ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 35259 B1

(43) Date de publication :
03.07.2014

(51) Cl. internationale :
F03G 6/06; F01K 3/12; F01K 7/02; F22B 1/00

(21) N° Dépôt :
36648

(22) Date de Dépôt :
06.01.2014

(30) Données de Priorité :
07.06.2011 EP 11168979.0

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/EP2012/060617 05.06.2012

(71) Demandeur(s) :
ALSTOM Technology Ltd, Brown Boveri Strasse 7 CH-5400 Baden (CH)

(72) Inventeur(s) :
AGA, Vipluv ; QUENAUT, Johann

(74) Mandataire :
SABA & CO

(54) Titre : **CENTRALE HÉLIOTHERMIQUE**

(57) Abrégé : L'invention concerne une centrale héliothermique (20) comprenant un récepteur de rayonnement solaire (28) monté sur une tour (22) entourée par un champ d'héliostats (24) afin de recevoir les rayons solaires réfléchis par les héliostats (26) formant ledit champ (24). La centrale (20) selon l'invention comprend un circuit de production d'énergie (30) comprenant une turbine à vapeur (34) destinée à entraîner un générateur électrique (36) pour produire de l'électricité. De l'eau circulant à travers le récepteur de rayonnement solaire (28) peut être chauffée directement par les rayons solaires réfléchis sur le récepteur (28) par le champ d'héliostats (24) afin de générer une vapeur surchauffée destinée à entraîner la turbine à vapeur (34). La centrale (20) selon l'invention comprend également un circuit de stockage d'énergie (42) contenant un fluide de stockage d'énergie thermique, tel qu'un sel fondu, ainsi qu'un échangeur de chaleur (48) destiné à recevoir une partie de la vapeur surchauffée déviée du circuit de production d'énergie (30) et à transférer la chaleur issue de la vapeur surchauffée déviée vers le fluide de stockage d'énergie thermique. Afin d'améliorer l'efficacité opérationnelle de la centrale, l'échangeur de chaleur (48) refroidit la vapeur surchauffée déviée à une température supérieure à sa température de saturation de sorte que la vapeur sortant de l'échangeur de chaleur (48) se trouve à l'état surchauffé.

ملخص الاختراع

يتعلق الاختراع بمحطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية (20) تتضمن مستقبل أشعة الشمس (28) مثبت على برج (22) محاط بمجال هليوستات (24) لاستقبال أشعة الشمس المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات (24). تضمّ محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية (20) دائرة توليد قدرة (30) تتضمن توربين بخاري (34) لتحريك مولد كهربائي (36) لإنتاج قدرة كهربائية، ويكون الماء المنتقل عبر مستقبل أشعة الشمس (28) قادرًا على تسخينه مباشرةً بواسطة أشعة الشمس المنعكسة على مستقبل أشعة الشمس (28) بواسطة مجال الهليوستات (24) لتوليد البخار فائق التسخين لتحريك التوربين البخاري (34). كما تضمّ محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية (20) دائرة تخزين طاقة (42) تتضمن مائع تخزين طاقة حرارية مثل الملح الذائب ومبادل حرارة (48) لاستقبال جزء من البخار فائق التسخين المشتق من دائرة توليد القدرة (30) ولنقل الحرارة من البخار فائق التسخين المشتق إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية. بهدف تحسين الوظيفة التشغيلية للمحطة، يقوم مبادل الحرارة (48) بتبريد البخار فائق التسخين المشتق إلى درجة حرارة فوق درجة حرارة تشبعه بحيث يخرج البخار من مبادل الحرارة (48) في حالة فائقة التسخين.

(VINGT TROIS PAGES)

ALSTOM Technology Ltd
P. P. SABA & CO., Casablanca

MA 35259B1

PV136648

03 JUIL 2014

الوصف الكامل

المجال التقني

يتعلق الاختراع الحالي بصفة عامة بمجال القدرة الشمسية المركزة (CSP). تتعلق تجسيدات خاصة بمحطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية تستخدم القدرة الشمسية المركزة لتوليد الكهرباء و/أو بطريقة تشغيل لمحطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية.

الخلفية التقنية

تشتمل القدرة الشمسية المركزة (CSP) على استخدام العدسات، أو المرايا أو المعدات البصرية الأخرى لتركيز أشعة الشمس من منطقة سقوط كبيرة على منطقة صغيرة. ويتم استخدم الطاقة الناتجة من أشعة الشمس بعد ذلك لتوليد قدرة كهربائية. يكون للقدرة الشمسية المركزة احتمالية أن تصبح من مصادر الطاقة الهامة في المستقبل.

ويوجد اقتراحات كثيرة لتقنية القدرة الشمسية المركزة. ومن المعتقد أن التقنية يكون لها احتمالية أكثر لتوفير جيل من القدرة عالي الفعالية تمثل محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية المركزة، وتعرف أيضاً بمحطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية ذات المستقبل المركزي، ومحطة القدرة ذات الهليوستات وبرج القدرة الشمسية. وتتضمن تلك التقنية استخدام مستقبل أشعة الشمس، مثبت فوق برج، لاستقبال أشعة الشمس التي تنعكس لتسقط عليه بواسطة مجموعة من عواكس تتبع موضوعة في مجال شمسي حول البرج. وتكون عواكس التتبع نمطياً عبارة عن عناصر هليوستات ويشار إلى مجموعة عناصر الهليوستات بشكل شائع بمجال هليوستات.

الشكل 1 عبارة عن توضيح بياني لمحطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية المركز من بخار مباشر تقليدية حيث بها يتم عكس أشعة الشمس بواسطة مجال هليوستات 2 لتسقط على مستقبل أشعة الشمس 4 المثبت فوق البرج 6. تقوم أشعة الشمس المنعكسة مباشرةً بتسخين الماء التدوير خلال مستقبل أشعة الشمس 4. ويؤدي ذلك إلى توليد البخار فائق التسخين الذي يتم إمداده إلى دائرة توليد قدرة 8 لتحريك مجموعة مولد بتوربين بخاري 10، وبالتالي توليد قدرة كهربائية، بطريقة معروفة جيداً باستخدام دورة Rankine. بالإضافة إلى مجموعة المولد بالتوربين البخاري 10، تشتمل دائرة توليد القدرة 8 على مكثف مبرّد بالهواء 12 وسخان ماء تغذية 14.

يمكن أن تعمل محطات القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية المركزة من بخار مباشر فقط بفعالية أثناء ساعات النهار في الأوقات عندما تكون أشعة الشمس المتاحة المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات 2 لتسقط على مستقبل أشعة الشمس 4 كافية لتوليد البخار فائق التسخين بالضغط ودرجة الحرارة المطلوبة في دائرة توليد القدرة 8. ويحدث ذلك لأنه لا يمكن تخزين البخار عالي الضغط وعالي درجة الحرارة بسهولة للاستخدام اللاحق.

وللتغلب على هذا العيب، تم اقتراح محطات القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية المركزة من بخار مباشر ذات قدرة لتخزين الطاقة. وتستخدم تلك المحطات مائع تخزين طاقة حرارية بسعة حرارية نوعية عالية، نمطياً الملح المنصهر أو خليط من أملاح منصهرة مختلفة، لتخزين الطاقة. يتم تخزين الطاقة الحرارية أثناء دورة شحن عن طريق تسخين الملح المنصهر ويتم استخراج الطاقة الحرارية تتابعياً أثناء دورة تفريغ لتسخين الماء، وبالتالي توليد البخار. يتم بعد ذلك استخدام البخار المتولد لتحريك مجموعة مولد بتوربين بخاري لتوليد قدرة كهربائية.

أثناء دورة الشحن، يتم إمداد جزء من البخار فائق التسخين المتولد بواسطة مستقبل أشعة الشمس مباشرةً إلى مجموعة المولد بالتوربين البخاري لتوليد قدرة كهربائية. في ذلك الصدد، تعمل محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية بصورة مشابهة جداً لمحطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية ذات بخار مباشر تقليدية الموصوفة أعلاه بالإشارة إلى الشكل 1. يتم إمداد الجزء المتبقي من البخار فائق التسخين إلى مبادل حرارة أول الذي يستخلص الطاقة الحرارية من البخار فائق التسخين وينقلها إلى الملح المنصهر. يتم تخزين الملح المنصهر المسخّن في حاوية تخزين معزولة. أثناء دورة التفريغ عند عدم إمكانية إمداد البخار فائق التسخين مباشرةً بواسطة مستقبل أشعة الشمس إلى مجموعة المولد بالتوربين البخاري لتوليد قدرة كهربائية بسبب نقص أشعة الشمس المنعكسة الساقطة على مستقبل أشعة الشمس، يتم استخراج الطاقة الحرارية من الملح المنصهر الساخن بواسطة مبادل حرارة ثاني ويتم استخدام الطاقة الحرارية المستخرجة لتسخين الماء، وبالتالي توليد البخار فائق التسخين. على النحو المشار إليه أعلاه، يتم إمداد ذلك البخار فائق التسخين إلى مجموعة المولد بالتوربين البخاري لتوليد قدرة كهربائية.

وحتى تعمل محطات القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية من ذلك النوع بأقصى فعالية، يجب أن تبقى درجة حرارة وضغط البخار المولد أثناء دورة التفريغ بشكل مفضل مشابهة إلى حدٍ كبير لدرجة حرارة وضغط البخار المولد بواسطة مستقبل أشعة الشمس أثناء ساعات النهار وإمداده مباشرةً إلى مجموعة المولد بالتوربين البخاري لتوليد قدرة كهربائية. مع ذلك، بسبب الطريقة التي يتم بها تسخين مائع تخزين الطاقة الحرارية عن طريق استخراج الطاقة الحرارية من

البخار في مبادل حرارة، تكون درجة الحرارة القصوى التي يمكن تحقيقها بواسطة مائع تخزين الطاقة الحرارية أقل بشكل ملحوظ من درجة الحرارة القصوى للبخار الذي يتم منه استخراج الطاقة. ويؤدي ذلك ما يعرف بـ "فقد نقطة ضئيلة" ويحدث ذلك لأنه عند تبريد البخار فائق التسخين في مبادل الحرارة، فإنه يغير حالته إلى بخار مشبع. وأثناء ذلك التغيير في الحالة عند تحرير الحرارة الكامنة، لا تنخفض درجة حرارة البخار ولكن تزيد درجة حرارة مائع تخزين الطاقة الحرارية، الملح المنصهر، باطراد رتيب. وبسبب ذلك عدم توافق السلوك الحراري بين المائعين في مبادل الحرارة، تكون درجة الحرارة الأعلى التي يمكن أن يصل لها الملح المنصهر أقل بكثير من درجة حرارة البخار فائق التسخين الداخل، مما يؤدي إلى استخراج درجة حرارة منخفض. تم توضيح تأثير "فقد نقطة ضئيلة" بواسطة مخطط درجة الحرارة– المحتوى الحراري (T-h) الموضح في الشكل 2 حيث تشير الأسهم إلى نقل الطاقة الحرارية من البخار (المنحنى A) إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية. يمكن تسخين مائع تخزين الطاقة الحرارية بشكل مثالي وفقاً للخط B مع تبريد البخار. مع ذلك، بسبب طور الحرارة الكامنة أثناء تبريد البخار (الجزء المستوي نسبياً من المنحنى A)، يتم تسخين مائع تخزين الطاقة الحرارية وفقاً للخط C و، بالتالي، يصل إلى درجة حرارة قصوى أقل بكثير من درجة الحرارة القصوى المثالية المشار لها بالخط B.

ونتيجة لذلك، عند استخراج الطاقة الحرارية بعد ذلك من مائع تخزين الطاقة الحرارية أثناء دورة التفريغ لتوليد البخار لمجوعة مولد التوربين البخاري، يصل البخار المولد إلى درجة حرارة وضغط أقل بكثير من البخار فائق التسخين المستخدم لتسخين الملح المنصهر. ويؤدي ذلك إلى خفض فعالية ذلك النوع من محطات القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية. في بعض الحالات، يمكن أن يكون ضغط البخار المنخفض في دائرة توليد القدرة غير كافي لتشغيل مجموعة المولد بالتوربين البخاري بحمل كامل، مما يعني أنه لا يتم استيفاء متطلبات توليد القدرة.

وعليه، بالتالي، يكون من المرغوب فيه توفير محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية لها فعالية تشغيلية محسنة.

الكشف عن الاختراع

وفقاً لسمة أولى، يتم تقديم محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية تتضمن:

برج؛

مجموعة من عناصر هليوستات تحيط البرج وتشكل مجال هليوستات؛

مستقبل أشعة الشمس مثبت على البرج لاستقبال أشعة الشمس المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات؛

دائرة توليد قدرة تتضمن توربين بخاري لتحريك مولد كهربائي لإنتاج قدرة كهربائية، تدوير الماء خلال مستقبل أشعة الشمس يكون قادر على تسخينه مباشرةً بواسطة أشعة الشمس المنعكسة على مستقبل أشعة الشمس بواسطة مجال الهليوستات لتوليد البخار فائق التسخين لتحريك التوربين البخاري؛

دائرة تخزين طاقة تتضمن مائع تخزين طاقة حرارية ومبادل حرارة لاستقبال جزء من البخار فائق التسخين المشتق من دائرة توليد القدرة ولنقل الحرارة من البخار فائق التسخين المشتق إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية؛

حيث مبادل الحرارة يكون قابل للتشغيل لتبريد البخار فائق التسخين المشتق إلى درجة حرارة فوق درجة حرارة تشبعه بحيث يكون البخار الخارج من مبادل الحرارة في حالة فائقة التسخين.

وفقاً لسمة ثانية، يتم تقديم طريقة لتشغيل محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية تتضمن:

برج؛

مجموعة من عناصر هليوستات تحيط البرج وتشكل مجال هليوستات؛

مستقبل أشعة الشمس مثبت على البرج لاستقبال أشعة الشمس المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات؛

دائرة توليد قدرة تتضمن توربين بخاري لتحريك مولد كهربائي لإنتاج قدرة كهربائية؛

و

دائرة تخزين طاقة تتضمن مائع تخزين طاقة حرارية ومبادل حرارة لاستقبال البخار فائق التسخين المشتق من دائرة توليد القدرة ولنقل الحرارة من البخار فائق التسخين إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية؛

حيث تشتمل طريقة التشغيل على:

تدوير الماء خلال مستقبل أشعة الشمس بحيث يتم تسخين الماء مباشرةً بواسطة أشعة الشمس

المنعكسة على مستقبل أشعة الشمس بواسطة مجال الهليوستات لتوليد البخار فائق التسخين؛

إمداد جزء من البخار فائق التسخين إلى التوربين البخاري في دائرة توليد القدرة؛

تحويل جزء من البخار فائق التسخين إلى مبادل الحرارة في دائرة تخزين الطاقة؛ و

تبريد البخار فائق التسخين المشتق في مبادل الحرارة إلى درجة حرارة فوق درجة حرارة تشبعه بحيث يكون البخار الخارج من مبادل الحرارة في حالة فائقة التسخين.

وبسبب تبريد البخار فائق التسخين المحوّل إلى مبادل الحرارة إلى درجة حرارة فوق درجة حرارة تشبعه (لضغط بخار معطى)، فإن هذا لا يغير الحالة إلى بخار مشبع ويتم نقل الطاقة الحرارية من البخار إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية فقط عندما يكون البخار في حالة فائقة التسخين. بالتالي يتم إزالة "فقد نقطة ضئيلة" الموصوف أعلاه، الذي يظهر في محطات قدرة حرارية بالطاقة الشمسية تقليدية عند تبريد البخار فائق التسخين إلى درجة حرارة عند أو أقل من درجة حرارة تشبعه وتغيير الحالة إلى بخار مشبع، ومن ثم تعظيم نقل الحرارة من البخار إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية. بالتالي يتم تحسين الفعالية التشغيلية لمحطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية بشكل كبير.

يمكن أن تتغير كمية البخار فائق التسخين المشتق من دائرة توليد القدرة إلى دائرة تخزين الطاقة بناءً على كمية أشعة الشمس المتاحة المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات على مستقبل أشعة الشمس. على وجه التحديد، أثناء الأجواء المشمسة عندما تتجاوز كمية أشعة الشمس المنعكسة الكمية الضرورية لتسخين ماء التدوير خلال مستقبل أشعة الشمس لتوليد البخار فائق التسخين لتشغيل التوربين البخاري بحمل كامل، يتم تحويل البخار فائق التسخين الزائد الناتج من أشعة الشمس الزائدة أثناء دورة شحن إلى مبادل الحرارة في دائرة تخزين الطاقة.

يمكن أن تشتمل محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية على جهاز تسخين أولي لإمداد ماء تغذية مسخّن مسبقاً إلى مستقبل أشعة الشمس. ويؤدي استخدام ماء تغذية مسخّن مسبقاً في مستقبل أشعة الشمس إلى خفض الصدمة الحرارية ويزيد بصفة عامة من فعالية تشغيل محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية.

يمكن أن يشتمل جهاز التسخين الأولي على سخان ماء تغذية. يمكن أن يعمل سخان ماء التغذية لخلط البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة بالماء لتوفير ماء التغذية سابق التسخين. عن طريق خلط البخار فائق التسخين بالماء عند درجة حرارة منخفضة نسبياً، يمكن تبريد البخار فائق التسخين إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة تشبعه بحيث يمكن نقل الحرارة من

البخار إلى الماء. يقوم البخار فائق التسخين بشكل معتدل بتغيير الحالة إلى الماء المشبع مع تبريده. يمكن ضخ ماء التغذية المسخّن مسبقاً الناتج إلى مستقبل أشعة الشمس فوق البرج بطريقة بسيطة باستخدام مضخة ماء تغذية.

يمكن أن يشتمل جهاز التسخين الأولي على نحو بديل على مضخة بخار حيث تكون قابلة للتشغيل لخلط البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة بالماء عند درجة حرارة منخفضة نسبياً. يمكن حقن تيار المائع الناتج من مضخة البخار في مستقبل أشعة الشمس فوق البرج. تكون مضخة البخار عبارة عن جهاز معروف جيداً، حيث تخلط البخار فائق التسخين مع الماء وتنتج ماء مختلط بضغط عالي كافي يمكن حقنه في إلى مستقبل أشعة الشمس فوق البرج. بالنسبة للبخار عالي الضغط، يمكن أن تكون مضخة البخار في حالات معينة أكثر فعالية للخلط عن سخان ماء تغذية بسيط منفرد.

يمكن تشغيل جهاز التسخين الأولي لخلط البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة مع الماء المكثف من التوربين البخاري لتوفير ماء التغذية سابق التسخين. يتم إعادة استخدام الماء المكثف الناتج من التكثيف التالي للبخار الموسّع في التوربين البخاري، بالتالي، بشكل مميز في دورة مغلقة. بشكل معتدل، يتم إمداد الماء المكثف مباشرةً من مكثف بعد التوربين البخاري إلى جهاز التسخين الأولي أثناء دورة الشحن، عند استخراج جزء من البخار فائق التسخين من دائرة توليد القدرة إلى دائرة تخزين الطاقة.

في الحالات التي يكون بها ضغط البخار في المنطقة 140 بار، يمكن تشغيل مبادل الحرارة لتبريد البخار فائق التسخين المشتق إلى درجة حرارة بين حوالي 330 درجة مئوية و350 درجة مئوية عند مخرج مبادل الحرارة. يبقى البخار الخارج من مبادل الحرارة في حالة فائقة التسخين عند الضغط المذكور ونطاق درجات الحرارة.

يمكن أن تكون درجة حرارة الماء المزود إلى جهاز التسخين الأولي، على سبيل المثال ماء مكثف من المكثف بعد التوربين البخاري، بين حوالي 50 درجة مئوية و80 درجة مئوية.

عند خلط البخار فائق التسخين في نطاق درجات الحرارة المذكور أنفاً بين حوالي 330 درجة مئوية و350 درجة مئوية في جهاز التسخين الأولي مع ماء بارد نسبياً عند درجة حرارة بين حوالي 50 درجة مئوية و80 درجة مئوية، درجة حرارة يمكن أن يكون ماء التغذية المسخّن مسبقاً الناتج بين حوالي 240 درجة مئوية و320 درجة مئوية. سوف تتغير درجات الحرارة الفعالية وفقاً لكمية البخار فائق التسخين المستخرجة من دائرة توليد القدرة إلى دائرة تخزين

الطاقة (أي، نسبة معدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين المستخدم في دائرة توليد القدرة لتوليد قدرة كهربائية إلى معدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين المحوّل إلى دائرة تخزين الطاقة).

وكبديل لاستخدام البخار فائق التسخين الخارج من مبادل الحرارة للتسخين الأولي لماء التغذية على سبيل المثال في سخان ماء تغذية أو مضخة بخار، يمكن تجهيز محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية بحيث يتم إمداد البخار فائق التسخين الخارج من مبادل الحرارة مباشرةً إلى التوربين البخاري للتمدد في التوربين البخاري. في تلك الحالات، يمكن ضخ البخار فائق التسخين مباشرةً في أحد مراحل التوربين البخاري للتمدد في مرحلة التوربين البخاري. بما أن البخار فائق التسخين الخارج من مبادل الحرارة لم يعد يستخدم للتسخين الأولي لماء التغذية، يمكن أن تشتمل محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية على سخان ماء تغذية إضافي لتوفير ماء تغذية مسخّن مسبقاً لمستقبل أشعة الشمس ويمكن تجهيز سخان ماء التغذية الإضافي لخلط ماء مكثف من التوربين البخاري مع البخار المستخلص بين واحدة أو أكثر من مراحل التوربين البخاري.

يمكن أن يشتمل أحد تجسيدات طريقة التشغيل وفقاً للسمة الثانية على خلط البخار فائق التسخين الخارج من مبادل الحرارة بالماء لتوفير ماء تغذية مسخّن مسبقاً لمستقبل أشعة الشمس. بشكل معتدل، يتم تسخين ماء التغذية المسخّن مسبقاً في مستقبل أشعة الشمس أثناء خطوة التدوير المذكورة لتوليد البخار فائق التسخين. يتم تقليص الصدمة الحرارية في مستقبل أشعة الشمس، بالتالي، ويتم زيادة فعالية تشغيل محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية كما هو مشار إليه أعلاه.

يمكن أن تشتمل طريقة التشغيل على خلط البخار فائق التسخين الخارج من مبادل الحرارة مع الماء المكثف الناتج عن طريق تكثيف البخار الموسّع في التوربين البخاري، بالتالي لتوفير ماء التغذية سابق التسخين. على النحو المشار إليه أعلاه، يمكن إمداد الماء المكثف مباشرةً من المكثف بدون أي تسخين أولي وسيط.

يتم خلط البخار فائق التسخين والماء بشكل معتدل في سخان ماء تغذية. يمكن أن يكون سخان ماء التغذية عبارة عن سخان ماء تغذية مفتوح أو سخان ماء تغذية مغلق، بالرغم من أنه يفضل سخان ماء تغذية مفتوح.

يمكن خلط البخار فائق التسخين والماء بشكل بديل باستخدام مضخة بخار. يمكن أن يوفر ذلك بخار بضغط عالي للمائع المختلط الناتج. في ظروف تشغيل بخار وأحجام محطة معينة، يمكن

أن يكون الخلط مفضلاً باستخدام مضخة بخار بدلاً من سخان ماء تغذية.

يمكن أن يشتمل تجسيد بديل لطريقة التشغيل وفقاً للسمة الثانية على إمداد البخار فائق التسخين الخارج من مبادل الحرارة إلى التوربين البخاري للتمدد في التوربين البخاري. يؤدي توسيع البخار فائق التسخين في التوربين البخاري إلى دعم توليد قدرة كهربائية ويزيد من الفعالية التشغيلية لمحطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية.

في ذلك التجسيد البديل، يمكن خلط الماء المكثف من المكثف الموضوع بعد التوربين البخاري مع بخار مستخرج بين واحدة أو أكثر من مراحل التوربين البخاري لتوفير ماء تغذية مسخّن مسبقاً لمستقبل أشعة الشمس.

يكون مائع تخزين الطاقة الحرارية نمطياً عبارة عن سائل. يمكن أن يكون سائل تخزين الطاقة الحرارية عبارة عن ملح منصهرج، حيث يمكن أن يكون قابل على سبيل المثال لتسخينه إلى أقصى درجة حرارة تشغيل في المنطقة 580 درجة مئوية للتخزين الفعّال للطاقة الحرارية. يمكن أن يكون الملح المنصهر عبارة عن ملح نيترات أو ملح كربونات، بالرغم من أن الصور الأخرى للملح المنصهر، مثل خلائط من أملاح، تكون بالكامل ضمن مجال الاختراع الحالي.

يمكن أن تشتمل دائرة تخزين الطاقة على موقعين تخزين مائع لمائع تخزين الطاقة الحرارية، أحدهما يمكن أن يكون عبارة عن صهريج تخزين مائع بدرجة حرارة عالية والآخر يمكن أن يكون صهريج تخزين مائع بدرجة حرارة أقل نسبياً. يمكن أن تشتمل دائرة تخزين الطاقة على نحو بديل على كلا موقعي تخزين المائع في صهريج مائع منحدر الحرارة منفرد، على سبيل المثال باستخدام مائع عالي درجة الحرارة عند القمة ومائع منخفض درجة الحرارة عند القاع، بالرغم من أن تلك الحلول للتخزين بالصهريج المنفرد لا تزال تحت التطوير. يمكن وضع مبادل الحرارة في دائرة تخزين الطاقة بين موقعي تخزين المائع عالي درجة الحرارة ومنخفض درجة الحرارة، مما يتيح نقل الطاقة الحرارية من البخار فائق التسخين إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية مع دورانه في دائرة تخزين الطاقة من موقع تخزين المائع منخفض درجة الحرارة إلى موقع تخزين المائع عالي درجة الحرارة. يمكن أن تشتمل دائرة تخزين الطاقة على مبادل حرارة إضافي حيث يمكن تشغيله لاستخراج الطاقة الحرارية من مائع تخزين الطاقة الحرارية مع دورانه في دائرة تخزين الطاقة من موقع تخزين المائع عالي درجة الحرارة إلى موقع تخزين المائع منخفض درجة الحرارة.

يمكن استخدام الطاقة الحرارية المستخرجة بواسطة مبادل الحرارة الإضافي لأي غرض

مرغوب فيه، ولكن تستخدم بشكل تقليدي في الغالب لتوليد البخار لدائرة توليد القدرة بمحطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية، أثناء دورة التفريغ في الأوقات التي يتم بها عكس كمية غير كافية من أشعة الشمس على مستقبل أشعة الشمس لتوليد البخار فائق التسخين عند درجة الحرارة والضغط المطلوبة لدائرة توليد القدرة، على سبيل المثال أثناء ساعات الليل أو ظروف الغيوم. وفقاً لذلك، يمكن تجهيز مبادل الحرارة الإضافي لتوليد البخار فائق التسخين لدائرة توليد القدرة ويمكن تجهيزه لإمداد البخار فائق التسخين إلى دائرة توليد القدرة للتمدد في التوربين البخاري.

الوصف المختصر للرسومات

الشكل 1 عبارة عن توضيح بياني لمحطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية ببخار مباشر مركز تقليدية؛

الشكل 2 عبارة عن مخطط درجة الحرارة - المحتوى الحراري (T-h) لمحطة قدرة بالحرارة الشمسية ببخار مباشر تقليدية توضح نقل الطاقة الحرارية من البخار إلى مائع تخزين طاقة حرارية أثناء دورة شحن؛

الشكل 3 عبارة عن توضيح بياني لمحطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً للاختراع الحالي؛

الشكل 4 عبارة عن مخطط درجة الحرارة - المحتوى الحراري (T-h) لمحطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية الموضحة في الشكل 3 يوضح نقل الطاقة الحرارية من البخار فائق التسخين إلى مائع تخزين طاقة حرارية أثناء دورة شحن؛ و

الشكل 5 عبارة عن مخطط درجة الحرارة - المحتوى الحراري (T-h) لمحطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية الموضحة في الشكل 3 يوضح نقل الطاقة الحرارية من مائع تخزين الطاقة الحرارية إلى الماء لإنتاج البخار فائق التسخين أثناء دورة تفريغ.

الوصف التفصيلي للتجسيدات المفضلة

سوف يتم الآن وصف التجسيدات المفضلة على سبيل المثال فقط وبالإشارة إلى الرسومات الملحقة.

بالإشارة إلى الشكل 3، يتم عرض محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية 20 تتضمن برج 22 ومجال هليوستات 24 يحيط البرج 22. يشتمل مجال الهليوستات 24 على مجموعة من عناصر هليوستات تتبع مستقلة 26 ويتم تعديل موضع كل هليوستات 26 بواسطة نظام تتبع

متحكم به بواسطة كمبيوتر مبرمج بشكل مناسب لتتبع تحرك الشمس. يتم تثبيت مستقبل أشعة الشمس 28 على قمة البرج 22 ويتم عكس أشعة الشمس بواسطة مجال الهليوستات 24 لتسقط على مستقبل أشعة الشمس 28.

تشتمل محطة القدرة 20 على دائرة بخار توليد قدرة 30 لتوليد قدرة كهربائية. تشتمل دائرة بخار توليد القدرة 30 على نظام توليد قدرة 32 خلاله يتم تدوير البخار فائق التسخين بالتالي إلى توليد قدرة كهربائية، ويشتم لنظام توليد القدرة 32 نمطياً على توربين بخاري 34 مراحل بضغط عالي (HP) وضغط متوسط ومنخفض (IP/LP) خلالها يتم توسيع البخار فائق التسخين، ومولد كهربائي 36 يتحرك بواسطة التوربين البخاري 34. تشتمل دائرة بخار توليد القدرة 30 أيضاً على مكثف مبرّد بالهواء 38 وسخان ماء تغذية 40.

تشتمل محطة القدرة 20 على دائرة تخزين طاقة 42 حيث تستخدم الملح المنصهر على هيئة مائع تخزين طاقة حرارية. تشتمل دائرة تخزين الطاقة 42 على صهريج تخزين ملح ساخن معزول 44 وصهريج تخزين ملح بارد نسبياً 46. يتم تجهيز مبادل حرارة أول 48 لنقل الحرارة إلى الملح المنصهر البارد مع تدفقه في دائرة تخزين الطاقة 42 من صهريج التخزين البارد 46 إلى صهريج تخزين الملح الساخن 44 ويتم تجهيز مبادل حرارة ثاني 50 لاستخراج الحرارة من الملح المنصهر الساخن مع تدفقه في دائرة تخزين الطاقة 42 من صهريج تخزين الملح الساخن 44 إلى صهريج تخزين الملح البارد 46.

يمكن أن تعمل محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية 20 في أنظمة مختلفة بناءً على متطلبات توليد القدرة السائدة وكمية أشعة الشمس المتاحة.

أثناء ساعات النهار، يمكن أن تعمل محطة القدرة 20 في نظام تشغيل توليد/ تخزين مجمع، بشرط وجود كمية كافية من أشعة الشمس. في نظام التشغيل هذا، يتم تسخين تدوير الماء في مستقبل أشعة الشمس 28 بواسطة الطاقة الحرارية الناتجة من أشعة الشمس المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات 24 لتسقط على مستقبل أشعة الشمس 28. ويؤدي ذلك إلى توليد البخار فائق التسخين، نمطياً عند ضغط في المنطقة 120 إلى 175 بار ودرجة حرارة في المنطقة 560 درجة مئوية إلى 570 درجة مئوية. في التجسيد الموضح، يكون للبخار فائق التسخين المتولد ضغط حوالي 140 بار ودرجة حرارة حوالي 565 درجة مئوية.

وحتى يتم تسخين ماء التدوير مباشرةً في مستقبل أشعة الشمس 28، يشتمل مستقبل أشعة الشمس 28 نمطياً على مجموعة من لوحات مستقبل متصلة على التسلسل، حيث يمكن، على

سبيل المثال، تجهيزه محيطياً حول مستقبل أشعة الشمس 28. تشتمل كل من ألواح المستقبل على مجموعة من أنابيب مجهزة رأسياً على التوازي، بقطر صغير التي تكون متصلة عند نهايتها العلوية والسفلية بواسطة الأجزاء العلوية. يؤدي تدوير الماء في مستقبل أشعة الشمس 28 إلى الدفق خلال الأنابيب في ألواح المستقبل حيث يتم تسخينها مباشرةً بواسطة الطاقة الحرارية الناتجة من أشعة الشمس المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات 24 لتسقط على ألواح المستقبل. بالرغم من أن ألواح المستقبل المجهزة محيطياً المتعددة تكون مفضلة، إلا أنه يمكن تجهيز لوحة مستقبل واحدة.

يتم إمداد جزء أساسي من معدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين مباشرةً إلى مجموعة المولد بالتوربين البخاري للتمدد في التوربين البخاري 34. على النحو المشار إليه أعلاه، يؤدي توسيع البخار فائق التسخين في التوربين البخاري 34 إلى تحريك المولد الكهربي 36، بالتالي يتم توليد قدرة كهربائية.

يتم استنتاج الجزء المتبقي من معدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين من دائرة توليد القدرة 30 إلى دائرة تخزين الطاقة 42 عن طريق صمام تحويل 52. يمكن التحكم بصمام التحويل 52 لتغيير النسبة بين معدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين إمداده مباشرةً إلى التوربين البخاري 34 لتوليد قدرة كهربائية ومعدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين المحوّل إلى دائرة تخزين الطاقة 42. بصفة عامة، يكون من الممكن تحويل جزء أكبر من البخار فائق التسخين المتولد بواسطة مستقبل أشعة الشمس 28 إلى دائرة تخزين الطاقة 42 أثناء الفترات المشمسة عندما تكون كمية أشعة الشمس المتاحة، وبالتالي البخار فائق التسخين، تتجاوز تلك الضرورية لتشغيل التوربين البخاري 34 بحمل كامل.

يتم تغذية البخار فائق التسخين المحوّل إلى دائرة تخزين الطاقة 42 خلال مبادل الحرارة الأول 48 أثناء دورة شحن. يتم تبريد البخار فائق التسخين في مبادل الحرارة الأول 48 ويتم نقل الحرارة من البخار فائق التسخين إلى الملح المنصهر مع دورانه من صهريج تخزين الملح البارد 46 إلى صهريج تخزين الملح الساخن 44. وفقاً للاختراع الحالي، يتم تبريد البخار فائق التسخين في مبادل الحرارة الأول 48 إلى درجة حرارة فوق درجة حرارة تشبعه بحيث يبقى البخار الخارج من مبادل الحرارة الأول 48 في حالة فائقة التسخين. كما تم عرضه بوضوح بواسطة مخطط درجة الحرارة – المحتوى الحراري (T-h) الموضح في الشكل 4، تؤدي تلك الطريقة المبتكرة لتسخين الملح المنصهر، أثناء دورة الشحن، إلى تعظيم نقل الحرارة من البخار إلى الملح المنصهر وتخفض بشكل كبير من "فقد نقطة ضئيلة" الموصوف سابقاً في ذلك

الوصف بالإشارة إلى مخطط درجة الحرارة– المحتوى الحراري (T-h) من الشكل 2. على وجه التحديد، سوف يظهر من مخطط درجة الحرارة– المحتوى الحراري (T-h) من الشكل 4 أن الخط T-h (برمز D) للملح المنصهر يتطابق جداً مع الخط T-h (برمز A) للبخار في حالة فائقة التسخين. وفقاً لذلك، يحقق الملح المنصهر أقصى درجة حرارة تقترب من درجة الحرارة القصوى للبخار فائق التسخين. على سبيل المثال، عندما يكون للبخار فائق التسخين المدوّر خلال مبادل الحرارة (عند ضغط ثابت حوالي 140 بار) درجة حرارة عند المدخل تقريباً 565 درجة مئوية ودرجة حرارة عند المخرج تقريباً 337 درجة مئوية، فوق درجة حرارة تشبعه، يمكن أن يصل الملح المنصهر إلى أقصى درجة حرارة 535 درجة مئوية. ويكون ذلك قريب جداً من درجة حرارة مدخل البخار فائق التسخين.

وحتى يتم تعظيم الفعالية التشغيلية لمحطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية 20، يتم إمداد البخار فائق التسخين من مخرج مبادل الحرارة الأول 48 إلى سخان ماء تغذية 54 أو جهاز تسخين أولي مناسب آخر حيث يمد ماء تغذية مسخّن مسبقاً إلى مستقبل أشعة الشمس. البخار فائق التسخين حيث يتم توسيع خلال مراحل التوربين البخاري 34 يتم إمداد إلى المكثف 38 لإنتاج الماء. في التجسيد الموضح، تكون درجة حرارة الماء المكثف تقريباً 68 درجة مئوية، ولكن يمكن أن تكون درجة الحرارة في أي مكان في النطاق من حوالي 50 درجة مئوية إلى حوالي 80 درجة مئوية. أثناء نظام التشغيل توليد/ تخزين المجمع، يمر الماء المكثف فرعياً سخان ماء التغذية 40 ويتم إمداده مباشرةً إلى سخان ماء التغذية 54، بدون تسخينه أولياً، حيث يتم خلطه مع البخار فائق التسخين من مخرج مبادل الحرارة الأول 48. يستخرج خلط البخار فائق التسخين والماء المكثف البارد نسبياً في سخان ماء التغذية 54 أيضاً الطاقة الحرارية من البخار فائق التسخين ويسخّن الماء المكثف البارد نسبياً لتوفير ماء التغذية سابق التسخين. يتم بعد ذلك ضخ ماء التغذية المسخّن مسبقاً بشكل بسيط إلى مستقبل أشعة الشمس 28 بواسطة مضخة ماء تغذية 56. في التجسيد الموضح، تكون درجة حرارة ماء التغذية المسخّن مسبقاً بين حوالي 240 درجة مئوية وحوالي 320 درجة مئوية، بناءً على النسبة بين معدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين إمداده مباشرةً إلى التوربين البخاري 34 لتوليد قدرة كهربائية ومعدل تدفق كتلة البخار فائق التسخين المحوّل إلى دائرة تخزين الطاقة 42. وعليه، بالطبع، يكون من المهم أن لا تتجاوز درجة حرارة الماء عند مخرج سخان ماء التغذية 54 درجة حرارة التكثيف عند الضغط المعطى لضمان إمكانية استخدام مضخة ماء التغذية 56 لإمداد ماء التغذية المسخّن مسبقاً إلى مستقبل أشعة الشمس 28. يمكن أن تكون درجة حرارة الماء عند المخرج أعلى في

حالات معينة إذا تم استخدام مضخة بخار على هيئة جهاز التسخين الأولي بدلاً من سخان ماء التغذية 54.

عند الفترات التي لا تكون بها الطاقة الشمسية كافية للتسخين المباشر لماء التدوير في ألواح المستقبل بمستقبل أشعة الشمس 28 لتوفير بخار عند الضغط ودرجة الحرارة المطلوبة لعملية فعّالة بمحطة القدرة 20 بالطريقة الموصوفة أعلاه، يمكن تشغيل محطة القدرة 20 في نظام استخراج طاقة لإمداد البخار فائق التسخين إلى نظام توليد القدرة 32. في نظام التشغيل هذا، يتم استخدام مبادل الحرارة الثاني 50 لاستخراج الطاقة الحرارية من الملح المنصهر الساخن أثناء دورة تفريغ مع تدفق الملح المنصهر الساخن من صهريج تخزين الملح الساخن 44 إلى صهريج تخزين الملح البارد 46. يتم استخدام نظام التشغيل هذا نمطياً أثناء ساعات الليل عند عدم توافر أشعة الشمس لتوليد البخار في مستقبل أشعة الشمس 28. ويمكن استخدامه، مع ذلك، أيضاً أثناء ساعات النهار إن وجد أشعة شمس غير كافية لتوليد البخار في مستقبل أشعة الشمس 28 عند الضغط ودرجة الحرارة المطلوبة لدائرة توليد القدرة 30، على سبيل المثال أثناء الظروف المناخية الصعبة.

بسبب الطريقة المبتكرة الموصوفة أعلاه المستخدمة لتسخين الملح المنصهر أثناء دورة الشحن، يتم تسخين ماء التدوير خلال مبادل الحرارة الثاني 50 بفعالية أكثر أثناء دورة التفريغ بالتالي يتم توليد البخار فائق التسخين عند درجة حرارة أعلى بكثير من المتاح في محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية التقليدية الموصوفة أعلاه. ويتضح ذلك بوضوح من خلال مخطط درجة الحرارة– المحتوى الحراري (T-h) الموضح في الشكل 5، حيث يمكن رؤية أن الملح المنصهر يبرد عن درجة حراراته المخزنة 535 درجة مئوية (الخط E) ويسخّن ماء التدوير خلال مبادل الحرارة الثاني 50 (الخط F)، يصل البخار فائق التسخين المولد كنتيجة لنقل الحرارة إلى درجة حرارة 525 درجة مئوية عند ضغط 109 بار. ويقترب ذلك من درجة حرارة 565 درجة مئوية للبخار فائق التسخين المستخدم أصلاً لتسخين الملح المنصهر.

يتم إمداد البخار فائق التسخين المتولد بواسطة نقل الحرارة في مبادل الحرارة الثاني 50 مباشرةً إلى دائرة توليد القدرة 30 حيث يتم توسيعه في التوربين البخاري 34 لتحريك المولد الكهربي 36 وبالتالي توليد قدرة كهربائية. يتم إمداد التيار الموسّع إلى المكثف 38 لإنتاج ماء تغذية لإعادة التدوير إلى البرج الشمسي. يتم إمداد الماء المكثف بعد ذلك إلى سخان ماء التغذية 40، حيث يتم تسخينه بواسطة البخار المستخرج من التوربين البخاري 34. يتم إمداد ماء التغذية المسخّن مسبقاً الناتج بعد ذلك إلى مبادل الحرارة الثاني 50 لتسخين إضافي بالطريقة

الموصوفة أعلاه، بالتالي تكوين دورة مغلقة.

سوف يتضح أنه أثناء تشغيل محطة القدرة 20 بنظام استخراج الطاقة، يكون سخان ماء التغذية 54 معطلاً.

كما سوف يدركه الشخص الماهر، يشتمل سخان ماء التغذية 40 على مبادلات الحرارة 401-405، حيث يتم تسخين ماء التغذية بواسطة البخار المستخرج من التوربين البخاري 34. في التجسيد الموضح، يتم استخدام عدة مراحل تسخين ماء تغذية، حيث بها يستخدم كل مبادل الحرارة متعاقب 401-405 نزف البخار من مرحلة توربين مختلفة في تصاعد للضغط. يجب أيضاً ملاحظة أن سخان ماء التغذية 40 يستخدم أيضاً ما يسمى بمبدأ "مصارف متتالية"، حيث به يمر مائع التغذية المتدفق داخل كل مبادل حرارة 401-405 أولاً خلال وحدة إعادة تسخين خاصة 406-410 لإعادة تسخين البخار/ الماء الذي تم تصريفه خلال مبادل الحرارة ورفع الحرارة إلى ماء التغذية. وبعد ذلك، يتم تغذية التصريف إلى ماء سخان ماء التغذية منخفض الضغط في الاتجاه لأعلى بالنسبة لتدفق ماء التغذية. وتهدف تلك القياسات إلى خفض الاختلافات بدرجة الحرارة بين مراحل تسخين ماء التغذية وبالتالي زيادة فعالية الديناميكية الحرارية وفقاً للقانون الثاني للديناميكية الحرارية.

سوف يتضح أيضاً من الشكل 3 أن ماء التصريف من وحدة إعادة التسخين 408 يتم تغذيته إلى وعاء خلط 60، حيث يتم خلطه مع ماء تغذية من مبادل الحرارة 402 وناتج تكثيف من الخط 61، مستقبل من التوربين البخاري 34. في نفس الوقت يتم تدوير ناتج التصريف من وحدة إعادة التسخين الاولى 406 داخل ماء التغذية عند مخرج المكثف 38.

بالرغم من وصف التجسيدات النموذجية في الفقرات السابقة، يجب فهم أنه يمكن إجراء تعديلات مختلفة على تلك التجسيدات بدون الحيود عن مجال عناصر الحماية الملحقة. وباتالي، يجب عدم تقييد نطاق ومجال عناصر الحماية بالتجسيدات النموذجية الموصوفة أعلاه. يمكن استبدال كل سمة تم الكشف عنها في الوصف، بما في ذلك عناصر الحماية والرسومات، بسمات بديلة تعمل بنفس الأغراض، أو أغراض مكافئة أو مشابهة، ما لم يحدد خلاف ذلك بوضوح.

على سبيل المثال، أثناء نظام التشغيل توليد/تخزين المجمع، يمكن إمداد البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة الأول 48 مباشرةً إلى التوربين البخاري 34 للتمدد في التوربين البخاري 34. في هذه الحالة، سوف يتم فهم أن البخار فائق التسخين يتم استخدامه مباشرةً لدعم توليد

قدرة كهربائية، بدلاً من التسخين الأولي لماء التغذية المزوّد إلى مستقبل أشعة الشمس 28.

تم تقديم ضغوط ودرجات حرارة البخار عند نقاط مختلفة في محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية 20 لأغراض التوضيح فقط. يجب فهم أن ضغوط ودرجات حرارة البخار الأخرى تكون بالكامل ضمن مجال عناصر الحماية الملحقة.

بالرغم من أن مائع تخزين الطاقة الحرارية نمطياً يكون عبارة عن ملح مصهور، يمكن استخدام موائع تخزين الطاقة الحرارية الأخرى التي لها سعة حرارية نوعية عالية.

ولتبسيط تكوين محطات القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية 20 الموصوفة أعلاه بالإشارة إلى الشكل 3، يمكن استبدال صهاريج الملح الساخن والملح البارد نسبياً المنفصلة 44، 46، على التوالي، بصهريج تخزين ملح منصهر منحدر الحرارة واحد. في صهريج تخزين ملح منصهر منحدر الحرارة، يتم تخزين الملح المنصهر الساخن نمطياً عند قمة الصهريج وتخزين الملح المنصهر الأبرد نمطياً عند قاع الصهريج. في هذه الحالة، يمكن وضع مبادلات الحرارة 48، 50 في دائرة تتيح تدوير الملح المنصهر بين مواقع التخزين الساخنة والباردة.

ما لم يتطلب السياق بوضوح خلاف ذلك، في جميع أنحاء الوصف وعناصر الحماية، يتم تفسير الكلمات "تشتمل على" و"تشمل"، وما شابه ذلك، في الشمول كمقابل للحصر أو المعنى الشامل؛ حيث يمكن القول، أنها في معنى "تتضمن، بدون حصر".

عناصر الحماية

1- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية (20) تتضمن:

برج (22)؛

مجموعة من عناصر هليوستات (26) تحيط البرج وتشكل مجال هليوستات (24)؛

مستقبل أشعة الشمس (28) مثبت على البرج (22) لاستقبال أشعة الشمس المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات (24)؛

دائرة توليد قدرة (30) تتضمن توربين بخاري (34) لتحريك مولد كهربائي (36) لإنتاج قدرة كهربائية، تدوير الماء خلال مستقبل أشعة الشمس (28) يكون قادر على تسخينه مباشرةً بواسطة أشعة الشمس المنعكسة على مستقبل أشعة الشمس (28) بواسطة مجال الهليوستات (24) لتوليد البخار فائق التسخين لتحريك التوربين البخاري (34)؛

دائرة تخزين طاقة (42) تتضمن مائع تخزين طاقة حرارية ومبادل حرارة (48) لاستقبال جزء من البخار فائق التسخين المشتق من دائرة توليد القدرة (30) ولنقل الحرارة من البخار فائق التسخين المشتق إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية؛

تتميز بأن مبادل الحرارة (48) يكون قابل للتشغيل لتبريد البخار فائق التسخين المشتق إلى درجة حرارة فوق درجة حرارة تشبعه بحيث يخرج البخار من مبادل الحرارة (48) في حالة فائقة التسخين.

2- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يكون مبادل الحرارة (48) قابل للتشغيل لتبريد البخار فائق التسخين المشتق إلى درجة حرارة بين حوالي 330 درجة مئوية و350 درجة مئوية عند المخرج من مبادل الحرارة (48) عندما يكون ضغط البخار في المنطقة 140 بار.

3- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1 أو عنصر الحماية 2، حيث تشتمل محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية (20) على جهاز تسخين أولي (54) لإمداد ماء تغذية مسخّن مسبقاً إلى مستقبل أشعة الشمس (28)، يمكن أن يعمل جهاز التسخين الأولي (54) لخلط البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة (48) بالماء لتوفير ماء التغذية سابق التسخين.

4- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 3، حيث تكون درجة حرارة ماء التغذية المسخّن مسبقاً المزوّد بواسطة جهاز التسخين الأولي (54) إلى مستقبل أشعة الشمس (28) بين حوالي 240 درجة مئوية و320 درجة مئوية.

5- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 3 أو عنصر الحماية 4، حيث يكون جهاز التسخين الأولي (54) قابل للتشغيل لخلط البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة (48) مع الماء المكثف من التوربين البخاري (34) لتوفير ماء التغذية سابق التسخين.

6- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 5، حيث يتم إمداد الماء المكثف من مكثف (38)، موضوع بعد التوربين البخاري (34)، مباشرةً إلى جهاز التسخين الأولي (54).

7- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 5 أو عنصر الحماية 6، حيث تكون درجة حرارة الماء المكثف بين حوالي 50 درجة مئوية و80 درجة مئوية.

8- محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1 أو عنصر الحماية 2، حيث يتم تجهيز محطة القدرة الحرارية بالطاقة الشمسية (20) لإمداد البخار فائق التسخين الخارج من مبادل الحرارة (48) إلى التوربين البخاري (34) للتمدد في التوربين البخاري (34).

9- طريقة لتشغيل محطة قدرة حرارية بالطاقة الشمسية (20)، تشتمل المحطة على:

برج (22)؛

مجموعة من عناصر هليوستات (26) تحيط البرج وتشكل مجال هليوستات (24)؛

مستقبل أشعة الشمس (28) مثبت على البرج (22) لاستقبال أشعة الشمس المنعكسة بواسطة مجال الهليوستات (24)؛

دائرة توليد قدرة (30) تتضمن توربين بخاري (34) لتحريك مولد كهربائي (36) لإنتاج قدرة كهربائية؛ و

دائرة تخزين طاقة (42) تتضمن مائع تخزين طاقة حرارية ومبادل حرارة (48) لاستقبال البخار فائق التسخين المشتق من دائرة توليد القدرة (30) ولنقل الحرارة من البخار فائق التسخين إلى مائع تخزين الطاقة الحرارية؛

حيث تشتمل طريقة التشغيل على الخطوات:

تدوير الماء خلال مستقبل أشعة الشمس (28) بحيث يتم تسخين الماء مباشرةً بواسطة أشعة الشمس المنعكسة على مستقبل أشعة الشمس (28) بواسطة مجال الهليوستات (24) لتوليد البخار فائق التسخين؛

إمداد جزء أول من البخار فائق التسخين إلى التوربين البخاري (34) في دائرة توليد القدرة (30)؛ و

تحويل جزء ثاني من البخار فائق التسخين إلى مبادل الحرارة (48) في دائرة تخزين الطاقة

(42)؛

تتميز بأنه يتم تبريد البخار فائق التسخين المشتق في مبادل الحرارة (48) إلى درجة حرارة فوق درجة حرارة تشبعه بحيث يخرج البخار من مبادل الحرارة (48) في حالة فائقة التسخين.

10- طريقة تشغيل وفقاً لعنصر الحماية 9، حيث بعد خروج البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة (48)، يتم خلط البخار فائق التسخين بالماء لتوفير ماء تغذية مسخّن مسبقاً لمستقبل أشعة الشمس (28).

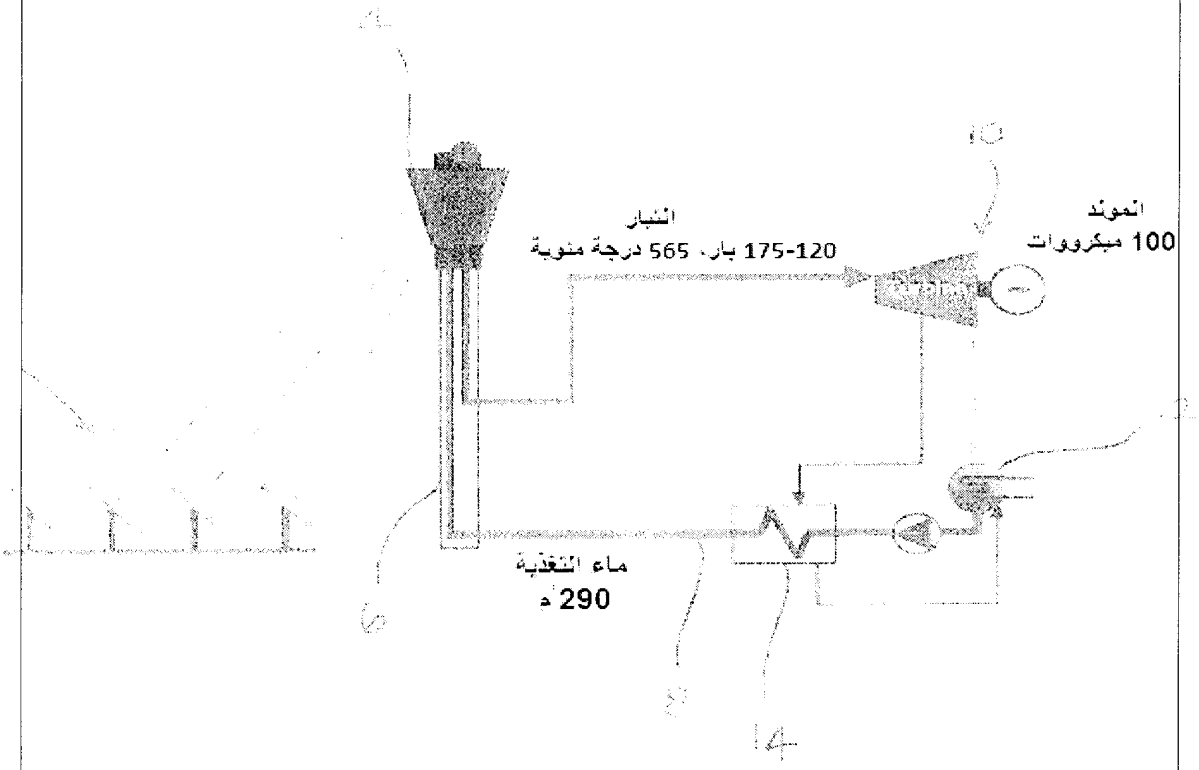
11- طريقة تشغيل وفقاً لعنصر الحماية 10، حيث يتم خلط البخار فائق التسخين مع الماء المكثف من التوربين البخاري (34) لتوفير ماء التغذية سابق التسخين.

12- طريقة تشغيل وفقاً لعنصر الحماية 11، حيث يتم إمداد الماء المكثف مباشرةً من التوربين البخاري (34)، بدون تسخين أولي، للخلط مع البخار فائق التسخين.

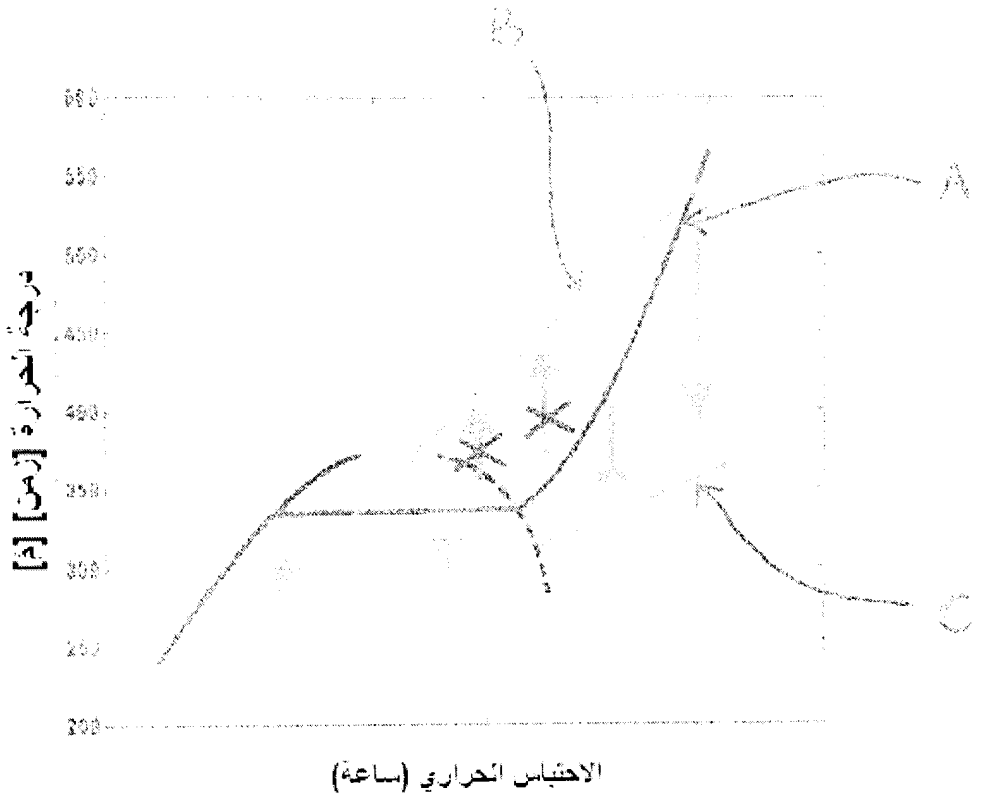
13- طريقة تشغيل وفقاً لأي من عناصر الحماية 10 إلى 12، حيث يتم خلط البخار فائق التسخين والماء في جهاز تسخين أولي (54).

14- طريقة تشغيل وفقاً لأي من عناصر الحماية 10 إلى 13، حيث يتم تسخين ماء التغذية المسخّن مسبقاً في مستقبل أشعة الشمس (28) أثناء خطوة التدوير المذكورة لتوليد البخار فائق التسخين.

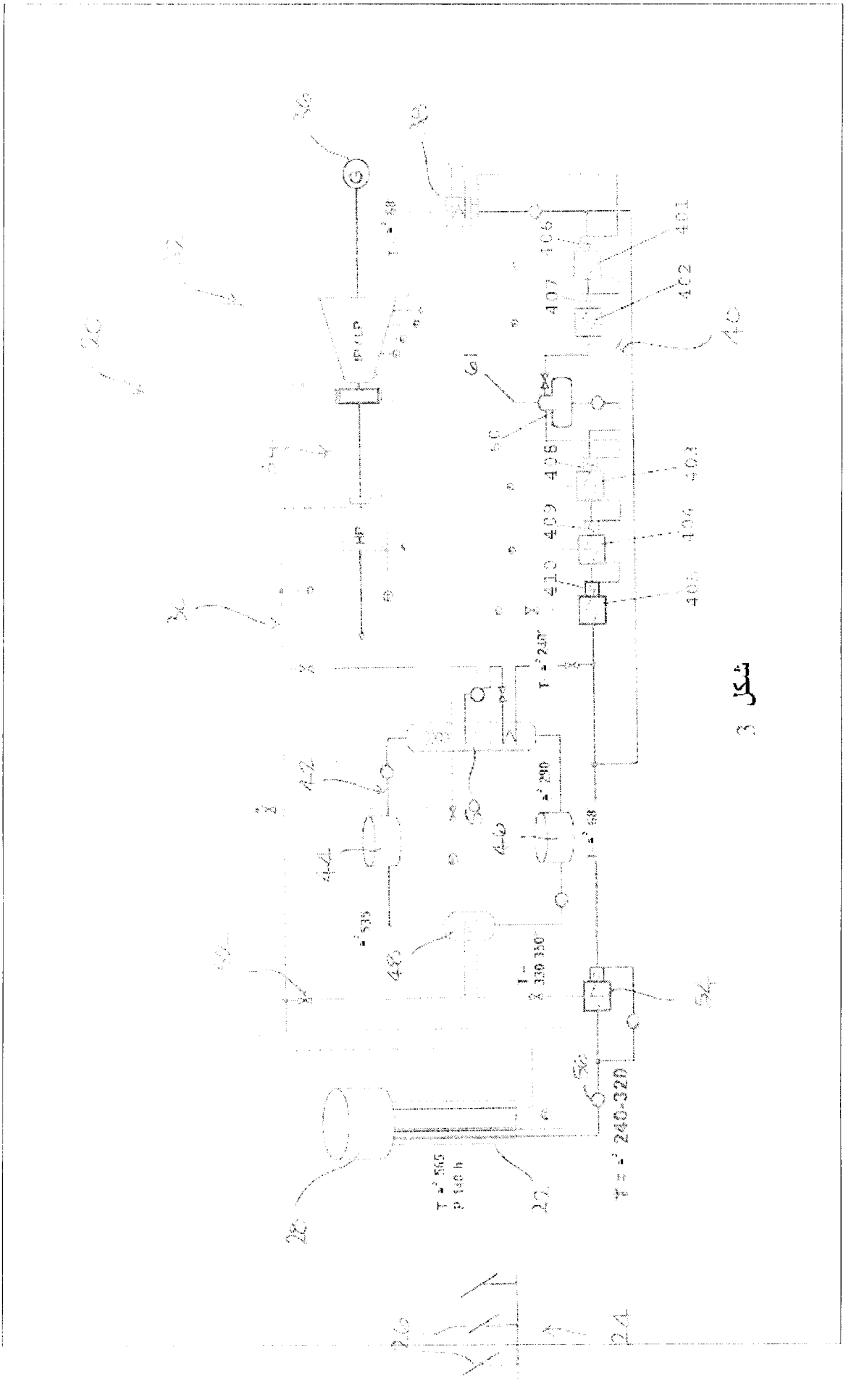
15- طريقة تشغيل وفقاً لعنصر الحماية 9، حيث بعد خروج البخار فائق التسخين من مبادل الحرارة (48)، يتم إمداد البخار فائق التسخين إلى التوربين البخاري (34) للتمدد بداخله.


البخار
175-120 بار، 565 درجة مئوية
المولد
100 ميجاووات
ماء التغذية
290 م

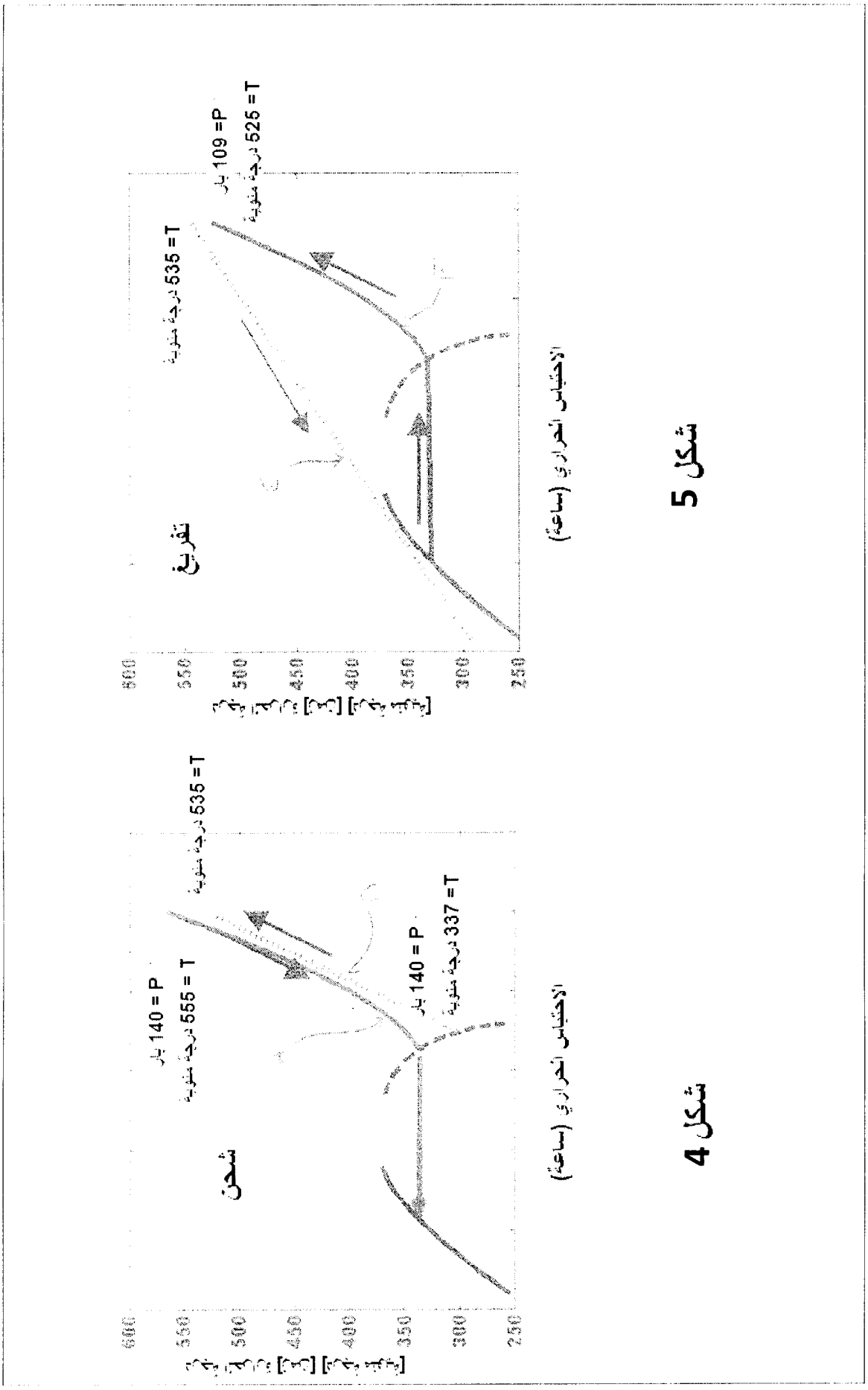
شكل 1



شكل 2



شكل 3


شحن
140 = P بار
555 = T درجة مئوية
535 = T درجة مئوية
140 = P بار
337 = T درجة مئوية
الاختناق الحراري (ساعة)
تفريغ
535 = T درجة مئوية
109 = P بار
525 = T درجة مئوية
الاختناق الحراري (ساعة)

شكل 4

شكل 5