



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 33433 B1** (51) Cl. internationale : **F03G 6/06**
(43) Date de publication : **03.07.2012**

-
- (21) N° Dépôt : **34539**
(22) Date de Dépôt : **16.01.2012**
(30) Données de Priorité : **19.06.2009 ES P200901459**
(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/ES2010/000270 18.06.2010**
(71) Demandeur(s) : **ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A., Avenida de la Buhaira, 2 E-41018 Sevilla (ES)**
(72) Inventeur(s) : **OLAVARRÍA RODRÍGUEZ-ARANGO, Rafael ; GARCÍA RAMÍREZ, Elena ; BARRAGÁN, JIMÉNEZ, José**
(74) Mandataire : **CABINET PATENTMARK**

-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE RÉFRIGÉRATION PAR TIRAGE NATUREL D'UNE INSTALLATION DE CONCENTRATION SOLAIRE**
(57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN PROCÉDÉ DE RÉFRIGÉRATION D'UNE INSTALLATION SOLAIRE THERMOÉLECTRIQUE À HAUTE CONCENTRATION D'UN RÉCEPTEUR CENTRAL OU TOUR À CHAMP D'HÉLIOSTATS, LA TOUR ÉTANT UTILISÉE COMME TOUR DE RÉFRIGÉRATION PAR TIRAGE NATUREL. DANS LEDIT PROCÉDÉ, LA VAPEUR QUI PROVIENT DE LA TURBINE CIRCULE À L'INTÉRIEUR D'UNE SÉRIE DE CONDENSATEURS SITUÉS DANS LA BASE DE LA TOUR, LESQUELS SE CHARGENT DE CONDENSER LA VAPEUR CIRCULANT À L'INTÉRIEUR ET D'ÉVACUER LA CHALEUR DE CONDENSATION À L'EXTÉRIEUR. LE FLUIDE QUI EFFECTUE CET ÉCHANGE DE CHALEUR EST L'AIR À TEMPÉRATURE AMBIANTE QUI SE TROUVE DANS LA BASE DE LA TOUR. CETTE VAPEUR, UNE FOIS CONDENSÉE, EST À NOUVEAU POMPÉE VERS LE RÉCEPTEUR AFIN DE POUVOIR ÊTRE RÉUTILISÉE COMME FLUIDE CALOPORTEUR. L'AIR DE RÉFRIGÉRATION S'ÉLÈVE DANS LA TOUR, SORTANT PAR SA PARTIE LA PLUS

HAUTE. A L'AIDE DE CETTE INSTALLATION, ON PARVIENT À RÉDUIRE AUSSI BIEN L'AUTOCONSOMMATION ÉLECTRIQUE QUE LA CONSOMMATION D'EAU.

RÉSUMÉ

Procédure de réfrigération d'une centrale solaire thermoélectrique à haute concentration à récepteur central ou tour avec champ d'héliostats, dans laquelle la tour est employée comme tour de réfrigération par tirage naturel.

- 5 Où la vapeur qui provient de la turbine circulera à l'intérieur d'une série de condensateurs situés à la base de la tour, lesquels se chargent de condenser la vapeur qu'ils ont à l'intérieur et d'évacuer la chaleur de condensation à l'extérieur. Le fluide qui réalise cet échange de chaleur est l'air à température ambiante qui se trouve à la base de la tour. Cette vapeur, une fois condensée, est de nouveau pompée en direction du récepteur pour
- 10 pouvoir être réutilisée comme fluide caloporteur. L'air de réfrigération s'élève dans la tour en sortant par sa partie la plus haute.

Avec cette centrale, on parviendra à réduire aussi bien l'autoconsommation électrique que la consommation d'eau.

(Figure 1)

03 JUL 2012

PV. 34539

PROCÉDURE DE RÉFRIGÉRATION PAR TIRAGE NATUREL D'UNE CENTRALE SOLAIRE À CONCENTRATION**Secteur technique de l'invention**

La présente invention concerne la procédure pour la réfrigération par tirage naturel de la
5 vapeur qui s'extrait de la turbine d'une centrale solaire à concentration avec technologie
de tour.

Antécédents de l'invention

Dans les systèmes à haute concentration solaire, nous pouvons distinguer les disques
Stirling, les collecteurs cylindro-paraboliques et la technologie qui nous intéresse actuel-
10 lement, la technologie à récepteur central.

Les systèmes à récepteur central sont constitués d'un champ d'héliostats, qui sont des
miroirs de grande surface (40-125 m² par unité) appelés héliostats avec suivi solaire, qui
reflètent le rayonnement solaire direct sur un ou plusieurs récepteurs centraux situés dans
la partie supérieure d'une tour de grande hauteur. Ces récepteurs sont habituellement
15 logés dans des cavités « creusées » dans la propre tour.

Le rayonnement solaire concentré chauffe, dans le récepteur, un fluide dont l'énergie
thermique peut ensuite être utilisée pour la génération d'électricité.

Dans les systèmes à récepteur central, la technologie eau-vapeur est actuellement la plus
courante, et l'on emploie comme fluide caloporteur aussi bien de la vapeur saturée que de
20 la vapeur surchauffée.

Pour ce type de centrales à tour d'énergie solaire thermoélectrique, on a donc besoin
d'une localisation où deux ressources seront présentes, haute irradiance solaire et apport
en eau suffisant. Généralement ces zones qui satisfont au critère d'indices d'irradiance
élevés, sont des zones où la ressource en eau est limitée, c'est la raison pour laquelle
25 dans la recherche de centrales à récepteur solaire plus efficaces, et avec l'utilisation de la
plus petite quantité d'eau possible, apparaît l'invention qui est actuellement présentée,
dans le but de remettre en circulation et d'exploiter la plus grande quantité d'eau possible
avec la moindre autoconsommation électrique.

Actuellement les centrales thermiques conventionnelles de production d'électricité fonc-
30 tionnent de la manière suivante : les héliostats reflètent le rayonnement solaire en direc-
tion des récepteurs qui se trouvent dans la partie haute de la tour, avec cette énergie
s'évapore un fluide, ladite vapeur est envoyée à une turbine pour produire de l'électricité et
à la sortie de la turbine, il s'agit de récupérer l'eau de la vapeur, qui est encore à une tem-
pérature élevée. Pour ce faire, on réachemine la vapeur qui sort de la turbine vers un con-

densateur. Dans ce condensateur circule de l'eau de réseau à une température plus basse que celle de la vapeur, de sorte que la vapeur cède sa chaleur à l'eau de réseau en se condensant et qu'il est possible ensuite de pomper pour la remettre de nouveau en circulation vers le récepteur.

- 5 L'eau de réseau qui circule dans le condensateur pour refroidir la vapeur sort à une température plus élevée que celle à laquelle elle est entrée. Afin de réutiliser cette eau dans le circuit du condensateur, nous devons abaisser la température de cette dernière. Pour ce faire, on utilise actuellement des tours de réfrigération à circulation forcée au moyen de grands ventilateurs qui permettent la circulation d'air et l'échange de chaleur entre ce dernier et l'eau. Dans ces tours de refroidissement on parvient à diminuer la température de l'eau chaude qui provient du circuit de condensation par le transfert de chaleur et de matière à l'air qui circule à l'intérieur de la tour.

Afin d'améliorer le contact air-eau, on utilise un treillis appelé "garnissage". L'eau entre dans la tour par la partie supérieure et elle est répartie uniformément sur le garnissage à l'aide de pulvérisateurs. De cette façon, on obtient un contact optimal entre l'eau et l'air atmosphérique.

Le garnissage sert à augmenter le temps et la surface d'échange entre l'eau et l'air. Une fois que le contact entre l'eau et l'air est établi, il se produit une cession de chaleur de l'eau vers l'air. Cette dernière a lieu en raison de deux mécanismes : la transmission de chaleur par convection et le transfert de vapeur depuis l'eau vers l'air, avec le refroidissement de l'eau qui en résulte du fait de l'évaporation.

Dans la transmission de chaleur par convection, il se produit un flux de chaleur en direction de l'air qui entoure l'eau à cause de la différence de températures entre les deux fluides.

- 25 Le taux de refroidissement par évaporation est de grande magnitude dans les tours de refroidissement ; autour de 90% est dû au phénomène de diffusion. Lorsque l'air entre en contact avec l'eau il se forme une fine pellicule d'air humide saturé sur la plaque d'eau qui descend par le garnissage. Cela est dû au fait que la pression partielle de vapeur d'eau sur la pellicule d'air est supérieure à celle de l'air humide qui circule dans la tour, et qu'il se produit ainsi une cession de vapeur d'eau (évaporation). Cette masse d'eau évaporée extrait la chaleur latente de vaporisation du propre liquide. Cette chaleur latente est cédée à l'air, et l'on obtient ainsi un refroidissement de l'eau et une augmentation de la température de l'air.

Ces systèmes précédemment décrits présentent plusieurs inconvénients tels que les autoconsommations électriques, dues à l'utilisation de ventilateurs dans les tours de réfrigération, et la consommation d'eau élevée requise.

5 Afin de réduire l'autoconsommation électrique dans les centrales thermiques conventionnelles, on utilise ce qu'on appelle des tours à tirage naturel ou à tirage hyperbolique.

Le flux d'air à travers la tour à tirage naturel est dû pour sa plus grande part à la différence de densité entre l'air frais de l'entrée et l'air tiède de la sortie. L'air expulsé par la colonne est plus léger que l'atmosphère et le tirage est créé par l'effet cheminée, ce qui élimine la nécessité de ventilateurs mécaniques.

10 La différence de vitesses entre le vent circulant au niveau du sol et le vent qui circule dans la partie supérieure de la cheminée aide aussi à établir le flux d'air. C'est pour ces deux raisons que les tours à tirage naturel doivent être hautes et qu'elles doivent posséder, en outre, une grande section transversale pour faciliter le mouvement de l'air ascendant. Ces tours ont de bas coûts de maintenance et sont particulièrement indiquées pour refroidir de
15 grands débits d'eau. La vitesse moyenne de l'air à travers la tour est généralement comprise entre 1 et 2 m/s. Dans ce type de tours à tirage naturel on n'utilise pas de "garnissages" de grande compacité, étant donné que la résistance au flux d'air doit être la plus petite possible.

20 Comme nous l'avons déjà expliqué, ces tours sont très utilisées dans les centrales thermiques, dans lesquelles la création de la tour suppose un fort investissement, mais qui est compensé par la moindre dépense en électricité.

En ce qui concerne la consommation d'eau, elle n'a pas pu être réduite, c'est pourquoi ce type de centrales sont généralement situées dans des endroits où il n'y aura pas de problèmes d'approvisionnement.

25 **Description de l'invention**

L'invention qui est actuellement présentée est la procédure de réfrigération d'une centrale solaire thermoélectrique à haute concentration avec récepteur central ou tour avec champ d'héliostats, où la tour est employée comme une tour de réfrigération par tirage naturel.

30 Avec cette centrale on parviendra à réduire aussi bien l'autoconsommation électrique que la consommation d'eau, de sorte qu'on pourra l'installer dans des lieux arides, comme peuvent l'être les déserts, qui sont des zones extrêmement favorables pour l'énergie solaire en raison du grand nombre d'heures d'ensoleillement dont elles disposent, mais où jusqu'à ce jour leur installation a été impossible car la ressource de l'eau est très limitée.

La centrale solaire que l'invention présente pour sa réfrigération consiste en une tour entourée d'un champ d'héliostats sur la partie haute de laquelle sont installés plusieurs récepteurs solaires. Il peut s'agir de récepteurs de vapeur saturée et/ou de vapeur surchauffée. La vapeur qui s'en extrait est acheminée dans une turbine pour la production
5 d'électricité.

La vapeur qui s'extrait de la turbine et qui reste à température élevée, il faut la condenser et la pomper pour pouvoir de nouveau la réutiliser dans les récepteurs en tant que fluide caloporteur.

Pour réfrigérer cette vapeur on a conçu un système avec lequel on évite les deux inconvénients qui ont été décrits précédemment : la consommation électrique élevée (due à
10 l'utilisation de ventilateurs) et la grande quantité d'eau requise.

Étant donné que la centrale solaire possède plusieurs récepteurs de grande hauteur qui sont maintenus en élévation sur une tour, sans qu'il soit nécessaire de faire un quelconque investissement supplémentaire, notre système dispose déjà de la tour qui pourra
15 être exploitée comme tour de réfrigération à tirage naturel.

Ladite tour sur sa base possède une série d'échangeurs de chaleur, plus précisément des condensateurs, dont la mission consiste à condenser la vapeur qui provient de l'échappement de la turbine dans des conditions proches de la saturation et à évacuer la chaleur de condensation à l'extérieur.

20 Le fluide qui sera utilisé pour réaliser cet échange de chaleur sera l'air à température ambiante qui se trouve à la base de la tour et refroidit la vapeur qui circule dans la tuyauterie du condensateur. Autrement dit, la vapeur qui s'extrait de la turbine à haute température est réfrigérée grâce au courant d'air qui passe sur le condensateur.

Cette vapeur, une fois qu'elle a été condensée, est pompée de nouveau en direction du
25 récepteur pour pouvoir être réutilisée comme fluide caloporteur.

Cet air à température ambiante qui se trouve à la base de la tour et qui se charge d'abaisser la température de la vapeur, s'élève dans la tour du fait du tirage naturel de cette dernière et sort de nouveau dans l'atmosphère par la partie haute.

Cette circulation naturelle est par ailleurs favorisée du fait de la présence d'un foyer chaud
30 que constituent les récepteurs, dans la partie haute de la tour.

En outre, afin de faciliter cet effet de tirage naturel que nous évoquons, la tour de l'invention que nous décrivons possède un modèle de structure hyperbolique et creuse de façon à ce qu'il s'y produise un courant d'air ascendant pour le refroidissement de la vapeur par convection naturelle.

En employant la tour solaire comme tour de réfrigération, on lui confère cette double fonction : celle d'héberger les récepteurs à la hauteur nécessaire pour concentrer le rayonnement et celle d'être utilisée comme tour de réfrigération.

Ainsi, on parvient à réduire la consommation d'eau car on élimine celle qui est nécessaire au circuit de réfrigération, étant donné qu'il est réfrigéré avec de l'air et non pas avec de l'eau, et l'on évite ainsi la construction de tours supplémentaires de réfrigération ce qui fait baisser le coût global de la centrale.

De plus, afin de gérer la vapeur produite et de disposer d'un apport de cette dernière durant les heures sans ensoleillement, on inclut dans la centrale un système de stockage soit avec des cuves d'eau-vapeur, soit avec des sels fondus.

Description des dessins

Pour compléter la description en cours et dans le but d'aider à une meilleure compréhension de l'invention, à ladite description est joint un jeu de dessins sur lesquels, à titre d'illustration et sans caractère limitatif, il a été représenté ce qui suit :

15 Figure 1 : Schéma simplifié du circuit de réfrigération.

Les références utilisées ici correspondant à :

1. Tour
2. Évaporateurs
3. Chaudière
- 20 4. Surchauffeur
5. Système de stockage
6. Turbine
7. Générateur
8. Condensateur
- 25 9. Air chaud
10. Pompe condensat
11. Vanne
- 11'. Vanne
12. Cuve de stockage de condensat
- 30 13. Pompe à condensat

Réalisation préférée de l'invention

On trouvera ci-dessous, pour une meilleure compréhension de la procédure de réfrigération divulguée dans l'invention, l'explication du schéma montré sur la figure 1.

Comme on peut le voir sur la figure 1 dans la partie haute de la tour solaire (1) se trouvent les évaporateurs (2) dans lesquels circule de l'eau ou tout autre fluide caloporteur. Ce fluide est chauffé sous l'effet du rayonnement solaire que les héliostats projettent sur eux, lesquels sont situés au sol, autour de la tour (1). Une fois que le fluide caloporteur a parcouru l'évaporateur (2) soumis au rayonnement solaire, il sort de ce dernier sous la forme de vapeur saturée à une température approximative de 300 °C pour se diriger dans la chaudière (3).

Dans la chaudière (3) se produit la séparation en liquide et en vapeur. En général, la chaudière (3) reçoit la vapeur saturée qui sort de l'évaporateur (2) et alimente le surchauffeur (4), on est ainsi assuré que l'entrée dans le surchauffeur (4) est toujours sèche.

Une autre partie de la vapeur qui est produite à cet endroit est envoyée au système de stockage (5) en la faisant passer à travers une vanne (11) qui garantit que la pression d'entrée dans ledit système (5) est bien la bonne.

La vapeur qui est entrée dans le surchauffeur (4) reçoit aussi le rayonnement solaire projeté par les héliostats et en sort à une température très élevée, d'environ 540 °C, ce qui permet à la turbine (6) de travailler à haut rendement.

À son tour, la turbine (6) se trouve connectée au générateur (7) qui sera l'élément chargé de transformer la rotation de la turbine (6) en électricité pour la fournir au réseau.

Pour pouvoir exploiter la vapeur qui sort de la turbine (6) on fait en sorte qu'elle circule à travers les conduits d'un condensateur (8) installé à la base de la tour solaire (1).

Cette vapeur refroidira progressivement et en même temps se condensera grâce à l'effet de réfrigération que produit l'air qui circule autour du condensateur (8). Cet air, qui est de l'air à température ambiante, en volant la chaleur des tubes du condensateur (8) élève sa température et devient de l'air chaud (9), c'est pourquoi il monte dans la cheminée ou tour solaire (1), sortant dans l'atmosphère par sa partie haute.

Entre-temps, la vapeur déjà condensée qui sort du condensateur (8) est pompée (10) en direction d'une cuve de stockage de condensat (12).

Lorsqu'on aura besoin de davantage de fluide caloporteur dans les évaporateurs (2), une pompe à condensat (13) élèvera le liquide qui était stocké dans la cuve à condensat (12) jusqu'à eux.

De cette façon, on diminue de manière drastique la consommation d'eau ou de fluide caloporteur, d'une part parce qu'on le réutilise et d'autre part parce qu'on n'a plus besoin d'utiliser de l'eau pour le système de réfrigération.

Il convient de souligner que ce qui a été décrit précédemment est un exemple d'une réalisation préférée de l'invention, mais qu'il y a des aspects tels que l'existence de récepteurs de vapeur surchauffée ou d'un système de stockage, qui ne sont pas indispensables et qui n'influent pas sur la procédure de réfrigération divulguée.

5



Revendications

1. Procédure pour la réfrigération par tirage naturel d'une centrale solaire à concentration avec technologie de tour **qui comprend** les étapes suivantes :
 - le fluide caloporteur circule dans les évaporateurs (2) qui sont situés dans la partie haute de la tour solaire (1) et il est chauffé sous l'effet du rayonnement solaire que projettent sur eux les héliostats, il sort des premiers sous forme de vapeur ;
 - on fait circuler la vapeur qui sort des évaporateurs dans une chaudière (3) où se produit la séparation en liquide et en vapeur ;
 - la vapeur qui sort de la chaudière (3) est connectée à un récepteur de type surchauffeur (4) où il élève sa température sous l'effet du rayonnement solaire que projettent sur lui les héliostats ;
 - la vapeur qui s'extrait du surchauffeur (4) circule ensuite dans la turbine (6) qui est connectée au générateur (7) pour produire de l'électricité ;
 - la vapeur qui sort de la turbine (6) circule à travers les conduits d'un condensateur (8) installé à la base de la tour solaire (1) ;
 - cette vapeur refroidit et se condense grâce à l'effet de réfrigération que produit l'air qui circule autour du condensateur (8) ;
 - cet air, qui est de l'air à température ambiante, en volant la chaleur des conduits du condensateur (8) élève sa température et devient de l'air chaud (9), c'est pourquoi il monte dans la tour solaire (1), sortant dans l'atmosphère par sa partie haute ;
 - la vapeur déjà condensée qui sort du condensateur (8) est pompée (10) en direction d'une cuve de stockage de condensat (12) ;
 - lorsqu'on a besoin de davantage de fluide caloporteur dans les évaporateurs (2), une pompe à condensat (13) élève le liquide qui était stocké dans la cuve à condensat (12) jusqu'à eux.
2. Procédure pour la réfrigération par tirage naturel d'une centrale solaire à concentration avec technologie de tour selon la revendication 1 **caractérisée parce qu'**une partie de la vapeur qu'on obtient de la chaudière (3) est envoyée à un système de stockage (5) en la faisant passer à travers une vanne (11) qui garantit que la pression d'entrée dans ledit système est bien la bonne.

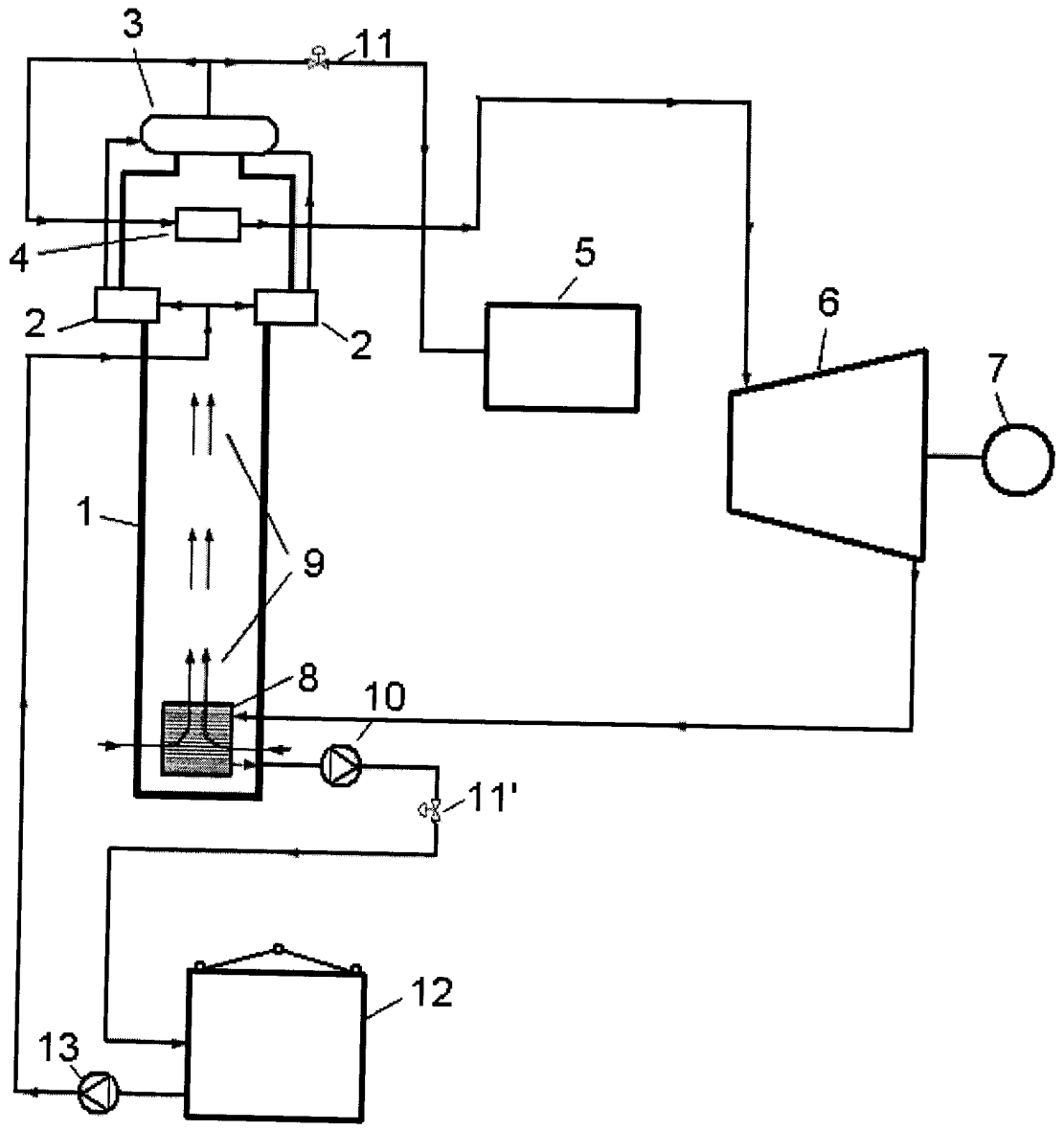


FIGURE 1

fccf