



(11) **EP 3 553 377 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
13.10.2021 Bulletin 2021/41

(51) Int Cl.:
F22B 37/46 ^(2006.01) **F22B 37/42** ^(2006.01)
F22B 37/44 ^(2006.01) **F22B 35/00** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19168232.7**

(22) Date de dépôt: **09.04.2019**

(54) **DISPOSITIF DE SÉCURITÉ POUR GÉNÉRATEUR VAPEUR**

SICHERHEITSVORRICHTUNG FÜR DAMPFERZEUGER

SAFETY DEVICE FOR STEAM GENERATOR

(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

(30) Priorité: **09.04.2018 FR 1853072**

(43) Date de publication de la demande:
16.10.2019 Bulletin 2019/42

(73) Titulaire: **Eurl Bacm**
47300 Bias (FR)

(72) Inventeur: **PATET, Fabrice**
47300 Bias (FR)

(74) Mandataire: **Ipside**
7-9 Allées Haussmann
33300 Bordeaux Cedex (FR)

(56) Documents cités:
CN-U- 202 032 560 CN-U- 203 082 859
CN-U- 203 395 910

EP 3 553 377 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention appartient au domaine des générateurs de vapeur.

[0002] Plus particulièrement, l'invention appartient au domaine de la gestion des risques inhérents à la mise en œuvre de chaudières.

[0003] Plus particulièrement, l'invention appartient au domaine de la sécurité fonctionnelle des chaudières.

ETAT DE L'ART

[0004] Les pressions et températures mises en jeu tout au long du fonctionnement des générateurs vapeurs impliquent des risques pour le personnel destiné à utiliser de telles machines. Afin d'assurer la sécurité de ces systèmes, il est connu d'utiliser des dispositifs de sécurité permettant de détecter un mal fonctionnement dans le générateur de vapeur et permettant de restaurer son bon fonctionnement. A cet effet, il est connu d'utiliser un arrêt d'urgence, un ou plusieurs pressostats et des sondes de niveau d'eau communicant avec un automate de sécurité configuré pour restaurer le fonctionnement du générateur vapeur lorsque des niveaux critiques de pression, de température et de niveau d'eau sont détectés. Les certificats d'utilité CN 203 082 859 U, CN 203 395 910 U, CN 202 032 560 U donnent des exemples de générateurs vapeurs sécurisés par un dispositif particulier, et suggérant des améliorations au niveau d'un régulateur PID, le contrôle de niveau d'eau et les sondes de détection de niveau d'eau respectivement. Malgré la disponibilité des dispositifs de sécurité de plus en plus performants, ces dispositifs doivent être contrôlés périodiquement pour garantir la prévention des risques liés à son usage. Il est donc souhaité un dispositif permettant d'espacer ces tests autant que possible et ayant un coût modéré.

[0005] Afin de réduire ces risques, des Systèmes Instrumentés de Sécurité SIS sont mis en place.

[0006] En particulier, des ensembles de sécurité sont mis en place concernant :

- le niveau et la qualité de l'eau dans le corps de chauffe du générateur vapeur ;
- la suppression de vapeur ;
- les arrêts d'urgence.

[0007] La gestion de ces ensembles de sécurité est centralisée dans une armoire électrique.

[0008] L'automate de combustion comprend également des moyens de gestion des sécurités relatives au brûleur et à la combustion.

[0009] Un niveau de réduction d'un risque pour une fonction de sécurité donnée peut être quantifié par le niveau d'intégrité de sécurité SIL (*Safety Integrity Level* en terminologie anglo-saxonne), qui s'étend sur une

échelle de 1 à 4. La fiabilité du système instrumenté de sécurité croît avec le SIL. Le SIL tient compte de la probabilité d'apparition et des risques et de la gravité de leurs conséquences.

[0010] La figure 2 représente le tableau de correspondance entre le niveau d'intégrité de sécurité SIL et un facteur de réduction de risque RRF (*Risk Reduction Factor* en terminologie anglo-saxonne) égal à l'inverse de la probabilité moyenne de défaillance à la sollicitation PFD (*Probability of Failure on Demand* en terminologie anglo-saxonne).

[0011] Selon la norme CEI 61511, l'attribution d'un niveau SIL se fait à l'aide d'un graphe des risques, illustré sur la figure 3, en fonction de quatre paramètres :

- la gravité G d'un dommage lié à un risque ;
- la fréquence F et/ou durée d'exposition ;
- la probabilité d'apparition P_{ap} de l'évènement dangereux ;
- la probabilité d'évitement P_{ev} dudit évènement dangereux.

[0012] Chacun de ces paramètres est quantifié par une échelle discrète :

- G_1 : incident mineur ;
- G_2 : blessures graves conduisant à des invalidités ; décès d'une personne ;
- G_3 : décès de deux personnes ;
- G_4 : décès de plus de deux personnes ;
- F_1 : exposition rare au risque ;
- F_2 : exposition permanente au risque ;
- P_{ap1} : probabilité faible d'apparition ;
- P_{ap2} : probabilité moyenne d'apparition ;
- P_{ap3} : probabilité élevée d'apparition ;
- P_{ev1} : évènement évitable dans certaines conditions ;
- P_{ev2} : évènement inévitable.

[0013] L'évaluation des quatre paramètres G, F, P_{ap} et P_{ev} , permet d'identifier le type de risque et, par le biais du graphe des risques, le niveau de SIL requis.

[0014] Sur le graphe, la présence d'un tiret ou d'un « a » dans une case correspond à une absence de prescription de sécurité particulière. La lettre « b » correspond à une situation dans laquelle l'utilisation de systèmes instrumentés est insuffisante pour assurer la sécurité des opérateurs.

[0015] Le niveau d'intégrité de sécurité SIL d'un système dépend du niveau d'intégrité de sécurité des sous-systèmes le constituant.

[0016] Classiquement, un Système Instrumenté de Sécurité comporte un sous-système capteur (interface d'entrée), un sous-système logique et un sous-système actionneur (interface de sortie). Les dispositifs composant les sous-systèmes peuvent être disposés en série ou en parallèle.

[0017] Afin de vérifier le bon état de fonctionnement

des Systèmes Instrumentés de Sécurité, la mise en place de tests périodiques attestant de ce bon état de fonctionnement est nécessaire. La fréquence de ces tests dépend du niveau SIL associé au SIS.

[0018] La figure 4 représente l'évolution de la probabilité de défaillance à la sollicitation PFD en fonction du temps pour deux capteurs A et B associés à un niveau SIL 2.

[0019] Le capteur A, représenté par une courbe en trait plein, peut être considéré comme ayant un niveau SIL 2 pendant une unité de temps, par exemple une année. Au-delà, la probabilité moyenne de défaillance PFD est trop élevée. Il convient donc de s'assurer au bout d'une année que le capteur A fonctionne correctement. Après vérification, le capteur A peut être réutilisé pendant un an sans vérification.

[0020] Le capteur B, représenté par une courbe en traits interrompus, peut être considéré comme ayant un niveau SIL 2 pendant cinq unités de temps, par exemple cinq ans. L'état de fonctionnement du capteur B n'est donc vérifié que tous les cinq ans.

[0021] Les chaudières actuellement mises en œuvre actuellement ont un niveau de sécurité SIL 2. Un tel niveau de sécurité oblige à des tests périodiques nombreux afin de vérifier le bon état de fonctionnement des systèmes de sécurité. La réalisation de ces tests implique l'indisponibilité de la chaudière objet des tests.

[0022] Actuellement, les éléments mis en œuvre pour assurer les fonctions de sécurité obligent à des tests réguliers, à des périodes de l'ordre de un à six mois suivant les éléments considérés.

EXPOSE DE L'INVENTION

[0023] L'invention propose un système de sécurité d'un générateur vapeur permettant d'obtenir un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à 3 selon la revendication 1. Un tel niveau d'intégrité de sécurité permet d'espacer davantage les tests de vérification de bon fonctionnement des systèmes de sécurité. En particulier, grâce au dispositif selon l'invention, les essais de sécurité ne sont à réaliser qu'une fois par an.

[0024] Le dispositif de sécurité selon l'invention est destiné à être mis en œuvre sur un générateur de vapeur, et comporte :

- au moins deux pressostats d'excès de pression vapeur ;
- au moins deux sondes de niveau d'eau présentant chacune un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;
- au moins deux arrêts d'urgence présentant chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;

ledit dispositif de sécurité comporte en outre :

- un automate de sécurité relié à l'au moins deux pres-

sostats, à l'au moins deux sondes et à l'au moins deux arrêts d'urgence;

- un ensemble de relayage raccordé aux sorties dudit automate de sécurité et apte à agir sur un automate de combustion, une pompe alimentaire et un automate de régulation dudit générateur de vapeur pour arrêter ce dernier en cas d'urgence ;
- où :

- les au moins deux pressostats présentent chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 2 ;
- les pressostats, les sondes et les arrêts d'urgence sont indépendants les uns des autres dans leur fonctionnement.

[0025] L'invention concerne également un générateur de vapeur comportant un automate de combustion, une pompe alimentaire, un automate de régulation et un dispositif de sécurité selon l'invention.

[0026] Dans une forme de réalisation, le générateur de vapeur comporte :

- un corps de chauffe ;
- un brûleur commandé par l'automate de combustion ;
- une cuve d'eau alimentaire alimentant le corps de chauffe, la pompe alimentaire étant disposée entre ledit corps de chauffe et ladite cuve d'eau.

[0027] Dans une forme de réalisation, l'automate de régulation agit sur l'automate de combustion et sur la pompe alimentaire.

[0028] Dans une forme de réalisation, le générateur de vapeur est une chaudière.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0029] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

La figure 1 représente un schéma simplifié d'une chaudière à vapeur équipée du dispositif de sécurité selon l'invention.

La figure 2 déjà citée représente un tableau de correspondance entre un niveau d'intégrité de sécurité SIL et une réduction de facteur de risque RRF.

La figure 3 déjà citée représente le graphe des risques pour la détermination du niveau d'intégrité de sécurité SIL.

La figure 4 déjà citée représente l'évolution de la probabilité de défaillance à la sollicitation PFD en fonction du temps pour deux capteurs.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0030] L'invention concerne un dispositif de sécurité

destiné à être mis en œuvre sur une chaudière vapeur. L'homme du métier comprendra au long de la description que l'invention n'est pas limitée aux seules chaudières mais peut être mise en œuvre de manière plus générale sur tout type de générateur vapeur.

[0031] En référence à la figure 1, la chaudière vapeur 1 comporte :

- un corps de chauffe 10 ;
- un brûleur 11 commandé par un automate de combustion 110 ;
- une cuve 12 d'eau alimentaire alimentant le corps de chauffe 10 par le biais d'une pompe alimentaire 120 ;
- un automate de régulation 13 agissant notamment sur l'automate de combustion 110 du brûleur 11 et sur la pompe alimentaire 120.

[0032] Bien entendu, la figure 1 représente une chaudière vapeur 1 de manière simplifiée, et la chaudière 1 comporte d'autres éléments non illustrés, par exemple une alimentation en gaz naturel, un évent, une cheminée, sonde de conductivité, vanne de régulation, etc.

[0033] Une chaleur produite par le brûleur 11 est transmise à l'eau alimentaire contenue dans le corps de chauffe 10. Cet échange de chaleur est par exemple réalisé par l'entremise d'une combustion d'un élément combustible, tel que du fuel ou du gaz (non représenté).

[0034] Une partie de l'eau ainsi chauffée se transforme en vapeur qui peut par la suite être exploitée. Le brûleur 11 est piloté par l'automate de combustion 110 qui lui envoie une consigne de puissance permettant de gérer la quantité de vapeur produite.

[0035] Les pressions et températures mises en jeu impliquent des risques pour le personnel destiné à utiliser de telles chaudières.

[0036] En référence à la figure 1, un dispositif de sécurité selon l'invention est mis en œuvre pour assurer une sécurité du personnel. Le dispositif selon l'invention comporte :

- deux pressostats 20 d'excès de pression vapeur ;
- deux sondes 21 de niveau d'eau très bas ;
- deux arrêts d'urgence 22 ;
- un automate de sécurité 23 ;
- un ensemble de relaying 24.

[0037] Les pressostats 40 d'excès pression vapeur permettent de détecter une élévation anormale de la pression à l'intérieur de la chaudière. Les deux pressostats 40 sont montés sur la chaudière de manière indépendante. Ces pressostats présentent chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à deux, par exemple un pressostat de la société GEORGIN (marque déposée), et symbolisé graphiquement par une double bordure.

[0038] Les sondes 41 de niveau d'eau très bas contrôlent le niveau d'eau minimum à l'intérieur du générateur. Chacune des sondes utilisées présente un niveau

d'intégrité de sécurité SIL égal à trois, symbolisé graphiquement par une triple bordure. Il peut s'agir par exemple de sondes de la société GESTRA (marque déposée).

[0039] Les deux arrêts d'urgence 42 sont disposés respectivement sur un côté du corps de chauffe 10 et sur une armoire électrique 14 et présentent chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à trois, symbolisé graphiquement par une triple bordure. Ils peuvent être choisis par exemple dans la gamme des produits PILZ (marque déposée).

[0040] Les pressostats, sondes de niveau d'eau et arrêts d'urgence forment des contacts de sécurité raccordés à l'automate de sécurité 23 par des liaisons électriques d'entrée 25. L'automate de sécurité 23 présente un niveau de sécurité d'intégrité SIL égal à quatre, symbolisé graphiquement par une quadruple bordure.

[0041] L'ensemble de relaying 24 est raccordé aux sorties de l'automate de sécurité par le biais de liaisons électriques de sortie 26, et agit directement sur l'automate de combustion 110 associé au brûleur 11, sur la pompe alimentaire 120 d'alimentation en eau alimentaire, et sur l'automate de régulation 13 pour arrêter la chaudière en cas d'urgence. Avantageusement, le nombre d'éléments composant l'ensemble de relaying est limité par rapport aux ensembles de relaying actuellement existant afin de limiter les probabilités des panne d'un élément du relaying et donc de la chaudière.

[0042] La terminologie liaison électrique d'entrée / liaison électrique de sortie est choisie en référence à l'ensemble automate de sécurité 23 et ensemble de relaying 24, les informations transmises par les contacts de sécurité constituant des entrées de cet ensemble, et les ordres envoyés à l'automate de combustion 110, à la pompe alimentaire 120 et au circuit de commande constituant des sorties dudit ensemble. Les liaisons électriques sont symbolisées sur la figure 1 par des traits en pointillés.

[0043] Le dispositif de sécurité selon l'invention présente un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à trois. Les caractéristiques permettant d'obtenir un tel niveau de sécurité sont les suivantes :

- niveau d'intégrité de sécurité SIL des contacts de sécurité mis en œuvre, en particulier, mise en œuvre de pressostats de niveau de sécurité SIL égal à deux ;
- redondance et indépendance des contacts de sécurité utilisés, en particulier, les deux pressostats 20 sont indépendants l'un de l'autre, de même les sondes 21 et les arrêts d'urgence 22 sont des éléments qui sont indépendants les uns des autres ;

[0044] Les avantages d'une chaudière présentant un dispositif de sécurité selon l'invention en comparaison avec une chaudière de l'art antérieur sont les suivants :

- le matériel utilisé a un niveau de sécurité augmenté et un taux de défaillance inférieur ;

- les essais de sécurité en réel, obligatoires pour valider le bon fonctionnement des sécurités, est à réaliser tous les ans, du fait du niveau de sécurité d'intégrité SIL atteint. Les chaudières de l'art antérieur nécessitant des essais de sécurité espacés d'un maximum d'environ six mois, cet avantage est particulièrement intéressant dans la mesure où la chaudière doit être stoppée lors de ces essais, stoppant des étapes de production nécessitant l'utilisation de la chaudière, et présentant ainsi une contrainte pour les exploitants ayant des répercussions économiques. Une chaudière équipée d'un dispositif de sécurité selon l'invention est ainsi disponible 365 jours consécutifs.

[0045] Le calcul du niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à trois a été réalisé et validé par l'organisme notifié APAVE.

Revendications

1. Dispositif de sécurité, destiné à être mis en œuvre sur un générateur de vapeur, comportant :

- au moins deux pressostats (20) d'excès de pression vapeur ;
- au moins deux sondes (21) de niveau d'eau présentant chacune un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;
- au moins deux arrêts d'urgence (22) présentant chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;

ledit dispositif de sécurité comportant en outre :

- un automate de sécurité (23) relié à l'au moins deux pressostats (20), à l'au moins deux sondes (21) et à l'au moins deux arrêts d'urgence (22) ;
- un ensemble de relaiage (24) raccordé aux sorties dudit automate de sécurité et apte à agir sur un automate de combustion (110), une pompe alimentaire (120) et un automate de régulation (13) dudit générateur de vapeur pour arrêter ce dernier en cas d'urgence ;

où :

- les au moins deux pressostats (20) présentent chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 2 ;
- les pressostats (20), les sondes (21) et les arrêts d'urgence (22) sont indépendants les uns des autres dans leur fonctionnement,

et dans lequel dispositif le niveau d'intégrité de sécurité SIL est défini conformément aux exigences de la norme CEI 61511.

2. Générateur de vapeur comportant un automate de combustion (110), une pompe alimentaire (120), un automate de régulation (13) comportant en outre un dispositif de sécurité selon la revendication 1.

3. Générateur de vapeur selon la revendication 2 comportant :

- un corps de chauffe (10) ;
- un brûleur (11) commandé par l'automate de combustion (110) ;
- une cuve d'eau (12) alimentaire alimentant le corps de chauffe (10), la pompe alimentaire (120) étant disposée entre ledit corps de chauffe et ladite cuve d'eau.

4. Générateur de vapeur selon la revendication 2 ou la revendication 3 où l'automate de régulation (13) agit sur l'automate de combustion (110) et sur la pompe alimentaire (120).

5. Générateur de vapeur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 où le générateur de vapeur est une chaudière.

Patentansprüche

1. Sicherheitsvorrichtung, die zur Anwendung auf einem Dampferzeuger bestimmt ist, aufweisend:

- mindestens zwei Dampfüberdruck-Druckschalter (20);
- mindestens zwei Wasserstandsonden (21), von denen jede ein Sicherheits-Integritätslevel SIL von mindestens gleich 3 aufweist;
- mindestens zwei Notausschalter (22), von denen jeder ein Sicherheits-Integritätslevel SIL von mindestens gleich 3 aufweist; wobei die Sicherheitsvorrichtung ferner aufweist:

- eine Sicherheitsautomatik (23), die mit den mindestens zwei Druckschaltern (20), mit den mindestens zwei Sonden (21) und mit den mindestens zwei Notausschaltern (22) verbunden ist;

- eine Übermittlungseinheit (24), die an die Ausgänge der Sicherheitsautomatik angeschlossen ist und imstande, auf eine Verbrennungsautomatik (110), eine Versorgungspumpe (120) und eine Regelautomatik (13) des Dampferzeugers zu wirken, um diesen im Notfall auszuschalten;

- wobei:
- die mindestens zwei Druckschalter (20) jeweils ein Sicherheits-Integritätslevel SIL von mindestens gleich 2 aufweisen; 5
 - die Druckschalter (20), die Sonden (21) und die Notausschalter (22) unabhängig voneinander funktionieren, und wobei in der Vorrichtung das Sicherheits-Integritätslevel SIL gemäß den Anforderungen der Norm CEI 61511 festgelegt ist. 10
2. Dampferzeuger, aufweisend eine Verbrennungsautomatik (110), eine Versorgungspumpe (120), eine Regelautomatik (13), aufweisend ferner eine Sicherheitsvorrichtung nach Anspruch 1. 15
3. Dampferzeuger nach Anspruch 2, aufweisend: 20
- einen Heizkörper (10);
 - einen Brenner (11), der von der Verbrennungsautomatik (110) gesteuert wird;
 - einen Versorgungs-Wassertank (12), der den Heizkörper (10) versorgt, wobei die Versorgungspumpe (120) zwischen dem Heizkörper und dem Wassertank angeordnet ist. 25
4. Dampferzeuger nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei die Regelautomatik (13) auf die Verbrennungsautomatik (110) und auf die Versorgungspumpe (120) wirkt. 30
5. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei der Dampferzeuger ein Heizkessel ist. 35
- pump (120) and a regulation controller (13) of said steam generator to stop the latter in case of emergency;
- where:
- the at least two pressure switches (20) each have a safety integrity level SIL of at least 2;
 - the pressure switches (20), the probes (21) and the emergency stops (22) are independent of each other in their operation,
- and in which device the safety integrity level SIL is defined in accordance with the requirements of standard IEC 61511.
2. A steam generator including a combustion controller (110), a feed pump (120), a regulation controller (13) further including a safety device according to claim 1.
3. The steam generator according to claim 2 including:
- a heating body (10);
 - a burner (11) controlled by the combustion controller (110) ;
 - a feed water tank (12) feeding the heating body (10), the feed pump (120) being disposed between said heating body and said water tank.
4. The steam generator according to claim 2 or claim 3 wherein the regulator (13) acts on the combustion controller (110) and on the feed pump (120).
5. The steam generator according to any one of claims 2 to 4 wherein the steam generator is a boiler.

Claims

1. A safety device, intended to be implemented on a steam generator, including: 40
- at least two pressure switches (20) for excess steam pressure; 45
 - at least two water level probes (21) each having a safety integrity level SIL of at least 3;
 - at least two emergency stops (22) each having a safety integrity level SIL of at least 3;
- said safety device further including: 50
- a safety controller (23) connected to the at least two pressure switches (20), to the at least two probes (21) and to the at least two emergency stops (22); 55
 - a relay assembly (24) connected to the outputs of said safety controller and able to act on a combustion controller (110), a feed

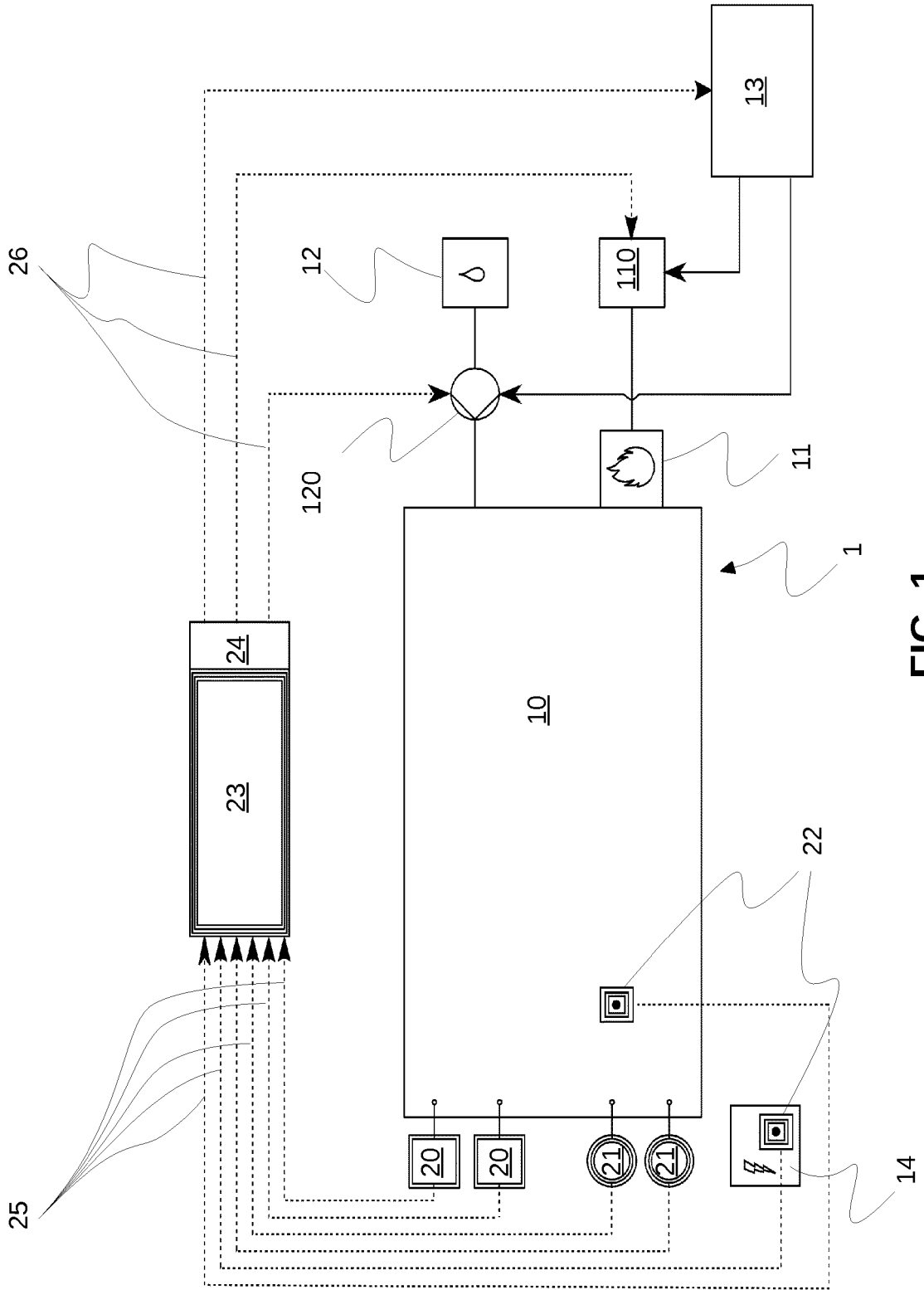


FIG. 1

SIL	RRF
1	10 - 100
2	100 - 1000
3	1 000 - 10 000
4	10 000 - 100 000

FIG. 2

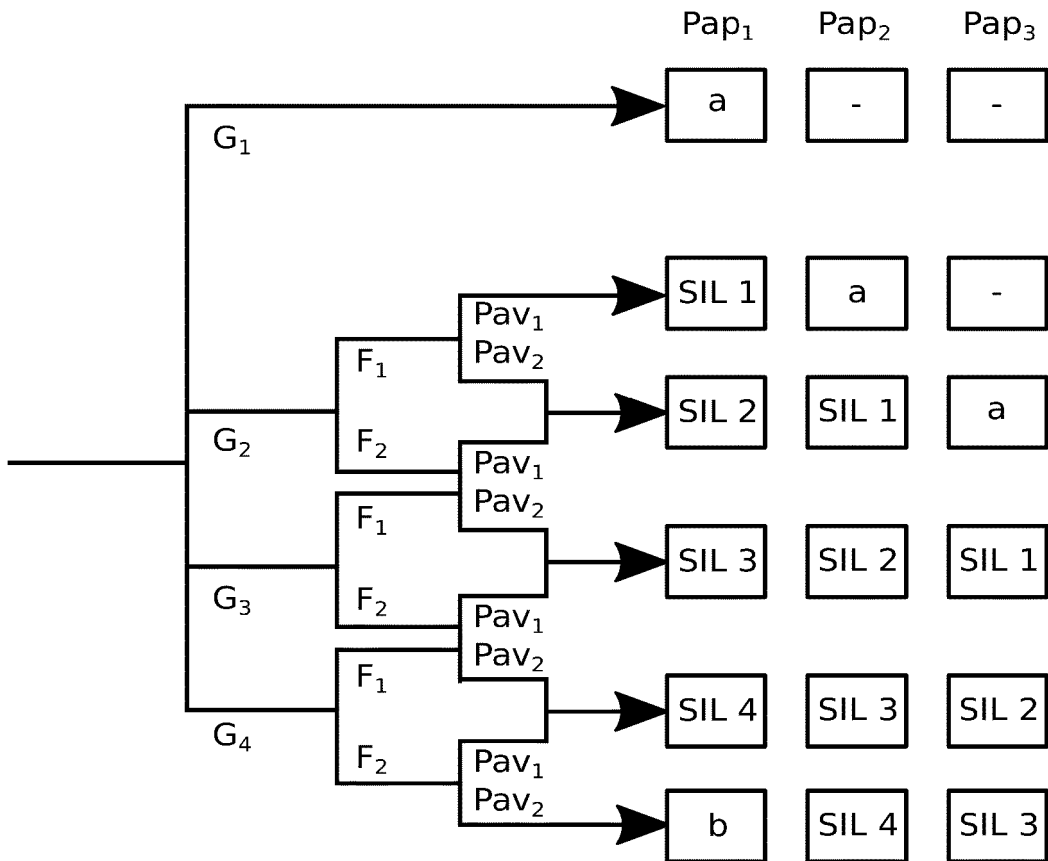


FIG. 3

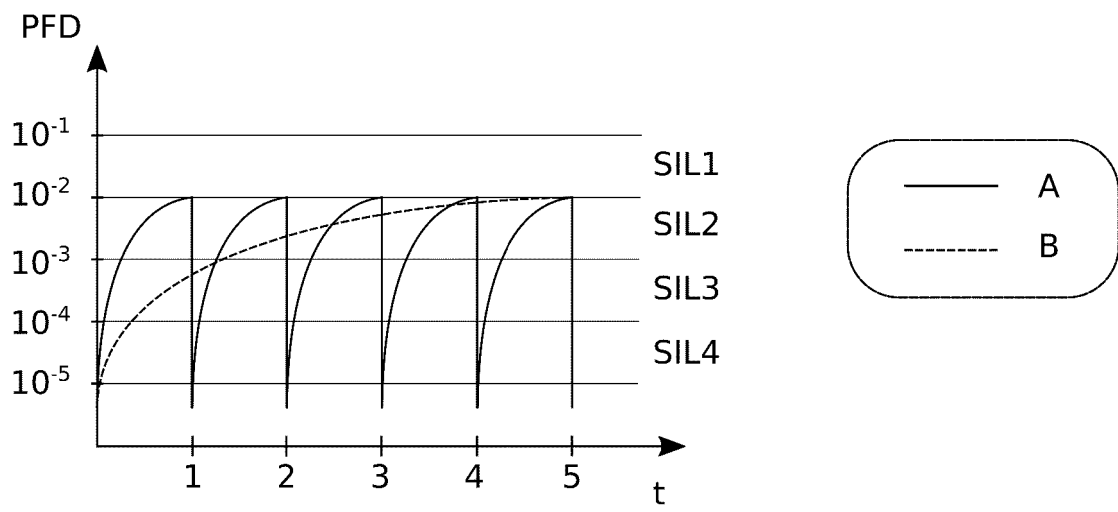


FIG. 4

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

- CN 203082859 U [0004]
- CN 203395910 U [0004]
- CN 202032560 U [0004]