



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.06.2022 Bulletin 2022/24

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01H 33/668^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21212595.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01H 33/668; H01H 9/54; H01H 2071/044

(22) Date de dépôt: **06.12.2021**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

• **Schneider Electric Industries SAS**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

(72) Inventeurs:
• **PORTE, Florian**
38054 GRENOBLE CEDEX 9 (FR)
• **KRAYNOV, Vladislav**
38100 GRENOBLE (FR)

(30) Priorité: **08.12.2020 FR 2012836**

(74) Mandataire: **Brevalex**
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(71) Demandeurs:
• **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**
75015 Paris (FR)

(54) **SURVEILLANCE DE DÉGRADATION D'UNE AMPOULE À VIDE**

(57) Dispositif de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide (1) d'un appareil de coupure, caractérisé en ce qu'il comporte :
- deux électrodes (21, 22) formant un condensateur (2),
disposées sur la surface extérieure de l'ampoule à vide

(1),
- un circuit (3) de mesure capacitive relié aux deux électrodes et adapté pour mesurer un paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur (2).

[Fig. 1]

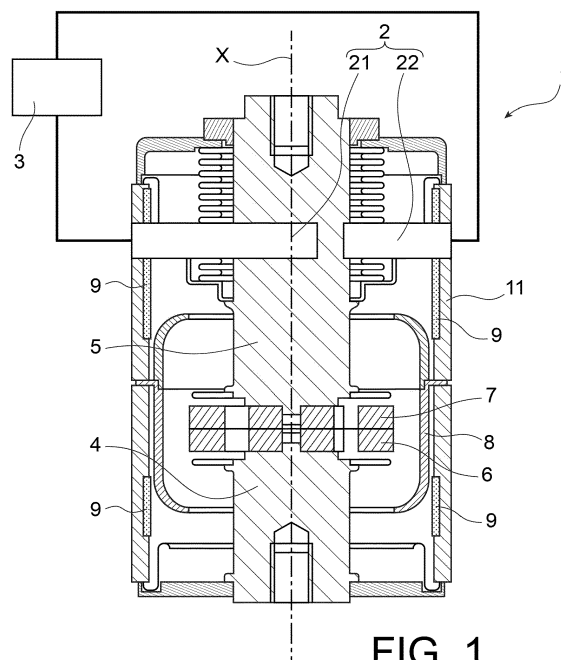


FIG. 1

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention concerne la surveillance de dégradation d'une ampoule à vide, notamment l'ampoule à vide d'un appareil de coupure moyenne et/ou haute tension.

ÉTAT DE L'ART ANTÉRIEUR

[0002] Il est connu de détecter une défaillance d'ampoule à vide en détectant la perte de vide. Par exemple, EP2463883 concerne un dispositif de détection de la perte de vide dans un appareil de coupure à vide.

[0003] La perte de vide n'est cependant pas le seul problème qui peut affecter une ampoule à vide. Les inventeurs ont ainsi identifié qu'au fur et à mesure des coupures électriques effectuées par une ampoule à vide, un dépôt métallique apparaît sur la paroi interne de l'ampoule à vide. Ce dépôt métallique dégrade la performance diélectrique de l'ampoule à vide.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0004] L'invention vise à résoudre les problèmes de la technique antérieure en fournissant un dispositif de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide d'un appareil de coupure, caractérisé en ce qu'il comporte :

- deux électrodes formant un condensateur, disposées sur la surface extérieure de l'ampoule à vide,
- un circuit de mesure capacitive relié aux deux électrodes et adapté pour mesurer un paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur.

[0005] La mesure capacitive permet de surveiller le niveau de dégradation de l'ampoule à vide, car la valeur de capacité mesurée évolue au fur et à mesure de l'apparition d'un dépôt métallique sur la paroi interne de l'ampoule à vide. Ainsi la performance diélectrique de l'ampoule à vide est suivie au court de sa période d'utilisation.

[0006] L'invention fournit un moyen de maintenance prédictive destiné à être embarqué sur l'ampoule à vide.

[0007] Selon une caractéristique préférée, les électrodes formant un condensateur comportent deux portions de ruban métallique ayant chacune une largeur comprise entre 2 et 20 millimètres, chaque extrémité de l'une des portions de ruban métallique étant espacée de l'une des extrémités de l'autre des portions de ruban métallique d'une distance supérieure à 8 millimètres.

[0008] Selon des caractéristiques préférées alternatives :

- le circuit de mesure capacitive comporte une inductance reliée au condensateur et un circuit de mesure d'une fréquence de résonance d'un oscillateur formé par le condensateur et l'inductance, ou

- le circuit de mesure capacitive comporte une résistance reliée au condensateur et un circuit de mesure d'un temps de charge ou de décharge du circuit comportant le condensateur et la résistance, ou
- le circuit de mesure capacitive comporte une résistance et une inductance reliée au condensateur et un circuit de mesure de l'impédance du circuit comportant le condensateur, l'inductance et la résistance.

[0009] L'invention concerne aussi une ampoule à vide d'un appareil de coupure, équipée d'un dispositif de surveillance de dégradation tel que précédemment présenté.

[0010] L'invention concerne aussi un procédé de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide d'un appareil de coupure au moyen d'un dispositif de surveillance tel que précédemment présenté, caractérisé en ce qu'il comporte des étapes de :

- mesure d'une valeur d'un paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur,
- comparaison de la valeur du paramètre électrique précédemment mesuré avec une valeur de référence, et
- émission d'une alerte lorsque la valeur du paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur atteint la valeur seuil de référence.

[0011] L'ampoule à vide et le procédé présentent des avantages analogues à ceux précédemment présentés.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0012] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préféré, donné à titre d'exemple non limitatif, décrit en référence aux figures dans lesquelles :

[Fig. 1] illustre un dispositif de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide d'un appareil de coupure, selon un mode de réalisation de l'invention, [Fig. 2] illustre une variante de circuit de mesure inclus dans le dispositif de la figure 1, selon un mode de réalisation de l'invention, [Fig. 3] illustre un procédé de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide d'un appareil de coupure, selon un mode de réalisation de l'invention, et [Fig. 4] illustre une courbe de mesures de fréquences de résonances réalisées selon l'invention.

[0013] Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

[0014] Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

[0015] Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0016] La figure 1 représente un mode de réalisation préféré de dispositif de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide 1. L'ampoule à vide 1 est destinée à être utilisée dans un appareil de coupure pour couper un courant électrique dans un circuit électrique, notamment moyenne et/ou haute tension.

[0017] Dans ce qui suit, les termes « moyenne tension » et « haute tension » sont utilisés dans leur acception habituelle. Le terme « moyenne tension » désigne une tension qui est supérieure à 1 000 volts en courant alternatif et à 1 500 volts en courant continu mais qui ne dépasse pas 52 000 volts en courant alternatif et 75 000 volts en courant continu. Le terme « haute tension » désigne une tension qui est strictement supérieure à 52 000 volts en courant alternatif et à 75 000 volts en courant continu.

[0018] Dans ce qui suit, le terme « appareil de coupure » est utilisé pour désigner un appareil électrique pour couper le courant, tel qu'un contacteur, un interrupteur, un interrupteur fusible ou un recloser. D'autres types d'appareils de coupure utilisant une ampoule à vide sont également possibles.

[0019] L'ampoule à vide 1 comporte de manière connue en soi une enveloppe 11 de forme sensiblement cylindrique selon un axe d'élongation X, fermée par deux capots d'extrémité. L'enveloppe 11 renferme une électrode 4 fixe par rapport à ladite enveloppe et une électrode 5 mobile par rapport à ladite enveloppe. Les deux électrodes 4 et 5 supportent chacune à leur extrémité libre respectivement un contact fixe 6 et un contact mobile 7. L'électrode mobile 5 est mobile entre une position de contact des deux contacts 6 et 7 et une position de séparation des deux contacts.

[0020] L'enveloppe 11 forme ainsi une enceinte réalisée en céramique fermée par les deux capots d'extrémité, traversés respectivement par les deux électrodes 4 et 5.

[0021] L'ampoule 1 comporte également un ou plusieurs écrans diélectriques 8, notamment métalliques, généralement placés autour du contact fixe 6 et du contact mobile 7. D'autres écrans ou d'autres positions d'écran non représentés sont également envisageables.

[0022] La dégradation de l'ampoule à vide est caractérisée par l'apparition d'un dépôt métallique sur la paroi interne de l'ampoule à vide dans des zones de dépôt 9, notamment des zones de la paroi interne non protégées par un écran diélectrique. Ce dépôt métallique dégrade la performance diélectrique de l'ampoule.

[0023] Le dispositif de surveillance de dégradation de l'ampoule à vide 1 comporte deux électrodes 21 et 22

formant un condensateur 2, disposées sur la surface extérieure de l'ampoule à vide. Les deux électrodes sont identiques et formées par deux portions de ruban métallique, par exemple en cuivre, ayant par exemple chacune une largeur comprise entre 2 et 40 millimètres, voire comprise entre 2 et 20 millimètres. Selon une réalisation, la largeur d'électrodes est par exemple de 12 millimètres.

[0024] Les deux électrodes sont plaquées sur la surface extérieure de l'ampoule, en étant disposées sur un même anneau perpendiculaire à l'axe d'élongation X de l'enveloppe 11. La position des deux électrodes est choisie pour être en vis à vis des zones de dépôt 9 qui sont les plus exposées au dépôt métallique. Ces zones de dépôt 9 sont notamment celles de la paroi interne non protégées par l'écran diélectrique 8. Toutefois, les deux électrodes peuvent également être en vis à vis, partiellement ou totalement, d'une portion de la paroi interne protégée par l'écran diélectrique 8.

[0025] Chaque électrode a une longueur inférieure à la moitié du périmètre du cylindre de l'enceinte 11 de sorte que les extrémités des électrodes 21 et 22 sont en vis-à-vis et espacées par exemple d'au moins 8 millimètres, par exemple d'une distance entre 10 et 15 millimètres.

[0026] Le dispositif de surveillance de dégradation de l'ampoule à vide 1 comporte aussi un circuit de mesure capacitive 3 auquel les deux électrodes 21 et 22 sont reliées. Le circuit de mesure capacitive 3 est adapté pour mesurer une valeur représentative de la capacité du condensateur 2 formé par les deux électrodes 21 et 22.

[0027] Le circuit de mesure capacitive 3 est alimenté en énergie, par exemple par un circuit d'alimentation qui récupère de l'énergie l'appareil de coupure. Selon une première variante, un champ magnétique créé par le courant dans le circuit moyenne ou haute tension de l'appareil de coupure est concentré par un noyau ferromagnétique et une bobine d'induction génère la tension d'alimentation du circuit 3. Selon une seconde variante, une tension entre deux armatures placées à des potentiels différents peut être récupérée directement. Cette récupération d'énergie évite l'utilisation d'une source externe d'énergie telle qu'une batterie qui nécessiterait un remplacement en cas de défaillance. L'utilisation d'une telle source externe d'énergie peut cependant être envisagée, notamment pour une surveillance de courte durée (par exemple dans un processus de vieillissement accéléré).

[0028] Le dispositif de surveillance de dégradation de l'ampoule à vide 1 est de préférence embarqué sur l'ampoule à vide au sein de l'appareil de coupure.

[0029] Le circuit de mesure capacitive 3 comporte un premier circuit comportant soit une inductance, soit une résistance, soit une inductance et une résistance, reliée(s) au condensateur 2.

[0030] Le circuit de mesure capacitive 3 comporte un second circuit adapté pour mesurer une valeur d'un paramètre électrique caractéristique du premier circuit. Ce paramètre électrique est corrélé à la capacité du con-

densateur 2.

[0031] Des variantes de réalisation de circuit de mesure capacitive 3 vont maintenant être décrites.

[0032] En référence à la figure 2, une première variante de circuit de mesure capacitive 3 comporte un premier circuit comportant une inductance 31 de valeur prédéterminée et reliée en parallèle du condensateur 2. Le circuit de mesure capacitive 3 comporte aussi un second circuit 32 de mesure d'une fréquence de résonance d'un oscillateur formé par le condensateur 2 et l'inductance 31.

[0033] La fréquence de résonance f du circuit formé par le condensateur 2 et l'inductance 31 est égale à :

$$f = 1/2\pi\sqrt{LC}$$

où L est la valeur de l'inductance 31 et C est la valeur de la capacité du condensateur 2.

[0034] Ainsi, la connaissance de la valeur de l'inductance 31 et la mesure de la fréquence de résonance f permettent de déduire la valeur de la capacité C du condensateur 2.

[0035] En pratique, le circuit 32 de mesure de fréquence de résonance comporte par exemple un circuit électronique dédié à la mesure de fréquence de résonance d'un oscillateur LC, tel que le composant LDC1000 commercialisé par la société « Texas Instruments ».

[0036] En variante, à la place de l'inductance 31, le premier circuit du circuit de mesure capacitive 3 comporte une résistance de valeur prédéterminée et reliée en parallèle du condensateur 2. Le second circuit 32 du circuit de mesure capacitive 3 est apte à mesurer un temps de charge ou de décharge du circuit RC comportant le condensateur 2 et la résistance reliée en parallèle.

[0037] Selon une autre variante, le premier circuit du circuit de mesure capacitive 3 comporte une association d'une inductance de valeur prédéterminée et d'une résistance de valeur prédéterminée avec le condensateur 2. Le second circuit 32 du circuit de mesure capacitive 3 est apte à mesurer l'impédance du circuit comportant le condensateur, l'inductance et la résistance à une fréquence donnée, par exemple supérieure à 100 Hz. La mesure de cette impédance peut être réalisée par tout composant adapté, par exemple le composant AD8302 commercialisé par la société « Analog Device ».

[0038] La figure 3 illustre le procédé de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide d'un appareil de coupure. L'ampoule est équipée du dispositif tel que précédemment décrit. Le procédé comporte des étapes E1 à E3.

[0039] L'étape E1 est une mesure d'une valeur d'un paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur 2.

[0040] Selon la première variante de dispositif, le paramètre électrique est une fréquence de résonance d'un oscillateur formé par le condensateur 2 et l'inductance 31.

[0041] Selon la deuxième variante de dispositif, le paramètre électrique est un temps de charge ou de décharge

du circuit comportant le condensateur 2 et une résistance.

[0042] Selon la troisième variante de dispositif, le paramètre électrique est l'impédance du circuit comportant le condensateur 2, une inductance et une résistance à une fréquence donnée, par exemple supérieure à 100 Hz.

[0043] L'étape suivante E2 est une comparaison de la valeur du paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur 2 à une valeur seuil de référence. Cette comparaison peut passer par une étape de calcul de la valeur réelle de la capacité du condensateur 2 à partir de la valeur du paramètre électrique précédemment mesuré, pour une comparaison à une valeur de capacité seuil, ou être réalisée directement en comparant la valeur du paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur 2 à une valeur de paramètre seuil.

[0044] La valeur seuil de référence peut être déterminée en réalisant des mesures de vieillissement accéléré sur un ensemble d'ampoules à vide de test, en corrélant un seuil de tenue diélectrique souhaité à une valeur du paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur 2 à ne pas franchir. La valeur seuil de référence peut aussi être déterminée par une opération de calibration à laquelle est effectuée une mesure initiale de paramètre électrique sur l'ampoule neuve.

[0045] Les étapes E1 et E2 sont par exemple réalisées de manière périodique ou après chaque ouverture de l'appareil de coupure ou encore chaque fois qu'un nombre prédéterminé d'ouvertures de l'appareil de coupure est survenu.

[0046] Si les étapes E1 et E2 sont réalisées après chaque ouverture de l'appareil de coupure, le dispositif de surveillance de dégradation n'est alimenté que lorsque le circuit incluant l'appareil de coupure est ouvert, c'est-à-dire après chaque évolution du niveau de dégradation.

[0047] Les valeurs de paramètre électrique mesurées et/ou les valeurs de capacité calculées peuvent être mémorisées au fur et à mesure des mises en œuvre des étapes E1 et E2. Ainsi, il est possible de suivre l'évolution de la valeur de paramètre électrique et/ou de la capacité en fonction du nombre de coupures effectuées par l'appareil de coupure. Cette évolution est par exemple concrétisée sous la forme d'une courbe.

[0048] La comparaison et la détermination de la courbe peuvent être réalisées directement au sein du circuit de mesure capacitive ou à distance par un élément de calcul dédié ; dans ce dernier cas, une transmission, par exemple sans-fil, du paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur 2 est réalisée vers cet élément de calcul.

[0049] La figure 4 représente une courbe de mesures de fréquence de résonance en fonction du nombre de coupures réalisées par l'appareil de coupure, dans le cas où le circuit de mesure capacitive 3 comporte une inductance 31 comme illustré en figure 2 (circuit LC).

[0050] On constate une diminution progressive de la

fréquence de résonnance au fur et à mesure des coupures réalisées par l'appareil de coupure et une pente accentuée vers l'abscisse 10 de l'échelle, ce qui correspond à une augmentation progressive de la valeur de la capacité du condensateur 2 avec le nombre de coupures réalisées et constitue un indicateur de la dégradation de l'ampoule à vide. La valeur seuil de référence pour la fréquence de résonnance est par exemple fixée à une valeur de l'ordre de 1,6 MHz.

[0051] En référence à nouveau à la figure 3, l'étape E2 est suivie de l'étape E3 d'émission d'une alerte lorsque la valeur du paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur 2, ou la valeur de la capacité du condensateur 2, atteint la valeur seuil prédéterminée. Cette alerte peut déclencher une opération de remplacement de l'ampoule défectueuse.

Revendications

1. Dispositif de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide (1) d'un appareil de coupure, **caractérisé en ce qu'il comporte :**

- deux électrodes (21, 22) formant un condensateur (2), disposées sur la surface extérieure de l'ampoule à vide (1),
- un circuit (3) de mesure capacitive relié aux deux électrodes et adapté pour mesurer un paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur (2).

2. Dispositif de surveillance selon la revendication 1, dans lequel les électrodes (21, 22) formant un condensateur comportent deux portions de ruban métallique ayant chacune une largeur comprise entre 2 et 20 millimètres, chaque extrémité de l'une des portions de ruban métallique étant espacée de l'une des extrémités de l'autre des portions de ruban métallique d'une distance supérieure à 8 millimètres.

3. Dispositif de surveillance selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le circuit (3) de mesure capacitive comporte une inductance (31) reliée au condensateur (2) et un circuit (32) de mesure d'une fréquence de résonnance d'un oscillateur formé par le condensateur et l'inductance.

4. Dispositif de surveillance selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le circuit (3) de mesure capacitive comporte une résistance reliée au condensateur (2) et un circuit de mesure d'un temps de charge ou de décharge du circuit comportant le condensateur et la résistance.

5. Dispositif de surveillance selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le circuit (3) de mesure capacitive comporte une résistance et une inductance reliée au

condensateur (2) et un circuit de mesure de l'impédance du circuit comportant le condensateur, l'inductance et la résistance.

6. Ampoule à vide (1) d'un appareil de coupure, équipée d'un dispositif de surveillance de dégradation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

7. Procédé de surveillance de dégradation d'une ampoule à vide (1) d'un appareil de coupure au moyen d'un dispositif de surveillance selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il comporte des étapes de :**

- mesure (E1) d'une valeur d'un paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur,
- comparaison (E2) de la valeur du paramètre électrique précédemment mesuré avec une valeur de référence, et
- émission (E3) d'une alerte lorsque la valeur du paramètre électrique représentatif de la capacité du condensateur atteint la valeur seuil de référence.

[Fig. 1]

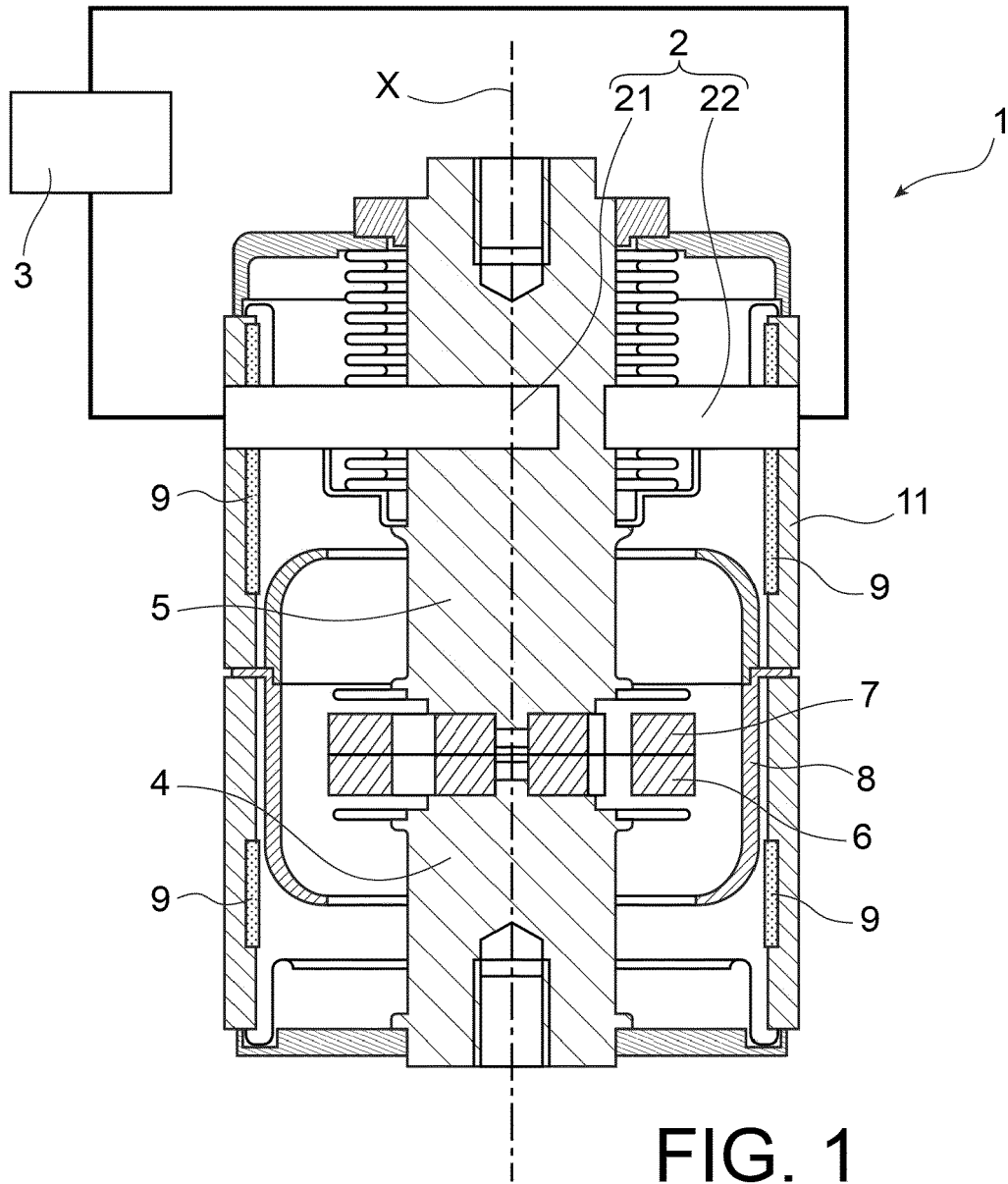


FIG. 1

[Fig. 2]

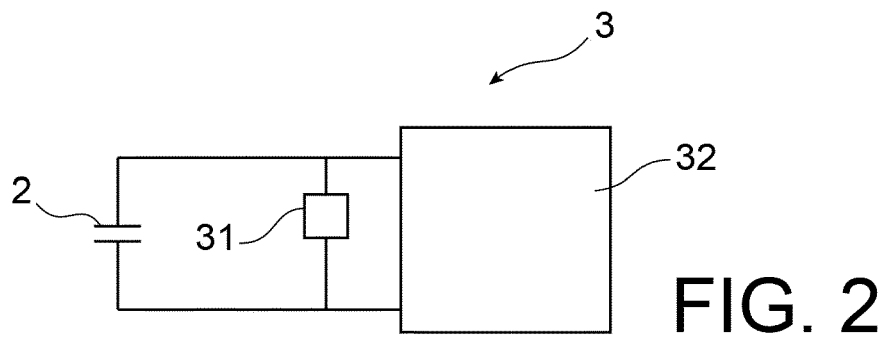


FIG. 2

[Fig. 3]

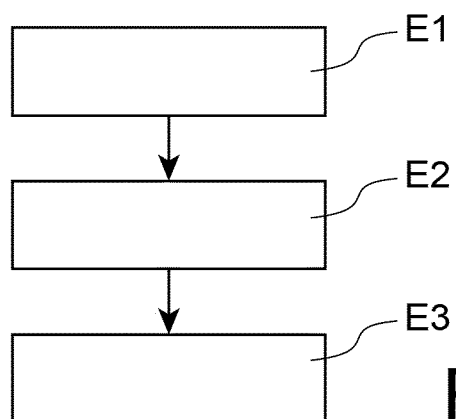


FIG. 3

[Fig. 4]

Fréquence (MHz)

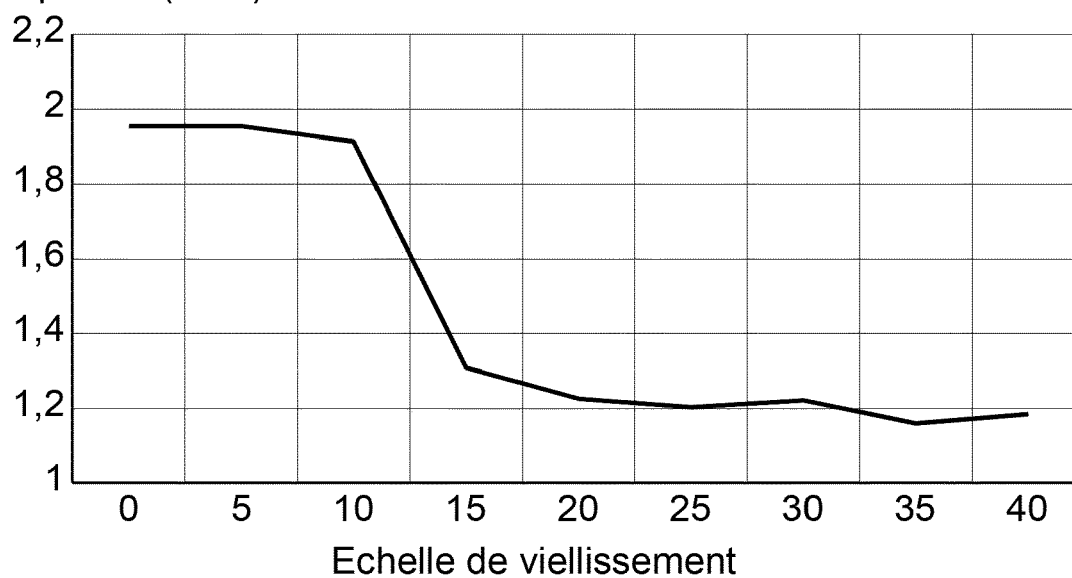


FIG. 4



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 21 2595

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A, D	EP 2 463 883 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS [FR]) 13 juin 2012 (2012-06-13) * alinéas [0021] - [0046]; figures 2, 4 *	1-7	INV. H01H33/668
A	EP 3 098 830 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS [FR]) 30 novembre 2016 (2016-11-30) * figures 1, 2 *	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		14 avril 2022	Arenz, Rainer
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

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

EP 21 21 2595

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

14-04-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2463883 A1	13-06-2012	CN 102543564 A	04-07-2012
		EP 2463883 A1	13-06-2012
		FR 2968827 A1	15-06-2012
		US 2012145674 A1	14-06-2012

EP 3098830 A1	30-11-2016	CN 106199346 A	07-12-2016
		EP 3098830 A1	30-11-2016
		ES 2709929 T3	22-04-2019
		FR 3036843 A1	02-12-2016
		US 2016349309 A1	01-12-2016

EPO FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- EP 2463883 A [0002]