

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 911 216

21 N° d'enregistrement national : 08 50024

51 Int Cl⁸ : G 21 D 5/16 (2006.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.01.08.

30 Priorité : 09.01.07 US 11651252.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.07.08 Bulletin 08/28.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY —
US.

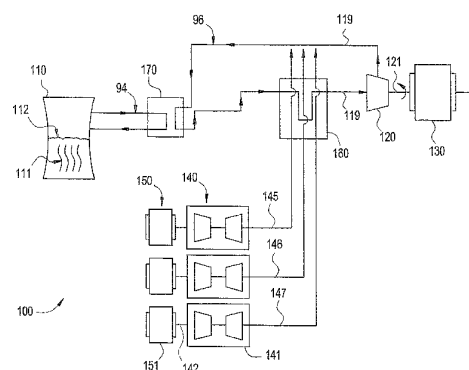
72 Inventeur(s) : BOSS MICHAEL JOSEPH.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

54 SYSTEME ET PROCEDE DE GENERATION D'ELECTRICITE D'ORIGINE NUCLEAIRE.

57 Un système de génération d'électricité (100) est décrit. Le système de génération d'électricité (100) comprend un réacteur nucléaire (110), une turbine à vapeur (120), une turbine à gaz (141), et un générateur primaire (130). La turbine à vapeur (120) est en liaison thermique avec le réacteur nucléaire (110) via un milieu de transfert et convertit l'énergie thermique en rotation. La turbine à gaz (141) convertit l'énergie thermique en rotation et est en liaison thermique avec le milieu de transfert pour augmenter une énergie thermique du milieu de transfert. Le générateur primaire (130) est en liaison mécanique avec la turbine à vapeur (120) pour générer du courant en réponse à une rotation d'un rotor du générateur primaire (130).



FR 2 911 216 - A1



B07-4514FR

Société dite : GENERAL ELECTRIC COMPANY

Système et procédé de génération d'électricité d'origine nucléaire

Invention de : BOSS Michael Joseph

**PRIORITE D'UNE DEMANDE DE BREVET DEPOSEE EN ETATS-UNIS D'AMERIQUE
le 9 janvier 2007 sous le n° 11/651.252.**

Système et procédé de génération d'électricité d'origine nucléaire

5

La présente invention concerne globalement la génération d'électricité, et particulièrement la génération d'électricité d'origine nucléaire.

10 Des conceptions actuelles de centrales nucléaires de génération d'électricité comprennent au moins des réacteurs à eau bouillante (BWR) et des réacteurs à eau sous pression (PWR). Une turbine nucléaire à vapeur PWR comprend une boucle fermée primaire dans le réacteur nucléaire pour fournir de l'énergie thermique pour fournir de la vapeur dans la boucle secondaire d'un
15 générateur de vapeur. La vapeur est ensuite fournie à une turbine via la boucle secondaire. Les systèmes de générateur à réacteur nucléaire courants fonctionnent à leur pleine capacité de génération de vapeur, ou mégawatt thermique pendant la durée de vie des barres de combustible. Par conséquent, les systèmes de générateur ne peuvent pas répondre aux demandes de pics
20 électriques, qui peuvent être satisfaites via des systèmes de génération supplémentaires situés ailleurs, les systèmes de génération supplémentaires ayant chacun leurs propres aménagements et coûts de fonctionnement correspondant.

De plus, les barres de combustible du réacteur nucléaire doivent être
25 refroidies avec un milieu à coefficient de transfert thermique élevé, c'est à dire qu'elles nécessitent un transfert rapide de chaleur. En phase liquide, le coefficient de transfert thermique de l'eau convient pour cela, néanmoins, en phase gazeuse, connue comme de la vapeur, le coefficient de transfert thermique de l'eau n'est pas suffisant pour un refroidissement adéquat. Aussi
30 les barres de combustible de réacteur nucléaire doivent être immergées dans l'eau. Quand le refroidissement a lieu, l'eau près des barres bout, et monte à la surface de la cuve de réacteur. Cette eau bouillie est saturée en vapeur, et son énergie thermique est envoyée directement (pour le BWR) ou via le générateur

de vapeur (pour le PWR) à la turbine à vapeur pour se dilater et produire un travail.

Habituellement, le BWR fournit de la vapeur saturée à la turbine et le PWR fournit de la vapeur qui est surchauffée avec approximativement 35 degrés Fahrenheit (°F) (19,5°C) de surchauffe. Quand la vapeur se dilate dans la turbine, la pression est réduite par cette détente, et l'enthalpie de la vapeur est réduite quand la vapeur travaille sur le rotor de la turbine. Quand la vapeur est saturée, ou seulement légèrement surchauffée, ce processus de détente augmente le contenu en humidité de la vapeur dilatée quand elle passe à travers la turbine. L'humidité dans la vapeur provoque l'érosion des composants de la turbine et provoque une perte de détente de la vapeur à travers la turbine. La perte a pour résultat un faible rendement de la turbine à vapeur. Des systèmes de génération d'électricité d'origine nucléaire courants utilisent des séparateurs d'humidité pour enlever ou réduire le contenu en humidité dans la vapeur. Les séparateurs d'humidité sont des pièces d'équipement coûteuses qui consomment un espace significatif dans l'équipement de génération d'électricité.

Par conséquent, il y a un besoin dans l'art pour un ensemble de génération d'électricité d'origine nucléaire qui surmonte ces limitations.

Selon un aspect de l'invention, il est proposé un système de génération d'électricité. Le système de génération d'électricité comprend un réacteur nucléaire, une turbine à vapeur, une turbine à gaz, et un générateur primaire. La turbine à vapeur est en liaison thermique avec le réacteur nucléaire via un milieu de transfert et convertit l'énergie thermique en rotation. La turbine à gaz convertit l'énergie thermique en rotation et est en liaison thermique avec le milieu de transfert pour augmenter une énergie thermique du milieu de transfert. Le générateur primaire est en liaison mécanique avec la turbine à vapeur pour générer de l'électricité en réponse à une rotation d'un rotor du générateur primaire.

Selon un mode de réalisation, le système comprend en outre un générateur secondaire en liaison mécanique avec la turbine à gaz pour générer du courant en réponse à une rotation d'un rotor du générateur secondaire.

Selon un autre mode de réalisation, le système comprend en outre un générateur de vapeur à récupérateur de chaleur (GVRC) pour transférer l'énergie thermique.

5 Selon un autre mode de réalisation, le milieu de transfert comprend une énergie thermique d'environ 300 à 700°F de surchauffe (170°C à 390°C).

Selon un autre mode de réalisation, le système de génération d'électricité (100) génère au moins 1000 Mégawatts électriques (MWe), et le réacteur nucléaire (110) génère au moins 1500 Mégawatts thermiques (MWth), le système comprenant au moins deux turbines à gaz.

10 Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé de génération d'énergie électrique. Le procédé comprend le transport de l'énergie thermique depuis un réacteur nucléaire vers une turbine à vapeur, la génération d'énergie thermique et la rotation d'un arbre d'une turbine à gaz, la combinaison d'une partie de l'énergie thermique générée par la turbine à gaz
15 avec l'énergie thermique du milieu de transfert, la conversion de l'énergie thermique combinée du milieu de transfert en rotation d'un arbre de la turbine à vapeur, et la conversion de la rotation de l'arbre de la turbine à vapeur en énergie électrique via un générateur primaire .

20 Selon un mode de mise en œuvre, le procédé comprend en outre la conversion de la rotation de l'arbre de la turbine à vapeur en énergie électrique via un générateur primaire.

Selon un autre mode de mise en œuvre, la conversion de la rotation de l'arbre de la turbine à vapeur en énergie électrique et la conversion de la rotation de l'arbre de la turbine à gaz en énergie électrique comprennent le fait
25 de convertir la rotation de l'arbre de la turbine à vapeur et de l'arbre de la turbine à gaz pour générer un total d'au moins 1000 Mégawatts électriques (MWe), le transport de l'énergie thermique comprend le fait de transporter l'énergie thermique du réacteur nucléaire ayant une puissance thermique d'au moins 1500 Mégawatts thermiques (MWth) via le milieu de transfert vers la
30 turbine à vapeur, et la génération d'énergie thermique comprend la rotation d'au moins deux arbres d'au moins deux turbines à gaz.

Selon un autre mode de mise en œuvre, la conversion de l'énergie thermique combinée comprend la conversion de l'énergie thermique combinée

d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe en rotation de l'arbre de la turbine à vapeur.

5 Selon un autre mode de mise en œuvre, la génération d'énergie thermique comprend la génération d'énergie thermique et la rotation d'une pluralité d'arbres d'une pluralité de turbines à gaz, le nombre de la pluralité de turbines à gaz étant supérieur à un nombre de turbines à gaz nécessaires pour fournir l'énergie thermique combinée du milieu de transfert ayant une énergie thermique d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe.

10 Ceci et d'autres avantages et caractéristiques seront plus facilement compris à la description détaillée suivante des modes de réalisation préférés de l'invention qui est fournie en liaison avec les dessins attenants.

La figure 1 représente un diagramme schématique d'un système de génération d'électricité d'origine nucléaire combiné (CNPG) selon un mode de réalisation de l'invention ; et

15 la figure 2 représente un organigramme d'étapes de procédé pour générer du courant électrique par un système CNPG selon un mode de réalisation de l'invention.

Un mode de réalisation de l'invention fournit une série de turbines à gaz, s'échappant dans des générateurs de vapeur à récupération de chaleur (GVRC), qui ajoutent de l'énergie thermique à la vapeur venant de l'un du réacteur nucléaire et du générateur de vapeur qui comprend le réacteur nucléaire comme partie de la boucle primaire. L'énergie thermique ajoutée donne une température de la vapeur qui est surchauffée à approximativement 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe. A ce niveau de surchauffe, la vapeur a une très faible perte d'humidité en réponse à la détente dans la turbine à vapeur. Un mode de réalisation incorpore une redondance des turbines à gaz pour prendre en compte le cycle d'entretien le plus court des turbines à gaz. Un mode de réalisation permet d'enlever le séparateur d'humidité, ainsi que les coûts en capital, entretien, et espace au sol.

30 En se référant maintenant à la figure 1, un mode de réalisation d'un système CNPG de génération d'électricité d'origine nucléaire combiné 100 est représenté. Le système CNPG 100 comprend un réacteur nucléaire 110, une turbine à vapeur 120, un générateur primaire 130, et une pluralité de turbines à

gaz 140. Un mode de réalisation du système CNPG comprend en outre une pluralité de générateurs secondaires 150.

5 Le réacteur nucléaire 110 comprend une pluralité de barres de combustible 111 qui sont entourées par un milieu de refroidissement 112, comme de l'eau. Le milieu de refroidissement 112 refroidit les barres de combustible 111. L'énergie thermique générée par la pluralité de barres de combustible 111 est absorbée par le milieu de refroidissement 112 et transférée vers la turbine à vapeur 120. L'énergie thermique générée par les barres de combustible 111 est absorbée par un milieu de transfert, comme de la vapeur, et transférée à la turbine à vapeur via des tuyaux à vapeur 119. La turbine à vapeur 120 convertit l'énergie thermique en énergie mécanique, qui fait tourner un arbre 121 de la turbine à vapeur 120. L'arbre 121 de la turbine à vapeur est en liaison mécanique avec un rotor du générateur primaire 130. Le générateur primaire 130 convertit l'énergie mécanique de la rotation du rotor en énergie électrique, aussi appelée ici électricité, qui est distribuée aux consommateurs d'électricité. Tel qu'utilisé ici, le terme "consommateurs d'électricité" se réfère à toute personne, groupe, commerce, entité, ou dispositif qui peut utiliser du courant électrique.

20 D'une manière similaire, chaque turbine à gaz 141 convertit l'énergie thermique résultant de la combustion d'un carburant, comme un carburant d'aviation, du kérosène, et du gaz naturel, par exemple, en la rotation d'un arbre 142 de la turbine à gaz 141. Tel qu'utilisé ici le numéro de référence 141 se réfère globalement à l'une quelconque de la pluralité de turbines à gaz 140. L'arbre 142 de la turbine à gaz 141 est en liaison mécanique avec un rotor du générateur secondaire 151. Le générateur secondaire 151 convertit l'énergie mécanique de la rotation du rotor en énergie électrique, qui sera distribuée aux consommateurs d'électricité. On appréciera qu'en réponse à la combustion du carburant, des gaz d'échappement sont produits par la pluralité de turbines à gaz 140. Des distributeurs 145, 146, 147 transportent les gaz d'échappement vers un GVRC 160 qui transfère l'énergie thermique des gaz d'échappement vers le milieu de transfert comme cela sera décrit encore ci-dessous. A la suite du transport vers le GVRC 160, les gaz d'échappement peuvent être ventilés de manière appropriée vers l'atmosphère.

Alors qu'un mode de réalisation a été représenté ayant trois turbines à gaz 140 comprenant des distributeurs 145, 146, 147 qui sont en liaison thermique avec un GVRC 160, on appréciera que le domaine du mode de réalisation n'est pas limité à cela, et que le mode de réalisation s'applique aussi à des systèmes CNPG 100 qui ont des quantités différentes de turbines à gaz 140, comme deux, quatre, cinq, six, ou plus, par exemple, et qui peuvent utiliser d'autres agencements des GVRC 160, comme avoir de multiples GVRC 160, comprenant un ou plusieurs distributeurs dans chaque GVRC 160, par exemple.

Dans un mode de réalisation, le réacteur nucléaire 110 du système CNPG 100 est le PWR et comprend en outre un générateur de vapeur 170. Le générateur de vapeur 170 est en liaison thermique avec le milieu de refroidissement 112 et le milieu de transfert, et agit comme une interface pour transférer l'énergie thermique entre une boucle primaire 94 et une boucle secondaire 96. Le générateur de vapeur 170 transfère l'énergie thermique absorbée depuis les barres de combustible 111 par le milieu de refroidissement 112 dans la boucle primaire 94 vers le milieu de transfert dans la boucle secondaire 96. Dans un mode de réalisation, le milieu de refroidissement 112 est de la vapeur saturée, et le milieu de transfert est de la vapeur surchauffée, avec environ 35 degrés F (19,5°C) de surchauffe. Comme utilisé ici par rapport à une quantité de surchauffe, le terme "environ" comprend une déviation de la valeur établie de surchauffe qui résulte des tolérances de conception, de fabrication, et de fonctionnement.

Dans un autre mode de réalisation, le réacteur nucléaire 110 du système CNPG 100 est le BWR, sans le générateur de vapeur 170. Par conséquent, le milieu de refroidissement 112 est le milieu de transfert, et transfère l'énergie thermique absorbée depuis les barres de combustible 111 vers la turbine à vapeur 120. Ainsi, le milieu de refroidissement 112 est transporté depuis le réacteur nucléaire 110 vers la turbine à vapeur 120 via les tuyaux à vapeur 119. On appréciera donc que parce que le milieu de refroidissement 112 est le milieu de transfert, un état d'énergie thermique du milieu de transfert correspond à la vapeur saturée.

Dans un mode de réalisation, le GVRC 160 transfère l'énergie thermique des gaz d'échappement des turbines à gaz 140 au milieu de transfert.

Il résulte du transfert de l'énergie thermique des gaz d'échappement des turbines à gaz 140 au milieu de transfert, que l'énergie thermique du milieu de transfert est augmentée significativement, jusqu'à l'état d'énergie thermique d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe.

5 En raison de l'augmentation de l'énergie thermique du milieu de transfert à l'état d'énergie thermique d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit de surchauffe, une quantité d'humidité présente dans le milieu de transfert est réduite significativement en comparaison du milieu de transfert ayant l'énergie thermique de l'un de la vapeur saturée et d'environ 35°F (19,5°C) de
10 surchauffe. La réduction de l'humidité dans le milieu de transfert réduit significativement la perte de détente du milieu de transfert quand il passe à travers la turbine à vapeur 120. On envisage que les modes de réalisation du système CNPG 100 ont des rendements de cycles thermiques d'environ 37 à 38 pour cent, en comparaison des rendements de cycles thermiques du système de
15 génération d'électricité d'origine nucléaire courant d'environ 30 à 33 pour cent.

 En outre, la réduction de l'humidité dans le milieu de transfert est sensée s'étendre sur toute la durée de vie des composants de la turbine à vapeur 120. L'humidité dans le milieu de transfert contribue à l'érosion des composants de la turbine à vapeur 120. Les systèmes de génération
20 d'électricité d'origine nucléaire courants comprennent de grands séparateurs d'humidité pour enlever l'humidité du milieu de transfert. Ces séparateurs d'humidité coûtent souvent des millions de dollars, et nécessitent de considérables quantités d'espace au sol. L'utilisation du GVRC 160 pour augmenter l'énergie thermique du médium de transfert est sensée éliminer le
25 besoin d'un séparateur d'humidité, réduire le contenu en humidité du milieu de transfert, et allonger la durée de vie des composants de la turbine à vapeur.

 Les réacteurs nucléaires actuels doivent souvent être dimensionnés suffisamment grands pour que la puissance de production électrique totale soit suffisamment grande pour compenser les coûts associés à leur construction.
30 Un exemple d'un réacteur nucléaire actuel est un réacteur nucléaire ayant une puissance thermique d'approximativement 400 Mégawatts thermiques (MWth). La puissance de production électrique totale attendue, suffisamment grande pour surmonter les coûts d'infrastructures associés, du réacteur nucléaire actuel ayant la puissance thermique d'environ 400 MWth, est

d'approximativement 1000 Mégawatts électriques (MWe). Comme utilisé ici, le terme "approximativement" se réfère à une cible donnée qui peut varier en fonction d'une optimisation des paramètres, y compris des paramètres comme les conditions de fonctionnement, les tailles de composants, les rendements de composants, et les demandes en électricité, par exemple.

On appréciera que la quantité d'énergie thermique nécessaire pour fournir d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe au milieu de transfert est directement liée à un débit du milieu de transfert, qui correspond à la taille du réacteur nucléaire 110. La quantité d'énergie thermique disponible pour être ajoutée au milieu de transfert par le GVRC 160 est directement liée au nombre de turbines à gaz 140 incluses dans le système CNPG 100. Ainsi, on envisage que l'incorporation de réacteurs nucléaires 110, tels que dimensionnés habituellement, dans des systèmes CNPG 100 nécessitera approximativement sept turbines à gaz 141 pour générer l'énergie thermique nécessaire pour fournir l'état d'énergie thermique du milieu de transfert d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe.

L'inclusion des générateurs secondaires 150 avec les turbines à gaz 140 correspondantes augmentera la capacité de génération d'électricité du système CNPG 100. On envisage que la capacité de génération d'électricité augmentée des générateurs secondaires 150 permet d'incorporer un réacteur nucléaire 110 plus petit dans le système CNPG 100 d'une capacité de génération d'électricité donnée. L'incorporation du plus petit réacteur nucléaire 110 réduit le débit du milieu de transfert, et réduit ainsi l'énergie thermique nécessaire pour fournir l'état d'énergie thermique du milieu de transfert d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe. En conséquence, le nombre de turbines à gaz 140 nécessaires sera réduit.

Dans un mode de réalisation, on envisage que le système CNPG 100 est un système CNPG ayant une capacité de génération d'électricité d'au moins 1000 MWe, avec le réacteur nucléaire 110 ayant une puissance thermique d'environ 1500 MWth, et une puissance électrique d'au moins 500 MWe.

Dans un autre mode de réalisation, le système CNPG 1000 est un système CNPG ayant une capacité de génération d'électricité d'approximativement 1270 MWe, avec le réacteur nucléaire 110 ayant une puissance thermique d'approximativement 1700 MWth, et une puissance

électrique d'approximativement 600 MWe. En outre, dans un mode de réalisation le système CNPG 100 peut comprendre au moins 4 turbines à gaz 141 pour générer l'énergie thermique nécessaire pour fournir l'état d'énergie thermique du milieu de transfert d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe, et les approximativement 600 MWe de puissance électrique.

Dans un exemple de mode de réalisation, le système CNPG comprend 5 turbines à gaz 141.

Dans un autre mode de réalisation, le système CNPG comprend moins ou plus de turbines à gaz 141, comme 2, 3, 6, 7, ou plus turbines à gaz 141 par exemple.

Alors qu'un mode de réalisation a été décrit avec le réacteur nucléaire 110 ayant une puissance d'approximativement 1700 MWth et 600 MWe, on appréciera le fait que le domaine de l'invention n'est pas limité qu'à cela, et que le mode de réalisation s'applique aussi à des systèmes CNPG 100 qui comprennent des réacteurs nucléaires 110 avec d'autres puissances, comme de 1000 à 2500 MWth et 300 à 900 MWe. En outre, alors qu'un mode de réalisation a été décrit comme ayant une puissance de système totale d'approximativement 1270 MWe, on appréciera que le domaine du mode de réalisation n'est pas limité à cela, et que le mode de réalisation s'applique aussi aux systèmes CNPG qui ont une puissance de production électrique totale d'environ 750 à 2000 MWe.

Les réacteurs nucléaires 110 actuels fonctionnent dans un état à plein Mégawatt thermique pendant la durée de vie des barres de combustible 111, qui est communément de 18 à 24 mois. Des turbines à gaz 120 standard comprennent communément des intervalles de service de durée plus courte, comme toutes les 10000 heures ou tous les 12 mois. Ainsi, on envisage qu'un exemple de mode de réalisation du système CNPG 100 comprendra un nombre de turbines à gaz 140 qui est supérieur à un nombre de turbines à gaz 140 nécessaire pour fournir l'énergie thermique nécessaire pour fournir un état d'énergie thermique souhaité du milieu de transfert. La différence entre le nombre de turbines à gaz 140 incluses dans le système CNPG 100 et le nombre de turbines à gaz 140 nécessaires pour fournir l'état d'énergie thermique souhaité du milieu de transfert fournit une redondance pour assurer qu'il y a

suffisamment d'énergie thermique disponible pour fournir l'état d'énergie thermique souhaité du milieu de transfert correspondant à un fonctionnement en Mégawatt plein, en réponse au besoin de fermer la turbine à gaz 141 pour l'entretien.

5 Dans un mode de réalisation, la redondance permet au réacteur nucléaire 110 de continuer à fonctionner dans un état thermique à Mégawatt plein comprenant l'état d'énergie thermique du milieu de transfert d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe pendant un entretien d'au moins une turbine à gaz 141.

10 Parce que les systèmes de génération d'électricité d'origine nucléaire actuels fonctionnent dans un état thermique à Mégawatt plein, ils sont incapables d'augmenter leur puissance de production électrique en réponse à toutes demandes de pic de courant. En réponse aux demandes de pic de courant, les opérateurs de génération d'électricité doivent démarrer et arrêter
15 des équipements de génération d'électricité supplémentaires situés dans d'autres endroits. On appréciera que chaque équipement ait des coûts associés, et qu'une réduction du nombre d'équipements nécessaires pour répondre aux demandes de courant puisse réduire les coûts globaux. Dans un mode de réalisation, le système CNPG 100 peut répondre aux demandes de pic de
20 courant en utilisant les turbines à gaz 140 qui sont redondantes, ou en excès des turbines à gaz 140 nécessaires pour augmenter l'énergie thermique du milieu de transfert dans un état d'énergie thermique souhaité, comme d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe, par exemple.

En se référant maintenant à la figure 2, un organigramme 200 des
25 étapes de processus pour la génération d'électricité par un système CNPG, comme le système CNPG 100, est représenté.

Le processus commence par le transport lors de l'étape 210 de l'énergie thermique du réacteur nucléaire 110 à la turbine à vapeur 120 via le milieu de transfert, la génération lors de l'étape 220, en réponse à la combustion du
30 combustible, d'énergie thermique et la rotation de l'arbre 142 de la turbine à gaz 141, la combinaison lors de l'étape 230 d'une partie de l'énergie thermique générée par la turbine à gaz 141 avec l'énergie thermique du milieu de transfert, la conversion lors de l'étape 240 de l'énergie thermique combinée du milieu de transfert en rotation de l'arbre 121 de la turbine à vapeur 120. Le

processus comprend en outre de convertir lors de l'étape 250 la rotation de l'arbre 121 de la turbine à vapeur 120 en énergie électrique via le générateur primaire 130. Un mode de réalisation comprend de convertir lors de l'étape 260 la rotation de l'arbre 142 de la turbine à gaz 141 en énergie électrique via le générateur secondaire 151.

Dans un mode de réalisation, la combinaison lors de l'étape 230 comprend de transférer l'énergie thermique de la turbine à gaz 141 au milieu de transfert via le GVRC 160.

Dans un mode de réalisation, la conversion lors de l'étape 240 de l'énergie thermique combinée comprend de convertir l'énergie thermique combinée du milieu de transfert ayant l'état d'énergie thermique d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe en rotation de l'arbre 121 de la turbine à vapeur 120.

Dans un mode de réalisation, la génération lors de l'étape 220 d'énergie thermique comprend de générer de l'énergie thermique et la rotation de la pluralité d'arbres 142 de la pluralité de turbines à gaz 140, le nombre de la pluralité de turbines à gaz 140 étant supérieur au nombre de turbines à gaz 141 nécessaires pour fournir l'énergie thermique combinée du milieu de transfert ayant l'état d'énergie thermique d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe.

Dans un mode de réalisation, le transport lors de l'étape 210 comprend de transporter l'énergie thermique du réacteur nucléaire 110 à la turbine à vapeur 120 via la vapeur.

Dans un mode de réalisation, le transport lors de l'étape 210 comprend de transférer l'énergie thermique du réacteur nucléaire 110 au milieu de refroidissement 112 et de transférer l'énergie thermique du milieu de refroidissement 112 au milieu de transfert via le générateur de vapeur 160.

Dans un mode de réalisation, la conversion, lors des étapes 250 et 260, de la rotation de l'arbre 121 de la turbine à vapeur 120 en énergie électrique et de la rotation de l'arbre 142 de la turbine à gaz 141 en énergie électrique comprend de convertir la rotation de l'arbre 121 de la turbine à vapeur 120 et l'arbre 142 de la turbine à gaz 141 pour générer la capacité moyenne totale du système de 1270 MWe de courant électrique.

Dans un mode de réalisation, le transport lors de l'étape 210 d'énergie thermique comprend de transporter l'énergie thermique du réacteur nucléaire 110 ayant la puissance thermique d'approximativement 1700 MWth via le milieu de transfert vers la turbine à vapeur 120.

5 Dans un mode de réalisation, la génération lors de l'étape 220 d'énergie thermique comprend de générer de l'énergie thermique et la rotation de 4 arbres 142 de 4 turbines à gaz 140.

Comme décrit, certains modes de réalisation de l'invention peuvent comprendre certains des avantages suivants : la capacité d'augmenter le
10 rendement de cycle thermique ; la capacité d'accepter des pics de demande de courant ; la capacité de réduire la taille de réacteur nucléaire nécessaire pour une puissance de système donnée ; la capacité d'augmenter la durée de vie des composants de turbines à gaz ; et la capacité de réduire un nombre total d'équipements de génération d'électricité.

15 Alors que l'invention a été décrite en référence à des exemple de mode de réalisation, l'homme de l'art comprendra que divers changements peuvent être faits et des équivalents peuvent être substitués pour des éléments de ceux-ci sans s'éloigner du domaine de l'invention. De plus, de nombreuses modifications peuvent être faites pour adapter une situation ou un matériau
20 particulier aux enseignements de l'invention sans s'éloigner du domaine essentiel de celle-ci. Ainsi, l'invention n'est pas sensée être limitée au mode de réalisation préféré décrit comme le meilleur ou seulement au mode envisagé pour mettre en œuvre cette invention, mais elle comprend tous les modes de réalisation tombant dans le domaine des revendications attenantes. De même,
25 dans les dessins et la description, sont décrits des exemples de mode de réalisation de l'invention et, bien que des termes spécifiques aient été employés, ils le sont sauf si cela est précisé ailleurs dans un sens générique et descriptif seulement et non dans des intentions de limitation, le domaine de l'invention n'est donc pas ainsi limité. De plus, l'utilisation des termes premier,
30 second, etc. ne dénote aucun ordre ou importance, mais plutôt les termes premier, second, etc. sont utilisés pour distinguer un élément d'un autre. En outre, l'utilisation des termes un, une, etc. ne dénote pas une limitation en quantité, mais dénote plutôt la présence d'au moins l'un des objets référencés.

Liste des références

94	boucle primaire
96	boucle secondaire
100	système CNPG
110	réacteur nucléaire
111	barres de combustible
112	milieu de refroidissement
119	tuyaux de vapeur
120	turbine à vapeur
121	arbre
130	générateur primaire
140	Une pluralité de turbines à gaz
141	turbine à gaz
142	arbre
145	Distributeur
146	Distributeur
147	Distributeur
150	Une pluralité de générateurs secondaires
151	générateur secondaire
160	GVRC
170	générateur de vapeur

REVENDICATIONS

1. Système de génération d'électricité (100) comprenant :
 - un réacteur nucléaire (110) ;
 - 5 une turbine à vapeur (120) pour convertir l'énergie thermique en rotation, la turbine à vapeur (120) étant en liaison thermique avec le réacteur nucléaire (110) via un milieu de transfert ;
 - une turbine à gaz (141) pour convertir l'énergie thermique en rotation, la turbine à gaz (141) étant en liaison thermique avec le milieu de transfert
 - 10 pour augmenter une énergie thermique du milieu de transfert et ;
 - un générateur primaire (130) en liaison mécanique avec la turbine à vapeur (120) pour générer du courant en réponse à une rotation d'un rotor du générateur primaire (130).
2. Système (100) selon la revendication 1, comprenant en outre :
 - 15 un générateur secondaire (151) en liaison mécanique avec la turbine à gaz (141) pour générer du courant en réponse à une rotation d'un rotor du générateur secondaire (151).
3. Système (100) selon la revendication 1, comprenant en outre :
 - un générateur de vapeur à récupérateur de chaleur (GVRC) (160) pour
 - 20 transférer l'énergie thermique d'un échappement de la turbine à gaz (141) au milieu de transfert.
4. Système (100) selon la revendication 1, dans lequel :
 - le milieu de transfert comprend de l'énergie thermique d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe.
5. Système selon la revendication 1, dans lequel :
 - 25 le système de génération d'électricité (100) génère au moins 1000 Mégawatts électriques (MWe) ;
 - le réacteur nucléaire (110) génère au moins 1500 Mégawatts thermiques (MWth) ;
 - 30 le système (100) comprenant au moins deux turbines à gaz (141)
6. Procédé de génération d'énergie électrique comprenant :
 - le transport d'énergie thermique d'un réacteur nucléaire (110) à une turbine à vapeur (120) via un milieu de transfert ;

la génération de l'énergie thermique et de la rotation d'un arbre (142) d'une turbine à gaz (141) ;

la combinaison d'une partie de l'énergie thermique générée par la turbine à gaz (141) avec l'énergie thermique du milieu de transfert ;

5 la conversion de l'énergie thermique combinée du milieu de transfert en rotation d'un arbre (142) de la turbine à vapeur (120) ; et

la conversion de la rotation de l'arbre (142) de la turbine à vapeur (120) en énergie électrique via un générateur primaire (130).

7. Procédé selon la revendication 6, comprenant en outre :

10 la conversion de la rotation de l'arbre (142) de la turbine à gaz (141) en énergie électrique via un générateur secondaire (151).

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel :

15 la conversion (250) de la rotation de l'arbre (121) de la turbine à vapeur (120) en énergie électrique et la conversion (260) de la rotation de l'arbre (142) de la turbine à gaz (141) en énergie électrique comprennent le fait de convertir la rotation de l'arbre (121) de la turbine à vapeur (120) et de l'arbre (142) de la turbine à gaz (141) pour générer un total d'au moins 1000 Mégawatts électriques (MWe) ;

20 le transport (210) de l'énergie thermique comprend le transport de l'énergie thermique du réacteur nucléaire (110) ayant une puissance thermique d'au moins 1500 Mégawatts thermiques (MWth) via le milieu de transfert vers la turbine à vapeur (120) ; et

la génération (220) d'énergie thermique comprend la rotation d'au moins deux arbres (142) d'au moins deux turbines à gaz (141).

25 9. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la conversion de l'énergie thermique combinée comprend :

la conversion de l'énergie thermique combinée d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe en rotation de l'arbre (142) de la turbine à vapeur (120).

30 10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel :

la génération d'énergie thermique comprend la génération d'énergie thermique et la rotation d'une pluralité d'arbres (142) d'une pluralité de turbines à gaz (141), le nombre de la pluralité de turbines à gaz (141) étant supérieur à un nombre de turbines à gaz (141) nécessaires pour fournir

l'énergie thermique combinée du milieu de transfert ayant une énergie thermique d'environ 300 à 700 degrés Fahrenheit (170 à 390°C) de surchauffe.

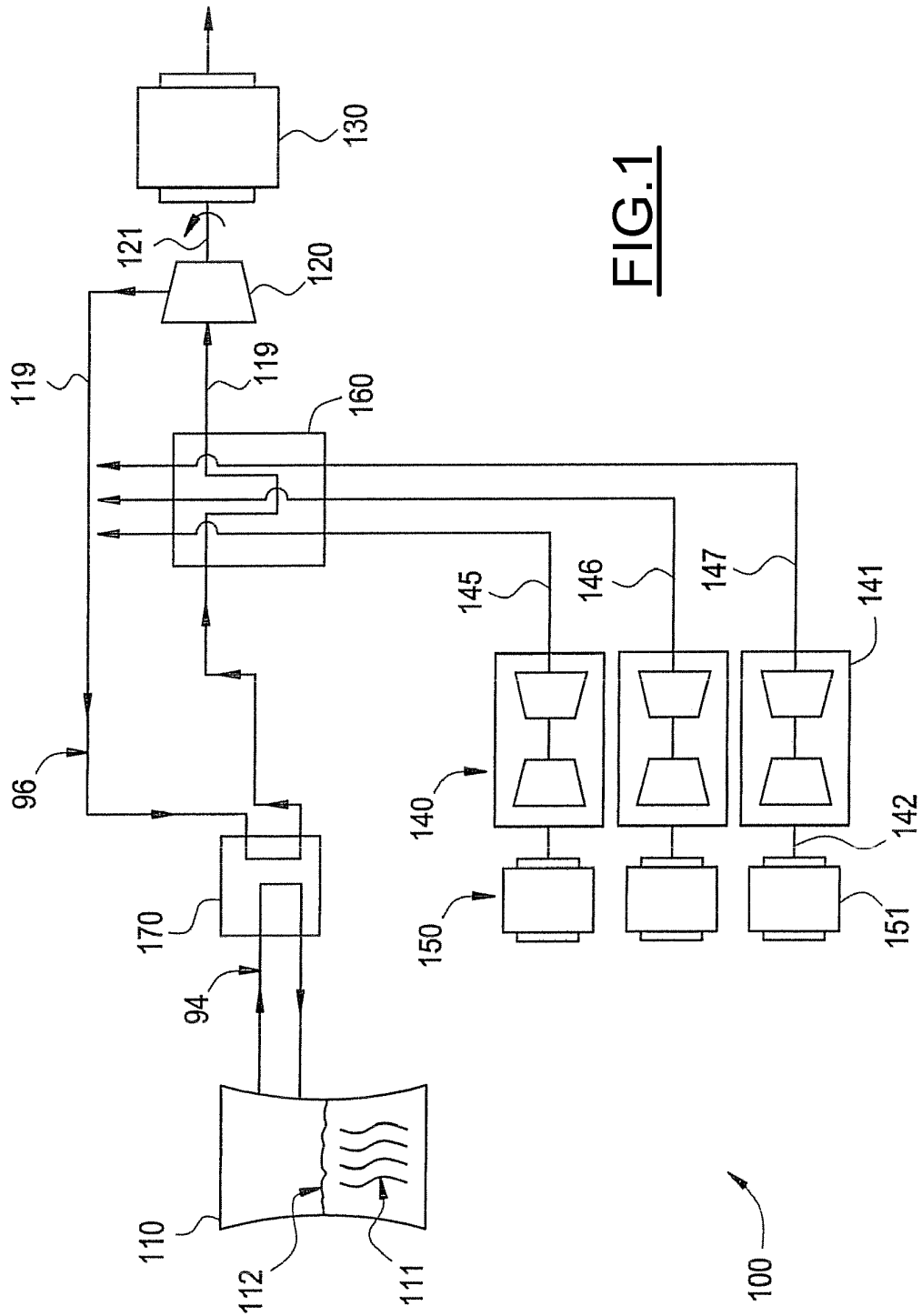


FIG.2