ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

(12) **BREVET D'INVENTION**

(11) N° de publication :
MA 59287 B1

(43) Date de publication :
29.03.2024

(51) Cl. internationale :
F01K 3/12; F28D 20/00; F28D 20/00; F01K 3/12

(21) N° Dépôt :
59287

(22) Date de Dépôt :
27.06.2021

(30) Données de Priorité :
14.07.2020 US 16/928,352

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/US2021/039287 27.06.2021

(71) Demandeur(s) :
PHOTON VAULT LLC, 1448 Asterbell Dr, San Ramon, CA 94582 (US)

(72) Inventeur(s) :
MCCORMICK, Kentwell Lee

(74) Mandataire :
H&H IP LAW

(54) Titre : **POMPE À CHALEUR MULTITEMPÉRATURE POUR STOCKAGE D'ÉNERGIE THERMIQUE**

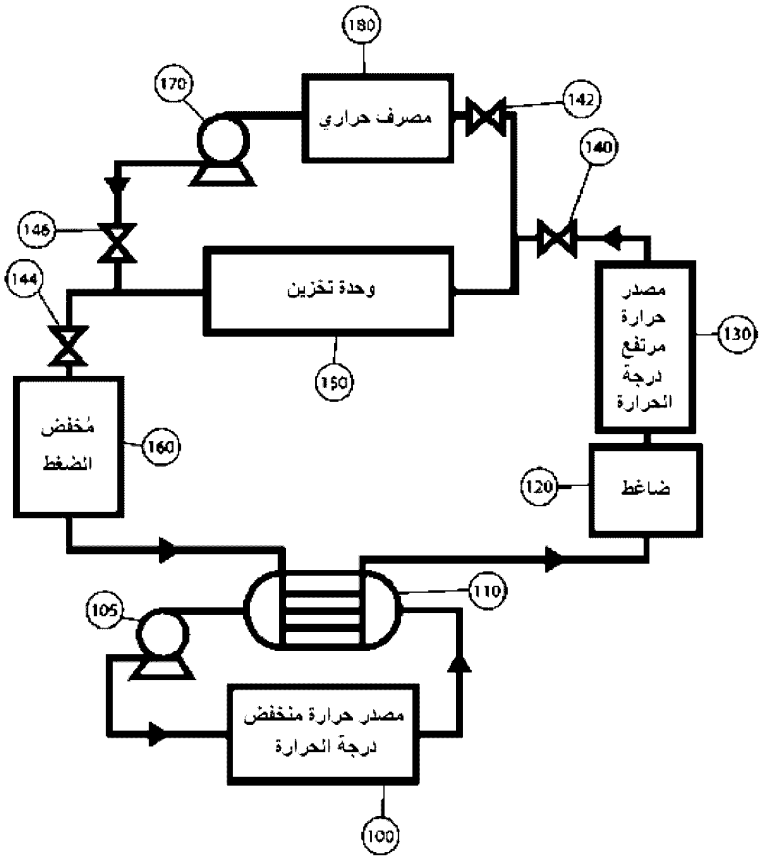
(57) Abrégé : Selon certains aspects de l'invention, une pompe à chaleur comprend des première et seconde unités d'extraction de chaleur pour extraire de la chaleur de première et seconde sources de chaleur dans des première et seconde plages de températures, respectivement, la seconde plage de températures étant, en moyenne, supérieure à la première plage de températures. Un trou d'interconnexion de fluide définit un trajet à travers lequel le fluide de travail s'écoule en série de la première unité d'extraction de chaleur à la seconde unité d'extraction de chaleur vers l'unité de stockage thermique. Un étage de réduction de pression est couplé au trou d'interconnexion et disposé en série sur le circuit de circulation de fluide entre le stockage thermique et la première unité d'extraction de chaleur. De plus, un compresseur ou un récupérateur (ou les deux) sont couplés au trou d'interconnexion et disposés sur le circuit de circulation de fluide entre la première unité d'extraction de chaleur et la seconde unité d'extraction de chaleur.

MA 59287B1
PCT/US2021/039287 WO/2022/015489

مضخة حرارية متعددة درجات الحرارة لتخزين طاقة حرارية

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي وفقًا لبعض الجوانب بمضخة حرارية تتضمن وحدات استخلاص حرارة أولى وثانية لاستخلاص الحرارة من مصادر حرارة أول وثانٍ ضمن نطاقات درجة حرارة أول وثانٍ، على التوالي، حيث يكون نطاق درجة الحرارة الثاني، في المتوسط، أعلى من نطاق درجة الحرارة الأول. يحدد ثقب توصيل مائع مسارًا يتدفق من خلاله مائع التشغيل بشكل متسلسل من وحدة استخلاص الحرارة الأولى إلى وحدة استخلاص الحرارة الثانية إلى وحدة التخزين الحراري. يتم إقران مرحلة خفض ضغط بثقب التوصيل ويتم وضعها بشكل متسلسل على دائرة المائع بين المخزن الحراري ووحدة استخلاص الحرارة الأولى. وبالإضافة إلى ذلك، يتم إقران إما ضاغط أو أداة إرجاع (أو كلاهما) بثقب التوصيل ويتم وضعهما على دائرة المائع بين وحدة استخلاص الحرارة الأولى ووحدة استخلاص الحرارة الثانية.

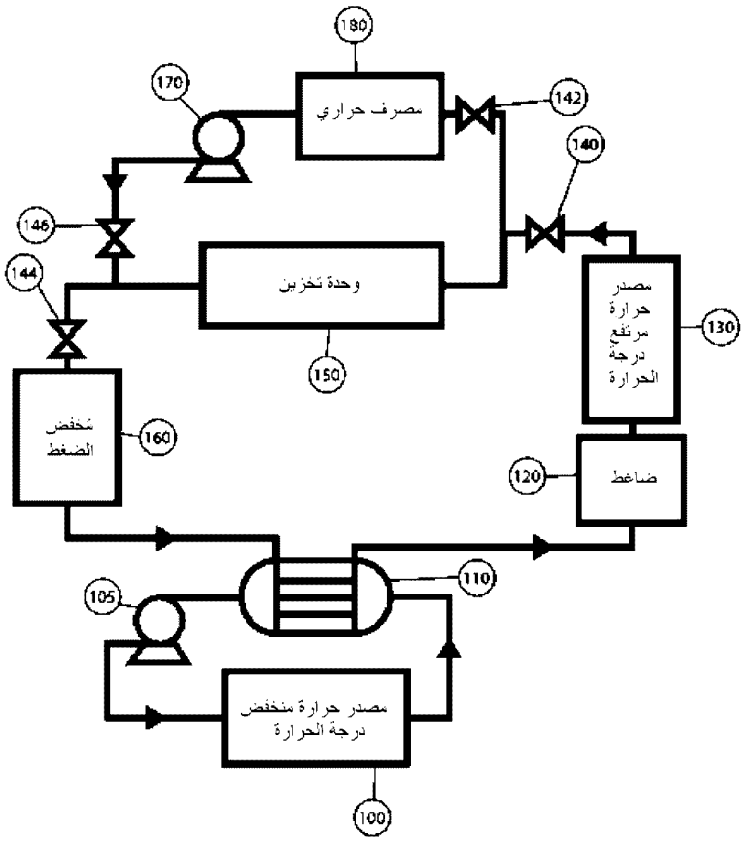


الشكل 1

مضخة حرارية متعددة درجات الحرارة لتخزين طاقة حرارية

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي وفقًا لبعض الجوانب بمضخة حرارية تتضمن وحدات استخلاص حرارة أولى وثانية لاستخلاص الحرارة من مصادر حرارة أول وثانٍ ضمن نطاقات درجة حرارة أول وثانٍ، على التوالي، حيث يكون نطاق درجة الحرارة الثاني، في المتوسط، أعلى من نطاق درجة الحرارة الأول. يحدد ثقب توصيل مائع مسارًا يتدفق من خلاله مائع التشغيل بشكل متسلسل من وحدة استخلاص الحرارة الأولى إلى وحدة استخلاص الحرارة الثانية إلى وحدة التخزين الحراري. يتم إقران مرحلة خفض ضغط بثقب التوصيل ويتم وضعها بشكل متسلسل على دائرة المائع بين المخزن الحراري ووحدة استخلاص الحرارة الأولى. وبالإضافة إلى ذلك، يتم إقران إما ضاغط أو أداة إرجاع (أو كلاهما) بثقب التوصيل ويتم وضعهما على دائرة المائع بين وحدة استخلاص الحرارة الأولى ووحدة استخلاص الحرارة الثانية.



الشكل 1

مضخة حرارية متعددة درجات الحرارة لتخزين طاقة حرارية

المجال التقني للاختراع

يتعلق الاختراع بمضخة حرارية متعددة درجات الحرارة تنتج طاقة حرارية مرتفعة درجة الحرارة لتخزين طاقة حرارية.

الخلفية التقنية للاختراع

يعتبر تخزين الطاقة قدرة أساسية لتنظيم الإمداد بالطاقة. غالبًا ما تكون مصادر الطاقة المتجددة متقطعة وتقوم بإمداد إما قدرة قليلة جدًا أو كبيرة جدًا بالنسبة للطلب. ويرجع ذلك إلى أن الإمداد بالطاقة يتطلب آلية لتخزين الطاقة واسترجاعها. فعلى سبيل المثال، غالبًا ما يكون هناك وفرة في الطاقة الكهربائية أثناء النهار بسبب الكميات الكبيرة من الخلايا الكهروضوئية. وبالإضافة إلى ذلك، يتيح النهار فرصة تجميع الحرارة عند مختلف درجات الحرارة. ولكن ليس جميع مصادر الحرارة متشابهة. يمكن أن تختلف اقتصاديات الوحدة لتجميع وحدة حرارة اختلافًا كبيرًا مع درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال، يكون من غير المكلف نسبيًا تجميع الحرارة عند درجات الحرارة المحيطة. ومع ذلك، تكون الحرارة مرتفعة درجة الحرارة الناتجة عن الطاقة الشمسية المركزة مُجدية تقنيًا ولكنها أغلى بكثير.

تعتبر المضخات الحرارية وسائل فعالة لإنتاج حرارة مرتفعة درجة الحرارة من مصدر حرارة مرتفع درجة الحرارة وطاقة كهربائية. تتضمن دورة المضخة الحرارية التقليدية الخطوات التالية: (أ) استخلاص الحرارة من خزان حرارة منخفض درجة الحرارة عن طريق تبخير مائع تشغيل، (ب) ضغط مائع التشغيل لزيادة درجة الحرارة، (ج) تكثيف المائع مرة أخرى وإعادته إلى الحالة السائلة عن طريق إطلاق الحرارة مرتفعة درجة الحرارة، و(د) تقليل الضغط إلى قيمته الأولية باستخدام صمام تمدد.

في حين أن المضخات الحرارية التقليدية تعتبر فعالة في توفير تدفئة في الأماكن المغلقة، فتوجد العديد من التحديات في استخدامها في تجميع الطاقة الشمسية تتمثل في:

أ. فاعلية المضخة الحرارية المجمعة - تكون دورات المحرك الحراري أقل من 100% مما يجعل الاقتصاديات صعبة لتخزين الطاقة

ب. تتطلب نطاقات درجة الحرارة الكبيرة على نحو نمطي نسب ضغط كبيرة وهو ما يتطلب انضغاط متعدد الحرارة مكلف

ج. يعتبر تجميع الحرارة ورفض الحرارة عمليات ذات درجة حرارة ثابتة في المضخات الحرارية التقليدية ولكن غالبًا ما تعتبر مصادر الحرارة وأجهزة التخزين ملائمة بصورة أفضل لامتصاص وانبعاث الحرارة عبر نطاق واسع من درجات الحرارة

تم وصف العديد من هيئات المضخات الحرارية لتخزين الطاقة في الفن السابق. تم تطوير مضخة حرارية بمساعدة الطاقة الشمسية في السبعينات وتمت مراجعتها مؤخرًا من قِبل " Aktas, et al., Designing a novel solar-assisted heat pump system with modification of a thermal energy storage unit," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A Journal of Power and Energy*, May, 2019. وتتألف إما من التشغيل المتوازي لمجمع شمسي-حراري ومضخة حرارية أو التشغيل المتسلسل لمجمع شمسي ومضخة حرارية. وفي كلتا الحالتين، لم تكن هناك محاولة لاستخلاص الحرارة من نطاقات درجة حرارة غير متداخلة.

في منشور براءة الاختراع رقم EP 2241737B1، يصف Hemrle وآخرون نظام تخزين حراري يضخ الحرارة من خزان منخفض درجة الحرارة مفرد إلى سائل تخزين حراري منقول بين اثنين من صهاريج التخزين.

في براءة الاختراع رقم US 10288357، يصف Laughlin وآخرون نظام تخزين واستعادة طاقة يضخ الحرارة بين خزان حراري ذو جانب بارد وخزان حراري ذو جانب ساخن ويستخدم توليفة من الخزان الحراري ذو الجانب الساخن ومصدر حرارة خارجي أثناء دورة التصريف.

في ضوء ما سبق، يتمثل أحد أهداف الاختراع في توفير مضخات حرارية محسنة وطرق تشغيلها.

ويتمثل هدف آخر للاختراع في توفير المضخات الحرارية والطرق المذكورة والتي يمكن استخدامها بفاعلية في تجميع الطاقة من مصادر طاقة متعددة ذات درجة حرارة متفاوتة.

يتمثل هدف آخر أيضًا للاختراع في توفير المضخات الحرارية والطرق المذكورة والتي يمكن استخدامها في تجميع الطاقة من مصادر شمسية وغيرها من مصادر الطاقة مرتفعة درجة الحرارة.

الكشف عن الاختراع

يعتبر ما سبق ضمن الأهداف التي يحققها الاختراع، والتي توفر في بعض الجوانب مضخة حرارية تتضمن وحدة استخلاص حرارة أولى توفر اقتران حراري بين مائع تشغيل ومصدر حرارة أول لاستخلاص الحرارة منه ضمن نطاق درجة حرارة أول، وحدة استخلاص حرارة ثانية توفر اقتران حراري بين مائع التشغيل ومصدر حرارة ثانٍ لاستخلاص الحرارة منه ضمن نطاق درجة حرارة ثانٍ، ومخزن حراري. يكون نطاق درجة الحرارة الثاني، في المتوسط، أعلى من نطاق درجة الحرارة الأول. يحدد ثقب توصيل مقترن بوحدة استخلاص الحرارة الأولى، وحدة استخلاص الحرارة الثانية، والمخزن الحراري دائرة مائع يتدفق خلالها مائع التشغيل. يمكن أن ينتقل هذا التدفق، الذي ينتقل بشكل متسلسل من وحدة استخلاص الحرارة الأولى إلى وحدة استخلاص الحرارة الثانية إلى وحدة التخزين الحراري، بشكل مباشر من كل وحدة مذكورة إلى التالية بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر (على سبيل المثال، عن طريق واحدة أو أكثر من الوحدات الوسيطة). يتم إقران مرحلة خفض ضغط بثقب التوصيل ويتم وضعها بشكل متسلسل على دائرة المائع بين المخزن الحراري ووحدة استخلاص الحرارة الأولى. وبالإضافة إلى ذلك، يتم إقران إما ضاغط أو أداة إرجاع (أو كلاهما) بثقب التوصيل ويتم وضعهما على دائرة المائع بين وحدة استخلاص الحرارة الأولى ووحدة استخلاص الحرارة الثانية.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث تكون نطاقات درجة الحرارة الأولى والثانية منفصلة، أي، غير متداخلة.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، تتضمن كل من أداة الإرجاع المذكورة والضاغط المذكور، وحيث يتم وضع أداة الإرجاع على دائرة المائع لاستخلاص الحرارة من مائع التشغيل الناتج عن المخزن الحراري ولنقل الحرارة المذكورة إلى مائع التشغيل الناتج عن وحدة استخلاص الحرارة الأولى.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يتم وضع الضاغط الأول على دائرة المائع بعد وحدة استخلاص الحرارة الثانية. وفقًا لجانب آخر من الاختراع ذي صلة، يتم وضع الضاغط الأول على دائرة المائع قبل وحدة استخلاص الحرارة الثانية.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يتمثل مائع التشغيل في C6K بيرفلورو كيتون، بروبان، بيوتان، أيزو بيوتان، بيوتين، بنتان، أيزو بنتان، نيو بنتان، D4، D5، D6، MDM، MD2M، MD3M، MD4M، أو هيدروكربونات أخرى، بيرفلورو كربون، بيرفلورو كيتون، هيدرو فلورو كربون، هيدرو فلورو أوليفين، أو سيلوكسان.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث تكون أداة الإرجاع عبارة عن مبادل حراري ذو أنبوب مُزعنف يعمل عن طريق تدفقات ذات تيار عكسي.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يتسبب الاقتران الحراري بين مصدر الحرارة الأول ومائع التشغيل الموجود في وحدة استخلاص الحرارة الأولى في تبخر مائع التشغيل و/أو إمداد المائع المذكور بطاقة تبخير.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، تشتمل على واحدة أو أكثر من وحدات استخلاص الحرارة الإضافية المقترنة بثقب التوصيل والتي يتدفق خلالها مائع التشغيل بين وحدة استخلاص الحرارة الثانية والمخزن الحراري.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، قابلة للتشغيل في دورة شحن لترسيب طاقة حرارية في المخزن الحراري وقابلة للتشغيل في دورة تصريف لإزالة الطاقة الحرارية من المخزن الحراري.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث تشتمل وحدة استخلاص الحرارة الأولى على مبادل حراري ينقل إلى مائع التشغيل حرارة ناتجة عن مصدر حرارة منخفض درجة الحرارة.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يوفر مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة طاقة حرارية كافية لتبخير مائع التشغيل.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يكون مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة عبارة عن أي حرارة متبددة ناتجة عن

عملية صناعية، طاقة حرارية ناتجة عن البيئة وماء ساخن مجمع من طاقة حرارية شمسية.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يتمثل مائع التشغيل في أي من C6K بيرفلورو كيتون، بروبان، بيوتان، أيزو بيوتان، بيوتين، بنتان، أيزو بنتان، نيو بنتان، D4، D5، D6، MDM، MD2M، MD3M، MD4M، أو هيدروكربونات أخرى، بيرفلورو كربون، بيرفلورو كيتون، هيدرو فلورو كربون، هيدرو فلورو أوليفين، أو سيلوكسان.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث توفر وحدة استخلاص الحرارة الثانية أي من التسخين المباشر وغير المباشر لمائع التشغيل عن طريق مصدر الحرارة الثاني.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث تشتمل وحدة استخلاص الحرارة الثانية على مبادل حراري ينقل إلى مائع التشغيل حرارة ناتجة عن مصدر الحرارة الثاني.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يكون مصدر الحرارة الثاني عبارة عن مجمع حراري شمسي مرتفع درجة الحرارة.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يشتمل المخزن الحراري على رمل.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، تعمل بدورة شحن حيث مائع التشغيل (1) يُغير الطور من سائل إلى غاز حيث يمتص الحرارة الناتجة عن مصدر الحرارة الأول الموجود في وحدة استخلاص الحرارة الأولى، (2) يرفع درجة الحرارة في أي من الضاغط الأول وأداة الإرجاع، (3) يمتص الحرارة الإضافية الناتجة عن مصدر الحرارة الثاني الموجود في وحدة استخلاص الحرارة الثانية، (4) يوصل الحرارة إلى مصدر الحرارة الحراري، و(5) يتعرض لانخفاض الضغط في مرحلة خفض الضغط، قبل دخوله مرة أخرى إلى وحدة استخلاص الحرارة الأولى.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، تعمل بدورة تصريف حيث يتبادل مائع التشغيل الحرارة مع مصرف حراري.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يتمثل المصرف الحراري في أي من محرك حراري ووحدة استخلاص حرارة.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، تشتمل على ضاغط ثانٍ مقترن بثقب التوصيل وموضوع على دائرة المائع بين وحدة استخلاص الحرارة الثانية والمخزن الحراري.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، تشتمل على أداة الإرجاع والضاغطين الأول والثاني، حيث يتم وضع أداة الإرجاع على دائرة المائع لاستخلاص الحرارة من مائع التشغيل الناتج عن المخزن الحراري أثناء دورة الشحن ولنقل هذه الحرارة إلى مائع التشغيل الناتج عن وحدة استخلاص الحرارة الأولى.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يتم وضع الضاغط الأول على دائرة المائع بعد أداة الإرجاع، ويتم وضع الضاغط الثاني على دائرة المائع بعد وحدة استخلاص الحرارة الثانية.

توفر جوانب الاختراع ذات الصلة الأخرى أيضًا مضخة حرارية، على سبيل المثال، على النحو الموصوف أعلاه، حيث يتمثل مائع التشغيل في أي من C6K بيرفلورو كيتون، بروبان، بيوتان، أيزو بيوتان، بيوتين، بنتان، أيزو بنتان، نيو بنتان، D4، D5، D6، MDM، MD2M، MD3M، MD4M، أو هيدروكربونات أخرى، بيرفلورو كربون، بيرفلورو كيتون، هيدرو فلورو كربون، هيدرو فلورو أوليفين، أو سيلوكسان.

تتضح جوانب الاختراع المذكورة أعلاه وغيرها من النص التالي ومن الرسومات.

الوصف المختصر للرسومات

يمكن التوصل إلى فهم أكمل للاختراع عن طريق الإشارة إلى الرسومات، حيث:

الشكل 1 عبارة عن رسم تخطيطي لمضخة حرارية بها مصدر حرارة مزدوج تستخدم ضاغط لتعزيز درجة الحرارة بين مصادر الحرارة؛

الشكل 2 عبارة عن رسم تخطيطي لمضخة حرارية بها مصدر حرارة مزدوج تستخدم أداة إرجاع وضاغط لتعزيز درجة الحرارة بين مصادر الحرارة؛

الشكل 3 عبارة عن رسم تخطيطي يوضح مصدر حرارة مزدوج به أداة إرجاع توفر تعزيز درجة الحرارة بين مصادر الحرارة؛

الشكل 4 عبارة عن رسم تخطيطي يوضح مصدر حرارة مزدوج به ضاغط لتعزيز درجة الحرارة بين مصادر الحرارة وضاغط ثانٍ لتعزيز درجة الحرارة قبل التخزين؛

الشكل 5 عبارة عن رسم تخطيطي يوضح مصدر حرارة مزدوج تعمل كل من أداة الإرجاع والضاغط على تعزيز درجة الحرارة بين مصادر الحرارة وضاغط ثانٍ يعزز درجة الحرارة قبل التخزين؛

الشكل 6 عبارة عن مخطط ضغط-محتوى حراري تمثيلي لمائع تشغيل يخضع لدورة التسخين-الانضغاط-الحرارة الموصوفة بالإشارة إلى الشكل 1؛

الشكل 7 عبارة عن مخطط ضغط-محتوى حراري تمثيلي لمائع تشغيل يخضع لدورة التسخين-الإرجاع-الانضغاط-الحرارة الموصوفة بالإشارة إلى الشكل 2؛

الشكل 8 عبارة عن مخطط ضغط-محتوى حراري تمثيلي لمائع تشغيل يخضع لدورة التسخين-الإرجاع-التسخين-الانضغاط الموصوفة بالإشارة إلى الشكل 3؛

الشكل 9 عبارة عن مخطط ضغط-محتوى حراري تمثيلي لمائع تشغيل يخضع لدورة التسخين-الانضغاط-التسخين-الانضغاط الموصوفة بالإشارة إلى الشكل 4؛ و

الشكل 10 عبارة عن مخطط ضغط-محتوى حراري تمثيلي لمائع تشغيل يخضع لدورة التسخين-الإرجاع-الانضغاط-التسخين-الانضغاط الموصوفة بالإشارة إلى الشكل 5.

الوصف التفصيلي للاختراع

يرد أدناه وصف ويُعرض في الرسومات مضخات حرارية وطرق تشغيلها وفقًا للاختراع والتي تستخلص الحرارة من العديد من مصادر الحرارة الخارجية، على سبيل المثال، عند نطاقات درجة حرارة منفصلة وغير متداخلة، موجودة في دائرة مائع تشغيل مفردة توصل

الحرارة والطاقة المضخوخة إلى صهريج تخزين طاقة حرارية. تعمل المضخات الحرارية المذكورة بنمطين - شحن وتصريف. وأثناء الشحن، تترسب الطاقة الحرارية في وحدة تخزين طاقة حرارية. وأثناء التصريف، يتم استخلاص الطاقة الحرارية.

توفر المضخات الحرارية وفقًا للاختراع طريقة مجدية اقتصاديًا لتجميع الحرارة من مصادر مختلفة، على سبيل المثال، مصادر منخفضة درجة الحرارة (مثل، على سبيل المثال، الهواء المحيط)، وحرارة من مصادر مرتفعة درجة الحرارة (مثل، على سبيل المثال، مجمع شمسي)، في تيار طاقة حرارية مفرد يمكن تخزينه بسهولة لاستخدامه لاحقًا، على سبيل المثال، في توليد الكهرباء أو تسخين عملية.

يتم استخدام الحرارة الناتجة عن المصدر (المصادر) منخفض درجة الحرارة في بعض التجسيدات لإمداد مائع التشغيل بطاقة تبخير، بينما يتم استخدام تلك الناتجة عن المصادر عالية الطاقة لتسخين المائع بشكل إضافي لتحسين الفاعلية الكهربائية لمولدات الحرارة ككل. في بعض التجسيدات، يمكن أن تجمع المضخات الحرارية وفقًا للاختراع طاقة إضافية من مصادر الحرارة عند درجات حرارة أعلى أيضًا لزيادة الفاعلية الكلية بشكل إضافي. تتيح توليفة مصادر الحرارة المتعددة استغلال المصادر التي يمكن تحسينها للفاعلية الاقتصادية للكهرباء الناتجة.

تمتد بعض تجسيدات الاختراع إلى هيئة دائرة مضخة حرارية بها مراحل انضغاط و/ أو إرجاع بين مصادر الحرارة لتعزيز درجة حرارة مائع التشغيل بين مراحل تجميع الحرارة. وبعد تجميع الحرارة، يقوم مائع التشغيل بتصريف طاقته الحرارية إلى المخزن الحراري قبل اجتياز مرحلة خفض ضغط ودخوله مرة أخرى في مرحلة التبخير.

بالإشارة إلى الرسومات، يتم عرض تجسيدات الاختراع التي يتدفق فيها مائع التشغيل خلال دائرة مائع محددة بثقب توصيل يحمل المائع من مكون إلى آخر والذي (أ) يستخلص الحرارة من مصادر حرارة متعددة، (ب) يعزز درجة الحرارة الخاصة بالحرارة المجمعة، (ج) يوصل الحرارة إلى وحدة تخزين حراري و(د) يستعيد الطاقة الحرارية من وحدة التخزين لاحقًا. ويوضح الوصف التالي مسارات التدفق المحددة بثقب التوصيل الموجود في دائرة المائع لمائع التشغيل حيث يمتص الحرارة عند إحدى درجات الحرارة (أو نطاق درجة حرارة) المناظرة لنقطة غليان المائع وعند درجة حرارة ثانية أعلى (أو نطاق درجة حرارة) مختلفة عن، وعلى نحو أكثر نمطية،

مختلفة إلى حدٍ كبير عن -- درجة الحرارة الأولى. يعمل المائع الموجود في الدائرة بعد ذلك على ترسيب الحرارة الممتصة في جهاز تخزين طاقة. سيتم إدراك أنه يمكن تضمين مكونات إضافية في مسار التدفق الخاص بمائع التشغيل وأنها تمثل تجسيدات مختلفة للاختراعات المذكورة بالتفصيل في تلك الأمثلة.

يتم إقران مكونات المضخات الحرارية المعروضة في الأشكال 1-5 والمناقشة أدناه، بأنابيب، مواسير أو بنيات أخرى من النوع المعروف في المجال والمناسبة لتحديد مسار مائع (أو دائرة) وتحمل مائع التشغيل بطول هذا المسار على النحو المعروض في الرسومات وعلى النحو الموصوف أدناه. يتم تصوير هذا المسار وتلك البنيات بخطوط متصلة (على نحو نمطي، بأسهم اتجاهية) في الرسومات، وفقًا لما هو متبع.

يكون ثقب التوصيل، الذي يمكن أن يمتد حول أو خلال المكونات المعروضة (وبطبيعة الحال، يمكن أن يكون مدمج بواحد أو أكثر منها)، موصل للكهرباء، بطول أجزاء الدائرة على الأقل، لتوفير اقتران حراري بين مائع التشغيل والمكونات ذات الصلة المنتقاة (مثل وحدات استخلاص الحرارة و/أو مصادر الحرارة، المخزن الحراري، أدوات الإرجاع ذات الصلة الخاصة بها، وهكذا) حيث يمتد خلالها أو حولها. يتم إقران ثقب التوصيل مائيًا– بالرغم من كونه معزول حراريًا عن – مكونات أخرى (مثل ضواغط، مضخات، صمامات وهكذا) بطول الدائرة للسماح بانضغاط/ضغط مائع التشغيل، تمدده/إزالة الضغط منه، توجيهه وبخلاف ذلك معالجته على نحو مائعي ميكانيكي عن طريق المكونات الأخرى المذكورة دون فقد الحرارة غير الضروري. يكون تصنيع واستخدام ثقب التوصيل في هذا الصدد ضمن إدراك أصحاب المهارة في المجال في ضوء الإرشادات الواردة هنا.

يعرض الشكل 1 رسم تخطيطي يوضح دائرة المائع الخاصة بمضخة حرارية وفقًا لأحد تجسيدات الاختراع. يوفر مصدر حرارة منخفض درجة الحرارة 100 طاقة حرارية لبدء الدورة. تتضمن مصادر الحرارة المحتملة حرارة متبددة ناتجة عن عمليات صناعية، طاقة حرارية مجمعة من درجة حرارة الهواء المحيط وماء ساخن مجمع من طاقة حرارية شمسية، كمثال غير حصري. يتم وضع مصدر الحرارة في حالة اقتران حراري مع مبادل حراري أول 110 بطريقة تقليدية معروفة في المجال على النحو المهيأ وفقًا للإرشادات الواردة فيه.

يتم تبادل الطاقة الناتجة عن مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة مع مائع تشغيل موجود في المبادل الحراري 110. في التجسيد المعروض، يتمثل مائع التشغيل في أيزو بيوتان الذي يكون بنقطة غليان منخفضة وبالتالي يمكن تبخيره عند درجة حرارة منخفضة (على سبيل المثال، 40 درجة مئوية) وضغط يتجاوز الضغط الجوي. في التجسيد المعروض، يقوم المبادل الحراري إلى حدٍ كبير، وعلى نحو مفضل، بتبخير مائع التشغيل بالكامل ويمكن أن يوفر حرارة إضافية لرفع درجة حرارة مائع التشغيل الغازي بدرجة أكبر. تكون موائع تشغيل أخرى، والتي تتضمن هيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي مثل n-بيوتان، بروبان، أيزو بيوتين وغازات تبريد مثل HFC-227، ممكنة أيضًا. في التجسيد المعروض، يكون المبادل الحراري بتصميم غلاف وأنابيب، وبالرغم من ذلك، يمكن استخدام تصميمات أخرى تقع ضمن إدراك أصحاب المهارة في المجال بدلًا منه أو بالإضافة إليه. تتضمن صور متغيرة ممكنة أخرى للمبادل الحراري مبادلات حرارية بتصميم لوح وإطار وأنبوب حلزوني، على سبيل المثال لا الحصر. يتصل المبادل الحراري (أي، على النحو المستخدم هنا وبمكان آخر هنا في سياق مماثل، "مقترن مائعيًا") بالضاغط 120 عن طريق ثقب التوصيل وفقًا لما هو متبع في المجال وعلى النحو المهيأ في ضوء الإرشادات الواردة هنا.

في الضاغط، 120، يزيد ضغط مائع التشغيل. يكون الضاغط من أي نوع معروف في المجال ويتضمن ضاغط يعمل بالطرد المركزي، محوري، لولبي، حلزوني ومزود بمكبس، كمثال غير حصري. وفي التطبيق العادي، تنضغط جميع هذه التقنيات في ظل ظروف ثابتة الحرارة تقريبًا والتي تنطبق عليها المعادلة التالية:

$$\text{ثابت} = P^{1-\gamma}T^{\gamma}$$

حيث تُمثل γ الأس ثابت الحرارة لمائع التشغيل، تُمثل P الضغط وتُمثل T درجة الحرارة. يكون الأس ثابت الحرارة لموائع التشغيل ذات الأهمية العملية أكبر من 1 في طور الغاز. ونتيجة للمعادلة المذكورة أعلاه، تتطلب زيادة الضغط زيادة درجة الحرارة أيضًا. ومع زيادة درجة الحرارة فإن الضاغط ينقل مائع التشغيل إلى مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130. على النحو المستخدم هنا وموضع آخر هنا في سياق مماثل، فإن المصطلح "ينقل" يعني توجيه مائع التشغيل عن طريق ثقب التوصيل وفقًا لما هو متبع في المجال وعلى النحو المهيأ في ضوء الإرشادات الواردة هنا.

يتصل مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة (أي، على النحو المستخدم هنا وموضع آخر هنا في سياق مماثل، "يكون مقترن حراريًا") بمائع التشغيل إما بشكل مباشر أو من خلال مبادل حراري ثانٍ (غير معروض في الشكل 1) من النوع المعروف في المجال لزيادة درجة حرارة مائع التشغيل. يمكن أن يتم هذا الاتصال (أو الاقتران) على النحو المُشار إليه هنا وموضع آخر هنا في سياق مماثل وفقًا لما هو متبع في المجال وعلى النحو المهيأ في ضوء الإرشادات الواردة هنا. في التجسيد المعروض، يكون مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة عبارة عن مجمع حراري شمسي مرتفع درجة الحرارة. يخرج المائع من مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة (أو المجمع) ويتصل بصمام التحكم 140 عبر أنابيب أو بنيات أخرى تُشكل الجزء ذي الصلة من ثقب التوصيل.

يربط صمام التحكم 140 مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة بوحدة التخزين الحراري 150 وبصمام التحكم 142. يمكن أن يتم هذا الارتباط (أو حالات التقارن المائعي) على النحو المُشار إليه هنا وموضع آخر هنا في سياق مماثل وفقًا لما هو متبع في المجال وعلى النحو المهيأ في ضوء الإرشادات الواردة هنا. أثناء عملية الشحن، يفتح الصمام 140 ويوصل مائع التشغيل إلى وحدة التخزين الحراري بينما يظل الصمام 142 مغلقًا.

في التجسيد المعروض، تكون وحدة التخزين الحراري 150 عبارة عن وعاء من الرمل به أنابيب توصل مائع التشغيل خلال الرمل. عند مرور المائع خلال أنابيب المائع الموجودة في الرمل، فإنه يوصل الحرارة إلى الرمل وتنخفض درجة حرارته. تكون وحدة التخزين الحراري بطول كافٍ للسماح بتصريف غالبية الحرارة المجمعة من الخزانات الحرارية في الرمل قبل خروج مائع التشغيل من وحدة التخزين الحراري. في تجسيدات أخرى، يمكن أن يتألف صهريج التخزين من نظام تخزين بطبقة محشوة حيث يتسرب مائع التشغيل خلال مادة مسامية. في تجسيد آخر أيضًا، يمكن أن تتألف وحدة التخزين الحراري من مائع تخزين حراري يتم تسخينه بمائع التشغيل الموجود في مبادل حراري. تقع بنيات أخرى أيضًا لوحدة التخزين الحراري 150 ضمن إدراك أصحاب المهارة في المجال في ضوء الإرشادات الواردة هنا. وبالتالي تتصل وحدة التخزين الحراري التي تم بنائها بصمامات التحكم 140، 142، 144 و146. وأثناء عملية الشحن

الحراري، يوصل صمام التحكم 144 مائع التشغيل إلى جهاز خفض الضغط 150 بينما يظل صمام التحكم 146 مغلقًا.

يربط جهاز خفض الضغط 150 صمام التحكم 144 بالمبادل الحراري 100. في التجسيد المعروض، يكون مُخفض الضغط عبارة عن توربين استخلاص طاقة ولكن يمكن أيضًا أن يكون صمام تمدد أو جهاز آخر من النوع المعروف في المجال والذي يكون له تأثير مائعي ميكانيكي على مائع التشغيل. وعن طريق تبريد مائع التشغيل الموجود في وحدة التخزين 150، سيدخل مائع التشغيل مرة أخرى في المبادل الحراري 110 في الحالة السائلة بشكل جزئي على الأقل حيث سيتم تبخيره لإكمال الدورة.

يوضح الشكل 6 دورة الشحن من وجهة نظر مائع التشغيل الذي يعبر الدائرة في الشكل 1. يُمثل المحور x المعروض في الشكل 6 المحتوى الحراري لمائع التشغيل. يُمثل المحور y الضغط. كما يتم عرض خطوط درجة الحرارة الثابتة 100 والمحتوى الحراري 110. يتم عرض التبخير المبدئي لمائع التشغيل في صورة العنصر 120. يمتص مائع التشغيل الحرارة عند درجة حرارة ثابتة تبلغ 313 كلفن من مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة وهو ما يُغير الطور من سائل إلى غاز. وبعد التبخير، يتم ضغط مائع التشغيل 130. في هذه الدورة التوضيحية، ترتفع درجة حرارة مائع التشغيل من 313 كلفن إلى 453 كلفن بسبب الانضغاط. يلاحظ أن الانضغاط يعتبر ثابت الانتروبيا تقريبًا (أي، موزاي لخطوط المحتوى الحراري الثابت 110) ولكن ستؤدي أوجه القصور في طور الانضغاط إلى إدخال طاقة إضافية في صورة حرارة وبالتالي يزيد المحتوى الحراري لمائع التشغيل بمقدار أعلى بقليل من ذلك المتوقع من الانضغاط ثابت الانتروبيا. يمتص مائع التشغيل بعد ذلك الحرارة الإضافية كما هو مُشار إليه عند 140. يتم توصيل هذه الحرارة عن طريق مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة ويوفر حرارة تتراوح من 453 كلفن إلى 513 كلفن في هذا المثال. وباكتمال دورة التسخين، تنتقل الحرارة بعد ذلك إلى نظام التخزين بطول المسار 150. وكما هو معروض في المخطط، تنخفض درجة الحرارة من 513 كلفن وتعود مرة أخرى إلى درجة الحرارة الأولية التي تبلغ 313 كلفن لنقل حرارة كلية تبلغ 200 كلفن. وأخيرًا، تعرض الخطوة 160 انخفاض الضغط ثابت الانتروبيا تقريبًا في جهاز خفض الضغط وهو ما ينتج عنه اكتمال الدورة الحرارية الديناميكية.

بمجرد شحن نظام التخزين الحراري، يتم إغلاق الصمامين 140 و144 المعروضة في الشكل 1. يتم فتح الصمامين 142 و146 لتوصيل المخزن الحراري 150 بالمضخة 170 والمصرف الحراري 180.

يمكن أن يتم تشغيل المضخات، الصمامات وغيرها من المكونات النشطة للمضخة الحرارية وفقًا للاختراع (على سبيل المثال، على النحو المعروض في الأشكال 1 - 5)، على النحو الموصوف أعلاه وبمكان آخر هنا، أثناء دورة الشحن "يدويًا" عن طريق القائم على التشغيل (غير معروض)، بآلة، على سبيل المثال، بمعالج بيانات رقمي، PLC أو أجهزة تحكم أخرى أو توليفة منها (غير معروضة)، أو توليفة من التشغيل اليدوي والتشغيل بآلة، والتي تكون جميعها وفقًا لما هو متبع في المجال وعلى النحو المهيأ في ضوء الإرشادات الواردة هنا.

تتصل مضخة المائع 170 بالمصرف الحراري 180 والصمام 146. عند تصريف الطاقة الحرارية، تنقل المضخة مائع التشغيل خلال الصمام 146. يربط الصمام 146 مضخة المائع بوحدة التخزين الحراري 150 وبالصمام 144. عند التصريف، يظل الصمام 146 مفتوحًا وينقل مائع التشغيل إلى وحدة التخزين الحراري 150. في وحدة التخزين 150، يتم عكس تدفق مائع التشغيل في مقارنةً بالشحن. يدخل مائع التشغيل عند درجة حرارة منخفضة ويخرج من وحدة التخزين عند درجة حرارة مرتفعة. تتصل وحدة التخزين بالصمامين 140 و142. أثناء التصريف، يظل الصمام 142 مفتوحًا ويظل الصمام 140 مغلقًا. يتصل الصمام 142 بالمصرف الحراري 180. بعد الخروج من الصمام 142، يدخل المائع في المصرف الحراري 180. يتم استهلاك الطاقة الحرارية المكتسبة من وحدة التخزين الحراري بالمصرف الحراري. في التجسيد المعروض، يكون المصرف الحراري عبارة عن محرك حراري يستخدم توربين في دورة Rankine على النحو المعتاد في المجال. في تجسيدات أخرى، يمكن استخدام المبادل الحراري لاستخلاص الحرارة من مائع التشغيل. يتم توصيل المصرف الحراري بالمضخة 170. عندما يدخل مائع التشغيل مرة أخرى في المضخة، تستمر الدورة.

كما هو ملاحظ أعلاه بالنسبة لدورة الشحن، يتم تشغيل المضخات، الصمامات والمكونات النشطة الأخرى للمضخة الحرارية وفقًا للاختراع (على سبيل المثال، على النحو المعروض في الأشكال 1 - 5)، على النحو الموصوف أعلاه وبمكان آخر هنا، أثناء دورة التصريف "يدويًا"

عن طريق القائم على التشغيل (غير معروض)، بآلة، على سبيل المثال، معالج بيانات رقمي، PLC أو أجهزة تحكم أخرى أو توليفة منها (غير معروضة)، أو توليفة من التشغيل اليدوي والتشغيل بآلة، والتي تكون جميعها وفقًا لما هو متبع في المجال وعلى النحو المهيأ في ضوء الإرشادات الواردة هنا.

يوضح الشكل 2 أحد تجسيدات الاختراع حيث يتم الحفاظ على الفرق في درجة الحرارة بين اثنين من مصادر الحرارة من خلال التأثير المجمع لأداة إرجاع وضاغط. في التجسيد المعروض لهذه الهيئة، يتمثل مائع التشغيل في مائع نقل الحرارة Novec 649 المُصنع من قِبل شركة 3M والمعروف أيضًا بـ C6K بيرفلورو كيتون. في تجسيدات أخرى، يمكن استخدام موائع تشغيل مختلفة مثل، ولكن لا تقتصر على، هيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي، مركبات سيلوكسان، ومركبات هيدرو فلورو كربون.

يستمر تشغيل النظام المعروض في الشكل 2 بطريقة مماثلة لتلك الموصوفة في الشكل 1. ينفذ مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة 100، المضخة 105، مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130، الصمامات 140، 142، 144، 146، وحدة التخزين الحراري 150، مُخفض الضغط 160، المضخة 170، والمصرف الحراري 180 نفس الوظائف على النحو الموصوف أعلاه ويتم توصيلها بنفس الطريقة.

يتمثل العنصر المعروض حديثًا في هذه الهيئة في أداة الإرجاع 190. يتم وضعها لاعتراض مساري تدفق: يكون مسار التدفق الأول من الصمام 144 إلى مُخفض الضغط 150، يكون مسار التدفق الثاني من المبادل الحراري 110 إلى الضاغط 120. تتمثل وظيفة أداة الإرجاع في نقل الحرارة من مسار التدفق الأول إلى مسار التدفق الثاني. في التجسيد المعروض، تكون أداة الإرجاع عبارة عن مبادل حراري ذو أنبوب مُزعنف يعمل عن طريق تدفقات ذات تيار عكسي، إلا أنه يمكن في تجسيدات أخرى استخدام أجهزة أخرى من النوع المعروف في المجال والتي يكون لها تأثير مائعي ميكانيكي على مائع التشغيل بدلًا منها أو بالإضافة إليها. يتم نقل مائع التشغيل الناتج من الصمام 144 خلال أنابيب أداة الإرجاع بنمط تدفق ذو تيار عكسي بحيث تكون درجة حرارة مائع التشغيل المنقول إلى مُخفض الضغط 160 عند درجة حرارة منخفضة إلى حدٍ كبير. يمر مائع التشغيل الناتج عن المبادل الحراري 110 فوق زعانف أنبوب موجودة في أداة الإرجاع 190. ترفع الحرارة درجة حرارة مائع التشغيل أثناء نقله إلى الضاغط 120.

يتصل المبادل الحراري 110 بالمضخة 105 ومصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة 100 على أحد الجوانب. يتصل الجانب الآخر من المبادل الحراري بمُخفض الضغط 160 وأداة الإرجاع 190. وينقل حرارة ناتجة عن مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة لتبخير مائع التشغيل.

يتصل الضاغط 120 بأداة الإرجاع 190 ومصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة. وعلى نحو مماثل للهيئة الموصوفة أعلاه، يكون الضاغط الموضح بالتجسيد المعروض عبارة عن آلة تعمل بالطرد المركزي ولكن يمكن استخدام تقنيات انضغاط أخرى مناسبة تقع ضمن إدراك أصحاب المهارة في المجال بدلًا منه أو بالإضافة إليه.

يربط الصمام 144 وحدة التخزين 150 بأداة الإرجاع 190. وأثناء الشحن، ينقل الصمام 144 مائع التشغيل من وحدة التخزين إلى أداة إرجاع.

يربط مُخفض الضغط 160 أداة الإرجاع 190 بالمبادل الحراري 110. وفي التجسيد المعروض، يكون مُخفض الضغط عبارة عن توربين. على النحو الموصوف أعلاه، تكون تقنيات أخرى ممكنة.

تؤدي عودة مائع التشغيل إلى المبادل الحراري 110 إلى اكتمال دورة الشحن الحراري. يمكن استعادة الحرارة الممتصة في نظام التخزين باستخدام نفس الآلية المعروضة في الشكل 1 – بمعنى إعادة تهيئة الصمامات 140، 142، 144، 146 لتمكين المضخة 170 من تدوير مائع تشغيل خلال وحدة التخزين 150 وإلى المصرف الحراري 180.

يوضح الشكل 7 دورة الشحن الموضحة في التجسيد المعروض في الشكل 2 من وجهة نظر مائع التشغيل. وعلى نحو مماثل للشكل 6، يُمثل ذلك رسمًا بيانيًا للضغط مقابل المحتوى الحراري لمائع تشغيل تمثيلي به خطوط درجة حرارة ثابتة 100 ومحتوى حراري ثابت 110. ويلاحظ أنه على عكس الشكل 6، يمر خط المحتوى الحراري الثابت 110 الذي يبدأ عند ضغط منخفض خلال حدود طور مائع التشغيل 210. ويُشكل ذلك مُشكلة لأنواع عديدة من تقنيات الضاغط وخاصةً للتوربينات التي تعمل بالطرد المركزي والمحورية بسبب اصطدام المادة مختلطة الطور بأنصال عضو الدوار وتؤدي إلى تآكلها بسرعة. وتعتبر تلك هي خاصية مائع التشغيل التي تتطلب أداة الإرجاع 140 في الدورة. تعمل أداة الإرجاع على تسخين مائع التشغيل مسبقًا من 353 كلفن إلى 393 كلفن قبل طور الانضغاط 150 وبالتالي يتم منع الانضغاط ثابت الانتروبيا تقريبًا من اجتياز حدود الطور. وعلى نحو مماثل

للشكل 6، يمتص مائع التشغيل حرارة إضافية من مصدر مرتفع درجة الحرارة 160 عبر نطاق يتراوح من 473 كلفن إلى 513 كلفن ومن ثم يمر خلال وحدة التخزين 170 لإطلاق حرارة تتراوح من 513 كلفن إلى 413 كلفن. يحدد العنصر 180 المعروض في الشكل 7 نقطة الخروج من وحدة التخزين الحراري ومن ثم الدخول في أداة الإرجاع. تنقل أداة الإرجاع الحرارة من المائع مرتفع الضغط إلى المائع منخفض الضغط 190. وعند خروجه من أداة الإرجاع، يدخل المائع مرتفع الضغط في مُخفض الضغط 200 ويعود إلى حالة درجة الحرارة المنخفضة والضغط المنخفض حيث يمكنه امتصاص الحرارة أثناء التبخير 120 من مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة. يدخل طور الغاز الخاص بمائع التشغيل بعد ذلك في أداة الإرجاع مرة أخرى عند 130 لإكمال الدورة.

يوضح الشكل 3 أحد تجسيدات الاختراع حيث يتم الحفاظ على الفرق في درجة الحرارة بين اثنين من مصادر الحرارة من خلال تأثير أداة إرجاع ويتم توفير ارتفاع إضافي في درجة الحرارة عن طريق الضاغط الموضوع بعد مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة. في التجسيد المعروض لهذه الهيئة، يتمثل مائع التشغيل في مائع نقل الحرارة Novec 649 المُصنع من قِبل شركة 3M والمعروف أيضًا بـ C6K بيرفلورو كيتون. في تجسيدات أخرى، يمكن استخدام موائع تشغيل مختلفة مثل، كمثال غير حصري، هيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي، مركبات سيلوكسان، ومركبات هيدرو فلورو كربون.

يستمر تشغيل النظام المعروض في الشكل 3 بطريقة مماثلة لتلك الموصوفة في الشكل 2. يؤدي مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة 100، المضخة 105، المبادل الحراري 110، الصمامات 142، 144، 146، وحدة التخزين 150، مُخفض الضغط 160، المضخة 170، والمصرف الحراري 180 نفس الوظائف على النحو الموصوف أعلاه ويتم توصيلها بنفس الطريقة بالضبط.

تختلف الهيئة المعروضة في الشكل 3 عن الشكل 2 من حيث إزالة الضاغط 120 من الشكل 2 وإضافة ضاغط جديد 200 في الشكل 3 بين مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130 والصمام 140.

تتصل أداة الإرجاع 120 بالصمام 144 ومُخفض الضغط 160 لمسار التدفق الأول. ويتصل مسار التدفق الثاني الخاص بها بالمبادل الحراري 110 وبمصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130. وعلى نحو مماثل للشكل 2، تنقل أداة الإرجاع الحرارة من مسار التدفق الأول إلى مسار التدفق الثاني.

يتصل مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة بأداة الإرجاع 120 والضاغط 200. يستقبل المائع المُسخن الخارج من أداة الإرجاع حرارة إضافية من مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة إما بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر من خلال المبادل الحراري. يُزيد ذلك من درجة حرارة مائع التشغيل أثناء خروجه من مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة ودخوله في الضاغط 200.

يتصل الضاغط 200 بمصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130 والصمام 140. وعلى نحو مماثل للضاغط 120 في الشكل 1 الموصوف أعلاه، سيؤدي تأثير الضاغط على مائع التشغيل إلى زيادة ضغط ودرجة حرارة مائع التشغيل.

يتصل الصمام 140 بالضاغط 200، وحدة التخزين الحراري 150 والصمام 142. أثناء عملية الشحن، يظل الصمام 140 مفتوحًا ويسمح بدوران مائع التشغيل خلال وحدة التخزين الحراري. وعند خروجه من الصمام 140، يدور المائع خلال نفس المكونات المعروضة في الشكل 2 بنفس التسلسل أثناء الشحن.

أثناء التصريف يكون تدفق المائع مماثل لما هو موصوف في الشكل 2. يتدفق المائع خلال الصمام 142، وحدة التخزين الحراري 150، الصمام 144، المضخة 170، والمصرف الحراري 180 قبل العودة إلى الصمام 142. تظل الصمامان 140 و144 مغلقة أثناء التصريف.

يوضح الشكل 8 دورة الشحن المعروضة في الشكل 3 من وجهة نظر مائع التشغيل. ومرة أخرى، يُمثل ذلك مخطط ضغط-محتوى حراري به خطوط درجة حرارة ثابتة 100 ومحتوى حراري ثابت 110. يتم تبخير مائع التشغيل عند الخطوة 120 عند درجة حرارة تبلغ 353 كلفن. يدل العنصر 130 على الدخول في أداة الإرجاع وهو ما يؤدي إلى تسخين المائع من 353 كلفن إلى 393 كلفن على النحو المحدد عند 140. يخرج المائع بعد ذلك من أداة الإرجاع عند النقطة 150 ويمر خلال مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 160 لزيادة درجة الحرارة إلى 453 كلفن. يُزيد طور الانضغاط 170 درجة الحرارة إلى 513 كلفن. يدخل المائع بعد ذلك في وحدة التخزين 180 حيث يطلق الحرارة أثناء تبريده من 513 كلفن إلى 413 كلفن. وعند 190، يدخل المائع مرة أخرى في أداة الإرجاع وينقل الحرارة إلى الطور ضغط المنخفض من الدورة 200. وبمجرد تبريد المائع، فإنه يدخل في جهاز استخلاص الضغط 210 الذي يُعيده إلى المبادل الحراري ويُكمل الدورة.

يوضح الشكل 4 أحد تجسيدات الاختراع حيث يتم الحفاظ على الفرق في درجة الحرارة بين اثنين من مصادر الحرارة من خلال تأثير الضاغط 120 كما في الشكل 1، ويعمل ضاغط إضافي 200 أيضًا على زيادة درجة حرارة وضغط مائع التشغيل قبل دخوله في وحدة التخزين الحراري. في التجسيد المعروض، يتمثل مائع التشغيل في أيزو بيوتان. في تجسيدات أخرى، يمكن استخدام موائع تشغيل مختلفة مثل هيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي، مركبات سيلوكسان، ومركبات هيدرو فلورو كربون.

يقوم مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة 100، المضخة 105، المبادل الحراري 110، الضاغط 120، الصمامات 142، 144، 146، وحدة التخزين 150، مُخفض الضغط 160، المضخة 170 والمصرف الحراري 180 بنفس الوظائف ويتم توصيلها بنفس الطريقة كما في الشكل 1.

في الهيئة المعروضة في الشكل 4، يتصل مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130 بالضاغط 120 والضاغط 200. عند مرور المائع خلال مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة من الضاغط 120 إلى الضاغط 200، تزيد درجة الحرارة مع إضافة الحرارة.

يتصل الضاغط 200 بمصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130 وبالصمام 140. عند ضغط مائع التشغيل عن طريق الضاغط، تزيد كل من درجة الحرارة والضغط على النحو الموصوف أعلاه للضاغط 120 المعروض في الشكل 1.

يتصل الصمام 140 بالضاغط 200، بوحدة التخزين الحراري 150 وبالصمام 142. يظل الصمام 140 مفتوحًا أثناء عملية الشحن.

تستمر عملية التصريف بنفس الطريقة الموصوفة في الشكل 1. يتم إغلاق الصمامين 140 و144 بينما يتم فتح الصمامين 142 و146. تقوم المضخة 180 بتدوير مائع التشغيل خلال المصرف الحراري 180، إلى الصمام 144، داخل وحدة التخزين 150 وإعادته خلال الصمام 146 الذي يُعيد المائع إلى المضخة.

يوضح الشكل 9 الدورة المعروضة في الشكل 4. من وجهة نظر مائع التشغيل. كما هو الحال مع الأمثلة الأخرى، التي تُمثل مخطط ضغط-محتوى حراري به خطوط درجة حرارة ثابتة 100 ومحتوى حراري ثابت 110. يمتص مائع التشغيل الحرارة الناتجة عن مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة عند درجة حرارة تبلغ 313 كلفن ويتحول إلى غاز. يتم ضغط الغاز بطول المقطع 130 لزيادة درجة الحرارة إلى 373 كلفن. يقوم مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة بإمداد حرارة

تتراوح من 373 كلفن إلى 453 كلفن على النحو المحدد بالمقطع 140. يُزيد الضاغط درجة الحرارة أيضًا من 453 كلفن إلى 513 كلفن على المقطع 150. يتم بعد ذلك توصيل الحرارة إلى وحدة التخزين 160 حيث تقل درجة حرارتها من 513 كلفن إلى 313 كلفن. يمر المائع خلال جهاز خفض الضغط 170 ليعود إلى المبخر وبالتالي يُكمل الدورة.

يوضح الشكل 5 أحد تجسيدات الاختراع حيث يتم الحفاظ على الفرق في درجة الحرارة بين اثنين من مصادر الحرارة من خلال التأثير المجمع لأداة الإرجاع والضاغط ويتم استخدام ضاغط ثانٍ لتعزيز درجة حرارة مائع التشغيل قبل أن يُرسب طاقته الحرارية في وحدة التخزين الحراري. في التجسيد المعروض لهذه الهيئة، يتمثل مائع التشغيل في مائع نقل الحرارة Novec 649 المُصنع من قِبل شركة 3M والمعروف أيضًا بـ C6K بيرفلورو كيتون. في تجسيدات أخرى، يمكن استخدام موائع تشغيل مختلفة مثل هيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي، مركبات سيلوكسان، ومركبات هيدرو فلورو كربون.

يستمر تشغيل النظام المعروض في الشكل 5 بطريقة مماثلة لتلك الموصوفة في الشكل 2. يقوم مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة 100، المضخة 105، المبادل الحراري 110، أداة الإرجاع 190، الضاغط 120، الصمامات 142، 144، 146، وحدة التخزين الحراري 150، مُخفض الضغط 160، المضخة 170، والمصرف الحراري 180 بنفس الوظائف على النحو الموصوف أعلاه في الشكل 2 ويتم توصيلها بنفس الطريقة بالضبط.

في الهيئة المعروضة في الشكل 5، يتصل مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130 بالضاغط 120 والضاغط 200. عند مرور المائع خلال مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة من الضاغط 120 إلى الضاغط 200، تزيد درجة الحرارة مع إضافة الحرارة.

يتصل الضاغط 200 بمصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 130 وبالصمام 140. عند ضغط مائع التشغيل عن طريق الضاغط، تزيد كل من درجة الحرارة والضغط على النحو الموصوف أعلاه للضاغط 120 المعروض في الشكل 1.

يتصل الصمام 140 بالضاغط 200، بوحدة التخزين الحراري 150 وبالصمام 142. يظل الصمام 140 مفتوحًا أثناء عملية الشحن.

تستمر عملية التصريف بنفس الطريقة الموصوفة في الشكل 1. يتم إغلاق الصمامين 140 و144 بينما يتم فتح الصمامين 142 و146. تقوم المضخة 180 بتدوير مائع التشغيل خلال المصرف الحراري 180،

إلى الصمام 144، داخل وحدة التخزين 150 وإعادته خلال الصمام 146 الذي يُعيد المائع إلى المضخة.

يوضح الشكل 10 الدورة المعروضة في الشكل 5 من وجهة نظر مائع التشغيل. كما هو الحال مع الأمثلة الأخرى، التي تُمثل مخطط ضغط-محتوى حراري به خطوط درجة حرارة ثابتة 100 ومحتوى حراري ثابت 110. يمتص مائع التشغيل الحرارة الناتجة عن مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة عند درجة حرارة تبلغ 353 كلفن ويتحول إلى غاز. يدخل الغاز في أداة الإرجاع عند 130 ويمتص الحرارة 140 لزيادة درجة الحرارة إلى 393 كلفن. يُزيد الضاغط 150 أيضًا من درجة الحرارة من 393 كلفن إلى 433 كلفن. يمر المائع بعد ذلك إلى مصدر الحرارة مرتفع درجة الحرارة 160 الذي يُزيد الحرارة من 433 كلفن إلى 483 كلفن. يعمل الضاغط الثاني 170 على زيادة درجة الحرارة مرة أخرى إلى 513 كلفن. يتم توصيل حرارة مائع التشغيل في إلى نظام التخزين 180 من 513 كلفن إلى 413 كلفن. يتم إدخاله مرة أخرى في أداة الإرجاع عند 190 ويرسل حرارة 200 إلى الغاز منخفض الضغط. وبعد الخروج من أداة الإرجاع، يمر مائع التشغيل خلال جهاز خفض الضغط 210 ويعود إلى المبخر لإكمال الدورة.

تم أعلاه وصف مضخات حرارية وطرق تشغيل تلبي الأهداف المذكورة مسبقًا وتم عرضها في الرسومات. سيتم إدراك أن التجسيدات المعروضة تعتبر أمثلة فحسب على الاختراع وأن التجسيدات الأخرى المختلفة عن تلك المعروضة والموصوفة هنا يشملها الاختراع، أيضًا. وعليه، فعلى سبيل المثال، في حين أن الأمثلة السابقة تصف بعض المكونات المنتقاة للمضخات الحرارية وفقًا للاختراع، فسيدرك المتمرسين في المجال أنه يمكن تضمين مكونات أخرى في مسارات المائع الخاصة بتلك الأنظمة بدلًا من أو بالإضافة إلى تلك المعروضة في الرسومات والمناقشة أعلاه، والتي تتضمن، على سبيل المثال، مستشعرات ضغط ودرجة حرارة، صمامات أمان، أنابيب وتركيبات، مرشحات، أجهزة فصل زيت وغيرها من أجهزة القياس اللازمة لتشغيل الاختيار المحددة من المكونات الموجودة في النظام. كما سيدرك المتمرسين في المجال أنه يمكن تنفيذ مكونات مثل 'ضاغط'، 'أداة إرجاع'، 'مبادل حراري'، 'مُخفض ضغط'، 'مضخة'، 'وحدة تخزين حراري'، و'مصرف حراري' عن طريق أجهزة بديلة تؤدي وظائف مماثلة.

وأخيرًا، سيتضح للمتمرسين في المجال أنه في حين أن الهيئات الموصوفة في الأشكال 1-5 تصف أنظمة لا يوجد بها سوى اثنين فقط من

نطاقات درجة الحرارة المستقلة التي يتم الإمداد بها من مصادر خارجية، فمن الممكن توسيع هذا الوصف في نطاق الاختراع ليتضمن ثلاثة مصادر حرارة أو أكثر عن طريق إدخال مبادلات حرارية و/أو ضواغط إضافية في مسار التدفق بين مصادر الحرارة الإضافية المذكورة.

عناصر الحماية

1- مضخة حرارية، تشتمل على:

أ. وحدة استخلاص حرارة أولى توفر اقتران حراري بين مائع تشغيل ومصدر حرارة أول لاستخلاص حرارة منه ضمن نطاق درجة حرارة أول،

ب. وحدة استخلاص حرارة ثانية توفر اقتران حراري بين مائع التشغيل ومصدر حرارة ثانٍ لاستخلاص حرارة منه ضمن نطاق درجة حرارة ثانٍ أعلى، في المتوسط، من نطاق درجة الحرارة الأول،

ج. مخزن حراري،

د. ثقب توصيل مقترن بوحدة استخلاص الحرارة الأولى، وحدة استخلاص الحرارة الثانية، والمخزن الحراري، حيث يحدد ثقب التوصيل دائرة مائع يتدفق خلالها مائع التشغيل بشكل متسلسل، بشكل مباشر وبشكل غير مباشر، من وحدة استخلاص الحرارة الأولى إلى وحدة استخلاص الحرارة الثانية إلى المخزن الحراري،

هـ. مرحلة خفض ضغط مقترنة بثقب التوصيل ويتم وضعها بشكل متسلسل على دائرة المائع بين المخزن الحراري ووحدة استخلاص الحرارة الأولى،

و. واحد على الأقل من ضاغط أول وأداة إرجاع مقترنة بثقب التوصيل وموضوعة على دائرة المائع بين وحدة استخلاص الحرارة الأولى ووحدة استخلاص الحرارة الثانية.

2- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تكون نطاقات درجة الحرارة الأولى والثانية غير متداخلة.

3- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، تشتمل على كل من أداة الإرجاع والضاغط الأول، حيث يتم وضع أداة الإرجاع على دائرة المائع لاستخلاص الحرارة من مائع التشغيل الناتج عن المخزن الحراري ولنقل هذه الحرارة إلى مائع التشغيل الناتج عن وحدة استخلاص الحرارة الأولى.

4- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 3، حيث يتم وضع الضاغط الأول على دائرة المائع بعد وحدة استخلاص الحرارة الثانية.

5- المضخة الحرارية وفقًا لأيٍ من عنصري الحماية 3 و4، حيث يتمثل مائع التشغيل في أي من C6K بيرفلورو كيتون، بروبان، بيوتان، أيزو بيوتان، بيوتين، بنتان، أيزو بنتان، نيو بنتان، D4، D5، D6، MDM، MD2M، MD3M، MD4M، أو هيدروكربونات أخرى،

بيرفلورو كربون، بيرفلورو كيتون، هيدرو فلورو كربون، هيدرو فلورو أوليفين، أو سيلوكسان.

6- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 3، حيث تكون أداة الإرجاع عبارة عن مبادل حراري ذو أنبوب مُزعنف يعمل عن طريق تدفقات ذات تيار عكسي.

7- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث يعمل الاقتران الحراري في وحدة استخلاص الحرارة الأولى على إمداد مائع التشغيل بطاقة تبخير.

8- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، تشتمل على واحدة أو أكثر من وحدات استخلاص الحرارة الإضافية المقترنة بثقب التوصيل والتي يتدفق خلالها مائع التشغيل بين وحدة استخلاص الحرارة الثانية والمخزن الحراري.

9- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1 تكون قابلة للتشغيل بدورة شحن لترسيب طاقة حرارية في المخزن الحراري وتكون قابلة للتشغيل في دورة تصريف لإزالة الطاقة الحرارية من المخزن الحراري.

10- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تشتمل وحدة استخلاص الحرارة الأولى على مبادل حراري ينقل إلى مائع التشغيل حرارة ناتجة عن مصدر حرارة منخفض درجة الحرارة.

11- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 10، حيث يوفر مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة طاقة حرارية كافية لتبخير مائع التشغيل.

12- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 11، حيث يكون مصدر الحرارة منخفض درجة الحرارة عبارة عن أي حرارة متبددة ناتجة عن عملية صناعية، طاقة حرارية ناتجة عن البيئة وماء ساخن مجمع من طاقة حرارية شمسية.

13- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 10، حيث يتمثل مائع التشغيل في أي من C6K بيرفلورو كيتون، بروبان، بيوتان، أيزو بيوتان، بيوتين، بنتان، أيزو بنتان، نيو بنتان، D4، D5، D6، MDM، MD2M، MD3M، MD4M، أو هيدروكربونات أخرى، بيرفلورو كربون، بيرفلورو كيتون، هيدرو فلورو كربون، هيدرو فلورو أوليفين، أو سيلوكسان.

14- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث توفر وحدة استخلاص الحرارة الثانية أي من التسخين المباشر وغير المباشر لمائع التشغيل عن طريق مصدر الحرارة الثاني.

15- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 14، حيث تشتمل وحدة استخلاص الحرارة الثانية على مبادل حراري ينقل إلى مائع التشغيل حرارة ناتجة عن مصدر الحرارة الثاني.

16- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 15، حيث يكون مصدر الحرارة الثاني عبارة عن مجمع حراري شمسي مرتفع درجة الحرارة.

17- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل المخزن الحراري على رمل.

18- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، تعمل بدورة شحن حيث

أ. يُغير مائع التشغيل الطور من سائل إلى غاز حيث يمتص الحرارة الناتجة عن مصدر الحرارة الأول ضمن درجة حرارة وحدة استخلاص الحرارة الأولى،

ب. يرفع مائع التشغيل درجة الحرارة في أي من الضاغط الأول وأداة الإرجاع،

ج. يمتص مائع التشغيل الحرارة الإضافية الناتجة عن مصدر الحرارة الثاني الموجود في وحدة استخلاص الحرارة الثانية،

د. يوصل مائع التشغيل الحرارة إلى مصدر الحرارة الحراري، و

هـ. يتعرض مائع التشغيل لانخفاض الضغط في مرحلة خفض الضغط، قبل دخوله مرة أخرى في وحدة استخلاص الحرارة الأولى.

19- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، تعمل بدورة تصريف حيث يتبادل مائع التشغيل الحرارة مع مصرف حراري.

20- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 19، حيث يتمثل المصرف الحراري في أي من محرك حراري ووحدة استخلاص حرارة.

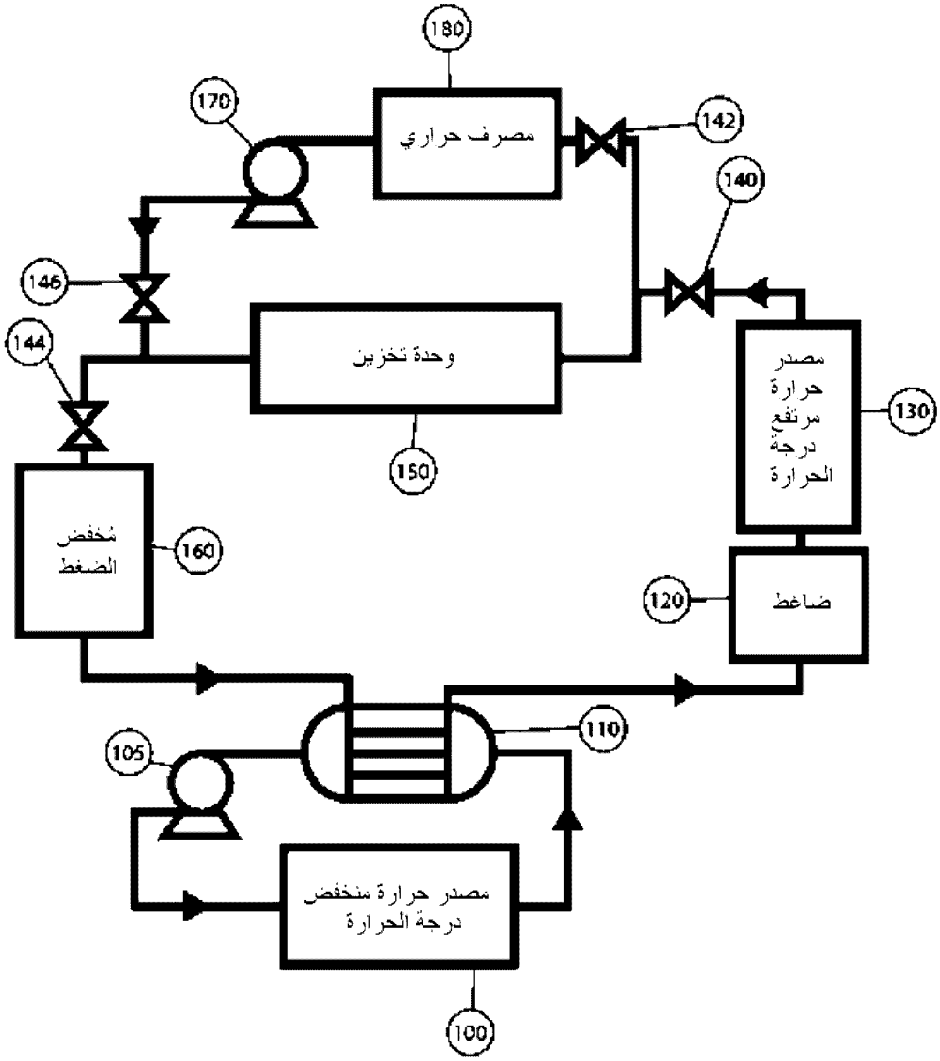
21- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 1، تشتمل على ضاغط ثانٍ مقترن بثقب التوصيل وموضوع على دائرة المائع بين وحدة استخلاص الحرارة الثانية والمخزن الحراري.

22- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 21، تشتمل على أداة الإرجاع والضاغطين الأول والثاني، حيث يتم وضع أداة الإرجاع على دائرة المائع لاستخلاص الحرارة من مائع التشغيل الناتج عن

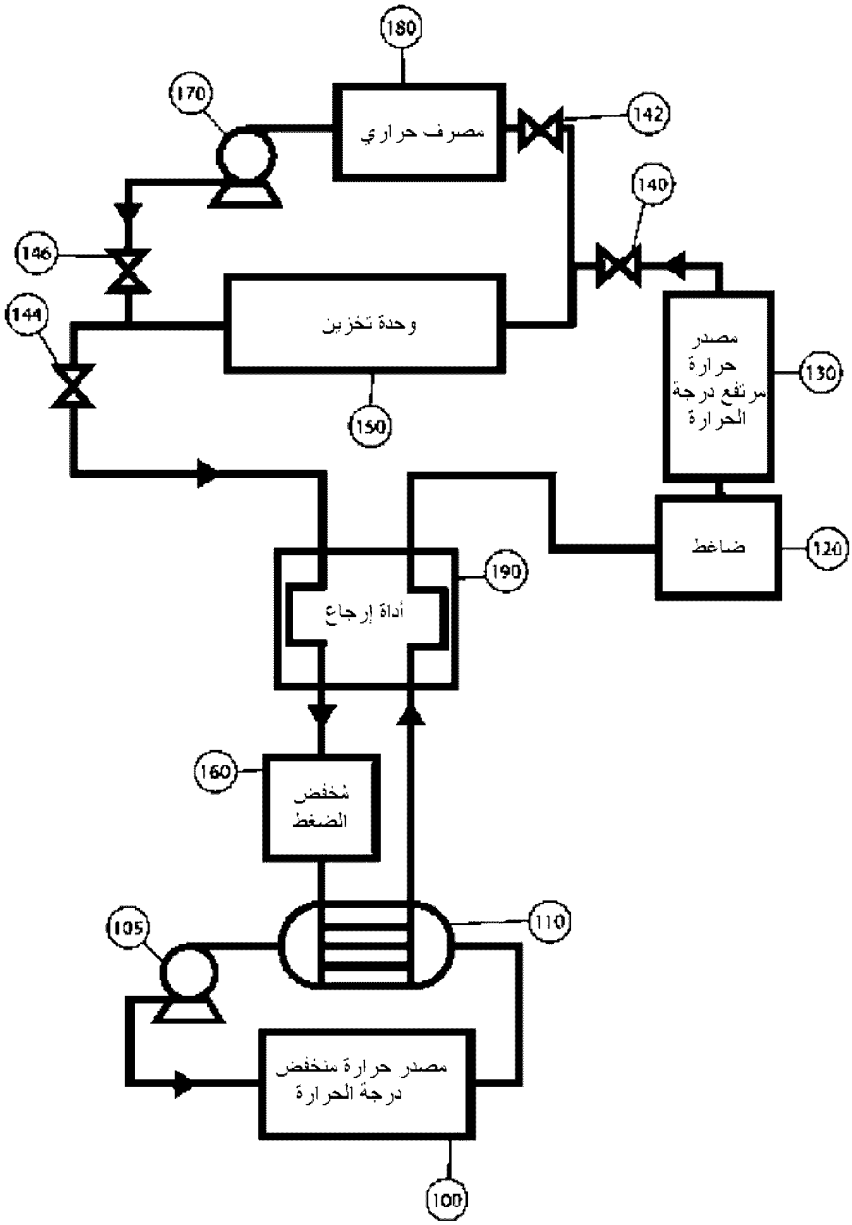
المخزن الحراري أثناء دورة الشحن ولنقل هذه الحرارة إلى مائع التشغيل الناتج عن وحدة استخلاص الحرارة الأولى.

23- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 22، حيث يتم وضع الضاغط الأول على دائرة المائع بعد أداة الإرجاع، ويتم وضع الضاغط الثاني على دائرة المائع بعد وحدة استخلاص الحرارة الثانية.

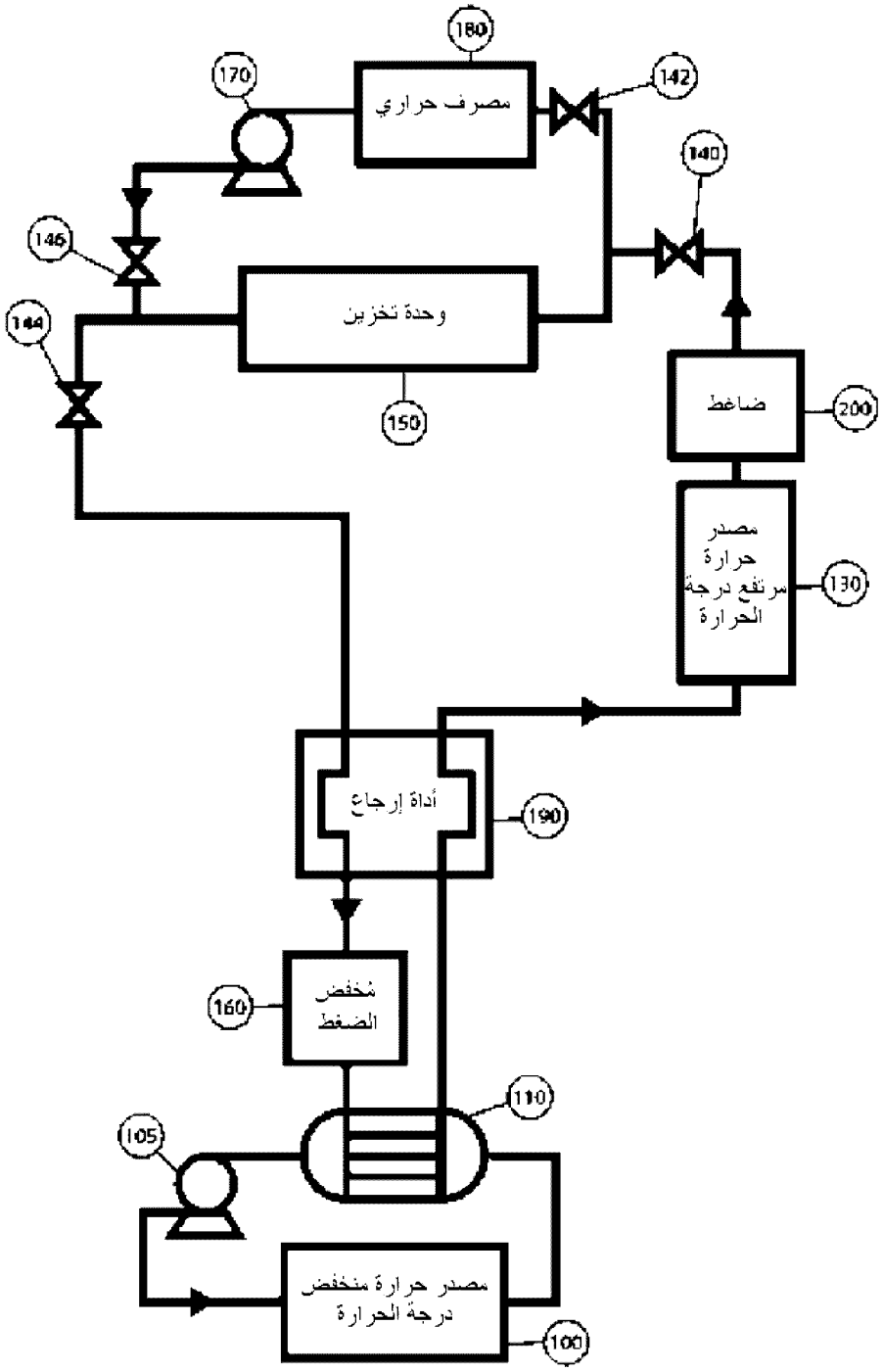
24- المضخة الحرارية وفقًا لعنصر الحماية 21، حيث يتمثل مائع التشغيل في أي من هيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي، سيلوكسان، وهيدرو فلورو كربون.


180
170
مصرف حراري
142
140
146
وحدة تخزين
144
150
مصدر حرارة مرتفع درجة الحرارة
130
منخفض الضغط
160
120
ضاغط
110
105
مصدر حرارة منخفض درجة الحرارة
100

الشكل 1


180
170
مصرف حراري
142
140
146
144
وحدة تخزين
مصدر حرارة مرتفع درجة الحرارة
130
150
ضاغط
120
190
أداة إرجاع
160
مخفض الضغط
105
110
مصدر حرارة منخفض درجة الحرارة
100

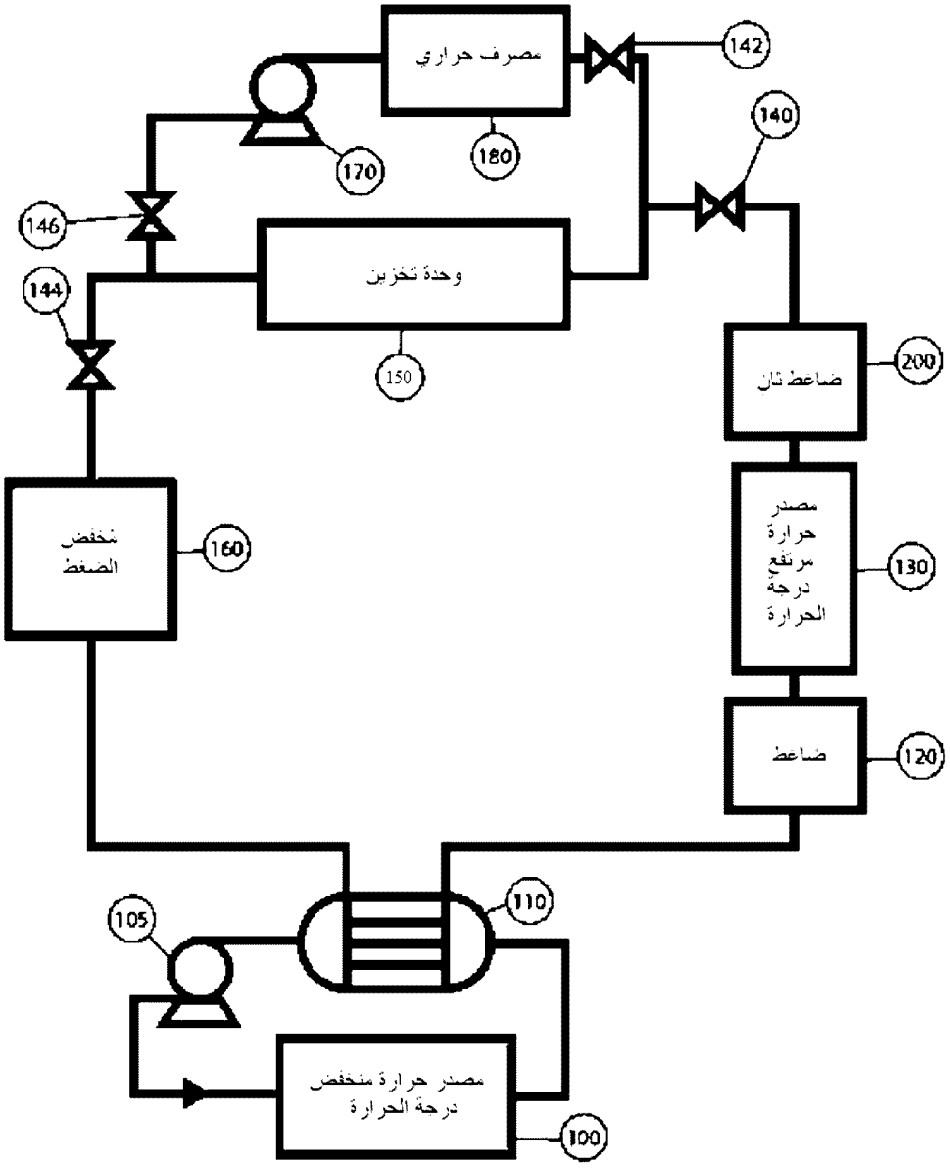
الشكل 2


180
170
مصرف حراري
142
140
146
وحدة تخزين
144
150
ضاغط
200
مصدر حرارة مرتفع درجة الحرارة
130
أداة إرجاع
190
مخفض الضغط
160
110
105
مصدر حرارة منخفض درجة الحرارة
100

الشكل 3

15

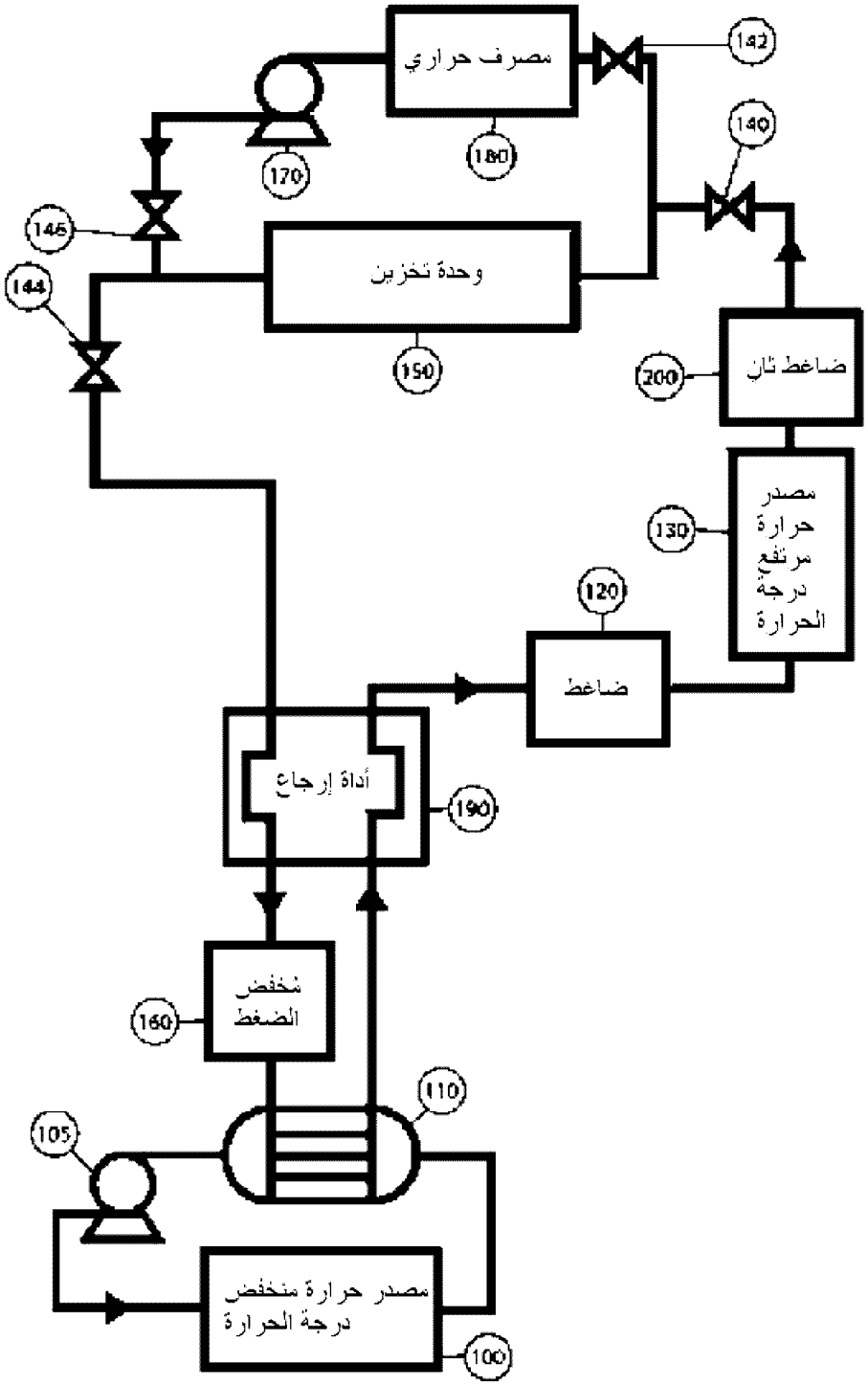
16



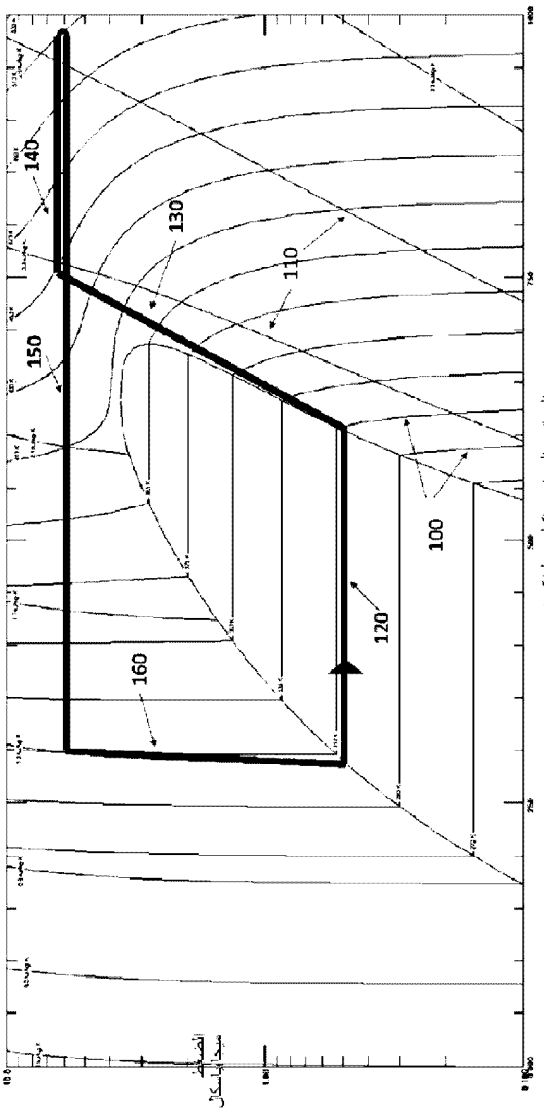
الشكل 4

17

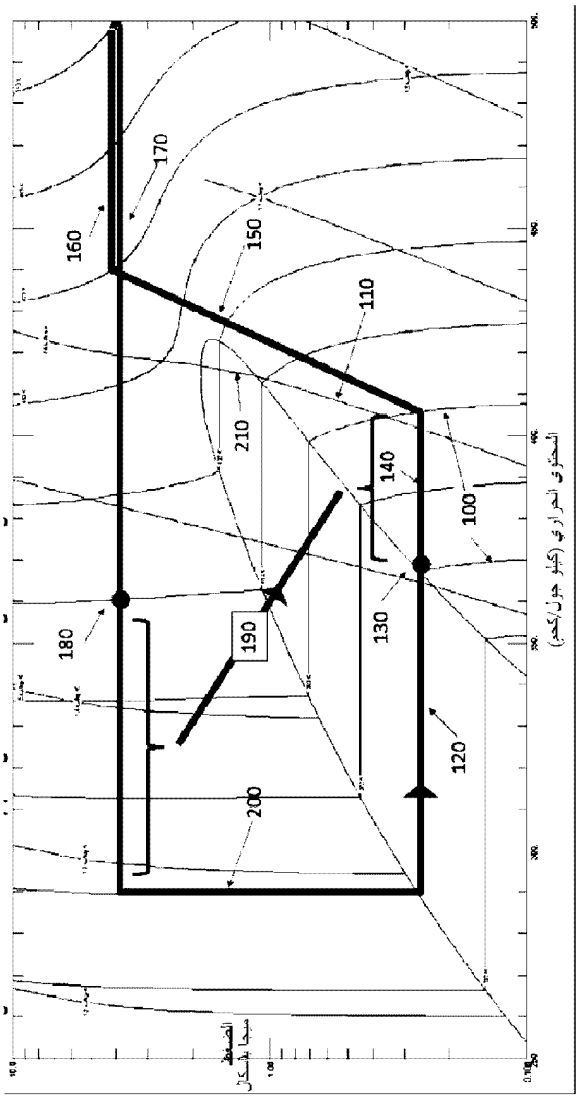
18


مصرف حراري
142
140
180
170
146
وحدة تخزين
144
150
200
ضاغط ثان
مصدر حرارة مرتفع درجة الحرارة
130
120
ضاغط
أداة إرجاع
190
مخفض الضغط
160
110
105
مصدر حرارة منخفض درجة الحرارة
100

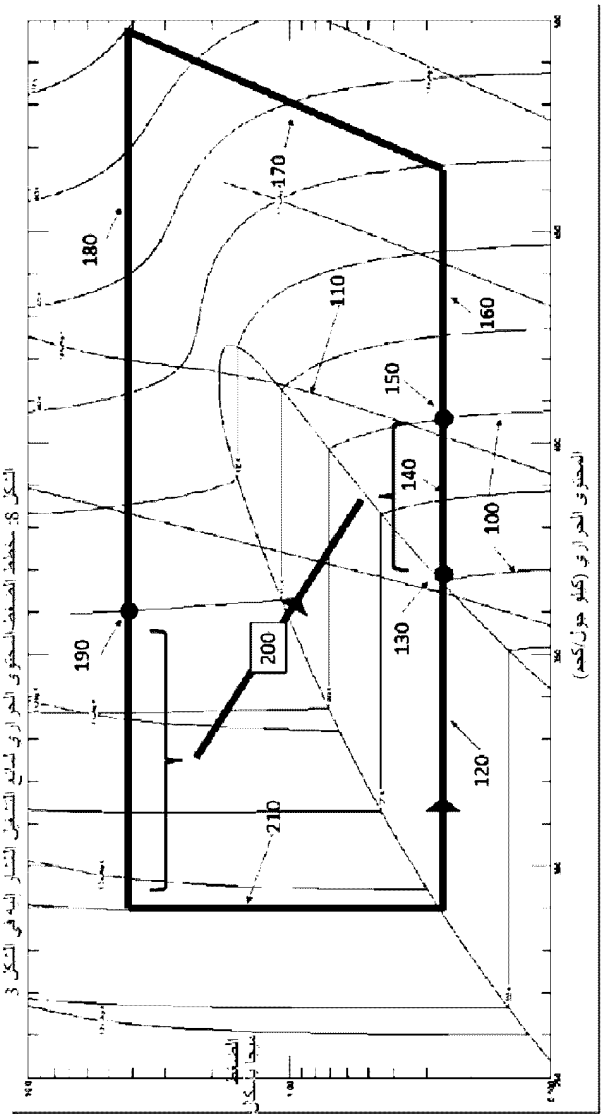
الشكل 5


140
130
110
150
100
120
160
المحتوى الحراري (كيلو جول/كجم)
الضغط بالبار

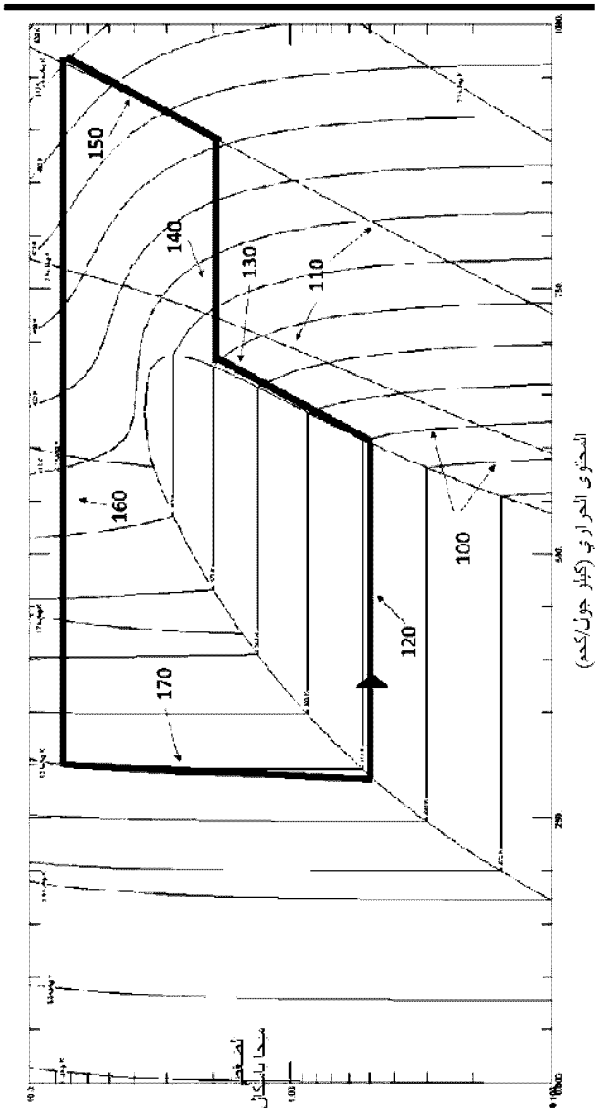
الشكل 6


170
160
150
110
210
140
100
180
190
130
120
200
المحتوى الحراري (كيلو جول/كجم)
الضغط (ملي بار)

الشكل 7


170
180
110
160
150
140
100
130
200
190
120
210
المحتوى الحراري (كيلو جول/كجم)

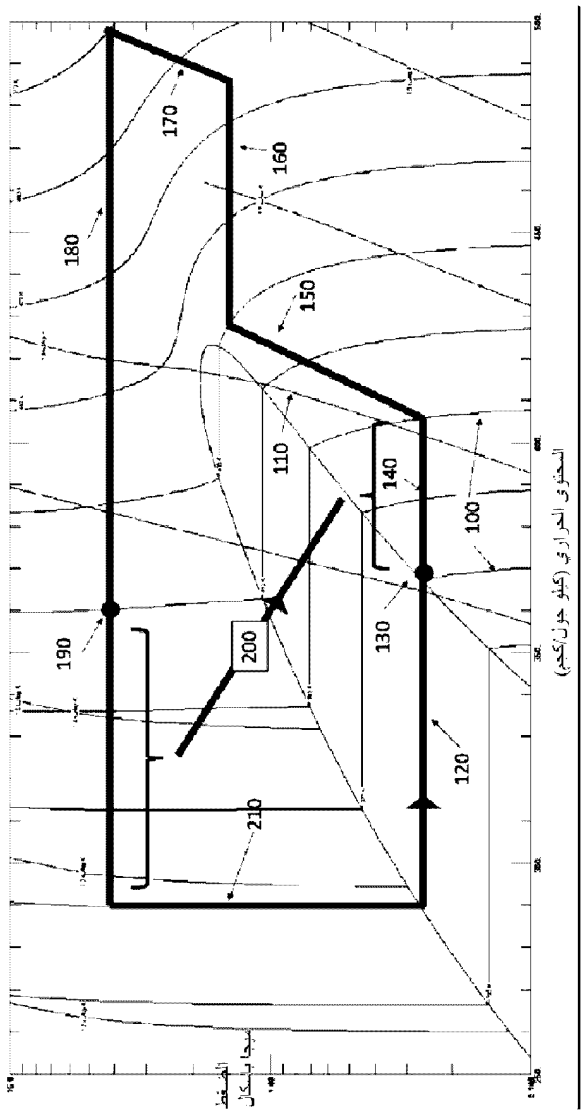
الشكل 8



الشكل 9

41

42



الشكل 10

43

MA 59287B1

ROYAUME DU MAROC
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

OMPIC

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

RAPPORT DE RECHERCHE AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 59287	Date de dépôt :25/01/2023 Date d'entrée en phase nationale :27/06/2021
Déposant : PHOTON VAULT LLC	Date de priorité: 14/07/2020
Intitulé de l'invention : POMPE À CHALEUR MULTITEMPÉRATURE POUR STOCKAGE D'ÉNERGIE THERMIQUE	

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales
- ☒ Cadre 1 : Base du présent rapport
- ☐ Cadre 2 : Priorité
- ☐ Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité
- ☐ Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté
- ☐ Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention
- ☐ Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité
- ☒ Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Examinateur : Saad-eddine BOUDIH	**Date d'établissement du rapport** : 19/06/2023
Téléphone : 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
  21 Pages
- Revendications
  24
- Planches de dessin
  10 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : F01K3/12 ; F28D20/00
CPC : F01K3/12 ; F28D20/00 ; F25B25/005 ; Y02E60/14

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	**US9932830B2 ; GOOGLE INC [US], X DEV LLC [US] ; 03-04-2018**	1-24
A	**US2012060501A1 ; HEMRLE JAROSLAV [CH], KAUFMANN LILIAN [CH], MERCANGOEZ MEHMET [CH], ABB RESEARCH LTD [CH] ; 15-03-2012**	1-24
A	**US2016160864A1 ; GEN ELECTRIC [US] ; 09-06-2016**	1-24
A	**US2014060051A1 ; ABB RESEARCH LTD [US]; ABB RESEARCH LTD [CH] ; 06-03-2014**	1-24
A	**US2017275190A1 ; SOLAR TURBINES INC [US] ; 28-09-2017**	1-24

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« **X** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
-« **Y** » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
-« **A** » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« **P** » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« **E** » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 1-24 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive	Revendications 1-24 Revendications aucune	Oui Non
Application Industrielle	Revendications 1-24 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US9932830B2

1. Nouveauté

Aucun des documents cités ci-dessus, considéré isolément, ne divulgue une pompe à chaleur comportant l'ensemble des caractéristiques techniques de la revendication 1. D'où l'objet de ladite revendication est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13. Par conséquent, les revendications dépendantes 2-24 sont aussi nouvelles.

2. Activité inventive

2.1- Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue une pompe à chaleur comprenant :
- Une première unité d'extraction de chaleur ;
- Un accumulateur thermique ;

L'objet de la revendication 1 diffère du dispositif connu de D1 en ce qu'il comprend une deuxième unité d'extraction de chaleur.

L'effet technique apporté par cette différence réside dans le fait d'assurer le couplage thermique entre le fluide et la deuxième source de chaleur.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme permettre d'extraire la chaleur dans une deuxième plage de température qui est plus élevée que la première.

La solution à ce problème proposée dans la revendication 1 n'est pas décrite dans l'art

antérieur. Aucun enseignement n'a été trouvé dans les documents de l'état de la technique qui aurait incité l'homme du métier à parvenir à la solution telle que décrite dans la revendication 1.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

2.2- Les revendications dépendantes 2-24 satisfont aux exigences de l'activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.