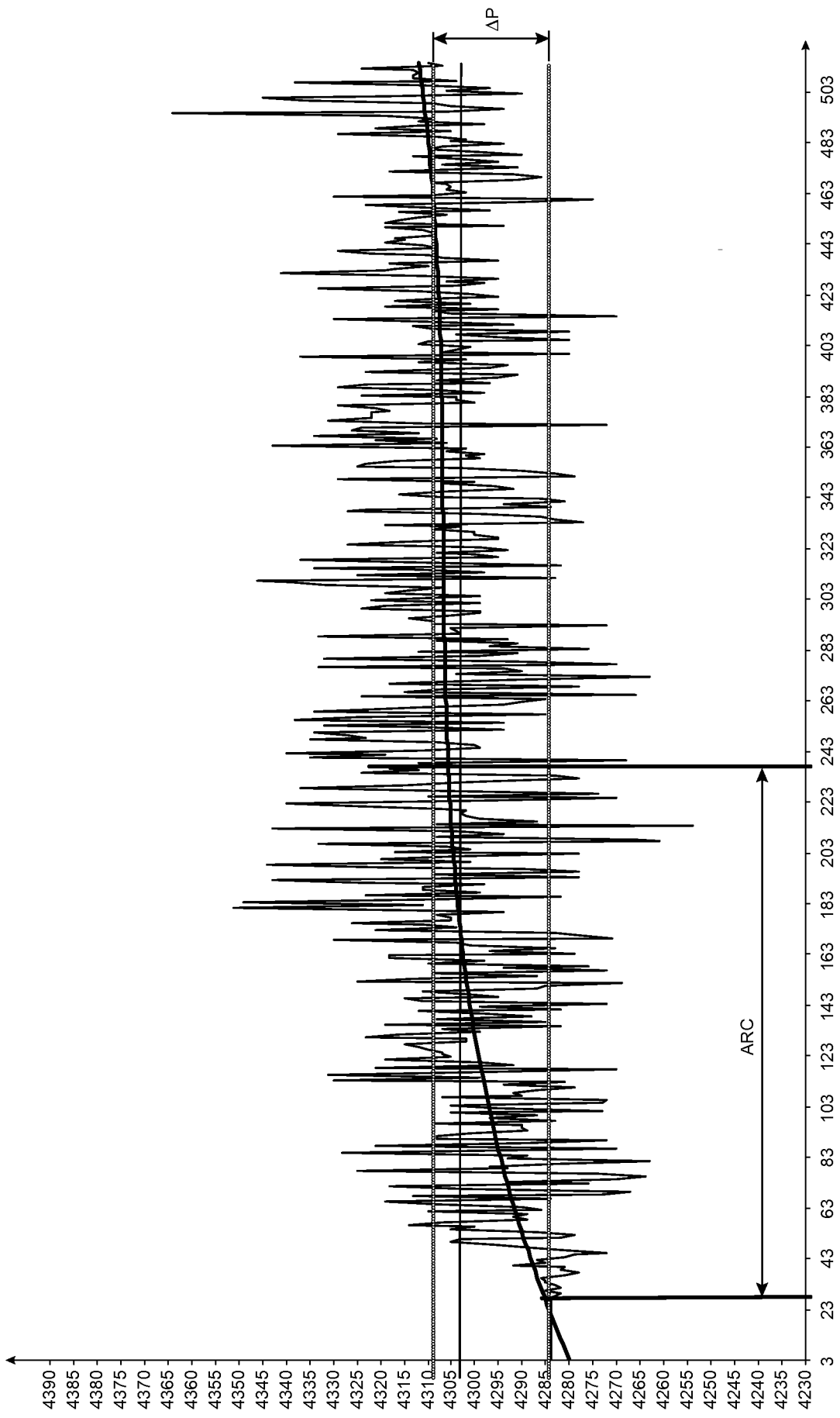

ΔP
ARC
4390
4385
4380
4375
4370
4365
4360
4355
4350
4345
4340
4335
4330
4325
4320
4315
4310
4305
4300
4295
4290
4285
4280
4275
4270
4265
4260
4255
4250
4245
4240
4235
4230
3
23
43
63
83
103
123
143
163
183
203
223
243
263
283
303
323
343
363
383
403
423
443
463
483
503

FIG. 12B

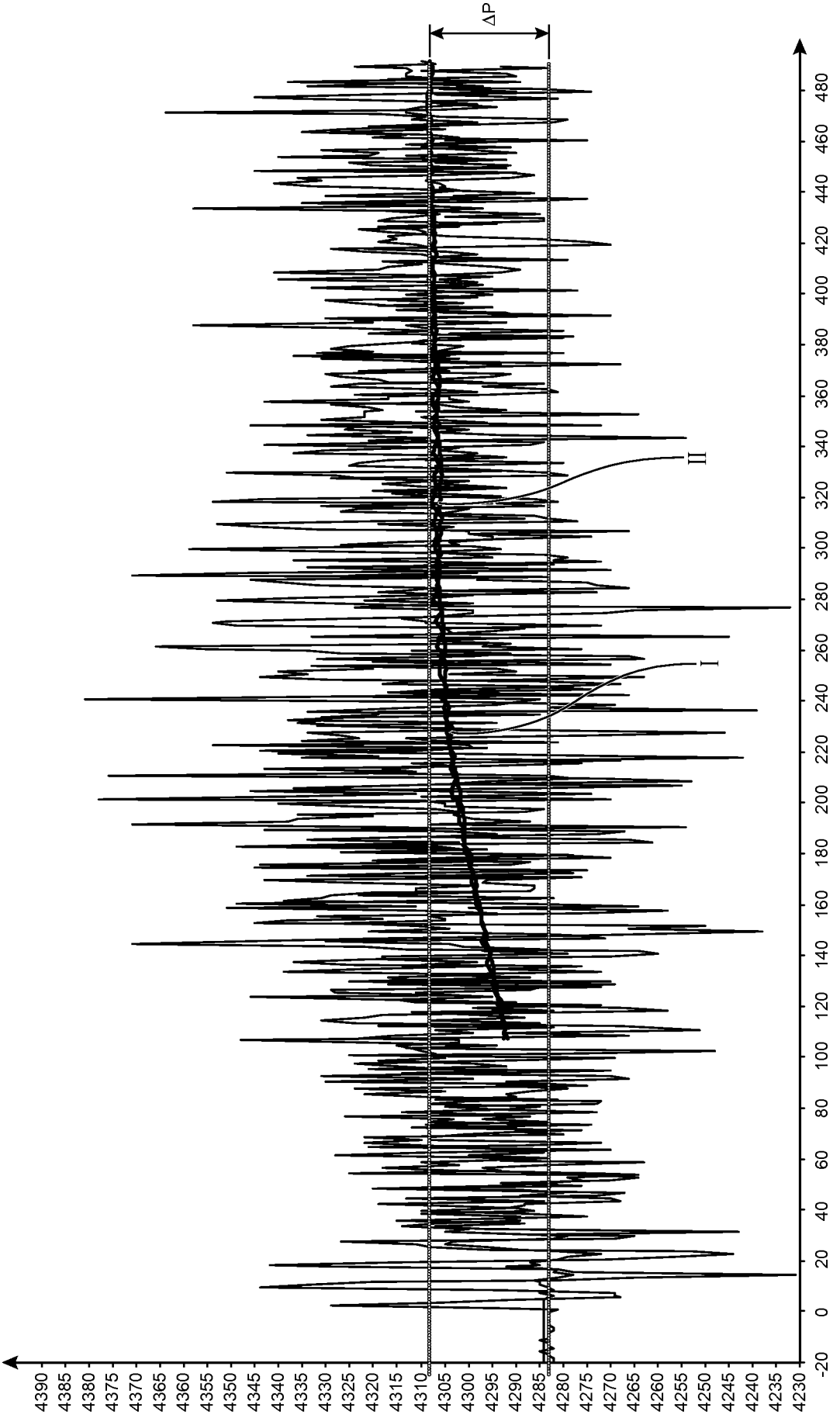

ΔP
I
II
4390
4385
4380
4375
4370
4365
4360
4355
4350
4345
4340
4335
4330
4325
4320
4315
4310
4305
4300
4295
4290
4285
4280
4275
4270
4265
4260
4255
4250
4245
4240
4235
4230
-20
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480

FIG. 12C

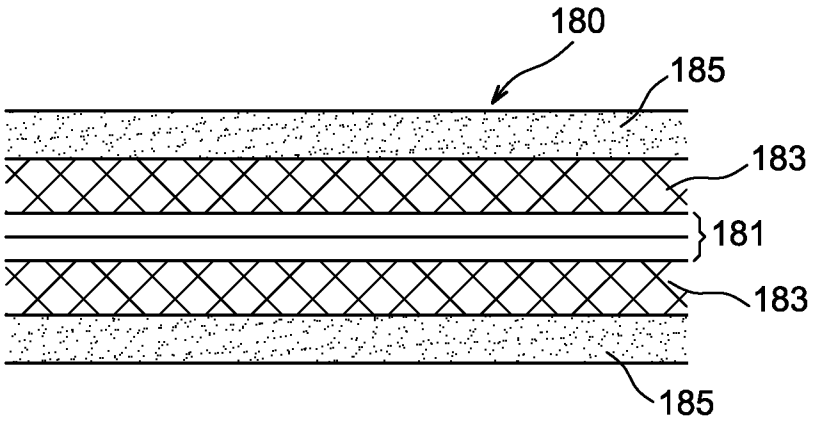


FIG.13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/054915

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02B13/065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02B H02H G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000 227375 A (SAGINOMIYA SEISAKUSHO INC) 15 August 2000 (2000-08-15) paragraphs [0017], [0021], [0026], [0031]; figures 1-7	1-23
X	US 4 617 607 A (PARK KYONG [US] ET AL) 14 October 1986 (1986-10-14) the whole document	1,2,5,6
X	JP 05 020566 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 29 January 1993 (1993-01-29) paragraphs [0034], [0035]; figures 1,4,13,14,16	1,7
X	US 5 656 780 A (PARK KYONG M [US]) 12 August 1997 (1997-08-12) the whole document	1,2

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
1 septembre 2009	08/09/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Castanheira Nunes, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/054915

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/014060 A1 (LAND H B III [US] ET AL) 18 January 2007 (2007-01-18) paragraphs [0019], [0031] - [0039], [0052], [0054], [0056], [0057], [0068] - [0079]; figures	1-17
A	JP 06 294838 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21 October 1994 (1994-10-21) the whole document	1,14
A	US 2008/094612 A1 (LAND H BRUCE [US]) 24 April 2008 (2008-04-24) the whole document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2009/054915

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2000227375 A	15-08-2000	NONE	
US 4617607 A	14-10-1986	CA 1273814 A1	11-09-1990
		DE 3629628 A1	11-06-1987
		FR 2591335 A1	12-06-1987
		GB 2183844 A	10-06-1987
		JP 1941134 C	23-06-1995
		JP 6060858 B	10-08-1994
		JP 62137532 A	20-06-1987
JP 5020566 A	29-01-1993	JP 2853370 B2	03-02-1999
US 5656780 A	12-08-1997	EP 0890087 A1	13-01-1999
		WO 9736157 A1	02-10-1997
US 2007014060 A1	18-01-2007	US 2009193901 A1	06-08-2009
JP 6294838 A	21-10-1994	NONE	
US 2008094612 A1	24-04-2008	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2009/054915

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H02B13/065

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H02B H02H G01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	JP 2000 227375 A (SAGINOMIYA SEISAKUSHO INC) 15 août 2000 (2000-08-15) alinéas [0017], [0021], [0026], [0031]; figures 1-7	1-23
X	US 4 617 607 A (PARK KYONG [US] ET AL) 14 octobre 1986 (1986-10-14) le document en entier	1,2,5,6
X	JP 05 020566 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 29 janvier 1993 (1993-01-29) alinéas [0034], [0035]; figures 1,4,13,14,16	1,7
X	US 5 656 780 A (PARK KYONG M [US]) 12 août 1997 (1997-08-12) le document en entier	1,2

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée
"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
1 septembre 2009	08/09/2009

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Castanheira Nunes, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2009/054915

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2007/014060 A1 (LAND H B III [US] ET AL) 18 janvier 2007 (2007-01-18) alinéas [0019], [0031] - [0039], [0052], [0054], [0056], [0057], [0068] - [0079]; figures	1-17
A	JP 06 294838 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21 octobre 1994 (1994-10-21) le document en entier	1,14
A	US 2008/094612 A1 (LAND H BRUCE [US]) 24 avril 2008 (2008-04-24) le document en entier	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/EP2009/054915

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2000227375 A	15-08-2000	AUCUN	
US 4617607 A	14-10-1986	CA 1273814 A1	11-09-1990
		DE 3629628 A1	11-06-1987
		FR 2591335 A1	12-06-1987
		GB 2183844 A	10-06-1987
		JP 1941134 C	23-06-1995
		JP 6060858 B	10-08-1994
		JP 62137532 A	20-06-1987
JP 5020566 A	29-01-1993	JP 2853370 B2	03-02-1999
US 5656780 A	12-08-1997	EP 0890087 A1	13-01-1999
		WO 9736157 A1	02-10-1997
US 2007014060 A1	18-01-2007	US 2009193901 A1	06-08-2009
JP 6294838 A	21-10-1994	AUCUN	
US 2008094612 A1	24-04-2008	AUCUN	