

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 10598

(54) Procédé et installation à tours synergiques pour la réfrigération secondaire dans les centrales de puissance.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). F 25 D 1/00; F 01 K 19/10; F 28 D 3/00; G 21 D 5/00.

(22) Date de dépôt..... 27 mai 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Italie, 30 mai 1980, n° 22448 A/80.*

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 49 du 4-12-1981.

(71) Déposant : Société dite : HUDSON ITALIANA SpA, résidant en Italie.

(72) Invention de : Massimiliano Nardella.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, office Josse et Petit,
8, av. Percier, 75008 Paris.

Procédé et installation à tours synergiques pour la réfrigération secondaire dans les centrales de puissance.

La présente invention a trait au domaine des installations de réfrigération secondaire dans les centrales thermoelectriques ou nucléaires pour la production de l'énergie électrique.

Dans ces installations, la vapeur en sortie de la turbine est refroidie et condensée dans un condensateur et est donc recyclée dans un circuit primaire; ce refroidissement et cette condensation sont obtenus grâce à un fluide de refroidissement, en général l'eau, dans un circuit secondaire; l'eau de refroidissement à son tour doit être refroidie, et, bien que l'on utilise en partie des tours de refroidissement sèches dans ce but, on recourt toutefois à des tours dites humides, en employant beaucoup d'eau de refroidissement. Des problèmes sont soulevés par l'emplacement des centrales qui doivent être disposées à peu de distance des cours d'eau et qui, toutefois, devraient (au moins les centrales nucléaires) être placées à une distance raisonnable des centres habités, lesquels sont particulièrement nombreux et proches les uns des autres le long des cours d'eau. Le problème est donc de libérer au moins en partie la réfrigération dans les centrales de puissance des besoins excessifs d'eau.

Les installations déjà existantes combinent les tours sèches à des tours humides. Ces installations ont été réalisées industriellement pour permettre certains résultats, c'est-à-dire :

- abaisser la température de l'eau réfrigérante en rapprochant cette température de celle du tube humide;
- réduire la quantité d'eau de réintégration par rapport aux tours toutes humides;
- réduire les effets visibles du panache (émission d'air saturé) et son impact sur l'environnement.

Un premier type d'installation à tour sèche et humide prévoit essentiellement les deux types de tours sur la structure commune, avec la tour sèche superposée à la tour humide et toutes les deux en parallèle à l'air ambiant qui les traverse. Ces tours

sont connues aussi sous la désignation de "tours intégrées" (Marley, Ecodyne, Westinghouse). Dans la tour sèche superposée, l'eau à réfrigérer circule dans les tubes échangeurs munis d'ailettes, tandis que, dans la tour humide située au-dessous, l'eau est distribuée en pluie dans l'empilage de remplissage et subit le refroidissement adiabatique final. Un ventilateur aspire l'air provenant des deux tours en le mélangeant et en le déchargeant à l'état insaturé dans l'atmosphère environnante. Un inconvénient réside dans le fait que l'eau de réfrigération doit toujours engager la tour humide, même pendant l'hiver, et cela ne permet donc pas un entretien adéquat sans le séchage total des deux tours. Un autre inconvénient est que le réglage de la température de l'eau de réfrigération est effectué par des jalousies montées de préférence sur la tour humide et qui ont de très grandes dimensions. Cette tour présente des variantes dans lesquelles la position relative des parties humides et sèches, est différente mais où les mêmes inconvénients existent.

Un second type d'installation à tour sèche/humide est celui qui prévoit l'arrosage d'eau directement sur les ailettes de la tour sèche (tours sèches arrosées ou Deluge). La chaleur est transférée de l'eau de réfrigération qui s'écoule dans les tubes à ailettes à l'eau sur les ailettes et de celle-ci à l'air. Ce type de tour a été intensivement utilisé par les Russes et les Hongrois, mais il a soulevé de gros problèmes de pollution des ailettes, et peut-être aussi de corrosion de ces ailettes, selon les substances chimiques polluant l'eau arrosée.

Un autre type de tour sèche/humide est le système Hudson de tour sèche et de tour humide en synergie seulement pendant les périodes plus ou moins brèves de forte température de l'air ambiant en été. Dans ce système, la chaleur totale à dissiper est divisée entre les deux tours séparées, sur la base du minimum quantitatif d'eau à réintégrer disponible pour la tour humide au cours de son fonctionnement d'été. L'installation comporte pour chaque tour un circuit propre, chacun alimentant une partie propre du condenseur avec la surface à double corps traditionnelle. La charge thermique est divisée entre les

deux tours et les deux tours fonctionnent à pleine charge aux conditions fixées par le projet ; au fur et à mesure que la température de l'air ambiant descend au-dessous de la température de projet, la tour sèche augmente la capacité de
5 réfrigération en permettant à la partie du condenseur alimenté par celle-ci de prélever de la partie du condenseur alimenté par la tour humide toujours plus de vapeur à condenser. L'inconvénient de ce système réside dans le fait que l'investissement placé dans la tour humide est immobilisé plus de dix
10 mois par année.

Le nouveau procédé et son installation se proposent de réaliser un refroidissement efficace avec des quantités minimales d'eau engagées, et d'obvier aux inconvénients de la technique précédente.

15 Le nouveau procédé prévoit de refroidir l'eau du circuit de réfrigération secondaire d'une centrale de puissance, tout d'abord à travers un ou plusieurs échangeurs de chaleur avec l'air ambiant et ensuite dans un ou plusieurs échangeurs de chaleur avec l'air ambiant humidifié.

20 L'installation de l'invention prévoit un circuit de réfrigération secondaire et en combinaison avec celui-ci au moins un échangeur de chaleur à air ambiant (appelé aussi par la suite tour sèche) ou échangeur sec et un échangeur de chaleur à air ambiant humidifié (appelé par la suite aussi tour ou échangeur
25 humide) placés en cascade, l'eau de réfrigération secondaire à la sortie du condenseur en aval de la turbine passant tout d'abord à travers l'échangeur à air ambiant puis à travers l'échangeur à air ambiant humidifié. De préférence, selon une caractéristique de la présente demande, on réalise des groupes
30 avec des échangeurs à air ambiant et des échangeurs à air humide modulaires.

Dans la nouvelle installation, l'eau de réfrigération circule en cycle fermé et par conséquent ne nécessite pas de traitement particulier après la première charge pour contre-
35 carrer les agressions chimiques éventuelles vis-à-vis des métaux. Comme l'eau d'humidification ne pénètre dans l'échangeur à air humide que pour humidifier l'air, elle ne nécessite pas de traitements particuliers et peut même, à la limite, être de l'eau de mer.

D'autres avantages importants de ce système sont :

5 - Les deux composants du système peuvent être physiquement séparés en mettant par exemple sous le vent l'échangeur à air ambiant humidifié par rapport à l'échangeur sec dans le but précis d'éviter que l'air du premier soit recyclé dans le second.

- La quantité d'eau à réintégrer est minimale et réduite à une brève période pendant l'été.

10 - A une certaine température de l'air ambiant il n'est plus nécessaire d'employer de l'eau d'humidification et l'échangeur à air humidifié se comporte comme l'échangeur à air ambiant.

15 - A une température donnée de l'air ambiant et pour une pression donnée de décharge de la turbine, on peut arrêter le ventilateur de l'échangeur à air humidifié et effectuer éventuellement l'entretien de ce dernier.

- On peut utiliser de l'acier simple au C (ou autre matière plus économique) pour les tubes des échangeurs à air et pour les plaques du condenseur.

20 - L'eau de réfrigération travaillant en cycle fermé et donc propre permet des coefficients plus élevés de film ou pellicules (c'est-à-dire d'échange) tant dans l'échangeur à air que dans le condenseur.

- On peut utiliser des antigels si besoin est.

25 - Les jalousies ou déflecteurs pour contrôler la portée de l'air ne sont pas nécessaires.

30 - Il n'existe pas de risque de panache d'air saturé provenant de l'échangeur d'air humidifié, parce que l'air, dans celui-ci, n'est saturé ou proche de la saturation qu'avant de traverser le faisceau échangeur; en outre, l'humidification n'est effectuée que pendant des périodes brèves pendant l'été.

- Dans les installations nucléaires, le risque d'un danger éventuel de radiations aux tours est très faible ou inexistant.

35 Un exemple de réalisation de l'invention sera décrit ci-après en se rapportant aux dessins annexés, sur lesquels :
la figure 1 est un schéma de l'installation;

les figures 2, 3 et 4 sont des représentations de certaines réalisations modulaires schématiques des appareillages de l'installation.

En se référant à la figure 1, on voit que dans celle-ci on a indiqué par 11 la turbine d'une centrale de puissance. La vapeur de sortie de celle-ci, indiquée par les flèches 12, entre dans un condenseur 14 où elle est refroidie et condensée puis est reçue dans le puits chaud du condenseur 16, d'où elle est prélevée et recyclée grâce à la pompe 18 de liquide condensé.

Un circuit de réfrigération secondaire, indiqué dans son ensemble par 20, pourvoit au refroidissement de la vapeur dans le condenseur. Le fluide dans le circuit de réfrigération secondaire, en général de l'eau, entre froid dans le condenseur à travers la goulotte d'entrée 22 et sort chaud à travers la goulotte 24 (voir les flèches).

L'eau de refroidissement circule en circuit fermé et est maintenue en circulation par l'intermédiaire d'une pompe de recyclage 26.

Sur le circuit secondaire 20 ou circuit de réfrigération de l'air de refroidissement, on a indiqué schématiquement une tour à sec 30 ou échangeur à air ambiant et une tour humide 40 ou échangeur à air ambiant humidifié; il est entendu que le nombre de tours 30 et 40 peut être plus grand que celui représenté selon les exigences de projet.

La tour à sec 30, qui peut être aussi de type connu, comporte en général une structure où l'eau de réfrigération secondaire passe dans des tubes à ailettes indiqués schématiquement par 32, tandis que l'air ambiant circule autour des tubes à ailettes selon les flèches 33, par l'intermédiaire d'un ou plusieurs groupes de ventilation 34.

La tour 40 comporte une structure où l'eau de réfrigération secondaire s'écoule dans des tubes à ailettes indiqués schématiquement par 42, tandis que l'air ambiant circule autour des tubes à ailettes selon les flèches 43, par l'intermédiaire d'un ou plusieurs groupes de ventilation 44. L'air aspiré ambiant est obligé de traverser les zones d'humidification 45 (sur la figure en deux parties sur deux côtés); dans lesdites zones on introduit de l'eau d'humidification en 46, qui arrose des grilles ou d'autre façon pour permettre l'humidification de l'air ambiant.

L'eau d'humidification est fournie par un circuit 50 et elle est mise en circulation par une pompe de recyclage 52 qui la prélève d'un bassin de réception 54 en aval de la zone 45 de la tour 40. Une réintégration d'eau au circuit 50 est indiquée par 56; cette réintégration est le seul apport d'eau neuve
5 nécessaire pour toute l'installation et elle est raisonnablement limitée parce qu'elle doit seulement remplacer l'eau d'humidification qui sort de la tour 40 amenée par l'air. L'appareillage 40 peut fonctionner avec de l'air sec ou de l'air humide, selon
10 les conditions ambiantes et les conditions avec lesquelles parvient à celui-ci l'eau de réfrigération secondaire. En particulier, puisque la tour sèche 30 à air ambiant est toujours placée en amont de la tour 40, l'emploi d'eau d'humidification dans la tour 40 dépend des conditions de l'eau de réfrigération
15 secondaire en sortie de 30 et, donc, en définitive encore des conditions de l'air ambiant. En particulier, l'installation utilisera de l'eau d'humidification seulement au cours des pics de température de l'air ambiant en été. L'humidification sera interrompue à une température bien déterminée du bulbe sec;
20 au-dessous de cette température, l'échangeur à air ambiant humidifié resté sec se comportera exactement comme l'échangeur à air ambiant. Il faut remarquer qu'il est possible de fixer préalablement une température d'air ambiant à laquelle le ventilateur de l'échangeur à air humidifié peut être arrêté pour
25 permettre un entretien. Cette température inférieure de l'air ambiant peut être fixée préalablement par exemple sur la base de la pression prédéterminée de décharge de la turbine. Il faut remarquer que l'installation décrite est particulièrement destinée à fonctionner avec une turbine connue de 320 MW et avec une
30 pression de décharge atteignant 178 mm de Hg.

De préférence, selon un aspect de l'invention, on fournit les tours à sec en combinaison avec les tours humides dans des modules comportant un certain nombre de tours à sec et un certain nombre de tours humides, de préférence cinq tours
35 ou appareils. Des exemples de ces modules sont représentés sur les figures 2, 3, 4.

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement un module comportant quatre tours à air ambiant 30, en parallèle entre

elles, en amont d'une tour à air ambiant humidifié 40. Sur la figure 4, on a représenté un module comportant deux tours 30 en parallèle en amont de trois tours 40. Il est évident que d'autres modules sont possibles.

- 5 Il va de soi que l'on peut apporter toutes les variantes et modifications accessibles à un technicien en la matière sans pour cela s'écarter du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Procédé sec/humide pour refroidir de l'eau de réfrigération secondaire dans une centrale de puissance, caracté-
risé en ce que l'eau de réfrigération secondaire, en sortie
5 du condenseur, passe dans un circuit fermé à travers une zone
de refroidissement avec de l'air ambiant et, ~~donc~~, une zone
de refroidissement avec de l'air ambiant humidifié.

2. Installation à tours synergiques sèches/humides
pour refroidissement de l'eau de réfrigération secondaire dans
10 une centrale de puissance, caractérisée en ce que ladite eau
de réfrigération secondaire circule en circuit fermé et que
ledit circuit comporte au moins une première partie passant
dans une tour avec refroidissement à air ambiant et une seconde
partie en aval de la première partie passant dans une tour
15 de refroidissement à air ambiant humidifié.

3. Installation selon la revendication 2, caractérisée
en ce que ladite première tour est une tour qui comporte, sur
une structure de support, des ouvertures d'admission d'air
ambiant, un groupe de ventilation dudit air; et des tubes à
20 ailettes destinés au passage de l'eau de réfrigération
secondaire et montés sur le parcours de l'air ambiant dans
la structure.

4. Installation selon la revendication 2, caractérisée
en ce que ladite tour de refroidissement à air ambiant humidifié
25 comporte, dans une structure de support, des ouvertures pour
l'introduction de l'air ambiant, un groupe de ventilation pour
mettre en mouvement l'air ambiant, et des zones alimentées par
de l'eau d'humidification entre lesdites ouvertures de l'air
et ledit groupe de ventilation, des tubes à ailettes pour le
30 passage de l'eau de réfrigération secondaire, des moyens étant
prévus pour régler l'afflux de l'eau d'humidification selon
les conditions de l'air ambiant entrant dans la tour et de l'eau
secondaire à refroidir.

5. Installation selon la revendication 2, caractérisée
35 en ce que ladite installation comporte plusieurs de ces tours
à air ambiant et des tours à air ambiant humidifié groupées
en modules.

6. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'un de ces modules comporte quatre desdites tours à air ambiant placées en amont et en parallèle entre elles et une tour à air ambiant humidifié placée en aval desdites tours à air ambiant.

7. Installation selon la revendication 2, caractérisée en ce que ledit module comporte trois tours à air ambiant placées en amont et en parallèle entre elles et deux tours à air ambiant humidifié placées en aval.

8. Installation selon la revendication 2, caractérisée en ce que ledit module comporte deux tours à air ambiant en amont et en parallèle entre elles et trois tours à air ambiant humidifié en aval.

9. Installation selon la revendication 2, caractérisée en ce que ledit module comporte une tour à air ambiant en amont et quatre tours à air ambiant humidifié en aval, en parallèle entre elles.

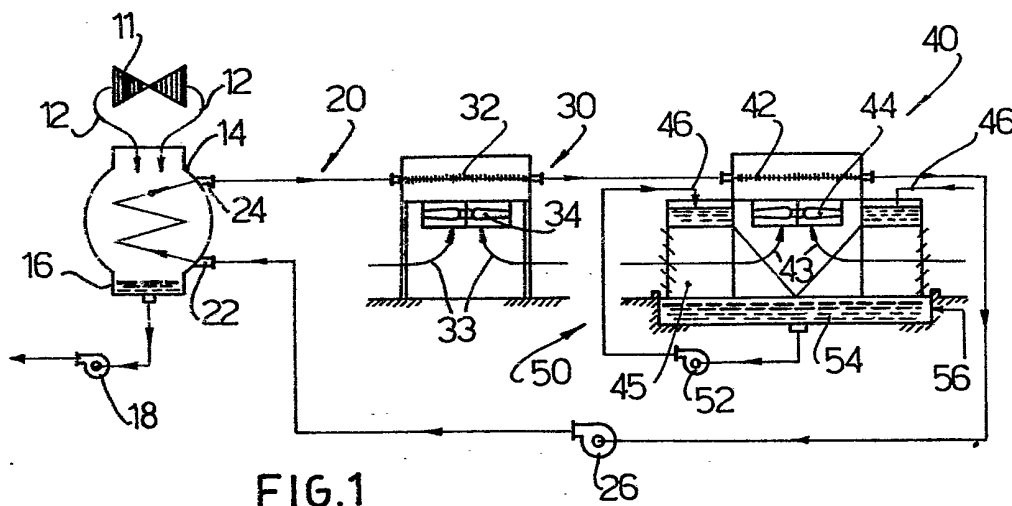


FIG. 2

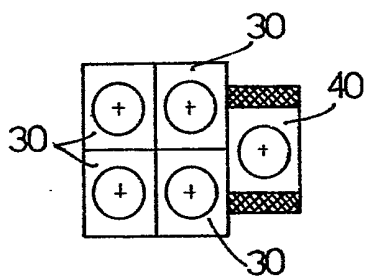


FIG. 3

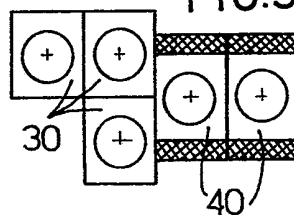


FIG. 4

