

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 015 045

②1 N° d'enregistrement national : **13 62789**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 R 31/02 (2013.01), G 01 R 31/12, H 02 H 1/00**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17.12.13.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 19.06.15 Bulletin 15/25.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public — FR.

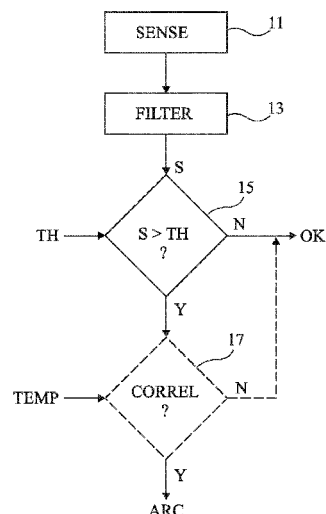
⑦2 Inventeur(s) : PERICHON PIERRE.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT Société à responsabilité limitée.

⑤4 DETECTION D'ARCS ELECTRIQUES.

⑤7 L'invention concerne un procédé de détection d'arcs électriques dans une enceinte définissant un volume à surveiller, comportant: une étape (11, 13) de mesure d'un niveau acoustique à des fréquences supérieures à environ 60 kHz en filtrant les fréquences inférieures; et une étape (15) de comparaison dudit niveau à un seuil (TH).



FR 3 015 045 - A1



DÉTECTION D'ARCS ÉLECTRIQUES

Domaine

La présente description concerne de façon générale les systèmes de protection contre des arcs électriques et, plus particulièrement, la détection d'arcs électriques. La présente description s'applique plus particulièrement à la détection d'arcs électriques en milieu fermé.

Exposé de l'art antérieur

Dans tout système électrique, qu'il s'agisse d'un système de production d'énergie comme par exemple une centrale solaire, d'un système de stockage d'énergie, comme par exemple un ensemble de batteries, d'un système de conversion d'énergie comme par exemple un transformateur, d'un système de transport, comme par exemple un ensemble de câbles, etc., l'apparition d'arcs électriques est particulièrement préjudiciable. Un arc électrique peut provoquer des dommages non seulement au système lui-même, mais peut de plus provoquer des dommages collatéraux importants, comme par exemple provoquer un incendie.

On cherche depuis longtemps à détecter, de manière fiable, l'apparition d'un arc électrique.

On a déjà proposé plusieurs solutions faisant appel soit à une mesure de courant et de tension, soit à une mesure de rayonnement optique, soit à une mesure du champ électro-

magnétique. Toutes ces méthodes ont pour inconvénients d'être dédiées à une application particulière et de ne pas être transposables à d'autres systèmes.

On a également proposé de détecter des arcs
5 électriques à partir de leur signature acoustique. Ainsi, pour des lignes électriques aériennes, on utilise un capteur acoustique ayant une fréquence de résonance de 40 kHz et un opérateur surveille l'apparition d'un signal audible à l'aide d'écouteurs. Une telle méthode n'est toutefois pas transposable
10 dans un environnement bruité qui constitue la majorité des environnements de systèmes de production, de transport, de consommation d'énergie électrique.

Le document WO-A-2011090464 propose un procédé et un appareil pour détecter des arcs et leur localisation dans un
15 câblage électrique et exploite une plage de fréquences de 28 à 32 kHz.

Plus récemment, le demandeur a proposé (WO-A-2013150157) une source d'alimentation électrique continue comportant des batteries interconnectées dans un boîtier, un
20 capteur acoustique et un milieu de remplissage du boîtier présentant une impédance acoustique homogène et servant de liaison acoustique entre les interconnexions des batteries et le capteur. Cette solution préconise l'utilisation d'un capteur à ultrasons avec une bande passante s'étendant au moins entre
25 20 kHz et 150 kHz.

Résumé

Un mode de réalisation de la présente description vise à pallier tout ou partie des inconvénients des systèmes connus de détection d'arcs électriques.

30 Un autre mode de réalisation vise à proposer un système de détection d'arcs électriques plus particulièrement destiné à un environnement bruité.

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un procédé de détection d'arcs électriques dans une enceinte définissant un
35 volume à surveiller, comportant :

une étape de mesure d'un niveau acoustique à des fréquences supérieures à environ 60 kHz en filtrant les fréquences inférieures ; et

une étape de comparaison dudit niveau à un premier
5 seuil.

Selon un mode de réalisation, ledit premier seuil est déterminé en fonction d'un niveau de bruit capté en l'absence d'arcs électriques.

Selon un mode de réalisation, la mesure prend en
10 compte les fréquences dans une plage d'environ 60 kHz à environ 300 kHz, de préférence dans une plage d'environ 60 kHz à environ 150 kHz.

Selon un mode de réalisation, le procédé comporte en outre une étape de comparaison, à un deuxième seuil, du résultat
15 d'une corrélation entre un modèle de la réponse temporelle d'un arc électrique et la mesure.

Un mode de réalisation prévoit un système de détection d'arcs électriques, comportant :

une enceinte définissant un volume à surveiller ; et
20 un dispositif de mesure acoustique filtrant les fréquences inférieures à environ 60 kHz.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de mesure est sensible aux fréquences contenues dans une plage d'environ 60 kHz à environ 300 kHz, de préférence dans une plage d'environ
25 60 kHz à environ 150 kHz.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de mesure comporte un capteur acoustique.

Selon un mode de réalisation, la réponse du capteur acoustique exclut les fréquences inférieures à environ 60 kHz.

30 Selon un mode de réalisation, ledit dispositif comporte un filtre électronique des fréquences inférieures à environ 60 kHz.

Selon un mode de réalisation, l'enceinte est dépourvue d'ouverture de dimension supérieure à 5 mm.

Brève description des dessins

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 illustre un exemple de réponse spectrale d'un arc électrique ;

la figure 2 illustre un exemple de spectre de bruits ambiants typique, dans l'environnement d'un système électrique ;

la figure 3 représente, de façon très schématique, un mode de réalisation d'un système de détection d'arcs électriques ;

la figure 4 est un schéma-bloc illustrant un mode de mise en oeuvre du procédé de détection d'arcs électriques ; et

la figure 5 représente, de façon très schématique, un exemple d'application du système de la figure 3.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures. Par souci de clarté, seuls les éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation qui vont être décrits ont été représentés et seront détaillés. En particulier, les dispositifs électriques dont le système détecte les arcs n'ont pas été détaillés, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec les divers dispositifs électriques de production, de transport et de consommation. De plus, lorsque l'on fait référence aux expressions "approximativement", "de l'ordre de" ou "environ", cela signifie à 10% près, et lorsque l'on mentionne une identité ou une égalité, cela signifie aux dispersions technologiques près.

Un arc électrique apparaît dans un milieu isolant séparant deux éléments conducteurs à des potentiels électriques différents et dans lesquels circule un courant, une conduction électrique se produisant dans l'espace séparant ces deux

éléments conducteurs. L'apparition d'un arc électrique s'accompagne d'une réponse acoustique sonore et ultrasonore.

La méthode de détection d'arcs électriques et les systèmes associés qui vont être décrits tirent leur origine d'une nouvelle analyse faite par l'inventeur du phénomène acoustique accompagnant un arc électrique et de la réponse acoustique des environnements visés. Traditionnellement, les systèmes de détection acoustiques se focalisent soit sur une plage de fréquences large, comme c'est le cas du document WO-A-2013150157, en jouant sur le milieu environnant, soit sur une plage de fréquences inférieure à 40 kHz comme c'est le cas du document WO-A-2011090464.

La figure 1 représente, de façon schématique, la réponse acoustique d'un arc électrique dans l'air. L'inventeur a constaté que cette réponse peut varier légèrement en fonction du milieu mais qu'un arc électrique, tout en ayant une réponse présentant un fort niveau entre environ 30 kHz et environ 70 kHz, présente un spectre qui s'étend jusqu'à 150 kHz, voire plus, avec des niveaux non négligeables par rapport au bruit environnant.

L'inventeur a par ailleurs constaté que, contrairement aux idées reçues selon lesquelles les environnements sont fortement bruités par des signaux dans des fréquences supérieures à une quarantaine de kHz, ces niveaux de bruit sont généralement inférieurs aux niveaux d'un arc électrique à ces fréquences.

La figure 2 représente, de façon schématique, le spectre de bruit ambiant d'un environnement représentatif des environnements généralement rencontrés dans des applications où l'on souhaite détecter des arcs électriques. En fait, le bruit ambiant est majoritairement dans le domaine sonore (en dessous de 20 kHz) et, s'il présente quelques pics à des fréquences supérieures (par exemple dus à des commutations de systèmes mécaniques), présente globalement un niveau moyen nettement

inférieur à celui d'un arc électrique pour des fréquences supérieures à environ 60 kHz.

Dans les modes de réalisation qui vont être décrits, on prévoit d'utiliser un capteur acoustique dans une enceinte dans laquelle on souhaite détecter l'apparition d'arcs électriques, et de filtrer (éliminer), au niveau du capteur ou de l'électronique associée à ce capteur, les fréquences inférieures à environ 60 kHz.

La figure 3 représente, de façon très schématique et sous forme de blocs, un mode de réalisation d'un système de détection d'arcs électriques.

Un capteur acoustique 1 est placé dans une enceinte 2 à l'intérieur de laquelle se situe le volume à surveiller, c'est-à-dire les éléments électriques (non représentés) susceptibles de provoquer un arc électrique. Ce volume n'est pas traité de façon particulière, c'est-à-dire qu'il est, en pratique, le plus souvent constitué d'air ambiant.

Les parois de l'enceinte 2 atténuent les bruits venant de l'extérieur. Dans la plage des fréquences sonores et ultrasonores jusqu'à environ 60 kHz, cette atténuation n'est toutefois pas suffisante pour que l'amplitude de l'onde acoustique soit inférieure à celle provoquée par un arc électrique à l'intérieur de l'enceinte. Cependant, pour les fréquences supérieures à environ 60 kHz, le niveau des bruits ambiants extérieurs à l'enceinte est généralement suffisamment faible pour que les parois de l'enceinte provoquent une atténuation suffisante. Ainsi, en filtrant la réponse du capteur acoustique pour éliminer les fréquences inférieures à environ 60 kHz, il est possible de distinguer le bruit ambiant provenant de l'extérieure de l'enceinte, d'un arc électrique se produisant à l'intérieur de l'enceinte.

De plus, le filtrage réalisé permet de s'affranchir également des bruits générés à l'intérieur de l'enceinte dans laquelle se trouve le capteur.

Pour améliorer la détection, on pourra s'assurer que l'enceinte ne présente pas d'ouvertures de façon à améliorer l'atténuation du bruit ambiant. En cas d'ouvertures dans l'enceinte, on veillera préférentiellement à ce que ces ouvertures aient des dimensions inférieures à la longueur d'onde de propagation majoritaire des arcs électriques, par exemple inférieure à quelques mm, de préférence inférieures à 4 mm. Ainsi, on évite que le capteur situé dans l'enceinte ne détecte un arc externe.

10 Selon le volume à surveiller, on pourra prévoir un cloisonnement de ce volume en plusieurs espaces fermés et plusieurs capteurs acoustiques (au moins un par espace fermé).

La figure 4 est un schéma-bloc d'un mode de mise en oeuvre du procédé de détection d'arcs électriques.

15 On commence par mesurer (bloc 11, SENSE), à l'aide d'un capteur acoustique, l'amplitude sonore dans le volume considéré.

Puis (ou simultanément si le capteur lui-même présente une réponse éliminant les fréquences inférieures à environ 60 kHz), on applique un filtrage de type passe-haut (bloc 13, FILTER) qui élimine les fréquences inférieures à environ 60 kHz.

Le signal S résultant est interprété par un circuit électronique et est comparé (bloc 15, $S > TH$?) à un seuil TH.

25 Si le niveau du signal S est supérieur au seuil TH (sortie Y du bloc 15), on considère qu'on est en présence d'un arc électrique (ARC). Selon un premier mode de réalisation, dans le cas contraire (sortie N du bloc 15), on considère une situation normale (OK).

30 Le seuil TH est, de préférence, fixé en tenant compte des bruits environnants, c'est-à-dire qu'il est choisi pour être supérieur au niveau du signal sonore capté par le capteur 1 dans la plage de fréquences supérieures à environ 60 kHz en l'absence d'arc électrique. De préférence, on tient compte des signaux dans une plage de fréquences allant d'environ 60 kHz à environ

300 kHz, de préférence, dans une plage de fréquences allant d'environ 60 kHz à environ 150 kHz.

De préférence (étape 17 CORREL, illustrée en pointillés en figure 4), la détermination est affinée en comparant, à un deuxième seuil, le résultat d'une corrélation entre un modèle (TEMP) de réponse temporelle d'un arc électrique et la réponse du capteur. Si la réponse du capteur est considérée suffisamment proche du modèle (sortie Y du bloc 17), on valide la présence d'un arc. Par exemple, pour cette deuxième comparaison, on pourra s'inspirer de la technique décrite dans le document WO-A-2013150157 déjà mentionné.

Un exemple d'application concerne les véhicules automobiles et, plus particulièrement, les véhicules électriques contenant un grand nombre de batteries, ce qui accroît les risques d'arcs, en raison des vibrations, de chocs, etc. L'enceinte dans laquelle sont généralement contenues les batteries constitue un filtre suffisant pour que les bruits extérieurs, de fréquence supérieure à environ 60 kHz, soient suffisamment filtrés pour que, à l'intérieur de l'enceinte, un arc électrique se traduise sur le capteur acoustique par un niveau de signal nettement supérieur au bruit.

La figure 5 représente, de façon schématique et sous forme de blocs, un mode de réalisation d'un système de détection d'arcs électriques selon cet exemple d'application.

On suppose une enceinte 2 dans laquelle sont disposées et interconnectées des batteries 3. Un connecteur 4 (par exemple, un bornier), accessible depuis l'extérieur de l'enceinte 2, permet de connecter les batteries 3 à leur environnement applicatif. L'enceinte 2 contient également un capteur acoustique 1, relié à un dispositif électronique 5, d'interprétation des signaux captés par le capteur. Le dispositif 5 comporte, par exemple, des éléments de communication de l'état de la détection ou de signalement de la présence d'un arc (alarme visuelle, sonore, ou autre).

Dans l'exemple de la figure 5, on suppose la présence d'un filtre passe-bas 52 (fréquence de coupure à environ 60 kHz), acoustique ou électronique, au niveau du capteur 1. En variante, ce filtre (alors électronique) est au niveau du
5 dispositif 5.

Un autre exemple d'application est la détection d'arcs électriques dans un avion et, plus particulièrement, dans des parties techniques de la carlingue. On a pu constater que la carlingue constituait un obstacle aux bruits ambiants et qu'un
10 arc électrique présentera, dans l'enceinte contenant les câbles électriques, un signal d'amplitude supérieure à ces bruits ambiants, de sorte que la détection peut s'opérer en fixant un seuil approprié. Si le signal mesuré par le capteur (en éliminant les fréquences inférieures à environ 60 kHz) a une
15 amplitude supérieure à ce seuil, on peut considérer un fort risque de présence d'un arc électrique.

Un autre exemple d'application concerne les tableaux électriques destinés à répartir une alimentation électrique dans différents circuits. En particulier dans un milieu industriel,
20 des vibrations peuvent provoquer un desserrement des fixations des câbles aux différents coupe-circuits et connecteurs, qui peut conduire à l'apparition d'arcs électriques. Dans cette application, des arcs électriques non néfastes peuvent se produire dans des interrupteurs ou disjoncteurs situés dans le
25 volume à surveiller, lors des commutations. Les boîtiers de ces interrupteurs ou disjoncteurs atténuent l'amplitude de l'onde acoustique provoquée par ces arcs, de sorte qu'en sélectionnant convenablement le seuil de détection par le capteur, on peut distinguer ces arcs "utiles" d'arcs accidentels se produisant
30 dans le volume surveillé.

Un avantage des modes de réalisation qui ont été décrits est qu'il est désormais possible de détecter des arcs électriques dans un environnement acoustiquement bruité.

Un autre avantage est que la mise en oeuvre est simple
35 en tirant profit des enceintes qui entourent généralement les

zones dans lesquelles on souhaite effectuer une détection. Il n'est donc généralement pas nécessaire en pratique de prévoir une enceinte spécifique.

Divers modes de réalisation ont été décrits, diverses
5 variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les éventuels cloisonnements à prévoir et le nombre de capteurs acoustiques dépend du volume à surveiller. Par ailleurs, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation décrits est à la portée de l'homme du métier à partir de la
10 description fonctionnelle ci-dessus, en particulier en ce qui concerne la réalisation du dispositif électronique d'interprétation des signaux captés et l'exploitation des résultats de la détection. De plus, le choix des valeurs du ou des seuils de détection dépend de l'application et est également à la portée
15 de l'homme du métier.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection d'arcs électriques dans une enceinte (2) définissant un volume à surveiller, comportant :

une étape (11, 13) de mesure d'un niveau acoustique à des fréquences supérieures à environ 60 kHz en filtrant les
5 fréquences inférieures ; et

une étape (15) de comparaison dudit niveau à un premier seuil (TH).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit premier seuil (TH) est déterminé en fonction d'un niveau de
10 bruit capté en l'absence d'arcs électriques.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la mesure prend en compte les fréquences dans une plage d'environ 60 kHz à environ 300 kHz, de préférence dans une plage d'environ 60 kHz à environ 150 kHz.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant en outre une étape (17) de comparaison, à un
15 deuxième seuil, du résultat d'une corrélation entre un modèle de la réponse temporelle d'un arc électrique et la mesure.

5. Système de détection d'arcs électriques, comportant :

20 une enceinte (2) définissant un volume à surveiller ;
et

un dispositif (1, 5) de mesure acoustique filtrant les fréquences inférieures à environ 60 kHz.

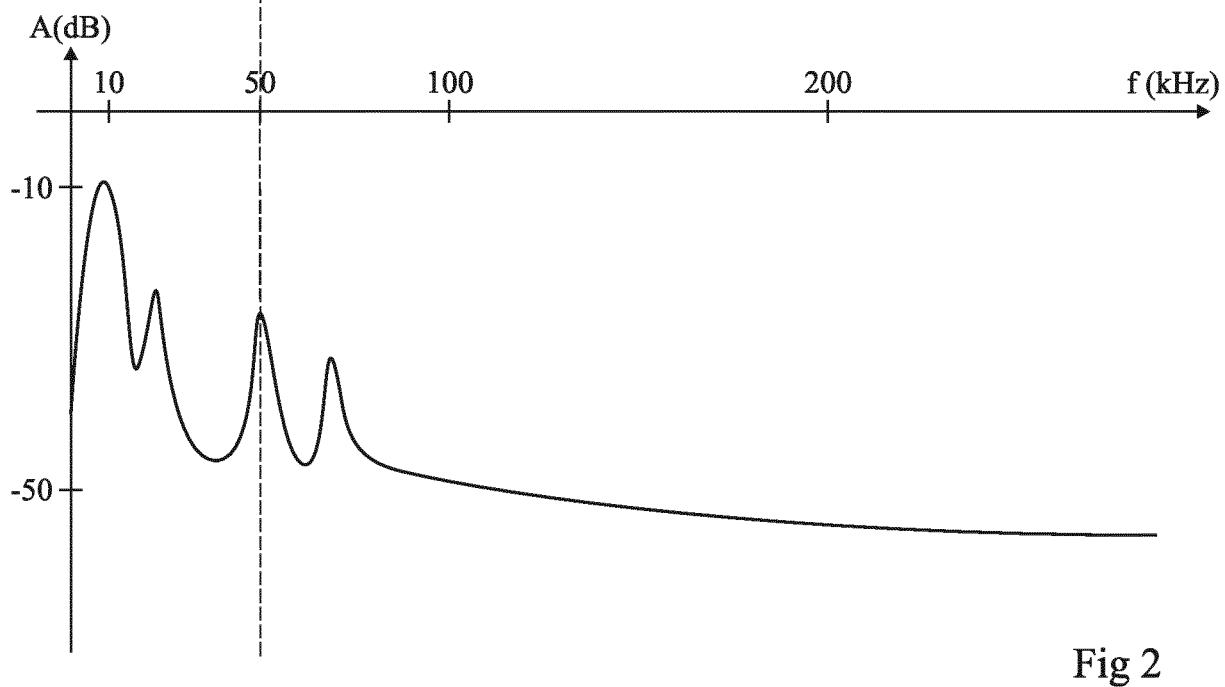
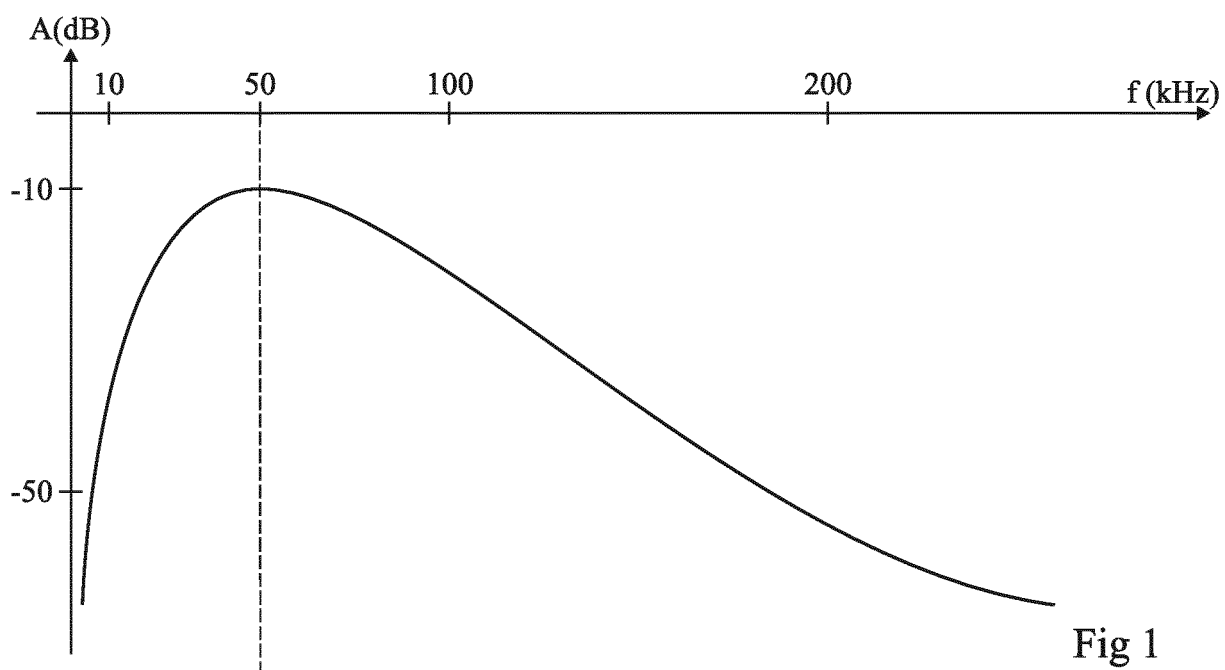
6. Système selon la revendication 5, dans lequel le dispositif de mesure (1, 5) est sensible aux fréquences contenues dans une plage d'environ 60 kHz à environ 300 kHz, de préférence dans une plage d'environ 60 kHz à environ 150 kHz.

7. Système selon la revendication 5 ou 6, dans lequel
30 le dispositif de mesure (1, 5) comporte un capteur acoustique (1).

8. Système selon la revendication 7, dans lequel la réponse du capteur acoustique (1) exclut les fréquences inférieures à environ 60 kHz.

9. Système selon la revendication 8, dans lequel ledit dispositif (1, 5) comporte un filtre électronique (52) des fréquences inférieures à environ 60 kHz.

5 10. Système selon l'une quelconque des revendications 5 à 9, dans lequel l'enceinte (2) est dépourvue d'ouverture de dimension supérieure à 5 mm.



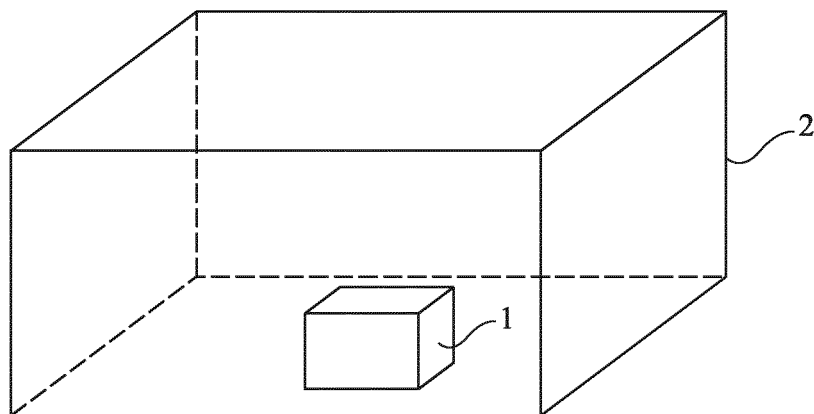


Fig 3

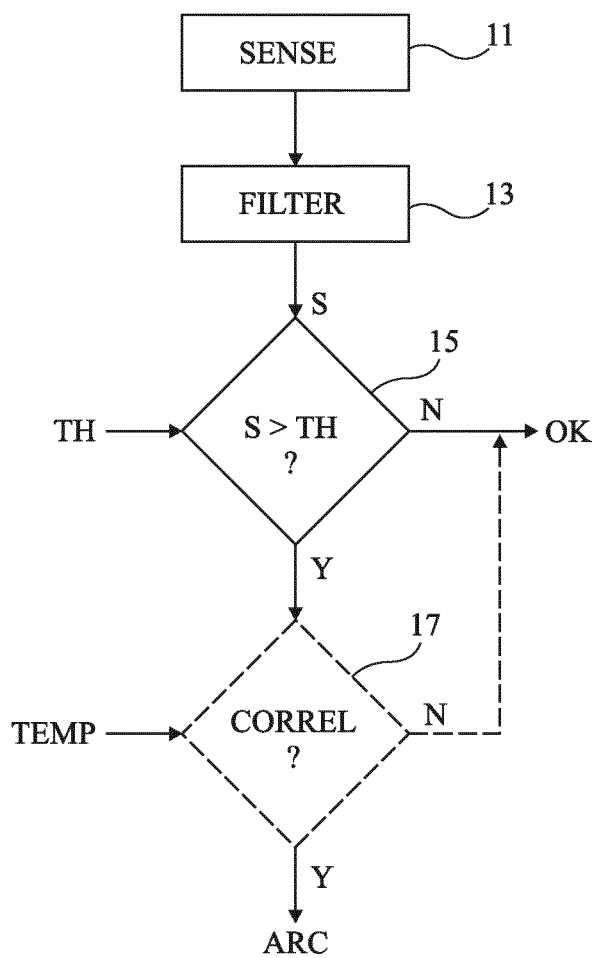


Fig 4

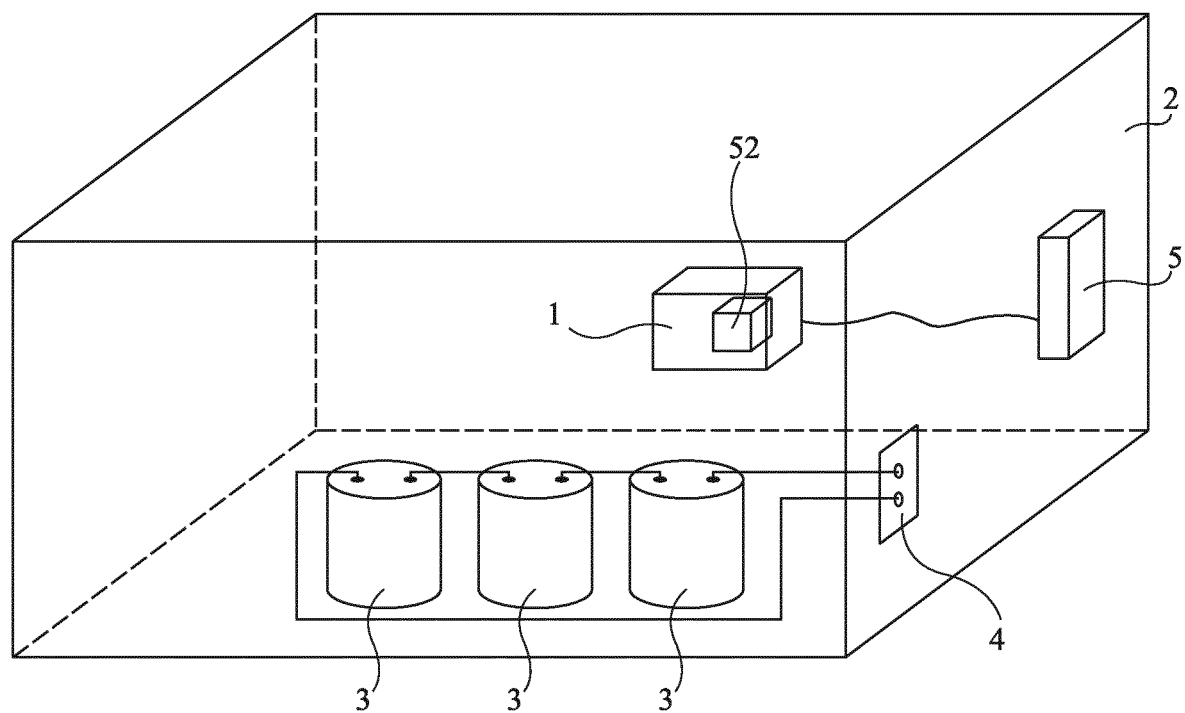


Fig 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 791530
FR 1362789

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	ZHAO J ET AL: "Substation monitoring by acoustic emission techniques", IEE PROCEEDINGS: SCIENCE, MEASUREMENT AND TECHNOLOGY, IEE, STEVENAGE, HERTS, GB, vol. 148, no. 1, 5 janvier 2001 (2001-01-05), pages 28-34, XP006016031, ISSN: 1350-2344, DOI: 10.1049/IP-SMT:20010134 * le document en entier *	1-10	G01R31/02 G01R31/12 H02H1/00
X	CHENGQIANG WANG ET AL: "The Partial Discharge Locating Experimental Study in Transformer Based on Ultrasonic Phased Array", POWER AND ENERGY ENGINEERING CONFERENCE (APPEEC), 2012 ASIA-PACIFIC, IEEE, 27 mars 2012 (2012-03-27), pages 1-5, XP032240163, DOI: 10.1109/APPEEC.2012.6307654 ISBN: 978-1-4577-0545-8 * le document en entier *	1-3,5-10	
A		4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	Y.H.M YASMIN THAYOOB THAYOOB ET AL: "Detection of acoustic emission signals from partial discharge sources in oil-pressboard insulation system", RESEARCH AND DEVELOPMENT (SCORED), 2010 IEEE STUDENT CONFERENCE ON, 1 janvier 2010 (2010-01-01), pages 381-386, XP055138237, DOI: 10.1109/SCORED.2010.5704027 ISBN: 978-1-42-448647-2 * le document en entier *	1-10	G01R H02H
A	WO 97/24742 A1 (WEISSMAN KAREN [US]; BRUNGARDT KURT [US]) 10 juillet 1997 (1997-07-10) * page 11, ligne 18 - ligne 22 *	1-10	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 septembre 2014		Jedlicska, István	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite			
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1362789 FA 791530**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **04-09-2014**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9724742	A1	10-07-1997	AU 1469197 A	28-07-1997
			WO 9724742 A1	10-07-1997
