



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 32413 B1** (51) Cl. internationale : **F01K 3/24; F01K 13/02**
- (43) Date de publication : **01.06.2011**

-
- (21) N° Dépôt : **33454**
- (22) Date de Dépôt : **22.12.2010**
- (30) Données de Priorité : **22.04.2008 US 61/046,948**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/NL2009/000097 20.04.2009**
- (71) Demandeur(s) : **NEM B.V., 159 Kanaalpark NL-2321 JW Leiden (NL) (NL)**
- (72) Inventeur(s) : **ROP, Peter, Simon**
- (74) Mandataire : **ATLAS INTELLECTUALPROPERTY**

(54) Titre : **SYSTÈME DE GÉNÉRATION DE VAPEUR ÉQUIPÉ DE GÉNÉRATEURS DE VAPEUR PRINCIPAL ET AUXILIAIRE**

- (57) Abrégé : La présente invention concerne un système de génération de vapeur comprenant un générateur de vapeur principal et un générateur de vapeur de secours qui sont tous deux en communication fluïdique avec un surchauffeur pour surchauffer la vapeur générée. Le surchauffeur comprend une source de chaleur principale pour chauffer un flux de gaz de chauffage. Un évaporateur de secours est fourni en tant que générateur de vapeur de secours pour faire évaporer l'eau délivrée. L'évaporateur de secours est connecté en parallèle au générateur de vapeur principal. Une source de chaleur de secours est agencée pour chauffer l'évaporateur de secours. En commandant la source de chaleur de secours, il est possible de délivrer plus ou moins d'énergie thermique à l'évaporateur de secours pour compenser des fluctuations de production de vapeur du générateur de vapeur principal. L'invention est caractérisée en ce que l'évaporateur de secours est positionné à l'écart du flux de gaz de chauffage provenant de la source de chaleur principale.

ABREGE

5 La présente invention concerne un système de génération de vapeur
comprenant un générateur de vapeur principal et un générateur de vapeur de secours
qui sont tous deux en communication fluïdique avec un surchauffeur pour surchauffer
la vapeur générée. Le surchauffeur comprend une source de chaleur principale pour
chauffer un écoulement gazeux chauffant. Un évaporateur de secours est délivré en
tant que générateur de vapeur de secours pour faire évaporer l'eau délivrée.
L'évaporateur de secours est connecté en parallèle au générateur de vapeur principal.
10 Une source de chaleur de secours est agencée pour chauffer l'évaporateur de secours.
En commandant la source de chaleur de secours, il est possible de délivrer plus ou
moins d'énergie thermique à l'évaporateur de secours pour compenser les fluctuations
de génération de vapeur du générateur de vapeur principal. L'invention est
caractérisée en ce que l'évaporateur de secours est positionné à l'écart de l'écoulement
15 gazeux chauffant provenant de la source de chaleur principale.

01 JUIN 2011

32413

SYSTÈME DE GÉNÉRATION DE VAPEUR ÉQUIPÉE DE GÉNÉRATEURS DE
VAPEUR PRINCIPAL ET AUXILIAIRE

5

La présente invention concerne un système de génération de vapeur comprenant un générateur de vapeur principal comprenant une génération de vapeur fluctuante et un générateur de vapeur de secours pour compenser les fluctuations dans la génération de vapeur dudit générateur de vapeur principal.

10

Le brevet EP 1 077 312 divulgue un appareil avec lequel il est possible de maintenir deux flux de vapeur issu de deux processus de combustion distincts entièrement séparés jusqu'à ce que la vapeur soit délivrée à une turbine à vapeur. Deux ensembles de moyens de génération de chaleur sont raccordés fluidiquement à un échangeur de chaleur. La surchauffe d'un flux de vapeur issu d'un premier processus de combustion est effectuée de manière

15

externe aux deux processus de combustion par l'échangeur de chaleur. Un problème soulevé par cet appareil réside en ce qu'il requiert un système de génération de vapeur de grande taille. Le système de génération de vapeur comprend un grand nombre de moyens de génération de vapeur, ce qui rend relativement coûteux d'élaborer le système de génération de vapeur. Il est désiré d'obtenir un système de

20

génération de vapeur comprenant une configuration améliorée en ce que la quantité de moyens de génération de vapeur est réduite. Un autre problème réside en ce que l'installation n'est pas agencée pour être utilisée avec un générateur de vapeur à énergie solaire. Le brevet DE 10144841 divulgue une centrale thermique qui comprend une turbine à gaz et une turbine à vapeur. La centrale thermique comprend un générateur de vapeur pour

25

générer de la vapeur qui est guidée jusqu'à la turbine à vapeur. Le générateur de vapeur est équipé de première et seconde conduites de gaz qui sont agencées en parallèle. Les gaz d'extraction de la turbine à gaz sont conduites jusqu'au générateur de vapeur et sont répartis sur les première et seconde conduites de gaz par un diviseur de gaz. Chaque conduite de gaz du générateur de vapeur est équipée d'une série d'échangeurs de chaleur. La première

30

conduite de gaz comprend un agencement classique d'échangeurs de chaleur incluant un économiseur, un évaporateur et un surchauffeur pour générer un flux de vapeur principal. La seconde conduite de gaz comprend un économiseur, un champ solaire comme évaporateur et un surchauffeur. Le champ solaire est agencé en série avec l'économiseur et le surchauffeur dans la seconde conduite de gaz.

35

En fonctionnement, le champ solaire peut contribuer à la génération de vapeur. Typiquement, l'évaporation de vapeur issu du champ solaire fluctue, ce qui est provoqué par

la variation des conditions climatiques et par les différences entre les jours et les nuits. En commandant le diviseur de gaz pour commander la quantité de gaz s'écoulant à travers les première et seconde conduites et en commandant le écoulement d'eau d'alimentation qui est délivré aux échangeurs de chaleur dans respectivement les première et seconde conduites de gaz, il est possible d'utiliser la capacité de génération de vapeur disponible du champ solaire. Il est possible d'utiliser la capacité de génération de vapeur du champ solaire pour générer de la vapeur à une température essentiellement constante aux fins d'ajouter un flux de vapeur solaire généré au flux de vapeur principal issu de la première conduite de gaz.

L'agencement peut être commandé pour délivrer de la vapeur à la turbine à vapeur à une température de fonctionnement optimale de $500^{\circ}\text{C} \pm 10\text{K}$. La température est maintenue essentiellement constante. La turbine à vapeur convertit l'énergie thermique en électricité et a une capacité optimale qui dépend de la température de la vapeur, mais également de l'écoulement massique de vapeur. Un problème soulevé par la centrale thermique divulguée réside en ce que le générateur de vapeur génère un écoulement massique de vapeur variable.

La turbine à gaz est maintenue constante à une capacité optimale pour convertir l'énergie thermique en électricité. De ce fait, la turbine à gaz génère un écoulement gazeux constant de gaz d'extraction qui sont distribués et guidés à travers les première et seconde conduites de gaz du générateur de vapeur. Lorsque quasiment aucune vapeur n'est générée au niveau du champ solaire, l'écoulement massique de vapeur généré est réduit à l'écoulement massique du flux de vapeur principal généré dans la première conduite de gaz. En raison de l'écoulement massique fluctuant, la turbine à vapeur ne peut pas toujours être alimentée avec un écoulement massique optimal. Ainsi, la turbine à vapeur ne peut pas fonctionner à une capacité optimale. Ceci réduit l'efficacité et implique par exemple que le capital investi pour construire la centrale thermique doit être regagné à plus long terme.

En outre, la centrale thermique divulguée est désavantageuse en ce qu'il s'agit d'une usine relativement coûteuse à construire et à entretenir. En fait, la centrale thermique comprend deux générateurs de vapeur complets. De plus, la centrale thermique comprend des composants critiques. Un problème soulevé par la centrale thermique du brevet DE 10144841 réside en ce qu'elle comprend un diviseur de gaz qui est sujet à la détérioration ou émet une fuite de gaz inacceptable. Aucun diviseur de gaz de la technique antérieure n'est disponible qui élimine ces problèmes. Un premier type de diviseurs de gaz de la technique antérieure est appelé 'Rauchklappe' et comprend une plaque de guidage de grandes dimensions. La plaque de guidage peut être positionné e dans deux positions extrêmes pour guider les gaz d'extraction vers une première ou une seconde conduite de gaz. La plaque de guidage de grandes dimensions n'est pas appropriée à un positionnement précis dans une position

intermédiaire. La plaque de guidage de grandes dimensions serait détériorée par les vibrations qui endommageront le diviseur de gaz et qui en réduiront significativement la durée de vie.

Des problèmes de fuites surviendront si un deuxième type, y compris ce que l'on appelle des unités Louvre, de diviseurs de gaz de la technique antérieure est utilisé. Le
5 deuxième type de diviseurs de gaz est équipé d'une série de plaques de guidage allongées qui sont positionnées en parallèle. Des passages d'écoulement sont ménagés entre les plaques de guidage qui peuvent être fermées par la mise en rotation des plaques de guidage autour de leur axe longitudinal. Un problème soulevé par le deuxième type de diviseurs de gaz réside en ce que ce type de diviseurs de gaz n'est pas approprié pour résister à un écoulement chaud
10 violent de gaz d'extraction issu d'une turbine à gaz. Les plaques de guidage allongées se déformeront, ce qui rendra inopérante une fermeture nécessaire. Des fuites se produiront, ce qui dégradera les performances du diviseur de gaz.

Le brevet DE 4 300 192 divulgue une installation pour la génération de vapeur à partir de deux processus de combustion incluant un processus de combustion industriel
15 fournissant une chaleur fluctuante formant un premier processus. L'installation comprend une turbine à gaz comme deuxième processus de combustion stable. Un problème soulevé par l'installation réside en ce que l'installation requiert des dispositifs supplémentaires tels que des chaudières à haute et basse pressions, ce qui rend l'installation relativement coûteuse et trop complexe. Un autre problème réside en ce que l'installation n'est pas agencée pour être utilisée
20 avec un générateur de vapeur à énergie solaire. Le brevet US 6 279 312 divulgue un système de génération de vapeur comprenant un générateur de vapeur solaire et une chaudière à récupération de chaleur. Le générateur de vapeur solaire comprend un champ solaire et comprend des unités solaires comportant des miroirs qui sont agencés pour capter le rayonnement solaire et concentrer le rayonnement dans un système tubulaire qui agit comme
25 échangeur de chaleur. L'eau délivrée au champ solaire est évaporée en vapeur et est surchauffée, puis est utilisée à des fins d'injection de vapeur. Typiquement, la production vapoorigène des champs solaires est fluctuante sous l'effet des variations climatiques et, à l'évidence, des différences entre les jours et les nuits. Le caractère complexe de la chaleur irradiée fluctuante et la forte diversité de la température demandent une technologie qui
30 ajoute aux techniques ordinaires et qui soit flexible.

Pour compenser la production vapoorigène fluctuante des champs solaires, le système de génération de vapeur connu est équipé de la chaudière à récupération de chaleur classique. La chaudière à récupération de chaleur classique avec échangeur de chaleur et tambour entraîné par vapeur est utilisée comme générateur de vapeur auxiliaire. La chaudière classique
35 comprend trois unités d'échangeurs thermique positionnées en série. Au cours d'une première étape, d'eau est délivrée à la première unité d'échange thermique connue sous le nom

d'économiseur, dans laquelle l'eau délivrée est chauffée d'une température d'alimentation d'environ 50° C à une température de traitement économique juste inférieure à la température de saturation. Après l'économiseur, l'eau est délivrée à un évaporateur formant la deuxième unité d'échange thermique. À l'intérieur de l'évaporateur l'eau est évaporée en vapeur. Enfin, 5 lors d'une dernière étape de génération de vapeur, la vapeur issue de l'évaporateur est délivrée à un surchauffeur pour surchauffer la vapeur. Les trois unités d'échange thermique sont toutes positionnées dans une conduite de gaz commune de la chaudière. La conduite de gaz est agencée pour guider un flux de gaz chauffants qui est issu d'une turbine à gaz comme source de chaleur principale. Les trois unités d'échange thermique sont toutes chauffées par le 10 gaz chauffants circulant. Un équipement d'allumage de secours est fourni comprenant un brûleur qui est commandé de manière telle que la somme des écoulements massiques de vapeur mesurés pour la vapeur de traitement et de la vapeur d'injection corresponde à l'écoulement global spécifié.

Dans le système de génération de vapeur connu, le champ solaire est raccordé en 15 parallèle à l'évaporateur de la chaudière. L'évaporateur de la chaudière sert d'évaporateur de secours. Puisque l'évaporateur de la chaudière est positionné en parallèle au champ solaire, il est possible de compenser les fluctuations dans la production vaporigène du champ solaire. Le surchauffage de l'évaporateur par le brûleur commandé augmente la production vaporigène de l'évaporateur de secours dans la chaudière à récupération de chaleur pour compenser une 20 réduction de la production vaporigène du champ solaire, par exemple pendant la nuit ou en temps nuageux. Il en résulte qu'un système de génération de vapeur est fourni qui peut délivrer à une conduite de sortie vers la turbine à vapeur un flux de vapeur constant.

Un problème soulevé par les systèmes de génération de vapeur connus réside en ce que la réduction de production vaporigène de l'évaporateur de secours est limitée. Le 25 chauffage de l'évaporateur de secours est augmenté ou réduit par le brûleur commandé pour compenser les fluctuations dans la production vaporigène du champ solaire. Dans la chaudière classique, l'évaporateur de secours est positionné en aval du flux de gaz chauffants s'écoulant à l'extérieur du surchauffeur à l'intérieur de la conduite de gaz. Les gaz chauffants provenant de la turbine à gaz et du brûleur commandé surchauffent ensemble l'évaporateur ce qui 30 aboutit à la génération de vapeur. Lors du fonctionnement, les gaz chauffants provenant de la turbine à gaz sont toujours présents. L'alimentation en eau de l'évaporateur peut être réduite à un minimum pour réduire la génération de vapeur, mais il doit toujours exister un écoulement d'eau minimal à travers l'évaporateur pour empêcher la surchauffe des composants de l'évaporateur, tels que les conduites et les tubulures. La surchauffe des 35 conduites pourrait conduire à de sérieux dommages et à une stagnation du processus de génération de vapeur. En conséquence, dans les systèmes de génération de vapeur connus, on

s'assure toujours que l'évaporateur présent dans la chaudière génère une quantité minimale de vapeur en dépit du fait que le champ solaire génère déjà une quantité suffisante de vapeur. En conséquence, il est impossible d'ajuster avec précision la chaudière classique à la production vaporigène fluctuante du champ solaire. C'est un but de la présente invention de surmonter au moins partiellement les problèmes précédemment mentionnés ou de fournir au moins une alternative appropriée. En particulier l'invention vise à fournir un système de génération de vapeur dans lequel un générateur de vapeur principal est combiné à un évaporateur de secours ayant une efficacité améliorée. En particulier l'invention vise à fournir un système de génération de vapeur, dans lequel l'évaporateur de secours permet une compensation optimale des changements survenant dans la production vaporigène d'un champ solaire utilisé comme générateur de vapeur principal.

Ce but est atteint par un système de génération de vapeur tel que défini dans la revendication 1.

Le système de génération de vapeur selon l'invention, comprend un générateur de vapeur principal et un générateur de vapeur de secours qui sont tous deux en communication fluidique avec un surchauffeur pour surchauffer la vapeur générée. Le surchauffeur comprend une source de chaleur principale pour surchauffer un écoulement de gaz chauffant.

En service, le gaz chauffant circule à travers le surchauffeur pour surchauffer le surchauffeur. Un évaporateur de secours est fourni sous la forme d'un générateur de vapeur de secours pour évaporer l'eau délivrée en vapeur. L'évaporateur de secours est raccordé en parallèle au générateur de vapeur principal. Une source de chaleur auxiliaire est fournie pour surchauffer l'évaporateur de secours. De plus, un système de commande est fourni pour commander la source de chaleur auxiliaire. En commandant la source de chaleur auxiliaire, il est possible de fournir plus ou moins d'énergie thermique à l'évaporateur de secours pour compenser les fluctuations dans la génération de vapeur du générateur de vapeur principal.

Le générateur de vapeur principal peut être un champ solaire, géothermique ou un autre type de générateur de vapeur ayant une génération de vapeur fluctuante. Ces genres de générateurs de vapeur principaux peuvent être avantageux, du fait que la génération de vapeur est durable et respectueuse de l'environnement.

De préférence, un champ solaire classique est agencé, lequel capte le rayonnement solaire et concentre le rayonnement dans un système tubulaire. L'eau en circulation dans le système tubulaire peut être directement évaporée, mais il est également possible de surchauffer un milieu de transport thermique, par exemple de l'huile à énergie solaire, et de transférer l'énergie thermique absorbée via un échangeur de chaleur à de l'eau.

L'invention est caractérisée en ce que l'évaporateur de secours est positionné à distance du flux de gaz chauffants sortant de la source de chaleur principale. De ce fait,

avantageusement le système de génération de vapeur selon l'invention, améliore la possibilité pour compenser les fluctuations typiques dans la génération de vapeur du générateur de vapeur principal.

5 Par l'effet du positionnement de la source de chaleur auxiliaire de l'évaporateur de secours, il est possible de commander la génération de vapeur générée par l'évaporateur de secours avec une précision accrue. Le processus d'évaporation à l'intérieur de l'évaporateur n'est quasiment pas ou aucunement exposé au chauffage par la source de chaleur principale. La source de chaleur principale remplit la fonction de surchauffer les gaz chauffants qui circulent à travers le surchauffeur et la source de chaleur auxiliaire séparée remplit la fonction
10 de surchauffer les gaz chauffants qui circulent à travers l'évaporateur de secours.

Ainsi, le chauffage de l'évaporateur de secours est séparé du chauffage du surchauffeur ce qui permet une commande plus précise du processus d'évaporation à l'intérieur de l'évaporateur sur pratiquement la gamme de production entière de génération de vapeur. Avantageusement, le chauffage de l'évaporateur par la source de chaleur principale
15 est limité. De ce fait, des dommages aux composants d'évaporateur dus au chauffage par la source de chaleur principale sont empêchés dans les conditions d'une production minimale de vapeur de l'évaporateur de secours. Avantageusement, une réduction plus grande de la génération de vapeur de l'évaporateur de secours peut être obtenue sans influencer négativement sur la performance du surchauffeur.

20 Avantageusement, il est maintenant même possible d'exclure l'évaporateur de secours du système de génération de vapeur lorsqu'un générateur de vapeur principal génère un flux de vapeur suffisant. La production vaporigène de l'évaporateur de secours peut être entièrement réduite lorsqu'un champ solaire utilisé comme générateur de vapeur principal assure une production optimale pendant la journée.

25 Dans un mode de réalisation particulier, l'évaporateur de secours est intégré dans un échangeur de chaleur de secours. De préférence, l'échangeur de chaleur de secours est agencé en une chaudière comprenant un brûleur de combustion comme source de chaleur principale. L'échangeur de chaleur de secours comprend une conduite de gaz pour guider un écoulement de gaz chauffant provenant de la source de chaleur principale à travers le surchauffeur pour
30 surchauffer la vapeur délivrée. Avantageusement, l'évaporateur de secours est positionné à l'extérieur du flux de gaz chauffants sortant de la source de chaleur principale. De ce fait, le chauffage de l'évaporateur de secours par la source de chaleur principale est réduit. L'évaporateur de secours peut être positionné à l'extérieur du flux de gaz chauffants en fournissant une voie de dérivation au flux de gaz chauffants dans la conduite de gaz. Dans un
35 mode de réalisation en variante de l'échangeur de chaleur de secours, l'évaporateur de secours peut être positionné à l'extérieur de la conduite de gaz dans une conduite de gaz séparé. De

ce fait, des dommages aux composants d'évaporateur dus au chauffage par la source de chaleur principale sont empêchés dans les conditions d'un flux de vapeur minimal. Avantageusement, une réduction plus grande de la production vaporigène de l'évaporateur de secours est obtenue.

5 Dans un mode de réalisation préféré, l'évaporateur de secours est positionné à l'intérieur de la conduite de gaz avec le surchauffeur. L'évaporateur de secours est positionné en amont du surchauffeur par rapport à l'écoulement de gaz chauffant circulant à travers la conduite de gaz. La direction de l'écoulement de gaz chauffant sortant de la source de chaleur principale est située dans une direction éloignée de l'évaporateur de secours pour réduire à un minimum le transfert thermique à l'évaporateur. Dans un mode de réalisation particulier du système de génération de vapeur selon l'invention, l'évaporateur de secours est disposé dans une conduite de gaz entre la source de chaleur principale et la source de chaleur auxiliaire.

10 L'évaporateur de secours est équipé d'une propre source de chaleur auxiliaire pour chauffer l'évaporateur. De préférence, la source de chaleur auxiliaire est un brûleur de combustion. Un système de commande est prévu pour commander la source de chaleur auxiliaire et, ainsi, pour commander la production vaporigène de l'évaporateur.

15 De préférence, les gaz chauffants provenant de l'évaporateur sont guidés avec les gaz chauffants provenant de la source de chaleur principale à travers la conduite de gaz jusqu'à une sortie ou un empilement de conduite de gaz commune. Avantageusement, un seul ventilateur peut être installé pour insuffler le gaz chauffant à travers la conduite de gaz commune sur la longueur complète de l'évaporateur comme du surchauffeur. De ce fait, une conception efficiente, simple et à faible coût est fournie, dans laquelle l'évaporateur de secours est intégré avec le surchauffeur dans une conduite de gaz commune.

20 Dans un autre mode de réalisation préféré du système de génération de vapeur selon l'invention, le système de commande utilise un signal d'entrée qui est basé sur une mesure de l'écoulement de la vapeur ou de la pression de la vapeur dans une conduite s'étendant du surchauffeur à la turbine à vapeur. De ce fait, le système de commande est basé sur une mesure à la fin du processus de génération de vapeur. La mesure de l'écoulement de la vapeur ou de la pression de la vapeur est comparée à une valeur de référence et est renvoyée au système de commande. La mesure de l'écoulement de la vapeur ou de la pression de la vapeur indique une augmentation ou une réduction de la production vaporigène du générateur et sert de d'entrée pour respectivement réduire ou augmenter l'alimentation en eau de l'évaporateur de secours et pour commander la source de chaleur auxiliaire.

25 Dans un mode de réalisation particulier, le système de génération de vapeur selon l'invention, peut en outre être équipé d'un système de commande directe. Ce système de commande directe utilise un signal d'entrée qui est basé sur une mesure de l'écoulement d'eau

dans une conduite s'étendant jusqu'à l'évaporateur de secours ou jusqu'au générateur de vapeur principal. Avantageusement, il en résulte une commande plus précise du système de génération de vapeur entier, du fait qu'un écoulement d'eau peut être mesuré avec plus de précision qu'un écoulement de vapeur.

5 Dans un autre mode de réalisation préféré du système de génération de vapeur selon l'invention, un économiseur est fourni pour surchauffer l'eau d'une température d'alimentation, par exemple la température ambiante, à une température économique afin de lancer le processus de génération de vapeur. De préférence, l'économiseur est intégré avec le surchauffeur dans la conduite de gaz de l'échangeur de chaleur de secours. De l'énergie De ce
10 fait thermique peut de façon optimale le être transférée à partir des gaz chauffants à l'eau et à la vapeur dans l'échangeur de chaleur de secours. En intégrant un économiseur dans la conduite de gaz, il est possible de réduire la température des gaz chauffants provenant de la source de chaleur principale de 350° C à environ à 90° C à la sortie de la conduite, avec pour effet de limiter les pertes de chaleur vers l'environnement.

15 En outre, l'invention concerne un échangeur de chaleur de secours pour agencement complémentaire à un échangeur de chaleur principal tel qu'un champ solaire. L'échangeur de chaleur de secours comprend une conduite de gaz pour guider un flux de gaz chauffants issu d'une source de chaleur principale à travers un surchauffeur pour surchauffer la vapeur. En
20 outre, l'échangeur de chaleur de secours comprend un évaporateur de secours pour évaporer l'eau en vapeur. L'échangeur de chaleur de secours est équipé d'une source de chaleur auxiliaire pour chauffer l'évaporateur de secours et d'un système de commande pour commander la source de chaleur auxiliaire. De plus, l'échangeur de chaleur de secours est agencé pour compenser la production vapoorigène fluctuante d'un échangeur de chaleur principal tel qu'un champ solaire. L'échangeur de chaleur de secours selon l'invention est
25 caractérisé en ce que l'évaporateur de secours est positionné à distance du flux de gaz chauffants sortant de la source de chaleur principale. En raison de l'agencement de l'évaporateur par rapport au surchauffeur, l'évaporateur n'est quasiment pas ou aucunement chauffé par le gaz chauffant s'écoulant à l'extérieur de la source de chaleur principale. Avantageusement, une réduction de la production de vapeur ou une augmentation de la
30 production de vapeur de l'échangeur de chaleur principal peut facilement être compensée par respectivement le surchauffage ou le refroidissement de l'évaporateur de secours de l'échangeur de chaleur de secours sans perturbation substantielle de la performance du surchauffeur. La production de vapeur par l'évaporateur peut être réduite sur une plage de commande étendue. L'évaporateur n'est quasiment pas ou aucunement exposé à la source de
35 chaleur principale, ce qui réduit le risque de surchauffer l'évaporateur en situation de faible charge.

De préférence, l'échangeur de chaleur de secours est équipé de points de raccordement pour relier l'échangeur de chaleur principal en parallèle à l'évaporateur de secours et à une entrée du surchauffeur.

Dans un mode de réalisation préféré de l'échangeur de chaleur de secours selon l'invention, l'évaporateur de secours et le surchauffeur sont tous deux disposés à l'intérieur d'une conduite de gaz. La conduite de gaz est agencée pour guider le gaz chauffant à travers les unités d'échange thermique de l'évaporateur et du surchauffeur. Avantagusement, un ventilateur seul peut être fourni pour insuffler le gaz chauffant à travers la conduite de gaz. Le surchauffeur est équipé d'une source de chaleur principale pour chauffer le surchauffeur afin de générer de la vapeur surchauffée à l'intérieur du surchauffeur. L'évaporateur de secours est positionné à distance de la source de chaleur principale de telle sorte que l'évaporateur de secours ne soit quasiment pas ou aucunement surchauffé par la source de chaleur principale. L'évaporateur de secours est positionné à l'extérieur du flux de gaz chauffants provenant de la source de chaleur principale. L'évaporateur de secours est équipé d'une source de chaleur auxiliaire séparée pour surchauffer l'évaporateur de secours.

En outre, l'invention concerne une centrale thermique pour générer d'électricité de vapeur comprenant une turbine à vapeur pour générer d'électricité à partir de vapeur et d'un système de génération de vapeur selon l'invention.

D'autres modes de réalisation préférés sont définis dans les revendications dépendantes.

L'invention sera expliquée en plus grand détail en se référant aux dessins annexés qui illustrent un mode de réalisation concret de l'invention, ce qui ne devrait pas être considéré comme la limitant et parmi lesquels :

la figure 1A montre une vue simplifiée d'un système de génération de vapeur de la technique antérieure ;

la figure 1B montre une vue simplifiée d'une chaudière classique utilisée dans les centrales thermiques de la technique antérieure ;

la figure 2 montre une vue simplifiée d'un système de génération de vapeur selon l'invention ;

la figure 3A montre une vue simplifiée d'un système de génération de vapeur comprenant un générateur de vapeur principal et un échangeur de chaleur de secours selon l'invention, dans une situation de faible charge ; et

la figure 3B montre une vue simplifiée d'un système de génération de vapeur comprenant un générateur de vapeur principal et un échangeur de chaleur de secours selon l'invention, dans une situation de charge élevée.

La figure 1A montre une vue simplifiée d'un agencement d'un système de génération de vapeur pour la génération d'électricité selon la technique antérieure. Le système de génération de vapeur connu comprend une chaudière classique 90, un champ solaire 20 comme échangeur de chaleur principal et une turbine à vapeur 98. La chaudière classique 90 comprend trois étages chauffants différents. Dans le premier étage, de l'eau délivrée W est chauffée à une température économique par un économiseur 91. L'eau délivrée W est chauffée d'approximativement 50°C environ à 330°C par l'économiseur 91. Après avoir traversé l'économiseur, le flux d'eau est fractionné vers un évaporateur 92 et vers le champ solaire 20. Ainsi, le champ solaire 20 est positionné en parallèle à l'évaporateur 92. Le champ solaire 20 et l'évaporateur 92 servent tous deux d'échangeurs de chaleur pour évaporer l'eau en vapeur. La température de la vapeur après avoir traversé l'évaporateur 92 ou le champ solaire 20 est d'environ 330° C. Dans la mise en œuvre, le champ solaire est équipé d'un système tubulaire muni d'un revêtement spécial pour une absorption optimale du rayonnement solaire. En raison de sa résistance thermique limitée, le revêtement du champ solaire produit une vapeur à une température d'environ 330° C. Avant de délivrer la vapeur à une turbine à vapeur, celle-ci peut être surchauffée par le surchauffeur à une température d'environ 570° C. Le flux de vapeur provenant du champ solaire 20 et de l'évaporateur 92 est délivré à un surchauffeur 93 dans un dernier étage chauffant. Dans le surchauffeur 93, la température de la vapeur augmente jusqu'à 565° Celsius. Un brûleur de combustion principal 96 est fourni à une extrémité d'une conduite de gaz de la chaudière 90. Le brûleur de combustion principal 96 fournit l'énergie thermique qui est nécessaire pour surchauffer le surchauffeur 93, l'évaporateur 92 et l'économiseur 91. Des gaz chauffants provenant du brûleur de combustion 96 sont insufflés à travers la conduite de gaz par un ventilateur 97 sur la longueur complète des trois échangeurs de chaleur 93, 92, 91 jusqu'à une extrémité ouverte au niveau de l'économiseur 91. Sur la longueur complète des conduites de gaz, la température des gaz chauffants est réduite de 1600° au niveau du brûleur de combustion à 100° C au niveau de l'extrémité ouverte de la conduite de gaz. La vapeur surchauffée sort du surchauffeur 93 et est délivrée à une turbine à vapeur 98 pour générer la puissance P.

La figure 1B montre dans une vue simplifiée une chaudière classique. La chaudière classique comprend une conduite de gaz pour guider les gaz de chauffants provenant d'un brûleur de combustion principal 96. Le brûleur de combustion 96 est disposé à une extrémité de la conduite de gaz. Le brûleur de combustion 96 sert de source de chaleur principale. Les gaz chauffants générés par le brûleur de combustion 96 sont insufflés à travers la conduite de gaz par un ventilateur 97. Les gaz chauffants traversent plusieurs unités d'échange thermique, 93, 92, 91 au cours de leur passage à travers la conduite de gaz. Une flèche indique une direction en aval de gaz chauffants à travers la conduite de gaz. Les trois unités d'échange

thermique sont disposées à l'intérieur de la conduite de gaz. L'eau est délivrée à la première unité d'échange thermique 91 qui forme un économiseur.

La température de l'eau est accrue par l'économiseur et l'eau est délivrée à un tambour 94 pour l'amortissement et la séparation eau/vapeur. L'eau est délivrée du tambour 94 à un évaporateur 92. L'évaporateur 92 génère un mélange de vapeur et d'eau, lequel mélange est délivré en retour au tambour 94. A l'intérieur du tambour 94, la vapeur est séparée de l'eau et est délivrée à un surchauffeur 93. Le surchauffeur 93 surchauffe la vapeur délivrée. La vapeur surchauffée est délivrée à la sortie de la chaudière classique. Le surchauffeur 93 est positionné dans une position voisine de la source de chaleur principale 96. L'évaporateur 92 et l'économiseur 91 sont positionnés à proximité du surchauffeur 93 dans une direction en aval de gaz chauffants. Chacun des trois échanges thermiques est soumis aux gaz chauffants provenant du brûleur de combustion principal 96. Une section d'évaporateur supplémentaire 95 peut servir de blindage pour protéger le surchauffeur 93.

La figure 2 montre une vue simplifiée du système de génération de vapeur selon l'invention. Un champ solaire 20 est intégré dans un circuit du système de génération de vapeur. Le système de génération de vapeur comprend en outre un économiseur 1 qui est raccordé à un évaporateur de secours 2 et à un surchauffeur 3. Le champ solaire 20 est raccordé en parallèle à l'évaporateur de secours 2. Une entrée du champ solaire 20 est en communication fluidique avec une sortie de l'économiseur 1 et une sortie du champ solaire 20 est en communication fluidique avec le surchauffeur 3. La vapeur surchauffée provenant du surchauffeur 3 est délivrée à une turbine à vapeur 8 pour générer la puissance P.

Le surchauffeur 3 et l'économiseur 1 sont tous les deux chauffés par un brûleur de combustion principal. 6. Le brûleur de combustion 6 sert de source de chaleur principale. Un flux principal de gaz chauffants est insufflé à travers le surchauffeur 3 et l'économiseur 1 par un ventilateur 7. L'évaporateur de secours 2 est positionné à l'extérieur de ce flux principal de gaz chauffants. L'évaporateur de secours 2 n'est quasiment pas ou aucunement soumis aux gaz chauffants provenant de la source de chaleur principale. Aucune chaleur n'est quasiment transférée des gaz chauffants dans le flux principal à l'évaporateur de secours 2. Une source de chaleur auxiliaire 9 est prévue pour surchauffer l'évaporateur de secours 2. Les gaz chauffants provenant de la source de chaleur 9 circulent à travers les unités d'échange thermique de l'évaporateur de secours 2 et surchauffent l'évaporateur de secours 2.

La production vaporigène du champ solaire 20 comme générateur de flux principal n'est typiquement pas constante. Des fluctuations dans la production vaporigène sont provoquées par les variations climatiques et par les différences entre les jours et les nuits. L'évaporateur de secours 2 selon l'invention est conçu pour compenser ces fluctuations production vaporigène. L'évaporateur de secours 2 est équipé d'une source de chaleur

séparée 9 et d'un système de commande 11. Le système de commande 11 commande la quantité de chaleur fournie par la source de chaleur 9. Lorsque la production vaporegène du champ solaire 20 réduit, la production vaporegène de l'évaporateur de secours 2 est augmentée par une augmentation des gaz chauffants générés par la source de chaleur 9.

5 Lorsque, par exemple pendant le jour et un ciel bleu clair, la production thermogène du champ solaire se trouve à un niveau maximal, alors la production thermogène de l'évaporateur de secours 2 est réduite jusqu'à un niveau minimal. Avantagement, l'évaporateur de secours 2 est positionné à l'extérieur du flux principal de gaz chauffants provenant de la source de chaleur principale 6, ce qui permet d'amener la production
10 thermogène de l'évaporateur de secours 2 à un niveau encore plus minimal.

La figure 3A montre dans une vue simplifiée un agencement préféré des trois échangeurs de chaleur tel que représenté sur la figure 2. Les trois échangeurs de chaleur sont maintenant disposés à l'intérieur d'une conduite de gaz 12. La conduite de gaz 12 peut avoir une extrémité ouverte, dans laquelle les gaz chauffants passent de la conduite de gaz 12 à l'air
15 libre ou dans un empilement. Une source de chaleur principale 6 et une source de chaleur commandable auxiliaire 9 sont disposées à l'intérieur de la conduite de gaz 12. Un évaporateur 2 est positionné entre la source de chaleur principale 6 et une source de chaleur auxiliaire 9. Des gaz chauffants provenant des sources de chaleur sont expulsés par soufflage dans une direction allant vers l'extrémité ouverte de la conduite de gaz. Ainsi, l'évaporateur 2
20 est sensiblement chauffé par les gaz chauffants sortant de la source de chaleur auxiliaire 9. Les gaz chauffants chauffés par la source principale 6 s'écoulent dans une direction les éloignant de l'évaporateur 2. Ainsi, l'évaporateur 2 n'est quasiment pas ou aucunement exposé à un chauffage par la source de chaleur principale, tandis que l'action de surchauffage demeure maintenue. En commandant les gaz chauffants provenant de la source de chaleur
25 auxiliaire 9, il est possible de commander la génération de vapeur de l'évaporateur 2.

Sur la figure 3A, les brûleurs de combustion auxiliaires 9 sont représentés dans une situation de faible charge. L'énergie thermique générée par les brûleurs de combustion auxiliaires 9 est suffisante pour maintenir l'évaporateur dans un mode stand-by chaud. Ainsi, l'évaporateur peut avoir une réponse rapide lorsqu'une augmentation de la production de
30 vapeur est nécessaire. Eu égard aux gaz chauffants, un surchauffeur 3 et un économiseur 1 sont disposés en aval de l'évaporateur 2. Comme montré sur la figure 2, un champ solaire 20 est raccordé en parallèle à l'évaporateur de secours 2. À l'extrémité du circuit, la vapeur surchauffée est délivrée à une turbine à vapeur 8 pour générer la puissance P.

La figure 3B montre l'échangeur de chaleur de secours de la figure 3A dans une
35 situation de charge élevée. Dans les conditions où le générateur de chaleur principal 20 ne délivre pas un flux de vapeur suffisant, l'évaporateur de secours 2 doit compenser cette

réduction de flux de vapeur. Ceci signifie une augmentation de la température des gaz chauffants produits par l'augmentation de la source de chaleur auxiliaire 6. L'accroissement de la production de chaleur aboutira à une plus grande production de vapeur de l'évaporateur 2 qui compense le flux de vapeur réduit provenant du générateur de chaleur principal 20. En commandant les gaz chauffants, il peut exister un flux de vapeur constant à l'extrémité du système de génération de vapeur. A partir des modes de réalisation illustrés du système de génération de vapeur selon l'invention plusieurs variations sont possibles sans sortir de la portée de la protection telle que définie dans le jeu inclus de revendications. Par exemple, les gaz chauffants peuvent être produits par une turbine à gaz comme source de chaleur principale. Dans un mode de réalisation en variante selon l'invention, le générateur de vapeur principal peut être formé d'un générateur de vapeur géothermique au lieu d'un champ solaire.

Ainsi, le système de génération de vapeur selon l'invention fournit un système plus efficient. L'invention fournit un système de génération de vapeur qui est amélioré dans sa capacité de compenser une génération de vapeur fluctuante d'un générateur de vapeur principal.

REVENDEICATIONS

1. Système de génération de vapeur comprenant
 - 5 • un générateur de vapeur principal (20) ayant une génération de vapeur fluctuante ;
 - un surchauffeur (3) qui comprend une source de chaleur principale (6) pour chauffer le surchauffeur (3) par un flux principal de gaz chauffants, dans lequel le flux principal de gaz chauffants est guidé par une conduite de gaz (12) et s'étend de la source de chaleur principale (6) à travers le surchauffeur (3) jusqu'à une extrémité ouverte de la conduite de gaz ; et
 - 10 • un évaporateur de secours (2) pour évaporer l'eau délivrée en vapeur afin de compenser les fluctuations dans la production de vapeur dudit générateur de vapeur principal (20), lequel évaporateur de secours (2) est raccordé en parallèle au générateur de vapeur principal (20), dans lequel ledit générateur de vapeur principal (20) et ledit évaporateur de secours (2) sont tous deux en communication fluïdique avec ledit surchauffeur (3) pour
 - 15 surchauffer la vapeur générée, dans lequel une source de chaleur auxiliaire séparée (9) est fournie pour chauffer l'évaporateur de secours (2) par un flux auxiliaire de gaz chauffants et un système de commande pour commander la source de chaleur auxiliaire (9), dans lequel l'évaporateur de secours (2) est positionné à l'extérieur du flux principal de gaz chauffants.
 - 20
2. Système de génération de vapeur selon la revendication 1, dans lequel ledit évaporateur de secours n'est pendant l'utilisation chauffé que par la source de chaleur auxiliaire (9, Fig. 2, Fig. 3A).
3. Système de génération de vapeur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le
- 25 générateur de vapeur principal (20) est un champ solaire.
4. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la source de chaleur principale (6) est un brûleur de combustion principal.
5. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications
- 30 précédentes, dans lequel la source de chaleur auxiliaire (9) est un brûleur de combustion auxiliaire.
6. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'évaporateur de secours (2) et la source de chaleur auxiliaire (9) sont positionnés à l'extérieur (fig. 2) de la conduite de gaz (12).
- 35 7. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'évaporateur de secours (2) et la source de chaleur auxiliaire (9) comme le

- surchauffer (3) et la source de chaleur principale (6) sont disposés à l'intérieur d'une conduite de gaz (12, fig. 3), dans lequel l'évaporateur de secours (2) est positionné dans la conduite de gaz (12). en amont de la source de chaleur auxiliaire (9) par rapport à la direction d'écoulement des gaz chauffants à travers la conduite de gaz (12) à partir de la source de
- 5 chaleur principale (6) le long du surchauffeur jusqu'à l'extrémité ouverte.
8. Système de génération de vapeur selon la revendication 1, dans lequel l'évaporateur de secours (2) est disposé dans la conduite de gaz (12) entre la source de chaleur principale (6) et la source de chaleur auxiliaire (9, Fig.3).
9. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications
- 10 précédentes, dans lequel le système de commande (11) utilise un signal d'entrée qui est basé sur une mesure de l'écoulement de la vapeur ou de la pression de la vapeur dans une conduite s'étendant du surchauffeur à la turbine à vapeur.
10. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications
- 15 précédentes, dans lequel le système de commande (11) utilise un signal d'entrée qui est basé sur une mesure de l'écoulement d'eau dans une conduite s'étendant jusqu'à l'évaporateur de secours.
11. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications
- précédentes, dans lequel le système de génération de vapeur comprend un économiseur (1) pour surchauffer l'eau délivrée et en outre pour refroidir les gaz chauffants.
- 20 12. Système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'économiseur (1) est intégré dans l'évaporateur de secours (2).
13. Centrale thermique pour générer de l'électricité à partir de vapeur comprenant une turbine à vapeur pour générer de l'électricité à partir de vapeur et un système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.
- 25 14. Utilisation du système de génération de vapeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 pour compenser les variations dans la production vaporigène d'un champ solaire.
15. Procédé de génération de vapeur comprenant les étapes consistant à :
- activer un générateur de vapeur principal (20) ayant une production de vapeur

30 fluctuante ;

 - activer un évaporateur de secours (2) pour évaporer l'eau délivrée en vapeur afin de compenser les fluctuations dans la production de vapeur dudit générateur de vapeur principal (20), lequel évaporateur de secours (2) est raccordé en parallèle au générateur de vapeur principal (20) ;

35

 - activer une source de chaleur principale (6) pour chauffer un surchauffeur (3) par un flux principal de gaz chauffants, dans lequel ledit générateur de vapeur principal (20)

et ledit évaporateur de secours (2) sont en communication fluïdique avec ledit surchauffeur (3) pour obtenir la vapeur générée surchauffée ;

- activer une source de chaleur auxiliaire (9) pour chauffer l'évaporateur de secours (2) ; et
- 5
- commander un système de commande pour commander la source de chaleur auxiliaire (9)
 - , dans lequel le flux principal de gaz chauffants est guidé à travers le surchauffeur (3) dans une direction l'éloignant de l'évaporateur de secours (2, fig. 2.3).

WO 2009/131438

PCT/NL2009/000097

2/5

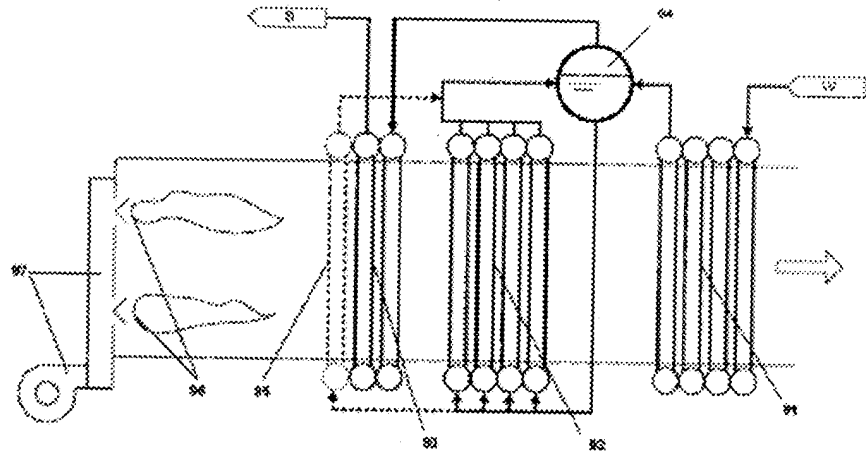


Fig. 1B

WO 2009/131438

PC 17N1.2009.0000097

2/5

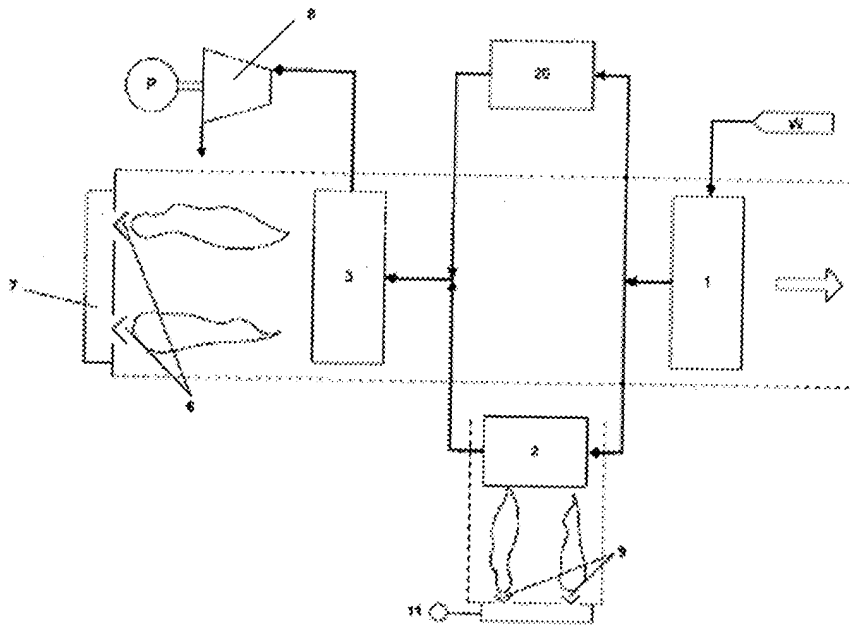


Fig. 2

WO 2009/131438

PCT/US2009/060097

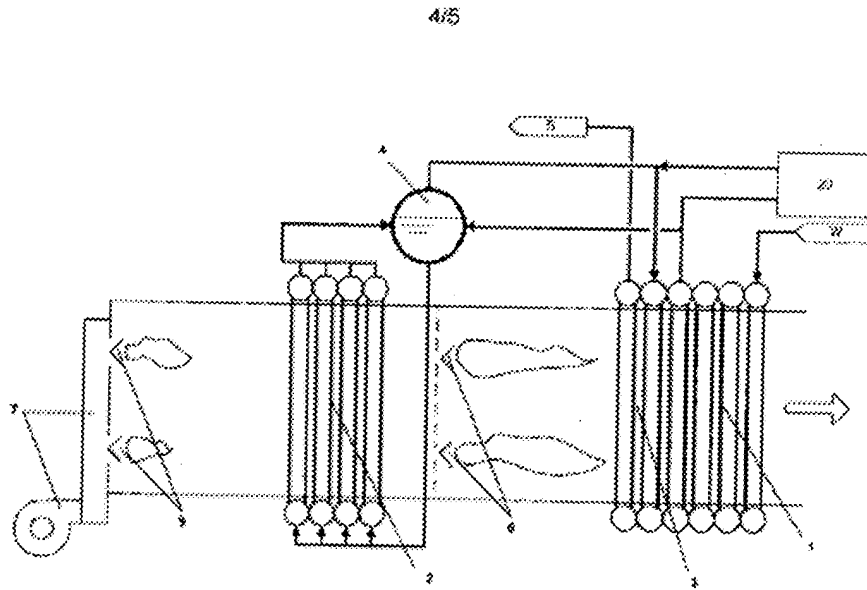


Fig. 3A

WO 2009/13143B

PCT/NL2009/000097

5/5

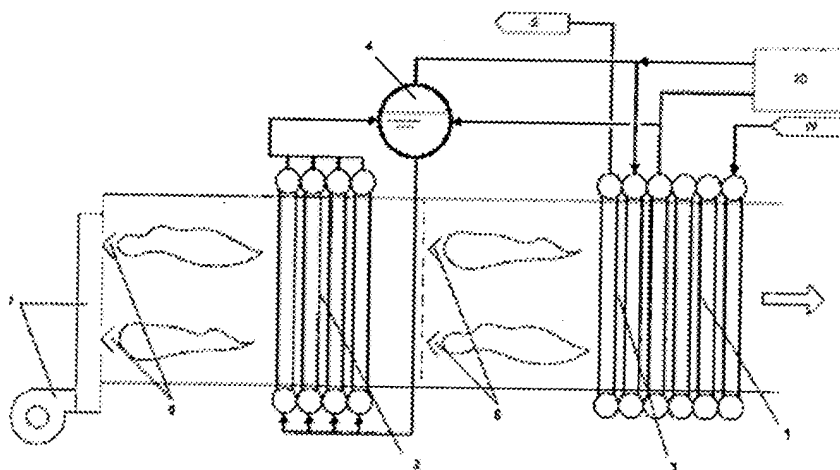


Fig. 3B