



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0043158

(51)^{2020.01} F01K 3/00; F01K 3/02; F03D 9/18;
F01K 7/34; F01K 9/00; F03D 9/17;
F01K 25/10; F01K 3/18

(13) B

(21) 1-2021-05756

(22) 17/12/2019

(86) PCT/IB2019/060896 17/12/2019

(87) WO2020/039416 27/02/2020

(30) 102019000002385 19/02/2019 IT

(45) 25/02/2025 443

(43) 25/11/2021 404

(73) ENERGY DOME S.P.A. (IT)

Viale Abruzzi 94, 20131 Milano, Italy

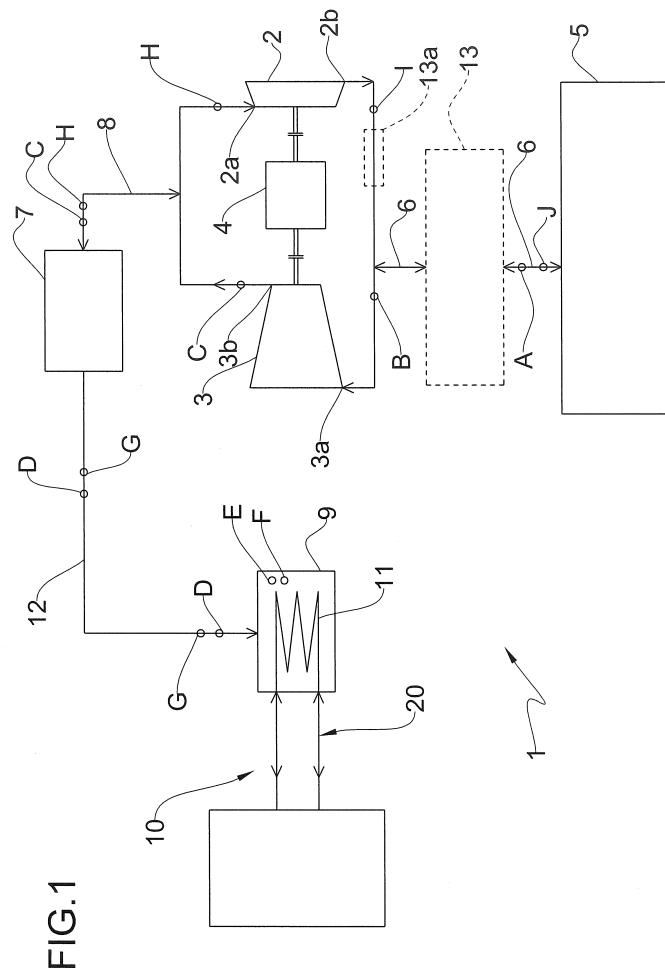
(72) SPADACINI, Claudio (IT).

(74) Công ty TNHH dịch vụ sở hữu trí tuệ DREWMARKS (DREWMARKS CO.,LTD.)

(54) THIẾT BỊ VÀ QUY TRÌNH DỰ TRỮ NĂNG LƯỢNG

(21) 1-2021-05756

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị và quy trình dự trữ năng lượng, thiết bị dự trữ năng lượng (1) bao gồm vỏ (5) để dự trữ chất lưu làm việc không phải là không khí, trong pha khí và cân bằng áp suất với khí quyển; bể chứa (9) để dự trữ chất lưu làm việc nói trên ở pha lỏng hoặc pha siêu tới hạn có nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn; trong đó nhiệt độ tới hạn đã nêu gần với nhiệt độ môi trường xung quanh. Thiết bị (1) được tạo kết cấu để thực hiện biến đổi tuần hoàn nhiệt động học khép kín (TTC), đầu tiên theo một hướng trong kết cấu nạp điện và sau đó theo hướng ngược lại trong kết cấu phóng điện, giữa vỏ (5) đã nêu và bể chứa (9) đã nêu; trong đó trong kết cấu nạp điện thiết bị (1) dự trữ nhiệt và áp suất và trong kết cấu phóng điện tạo ra năng lượng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị và quy trình dự trữ năng lượng điện. Chính xác hơn, đối tượng của sáng chế là hệ thống có thể hấp thụ/sử dụng năng lượng điện từ mạng lưới hoặc hệ thống khi mức độ sẵn có và/hoặc khan hiếm của mức tiêu thụ được biểu hiện, có thể duy trì trong thời gian năng lượng được dự trữ và có thể biến đổi nó trở lại thành năng lượng điện và đưa nó trở lại mạng lưới khi có nhu cầu về năng lượng điện. Cụ thể, sáng chế đề cập đến hệ thống dự trữ năng lượng điện dưới dạng thể năng (áp suất) và năng lượng nhiệt/nhiệt động học. Sáng chế là một phần của hệ thống dự trữ năng lượng quy mô vừa và lớn, cho cả ứng dụng trên cạn và trên biển, thường có công suất từ hàng trăm kW đến hàng chục MW (ví dụ 20-25MW), nhưng cũng có thể hàng trăm MW, và với khả năng dự trữ từ vài trăm kWh, đến hàng trăm MWh và thậm chí lên đến vài GWh. Sáng chế cũng có thể được áp dụng trong lĩnh vực hệ thống dự trữ năng lượng quy mô nhỏ, cho các ứng dụng trong gia đình và thương mại, cả trên cạn và trên biển, thường có công suất từ vài kW đến vài trăm kW và với dung lượng lưu trữ từ vài kWh, lên đến hàng trăm kWh.

Định nghĩa

Các định nghĩa sau đây sẽ được sử dụng trong phần mô tả sáng chế và trong các yêu cầu bảo hộ kèm theo.

- Chu trình nhiệt động (Thermodynamic cycle-CT): biến đổi nhiệt động từ điểm X đến điểm Y, trong đó X trùng với Y; CT, không giống như TTC (Thermodynamic Cyclic Transformation-Biến đổi tuần hoàn nhiệt động học) bên dưới, không có tích lũy khối (quan trọng cho mục đích năng lượng) trong chu kỳ, trong khi TTC thường làm việc giữa hai kho dự trữ chất lưu làm việc, một kho ban đầu và kho cuối khác;
- Biến đổi tuần hoàn nhiệt động học (TTC): biến đổi nhiệt động học từ điểm X đến điểm Y và từ điểm Y đến điểm X mà không nhất thiết phải đi qua cùng một điểm trung gian;

- CT và/hoặc TTC khép kín: không có sự trao đổi khối (quan trọng cho mục đích năng lượng) với khí quyển;
- CT và/hoặc TTC mở: với sự trao đổi khối (quan trọng cho mục đích năng lượng) với khí quyển;

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, do sự phổ biến ngày càng tăng của các hệ thống sản xuất năng lượng từ các nguồn tái tạo và đặc biệt là từ các nguồn gió và quang điện, được đặc trưng bởi sự thay đổi trong sản xuất và không thể đoán trước, các hệ thống dự trữ năng lượng điện ngày càng trở nên quan trọng.

Các hệ thống dự trữ năng lượng điện có thể thực hiện các chức năng cơ bản khác nhau cho mạng lưới, cả cách ly và kết nối với nhau, bao gồm điều chỉnh tần số/cung cấp quán tính động, cung cấp hệ thống "tăng tốc linh hoạt", tức là cho phép khởi động hệ thống sản xuất khẩn cấp, "chuyển năng lượng" từ những giờ sản xuất nhiều hơn và nhu cầu ít hơn sang những giờ, mặt khác, đưa ra nhu cầu lớn hơn và/hoặc thiếu hụt sản xuất, bù đắp theo mùa, v.v..

Ngoài các hệ thống vận hành theo nguyên tắc điện hóa (pin) thường có giá thành cao và thời gian sử dụng hữu ích hạn chế, cơ khí (bánh đà) chỉ thích hợp với một lượng nhỏ năng lượng dự trữ, các hệ thống hiện đang được sử dụng hoặc đang được phát triển hoặc được biết đến bao gồm những điều sau đây .

Các hệ thống chủ yếu được sử dụng là hệ thống lưu trữ bơm thủy điện (PUMPED HYDRO STORAGE - PHS), hiện chiếm hơn 90% dung lượng dự trữ được lắp đặt trên toàn cầu. Các hệ thống này phù hợp cho cả dự trữ dài hạn và ngắn hạn, khá cạnh tranh về chi phí, nhưng có nhược điểm là chỉ có thể xây dựng ở những nơi có điều kiện địa hình cụ thể. Hệ thống PHS đã nêu có thể được tính trong số các hệ thống dự trữ năng lượng ở dạng tiềm năng và đặc biệt là lực hấp dẫn. Ngoài ra, hệ thống được bộc lộ trong tài liệu GB 2518125 A cũng thuộc họ hệ thống lực hấp dẫn.

Hệ thống thứ hai đang được sử dụng gọi là hệ thống CAES (Dự trữ năng lượng khí nén-Compressed Air Energy Storage), bao gồm TTC mở tích lũy thông qua biến đổi thành thế năng (áp suất) và (có thể) năng lượng nhiệt. Hệ thống CAES này được

biết đến cả ở kết cấu cơ bản (không đoạn nhiệt) và kết cấu AA-CAES (CAES đoạn nhiệt cải tiến; xem tài liệu sáng chế US 4,147,205 - Compressed Air Storage Installation) configuration). Các hệ thống này phù hợp cho cả dự trữ dài hạn và ngắn hạn, khá cạnh tranh về chi phí, kém hiệu quả hơn các hệ thống PHS về 'hiệu suất một chu trình nạp-phóng', nhưng có nhược điểm là chỉ có thể xây dựng ở những nơi có điều kiện địa hình cụ thể.

Các hệ thống CAES cũng có nhược điểm nữa là áp suất của bể chứa/hồ thay đổi theo mức nạp của hệ thống. Điều này ảnh hưởng đến cả hiệu suất của TTC và hiệu suất của máy móc tuabin thực hiện nó.

Các hệ thống cũng được biết đến để khắc phục sự vắng mặt của các hồ ngầm cho các hệ thống CAES. Đặc biệt, các giải pháp được biết đến là tìm cách làm cho việc dự trữ năng lượng trong các bể chứa trên mặt đất trở nên hiệu quả về mặt kinh tế mà không cần đến các hồ ngầm. Ví dụ là trong tài liệu US2011/0204064 A1 của LIGHTSAIL, trong đó các bể chứa có cấu tạo đặc biệt được đề xuất để cố gắng chứa các chi phí của bể chứa trên mặt đất, ngược lại sẽ làm cho chi phí của các hệ thống CAES trên mặt đất không có lợi. Các giải pháp này cũng thuộc về các hệ thống hoạt động theo TTC mở.

Các hệ thống kết hợp hai hệ thống nêu trên cũng được biết đến (xem tài liệu US 7.663.255 B2), trong đó sự kết hợp của CAES và PHS cũng cho phép hệ thống CAES hoạt động ở áp suất nén không đổi. Các hệ thống này cũng hoạt động theo TTC mở.

Tài liệu 'Novel concept of compressed air energy storage and thermos-electric energy storage' - THESE N.5525 (2012) - Ecole Polytechnique Federale de Lousanne, bộc lộ tất cả các loại hệ thống dự trữ năng lượng CAES. Trong số những hệ thống khác, hệ thống CAES tăng giảm nhiệt, đoạn nhiệt, đẳng nhiệt và kết hợp với PHS để cho phép áp suất nén không đổi, được bộc lộ, hệ thống này được gọi là CAES-áp suất không đổi kết hợp với PHS. Các hệ thống này cũng hoạt động theo TTC mở.

Tài liệu này cũng bộc lộ cái gọi là TEES (dự trữ năng lượng nhiệt điện) do ABB Corporate Research Center đề xuất (xem tài liệu EP 2532843 A1 và EP 2698506 A1). Đây là một trong những hệ thống hoạt động theo CT kín và có thể được tính trong số

các hệ thống PHES. Hệ thống PHES (dự trữ điện bằng nhiệt được bơm) là hệ thống dự trữ năng lượng điện/cơ bằng cách chuyển đổi nó thành năng lượng nhiệt bằng cách sử dụng, ví dụ, Rankine, Brayton hoặc Kalina CT.

Ngoài các hệ thống được mô tả ở trên sử dụng chu trình CO₂ xuyên tới hạn và siêu tới hạn hoặc các chu trình chất lưu khác và do đó các chu trình Rankine chuyển tiếp siêu tới hạn có thể đảo ngược, các hệ thống PHES với chu trình Brayton được biết đến, thường sử dụng Argon nhưng cũng sử dụng không khí (xem tài liệu Isoentropic EP 2220343 B1 và US 2010/0257862 A1 và Laughlin US 2016/0298455 A1. Đây là một trong những hệ thống hoạt động theo CT kín và có thể được tính trong số các hệ thống PHES.

Hệ thống khác có thể được tính trong số các hệ thống PHES/TEES là hệ thống Siemens - Gamesa (xem tài liệu US 2014/0223910 A1 và US 8.991.183 B2 và US 8.966.902 B2) kết hợp hai chu kỳ khác nhau cho pha nạp và phóng, và đặc biệt cung cấp cho chu trình Brayton hoặc phân tán đơn giản với điện trở cho pha nạp của bể trữ nhiệt nhiệt độ cao và chu trình Rankine hơi cho pha phóng điện/sản xuất năng lượng điện. Loại giải pháp này là một trong những hệ thống PHES. Nó được thực hiện bằng một số CT mở và/hoặc kín.

Cần lưu ý rằng tất cả các hệ thống PHES, còn được gọi là TEES, đều dựa trên nguyên tắc chu trình nhiệt động học 'khép kín' và thuận nghịch. Tùy thuộc vào các giải pháp được đề xuất khác nhau, chúng có thể là chu trình Rankine hoặc Brayton 'khép kín', nhưng trong mọi trường hợp, chất lưu làm việc của động cơ/bơm nhiệt, gần như có thể đảo ngược, thực hiện biến đổi theo chu trình nhiệt động học 'khép kín' trong đó không có tích lũy trung gian có kích thước theo dung lượng dự trữ cần thiết.

Tất cả các hệ thống CAES, thuộc tất cả các loại, thay vào đó là các hệ thống thực hiện các biến đổi, đầu tiên theo một hướng và sau đó theo một hướng khác theo một chu trình nhiệt động 'mở', tức là lấy và trả không khí vào bầu khí quyển.

Phương pháp dự trữ năng lượng khác được biết đến gọi là hệ thống LAES (Liquid Air Energy Storage, see US2009/0282840 A1). Phương pháp LAES liên quan đến các biến đổi theo biến đổi nhiệt động 'mở', tức là lấy và trả không khí vào khí

quyển. Hơn nữa, hệ thống này hoạt động ở nhiệt độ đông lạnh, gần -200°C , với những khó khăn kỹ thuật cao. Giải pháp này cũng thuộc về các hệ thống hoạt động theo TTC mở.

Trong tài liệu 'Analysis of the exergy efficiency of a super-critical compressed carbon dioxide energy-storage system based on the orthogonal method' của Qing He, Yiping Hao, Hui Liu, Wenyi Liu, việc sử dụng CO_2 làm chất lưu làm việc cho các hệ thống dự trữ năng lượng cũng được đề xuất. Hệ thống được đề xuất (được gọi là SC-CCES (dự trữ năng lượng cacbon điôxit nén - siêu tới hạn), sử dụng "hai tầng chứa nước mặn làm hồ chứa" như đã nêu. Trong hệ thống SC-CCES này, CO_2 từ sự phân phối máy nén được gửi trực tiếp đến bồn chứa mà không có sự xen kẽ của bất kỳ bộ trao đổi nhiệt và/hoặc hệ thống dự trữ năng lượng nhiệt nào. Hơn nữa, trong chu trình phóng điện, CO_2 xả ra từ tuabin nóng lên thông qua bộ thu hồi cùng một lượng CO_2 đi vào tuabin. Giải pháp này thuộc về các hệ thống hoạt động theo TTC khép kín, tức là giữa hai bể chứa khép kín.

Cũng tài liệu 'Green Energy Storage: "The Potential Use of compressed Liquid CO_2 and Large Sub-Terrain Cavities to Help Maintain a Constant Electricity Supply" - Dalgaard JZ, nói (cả trong tiêu đề và tóm tắt, và trong phần nội dung của tài liệu) về việc sử dụng CO_2 trong các hồ ngầm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế chỉ ra rằng các hệ thống dự trữ năng lượng điện hiện nay không có các đặc điểm cho phép sử dụng chúng một cách tiết kiệm trong các trường hợp khác nhau.

Đặc biệt, trong một số trường hợp (ví dụ: PHS và CAES), các hệ thống yêu cầu các tình huống hình thái địa chất rất đặc biệt khó tìm thấy. Trong một số trường hợp (ví dụ: PHS), việc triển khai các hệ thống như vậy đòi hỏi phải tạo ra các hồ chứa có tác động môi trường nặng nề.

Trong các trường hợp khác (AA-CAES), việc thực hiện các hệ thống dự trữ năng lượng nhiệt đưa ra các vấn đề khó giải quyết với chi phí thấp và hơn nữa, vẫn cần phải xác định các hồ ngầm phù hợp. Những điều trên cũng dẫn đến những khó khăn trong việc đạt được hiệu suất một chu trình nạp-phóng (Round Trip Efficiency-RTE) thỏa

đáng. Trong mọi trường hợp, vấn đề làm việc với áp suất thay đổi trong bể chứa vẫn còn, trừ khi hệ thống CAES được kết hợp với hệ thống PHS, với các phức tạp về chi phí bổ sung rõ ràng và để xác định các điều kiện địa chất chính xác.

Các tác giả sáng chế cũng quan sát thấy rằng những nỗ lực xây dựng hệ thống CAES bề mặt đã đi ngược lại khả năng thực tế là không thể xây dựng các bể chứa dự trữ khí nén với chi phí cạnh tranh để có thể tự xây dựng các hệ thống.

Các tác giả sáng chế cũng quan sát thấy rằng những nỗ lực xây dựng hệ thống LAES hiện tại không cho phép phát triển các hệ thống hiệu quả về mặt kinh tế cũng vì những vấn đề cố hữu khi làm việc trong điều kiện đông lạnh. Các vấn đề về dự trữ năng lượng đông lạnh trong các bể chứa hai lớp với chân không giữa các lớp, và các thiết bị đắt tiền khác, khiến công nghệ này khó tối ưu hóa về mặt chi phí.

Các tác giả sáng chế cũng quan sát thấy rằng những nỗ lực xây dựng hệ thống PHES với các chu trình Rankine gần như có thể đảo ngược gây ra những khó khăn đáng kể trong việc đạt được hiệu suất một chu trình nạp-phóng (Round Trip Efficiency-RTE) thỏa đáng (tức là trên 60%) và đồng thời với chi phí hợp lý, RTE có liên quan đến chênh lệch nhiệt độ trong thiết bị.

Tương tự, các hệ thống PHES dựa trên chu trình Brayton phải đối mặt với thực tế là các hệ thống này sử dụng máy nén và tuabin cho mỗi chu trình, cả để nạp và phóng điện. Điều này dẫn đến chi phí đầu tư cao hơn, nhưng cũng không thể thay đổi lớn hơn mà có thể được bù đắp cho việc thu được TEN cao chỉ bằng cách duy trì sự chênh lệch nhiệt độ rất cao giữa dự trữ nóng và lạnh.

Trong bối cảnh này, các tác giả sáng chế đã tự đặt ra mục tiêu thiết kế và thực hiện quy trình và thiết bị dự trữ năng lượng, tức là hệ thống dự trữ năng lượng, đó là:

- có khả năng được thực hiện trong các tình huống địa thái khác nhau, không đòi hỏi điều kiện địa lý hoặc lãnh thổ cụ thể để thực hiện và cuối cùng có thể có các kích thước nhất định cũng được sử dụng cho các ứng dụng trên biển/xa bờ;
- có thể đạt được RTE cao và trong mọi trường hợp cao hơn 70% và lên đến 75% và thậm chí lên đến 80% và hơn thế nữa;

- có khả năng làm việc với áp suất bể chứa dự trữ có thể điều chỉnh được, thông qua các hệ thống khác nhau được mô tả dưới đây;
- đơn giản và tiết kiệm, tốt hơn là với mục tiêu có chi phí xây dựng dưới 100 USD/kWh và đặc biệt, cho phép dự trữ dưới áp suất và với mật độ năng lượng cao (tính theo m^3 dự trữ/kWh dự trữ);
- có thể tăng RTE của nó bằng cách sử dụng các thay đổi khác nhau của nhiệt độ môi trường xung quanh;
- an toàn và thân thiện với môi trường, ví dụ rằng không sử dụng chất lưu đặc biệt nguy hiểm;
- mô-đun;
- nhỏ gọn;
- kéo dài hoặc tăng thời gian sử dụng hữu ích lên 30 năm;
- linh hoạt và có thể đi vào vận hành nhanh chóng;
- bảo trì dễ dàng và kinh tế;
- chống ăn mòn (đặc biệt cho các ứng dụng trên biển);
- có mức độ rung và tiếng ồn thấp.

Các tác giả của sáng chế đã nhận thấy rằng các mục tiêu trên và các mục tiêu khác có thể đạt được thông qua hệ thống dự trữ năng lượng vận hành bằng các biến đổi tuần hoàn nhiệt động học (thermodynamic cyclic transformations-TTC), đầu tiên theo một hướng và sau đó theo hướng ngược lại, giữa hai lần tích tụ của chất lưu làm việc theo hai bể chứa khác nhau, một trong số đó (bể chứa có áp suất thấp nhất) là khí quyển, nhưng không phải là không khí trong khí quyển mà là một loại khí khác ở trạng thái cân bằng áp suất với khí quyển. Hệ thống này cũng được đặc trưng bởi thực tế là nó dự trữ năng lượng biến đổi chất lưu làm việc từ trạng thái khí/hơi ban đầu thành chất lưu cuối cùng hoặc trạng thái siêu tới hạn với nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn (ví dụ: nhỏ hơn 1,2 lần nhiệt độ tới hạn tính bằng độ Kelvin, tốt nhất là từ 0,5 đến 1,2 lần). Hệ thống này cũng được đặc trưng bởi thực tế là nhiệt độ tới hạn này tốt hơn là không xa nhiệt độ môi trường xung quanh, tốt hơn là gần với nhiệt độ môi trường xung quanh (tốt nhất là từ 0°C đến 200°C , tốt hơn là từ 0 đến 100°C).

Chất lưu làm việc tốt hơn là carbon dioxit (CO_2), nhưng để cải thiện hiệu suất của hệ thống, cũng liên quan đến các điều kiện môi trường cụ thể mà nó vận hành, hỗn hợp CO_2 và các chất khác có thể được sử dụng để điều chỉnh nhiệt độ tới hạn T_c của chất lưu. Các chất lưu khác, chẳng hạn như SF_6 , N_2O , v.v. có thể được sử dụng, luôn luôn nguyên chất hoặc trộn với các chất khác.

Trong hệ thống được đề xuất trong sáng chế này, dự trữ nhiệt được thu hồi từ việc phân phối của máy nén có mặt. Cả bể chứa áp suất cao và thấp đều hoạt động ở áp suất không đổi hoặc trong bất kỳ trường hợp nào được điều chỉnh trong một số "phạm vi" được xác định rõ ràng, cả khi hệ thống vận hành trong điều kiện dưới tới hạn và siêu tới hạn, có thể với các chiến lược điều khiển khác nhau.

Cụ thể, các mục đích đã nêu và các mục đích khác về cơ bản đạt được bởi thiết bị và quy trình dự trữ năng lượng thuộc loại được nêu trong các yêu cầu bảo hộ và/hoặc được mô tả trong các khía cạnh sau đây.

Theo khía cạnh độc lập, sáng chế đề cập đến thiết bị dự trữ năng lượng (hệ thống dự trữ năng lượng).

Tốt hơn là, thiết bị bao gồm:

vỏ để dự trữ chất lưu làm việc không phải là không khí khí quyển, ở pha khí và ở trạng thái cân bằng áp suất với khí quyển;

bể chứa để dự trữ chất lưu làm việc nói trên ở pha lỏng hoặc pha siêu tới hạn có nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn (ví dụ nhỏ hơn 1,2 lần nhiệt độ tới hạn tính bằng độ Kelvin 0,5 -1,2); trong đó nhiệt độ tới hạn nói trên là từ 0°C đến 200°C , tốt hơn là từ 0°C đến 100°C , tốt hơn là gần với nhiệt độ môi trường xung quanh;

trong đó thiết bị được tạo kết cấu để thực hiện biến đổi nhiệt động học tuần hoàn khép kín (TTC), đầu tiên theo một hướng trong kết cấu/pha nạp và sau đó theo hướng ngược lại trong kết cấu/pha phóng, giữa vỏ và bể chứa nói trên; trong đó trong kết cấu nạp, hệ thống tích lũy nhiệt và áp suất và trong kết cấu phóng hệ thống tạo ra năng lượng.

Tốt hơn là, chất lưu làm việc có các đặc tính hóa lý sau: nhiệt độ tới hạn từ 0°C đến 100°C, tỷ trọng ở 25°C từ 0,5 đến 10 Kg/m³, tốt nhất là từ 1 đến 2 Kg/m³.

Tốt hơn là, chất lưu làm việc được chọn trong nhóm gồm: CO₂, SF₆, N₂O, hoặc hỗn hợp của chúng, hoặc thậm chí là hỗn hợp của chúng với các thành phần khác đóng vai trò làm phụ gia, ví dụ chủ yếu để thay đổi các thông số về nhiệt độ tới hạn của hỗn hợp tạo thành nhằm tối ưu hóa hiệu suất của hệ thống.

Tốt hơn là, thiết bị dự trữ năng lượng bao gồm:

- máy nén và động cơ được nối cơ học với nhau;
- tuabin và máy phát điện được nối cơ học với nhau;
- vỏ đã nêu tiếp xúc bên ngoài với khí quyển và phân định bên trong thể tích được tạo kết cấu để chứa chất lưu làm việc ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là áp suất khí quyển, trong đó thể tích này được thông tùy chọn với đầu vào của máy nén hoặc với đầu ra của tuabin;
- bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (hoặc thậm chí nhiều bộ trao đổi nhiệt sơ cấp cũng có thể vận hành với các chất lưu khác nhau ở phía thứ cấp của chúng) thông chất lưu tùy chọn với đầu ra của máy nén hoặc với đầu vào của tuabin;
- bể chứa đã nêu thông chất lưu với bộ trao đổi nhiệt sơ cấp để tích tụ chất lưu làm việc;
- bộ trao đổi nhiệt thứ cấp hoạt động vận hành giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp và bể chứa hoặc trong bể chứa.

Thiết bị này được tạo kết cấu để vận hành trong kết cấu nạp hoặc phóng điện.

Trong kết cấu nạp, vỏ thông chất lưu với đầu vào của máy nén và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp thông chất lưu với đầu ra của máy nén, tuabin ở trạng thái nghỉ, động cơ vận hành và dẫn động máy nén để nén chất lưu làm việc đến từ vỏ, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp làm việc như bộ làm mát để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc bị nén, làm mát nó và dự trữ năng lượng nhiệt, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp làm việc như bộ làm mát để loại bỏ nhiệt bổ sung khỏi chất lưu làm việc bị nén và dự trữ năng lượng nhiệt bổ sung, bể chứa nhận và dự trữ chất lưu làm việc bị nén và được làm mát, trong đó chất lưu

làm việc được dự trữ trong bể chứa có nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn của chính nó (ví dụ: từ 0,5 đến 1,2 của nhiệt độ tới hạn tính bằng độ Kelvin).

Trong kết cấu phóng điện, vỏ thông chất lưu với đầu ra của tuabin và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp thông chất lưu với đầu vào của tuabin, máy nén ở trạng thái nghỉ, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp làm việc như bộ gia nhiệt để giải phóng nhiệt đến chất lưu làm việc đến từ bể chứa, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp làm việc như bộ gia nhiệt để giải phóng nhiệt thêm đến chất lưu làm việc và làm nóng nó, tuabin được quay bởi chất lưu làm việc được gia nhiệt và dẫn động máy phát điện tạo ra năng lượng, chất lưu làm việc quay trở lại vỏ đến áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là khí quyển.

Theo khía cạnh độc lập, sáng chế đề cập đến quy trình dự trữ năng lượng, được thực hiện tùy chọn với thiết bị theo khía cạnh nêu trên hoặc theo ít nhất một trong các khía cạnh sau.

Tốt hơn là, quy trình này bao gồm: thực hiện biến đổi tuần hoàn nhiệt động học khép kín (TTC), đầu tiên theo một hướng trong kết cấu/pha nạp điện và sau đó theo hướng ngược lại trong kết cấu/pha phóng điện, giữa vỏ để dự trữ chất lưu làm việc không phải là không khí khí quyển, ở pha khí và ở trạng thái cân bằng áp suất với khí quyển, và bể chứa để dự trữ chất lưu làm việc nói trên trong pha lỏng hoặc pha siêu tới hạn có nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn (ví dụ từ 0,5 đến 1,2 nhiệt độ tới hạn tính bằng độ Kelvin); trong đó nhiệt độ tới hạn này gần với nhiệt độ môi trường xung quanh, tốt nhất là từ 0°C đến 100°C, nhưng cũng có thể lên đến 200°C; trong đó quy trình tích lũy nhiệt và áp suất trong pha nạp điện và tạo ra năng lượng trong pha phóng điện

Tốt hơn là, chất lưu làm việc nói trên có các đặc tính vật lý - hóa học sau: nhiệt độ tới hạn từ 0°C đến 200°C, tốt hơn nữa là từ 0°C đến 100°C, tốt hơn là gần với nhiệt độ môi trường xung quanh.

Tốt hơn là, chất lưu làm việc được chọn trong nhóm gồm: CO₂, SF₆, N₂O, hoặc hỗn hợp của chúng, hoặc thậm chí là hỗn hợp của chúng với các thành phần khác đóng vai trò làm phụ gia, ví dụ chủ yếu để thay đổi các thông số về nhiệt độ tới hạn của hỗn hợp tạo thành nhằm tối ưu hóa hiệu suất của hệ thống.

Tốt hơn là, quy trình bao gồm pha nạp điện và pha phóng điện và tạo ra năng lượng.

Pha nạp điện bao gồm:

- nén chất lưu làm việc, đến từ vỏ đã nêu tiếp xúc bên ngoài với khí quyển và phân định bên trong thể tích được tạo kết cấu để chứa chất lưu làm việc nói trên ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là khí quyển, hấp thụ năng lượng;
- phun chất lưu làm việc được nén qua bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (hoặc thậm chí nhiều bộ trao đổi nhiệt sơ cấp cuối cùng vận hành với các chất lưu khác nhau ở phía thứ cấp của chúng) và bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được đặt nối tiếp để đưa nhiệt độ của chất lưu làm việc gần với nhiệt độ tới hạn của chính nó ; trong đó bộ trao đổi nhiệt sơ cấp làm việc như bộ làm mát để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc bị nén, làm mát nó và dự trữ năng lượng nhiệt, trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp làm việc như bộ làm mát để loại bỏ thêm nhiệt ra khỏi chất lưu làm việc bị nén và dự trữ thêm năng lượng nhiệt;
- tích tụ chất lưu làm việc được làm mát trong bể chứa nói trên; trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp vận hành biến đổi siêu tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc này được tích lũy trong pha siêu tới hạn trong bể chứa hoặc trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp vận hành biến đổi dưới tới hạn chất lưu làm việc để chất lưu làm việc này được tích lũy trong pha lỏng trong bể chứa (tốt hơn là cũng với mục đích điều chỉnh áp suất đến giá trị tương đối nhỏ/thấp).

Pha phóng điện và tạo ra năng lượng bao gồm:

- chuyển chất lưu làm việc, đến từ bể chứa, qua bộ trao đổi nhiệt thứ cấp và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp; trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp làm việc như bộ gia nhiệt để truyền nhiệt cho chất lưu làm việc đến từ bể chứa (tốt hơn là cũng với mục đích điều chỉnh áp suất đến giá trị tương đối

cao/lớn nhất), trong đó bộ trao đổi nhiệt sơ cấp làm việc như bộ gia nhiệt để giải phóng nhiệt bổ sung cho chất lưu làm việc và làm nóng nó;

- chuyển chất lưu làm việc được gia nhiệt qua tuabin, trong đó tuabin được quay bởi chất lưu làm việc được gia nhiệt và dẫn động máy phát điện tạo ra năng lượng, trong đó chất lưu làm việc giãn nở và làm mát tuabin
- phun lại chất lưu làm việc từ tuabin vào vỏ ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là khí quyển.

Các tác giả sáng chế đã xác minh rằng quy trình và thiết bị theo sáng chế cho phép đạt được các mục đích đề ra.

Đặc biệt, các tác giả sáng chế đã xác minh rằng sáng chế cho phép dự trữ năng lượng ở những nơi không có đặc điểm địa hình cụ thể, ngay cả đối với các ứng dụng trên biển/ngoài khơi, một cách an toàn và ít tác động đến môi trường.

Các tác giả sáng chế đã xác minh rằng việc sản xuất và bảo trì sau đó của thiết bị theo sáng chế là tương đối rẻ.

Các tác giả sáng chế cũng đã xác minh rằng sáng chế cho phép đạt được RTE cao.

Các tác giả sáng chế cũng đã xác minh rằng sáng chế cho phép vận hành dự trữ năng lượng với khả năng điều chỉnh áp suất trong các bể chứa, do đó cho phép hệ thống vận hành tốt hơn, hiệu suất cao hơn của cả máy động cơ và hệ thống về mặt RTE.

Các khía cạnh của sáng chế được nêu ra dưới đây.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp là, hoặc là được ghép vận hành với, bộ dự trữ nhiệt (Dự trữ năng lượng nhiệt (Thermal Energy Storage)- TES).

Theo một khía cạnh, các đường ống thứ nhất phát triển giữa vỏ và đầu vào máy nén và giữa vỏ và cửa ra tuabin để nối vỏ chất lưu với máy nén và tuabin.

Theo một khía cạnh, ít nhất một van được đặt vận hành trên các đường ống thứ nhất nói trên để nối chất lưu luân phiên với vỏ máy nén hoặc tuabin với vỏ.

Theo một khía cạnh, các đường ống thứ hai phát triển giữa đầu vào tuabin và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp và giữa đầu ra máy nén và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp để đặt bộ trao đổi nhiệt sơ cấp thông chất lưu với máy nén và tuabin nói trên.

Theo một khía cạnh, ít nhất một van được đặt vận hành trên các đường ống thứ hai nói trên để đặt thông chất lưu máy nén với bộ trao đổi nhiệt sơ cấp hoặc bộ trao đổi nhiệt sơ cấp với tuabin.

Theo một khía cạnh, các đường ống thứ ba phát triển giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp và bộ trao đổi nhiệt thứ cấp để đặt thông chất lưu bộ trao đổi nhiệt sơ cấp nói trên với bộ trao đổi nhiệt thứ cấp nói trên.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt bổ sung được đặt vận hành giữa vỏ và máy nén và giữa vỏ và tuabin để làm nóng trước chất lưu làm việc trước khi nén trong máy nén, trong kết cấu nạp điện hoặc để làm mát chất lưu làm việc đến từ tuabin, trong kết cấu phóng điện.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt bổ sung được liên kết vận hành với các đường ống thứ nhất.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt bổ sung bao gồm thiết bị dự trữ năng lượng nhiệt bổ sung.

Theo một khía cạnh, trong kết cấu nạp điện, bộ trao đổi nhiệt bổ sung làm việc như bộ gia nhiệt để làm nóng trước chất lưu làm việc.

Theo một khía cạnh, trong kết cấu phóng điện, bộ trao đổi nhiệt bổ sung làm việc như bộ làm mát để làm mát chất lưu làm việc và dự trữ năng lượng nhiệt bổ sung được sử dụng trong kết cấu nạp điện để làm nóng trước chất lưu làm việc nói trên.

Theo một khía cạnh, bộ làm mát được đặt trên nhánh của các đường ống thứ nhất nối với đầu ra của tuabin.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt khác được kết hợp vận hành với nguồn nhiệt bổ sung được xen kẽ vận hành giữa tuabin và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp và được tạo kết cấu để làm nóng thêm chất lưu làm việc trong pha phóng điện trước khi đi vào tuabin.

Theo một khía cạnh, trong kết cấu phóng điện, nguồn nhiệt bổ sung cung cấp nhiệt bổ sung cho chất lưu làm việc.

Theo một khía cạnh, trong pha phóng điện và tạo ra năng lượng, giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp và tuabin, người ta dự kiến sẽ gia nhiệt thêm chất lưu làm việc thông qua nguồn nhiệt bổ sung.

Theo một khía cạnh, nguồn nhiệt bổ sung là: nguồn năng lượng mặt trời (ví dụ: trường mặt trời) và/hoặc thu hồi nhiệt thải công nghiệp (thu hồi nhiệt thải) và/hoặc nhiệt thải từ tuabin khí (gas turbine-GT).

Theo một khía cạnh, nhiệt độ mà chất lưu làm việc được đưa vào pha phóng điện và ngay trước khi đi vào tuabin, thông qua nguồn nhiệt bổ sung và bộ trao đổi nhiệt thêm, lớn hơn nhiệt độ của chất lưu làm việc ở cuối quá trình nén trong pha nạp điện. ,

Theo một khía cạnh, nhiệt độ mà chất lưu làm việc được đưa qua nguồn nhiệt bổ sung và bộ trao đổi nhiệt bổ sung lớn hơn khoảng 100°C, nhưng cũng có thể là 200°C hoặc 300°C hoặc 400°C so với nhiệt độ của chất lưu làm việc ở cuối quá trình nén.

Các tác giả sáng chế đã xác minh rằng việc gia nhiệt thêm chất lưu làm việc bằng nguồn nhiệt bổ sung cho phép tăng đáng kể hiệu suất một chu trình nạp -phóng (RTE).

Theo một khía cạnh, vỏ có thể biến dạng.

Theo một khía cạnh, vỏ có cấu trúc của một máy đo khí.

Theo một khía cạnh, vỏ là khí cầu áp lực.

Theo một khía cạnh, vỏ được làm bằng vật liệu dẻo, tốt nhất là chất dẻo, ví dụ: vải polyeste phủ PVC.

Theo một khía cạnh, động cơ và máy phát điện là các phần tử riêng biệt, trong đó động cơ tốt hơn là được nối cố định với máy nén và tốt hơn là máy phát điện được nối cố định với tuabin.

Theo một khía cạnh, động cơ và máy phát điện được xác định bởi động cơ-máy phát điện duy nhất.

Theo một khía cạnh, thiết bị bao gồm các thiết bị nối, tốt hơn là loại ly hợp, giữa động cơ-máy phát điện và máy nén và cũng giữa động cơ-máy phát điện và tuabin để nối cơ học và luân phiên động cơ-máy phát điện với máy nén hoặc với tuabin.

Theo một khía cạnh, động cơ-máy phát điện, máy nén và tuabin được bố trí trên cùng một trục.

Theo một khía cạnh, quá trình nén chất lưu làm việc trong máy nén là đoạn nhiệt, làm mát liên động hoặc đẳng nhiệt.

Theo một khía cạnh, quá trình giãn nở chất lưu làm việc trong máy nén là đoạn nhiệt, gia nhiệt liên động hoặc đẳng nhiệt.

Theo một khía cạnh, bộ dự trữ nhiệt phụ (Thermal Energy Storage - TES) được nối với máy nén và tuabin.

Theo một khía cạnh, bộ tích lũy nhiệt phụ được tạo kết cấu để nhận ra, trong máy nén và trong pha nạp, nén làm mát liên động, với một hoặc nhiều quá trình làm mát liên động.

Theo một khía cạnh, bộ tích lũy nhiệt phụ được tạo kết cấu để thực hiện, trong tuabin và trong pha phóng điện, giãn nở gia nhiệt liên động, với một hoặc nhiều quá trình gia nhiệt liên động.

Theo một khía cạnh, sáng chế được dự kiến để thực hiện nhiều lần làm mát liên động trong pha nạp và thực hiện một số lượng gia nhiệt liên động nhỏ hơn số lượng làm mát liên động sử dụng nhiệt (được tích lũy trong bộ tích lũy nhiệt phụ) của chỉ một phần của làm mát liên động.

Theo một khía cạnh, sáng chế được dự kiến để thực hiện nhiều lần làm mát liên động trong pha nạp và thực hiện một lần gia nhiệt liên động trong pha phóng điện bằng cách sử dụng nhiệt (được tích lũy trong bộ tích lũy nhiệt phụ) của chỉ một lần làm mát liên động cuối cùng.

Các tác giả sáng chế đã xác minh rằng sự kết hợp của việc gia nhiệt thêm chất lưu làm việc bằng nguồn nhiệt bổ sung cùng với các làm mát liên động và gia nhiệt

liên động được đề cập ở trên cho phép tăng hiệu suất chu trình nạp-phóng (RTE) lên đến các giá trị lớn hơn 100%.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp là hoặc bao gồm bộ tái sinh nhiệt tầng cố định hoặc di chuyển.

Theo một khía cạnh, bộ tái sinh nhiệt tầng cố định hoặc di chuyển bao gồm ít nhất một khối nhiệt được phủ bởi chất lưu làm việc.

Theo một khía cạnh, bộ tái sinh nhiệt cố định hoặc di chuyển bao gồm ít nhất một khối lượng nhiệt không được phủ bởi chất lưu làm việc, nhưng được ngăn cách với nó bởi thành, thường được làm bằng kim loại, có khả năng chứa áp suất, và do đó khối là ở áp suất khí quyển.

Theo một khía cạnh, khối nhiệt bao gồm vật liệu không kết dính, tùy chọn là sỏi hoặc kim loại hoặc bi gốm.

Theo một khía cạnh, khối nhiệt bao gồm vật liệu không kết dính, tùy chọn là xi măng hoặc gốm hoặc kim loại.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp bao gồm mạch sơ cấp được cắt ngang bởi chất lưu sơ cấp hoặc một số mạch sơ cấp được cắt ngang bởi một số chất lưu sơ cấp, tùy chọn là nước, dầu hoặc muối.

Theo một khía cạnh, mạch sơ cấp bao gồm phần trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để trao đổi nhiệt với chất lưu làm việc.

Theo một khía cạnh, mạch sơ cấp bao gồm ít nhất một khoang chứa sơ cấp, tốt nhất là hai khoang chứa, cho chất lưu sơ cấp nói trên.

Theo một khía cạnh, mạch sơ cấp bao gồm khoang dự trữ sơ cấp nóng, dành cho chất lưu sơ cấp nóng được tích lũy sau khi loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong kết cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình và khoang dự trữ sơ cấp lạnh, dành cho chất lưu sơ cấp lạnh được tích tụ sau khi truyền nhiệt cho chất lưu làm việc trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quá trình.

Theo một khía cạnh, mạch sơ cấp bao gồm bộ tái sinh nhiệt tầng cố định, tốt hơn là vận hành ở áp suất khí quyển, được phủ bởi chất lưu sơ cấp.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp bao gồm mạch thứ cấp được cắt ngang bởi chất lưu thứ cấp, tùy chọn là không khí hoặc nước.

Theo một khía cạnh, mạch sơ cấp bao gồm phần trao đổi nhiệt được tạo kết cấu để được phủ bởi chất lưu làm việc.

Theo một khía cạnh, mạch thứ cấp bao gồm ít nhất một khoang dự trữ thứ cấp cho chất lưu thứ cấp này.

Theo một khía cạnh, mạch thứ cấp bao gồm khoang dự trữ thứ cấp nóng, dành cho chất lưu thứ cấp nóng được tích lũy sau khi loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong kết cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình và khoang dự trữ thứ cấp lạnh, dành cho chất lưu thứ cấp lạnh được tích tụ sau khi giải phóng nhiệt đến chất lưu làm việc trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quá trình.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp nằm giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp và bể chứa nói trên.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được tích hợp vào bể chứa.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được trang bị các hệ thống điều chỉnh tốc độ dòng chảy và/hoặc nhiệt độ của chất lưu thứ cấp, thường là nước hoặc không khí, có khả năng điều chỉnh áp suất trong các bể chứa trong giới hạn nhất định, khi hệ thống vận hành trong điều kiện dưới tới hạn.

Kiểm soát nhiệt độ có thể được thực hiện bằng cách bổ sung nhiệt từ khí quyển hoặc loại bỏ nhiệt vào khí quyển, cũng tận dụng sự dao động bình thường của nhiệt độ môi trường xung quanh của không khí và nước tại các thời điểm khác nhau trong ngày.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được đặt trong bồn đầy nước, bao gồm một khoang hoặc hai khoang. Trong bộ trao đổi nhiệt thứ cấp này, chất lưu làm việc được ngưng tụ trong pha nạp điện và bay hơi trong pha phóng điện bởi nước tuần hoàn, tốt hơn là thông qua các máy bơm chìm. Hai khoang của bồn nói trên có thể được đậy kín hoặc không và thông hoặc không với môi trường sao cho khoang mà từ đó nước được tuần hoàn cho giai đoạn ngưng tụ trong pha nạp điện luôn được làm mát bởi môi trường xung quanh, trong khi từ đó nước được tuần hoàn để bay hơi trong pha

phóng điện luôn luôn được làm nóng bởi môi trường xung quanh và có thể được giữ ấm bằng cách đây kín.

Theo một khía cạnh, điều trên có thể được hỗ trợ thêm bởi các hệ thống trao đổi đặc biệt hấp thụ nhiệt hoặc giải phóng nhiệt, theo cách đối lưu và bức xạ với môi trường, tất cả đều nhằm cải thiện RTE của hệ thống. Bằng cách này, việc điều chỉnh áp suất khi hệ thống đang vận hành dưới các điều kiện dưới tới hạn được thực hiện.

Theo một khía cạnh, phần trao đổi nhiệt của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được chứa bên trong bể chứa.

Theo một khía cạnh, mạch thứ cấp được tạo kết cấu để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc, trong kết cấu nạp điện, hoặc để truyền nhiệt cho chất lưu làm việc, trong kết cấu phóng điện, ở nhiệt độ dưới 100°C, tùy chọn giữa 0°C và 50°C, tùy chọn ở nhiệt độ gần với nhiệt độ môi trường xung quanh.

Theo một khía cạnh, trong kết cấu/pha nạp điện, vì bộ trao đổi nhiệt thứ cấp làm việc trong các điều kiện gần với nhiệt độ môi trường xung quanh, do thực tế là chất lưu có nhiệt độ tới hạn gần với nhiệt độ môi trường xung quanh, nên có thể pha loại bỏ nhiệt thông qua bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được hỗ trợ bởi pha trao đổi trực tiếp hoặc gián tiếp với khí quyển.

Theo một khía cạnh, trong kết cấu/pha phóng điện, vì bộ trao đổi nhiệt thứ cấp làm việc trong các điều kiện gần với nhiệt độ môi trường xung quanh, do thực tế là chất lưu có nhiệt độ tới hạn gần với nhiệt độ môi trường xung quanh, nên có thể pha cung cấp nhiệt thông qua bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được hỗ trợ bởi pha trao đổi trực tiếp hoặc gián tiếp với khí quyển.

Theo một khía cạnh, bể chứa có hình cầu hoặc về cơ bản là hình cầu.

Theo một khía cạnh, bể chứa có hình trụ hoặc về cơ bản là hình trụ.

Theo một khía cạnh, thành bên ngoài của bể được làm bằng kim loại.

Theo một khía cạnh, nhiệt độ của chất lưu làm việc được tích tụ trong bể chứa là từ 0°C đến 100°C.

Theo một khía cạnh, áp suất mà chất lưu làm việc được tích tụ trong bể chứa nằm trong khoảng từ 10 bar (1 MPa) đến 150 bar (15 MPa), tốt hơn là từ 10 bar (1 MPa) đến 150 bar (15 MPa), tốt hơn là từ 50 (5 MPa) đến 100 bar (10 MPa), tốt hơn là từ 65 (6,5 MPa) đến 85 bar (8,5 MPa).

Theo một khía cạnh, tỷ số giữa tỷ trọng của chất lưu làm việc khi được chứa trong bể chứa và tỷ trọng của chất lưu làm việc khi chứa trong vỏ là từ 200 đến 500.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp được tạo kết cấu để vận hành sự biến đổi siêu tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc này được tích lũy trong bể chứa ở pha siêu tới hạn.

Theo một khía cạnh, nó được cung cấp để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong bộ trao đổi nhiệt sơ cấp cho đến khi nó được đưa, theo sơ đồ T-S, đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tới hạn và cao hơn chuông Andrews.

Theo một khía cạnh, nó được cung cấp để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong bộ trao đổi nhiệt thứ cấp bằng cách đưa nó vào pha siêu tới hạn và làm cho nó đi theo đúng phần của chuông Andrews.

Theo một khía cạnh, bể chứa bao gồm màng phân tách được tạo kết cấu để tách bên trong bể chứa thành khoang thứ nhất có thể tích thay đổi cho chất lưu làm việc trong pha siêu tới hạn và khoang thứ hai có thể tích thay đổi thông chất lưu với mạch bù chứa chất lưu không nén được, tùy chọn nước.

Theo một khía cạnh, mạch bù được tạo kết cấu để duy trì áp suất về cơ bản không đổi trong chất lưu làm việc siêu tới hạn chứa trong khoang thể tích thay đổi thứ nhất của bể chứa, hoặc ít nhất để duy trì áp suất chất lưu làm việc luôn trên giá trị tối thiểu nhất định.

Theo một khía cạnh, mạch bù bao gồm bể chứa phụ cho chất lưu không nén được, tùy chọn ở áp suất khí quyển, thông chất lưu với khoang thể tích có thể thay đổi thứ hai.

Theo một khía cạnh, mạch bù bao gồm tuabin phụ được nối với máy phát điện phụ và được tạo kết cấu để quay bởi chất lưu không nén đến từ khoang thể tích thay đổi thứ hai trong kết cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình.

Theo một khía cạnh, năng lượng giãn nở của chất lỏng (thường là nước) của mạch bù trong pha nạp điện nằm trong khoảng từ 1/100 đến 7/100 năng lượng nạp của hệ thống dự trữ thông qua máy nén.

Theo một khía cạnh, mạch bù bao gồm bơm được nối với động cơ phụ và được tạo kết cấu để bơm chất lưu không nén được đến từ bể chứa phụ vào khoang thể tích thay đổi thứ hai trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quy trình.

Theo một khía cạnh, năng lượng bơm của chất lỏng (thường là nước) của mạch bù trong pha phóng điện nằm trong khoảng từ 1/100 đến 7/100 năng lượng phóng điện của hệ thống dự trữ thông qua tuabin.

Theo một khía cạnh, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp được tạo kết cấu để thực hiện sự biến đổi dưới tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc được tích lũy trong bể chứa ở pha chất lỏng.

Theo một khía cạnh, nó được cung cấp để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong bộ trao đổi nhiệt sơ cấp cho đến khi nó được đưa đến nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn, theo sơ đồ T-S và đến điểm trên phần bên trái của chuông Andrews.

Theo một khía cạnh, nó được cung cấp để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong bộ trao đổi nhiệt thứ cấp bằng cách đưa nó qua vùng hơi bão hòa đến khi nó chạm tới pha lỏng.

Các dấu hiệu và ưu điểm khác sẽ xuất hiện chi tiết hơn trong phần mô tả chi tiết về các phương án được ưu tiên, nhưng không loại trừ, của thiết bị và quy trình lưu trữ năng lượng theo sáng chế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được trình bày dưới đây với tham chiếu đến các bản vẽ đính kèm, được cung cấp cho các mục đích chỉ dẫn và không giới hạn, trong đó:

Fig. 1 thể hiện dạng sơ đồ phương án của thiết bị dự trữ năng lượng theo sáng chế;

Fig. 2 thể hiện biến thể của thiết bị theo Fig. 1;

Fig. 3 là biểu đồ T-S thể hiện quy trình theo sáng chế được thực hiện trong các thiết bị theo Fig. 1 hoặc Fig. 2;

Fig. 4 thể hiện phương án khác của thiết bị dự trữ năng lượng theo sáng chế;

Fig. 5 thể hiện biến thể của thiết bị theo Fig. 4;

Fig. 6 là biểu đồ T-S thể hiện quy trình theo sáng chế được thực hiện trong các thiết bị theo Fig. 4 hoặc Fig. 5;

Fig. 7 là biểu đồ T-S thể hiện một phần của quy trình theo sáng chế được thực hiện trong các thiết bị theo Fig. 4 hoặc Fig. 5;

Các Fig. 8, 9 và 10 thể hiện các biến thể tương ứng của phần của thiết bị theo Fig. 2;

Các Fig. 11 và 12 thể hiện các phương án tương ứng của phần khác của thiết bị theo các Fig. 1, 2, 4 và 5;

Fig. 13 thể hiện phương án khác của thiết bị dự trữ năng lượng theo sáng chế;

Mô tả chi tiết sáng chế

Với việc tham chiếu đến các hình đính kèm, với số tham chiếu 1, thiết bị để dự trữ năng lượng (dự trữ năng lượng) theo sáng chế đã được chỉ ra tổng thể.

Thiết bị 1, ví dụ, vận hành với chất lưu làm việc không phải là không khí khí quyển.

Ví dụ, thiết bị 1 vận hành với chất lưu làm việc được chọn từ nhóm bao gồm: carbon dioxit CO_2 , sulfur hexafluorit SF_6 , nitrous oxit N_2O . Trong phần mô tả sau đây, chất lưu làm việc được sử dụng kết hợp với thiết bị 1 được mô tả là carbon dioxit CO_2 .

Thiết bị 1 được tạo kết cấu để thực hiện biến đổi nhiệt động học tuần hoàn khép kín (TTC), đầu tiên theo một hướng trong kết cấu/pha nạp điện và sau đó theo hướng

ngược lại trong kết cấu/pha phóng điện, trong đó thiết bị 1 dự trữ nhiệt và áp suất trong kết cấu nạp điện và tạo ra năng lượng điện trong kết cấu phóng điện.

Tham khảo Fig. 1, thiết bị 1 bao gồm tuabin 2 và máy nén 3 được nối cơ học với trục của một động cơ-máy phát điện 4. Động cơ-máy phát điện 4, máy nén 3 và tuabin 2 được sắp xếp trên cùng một trục. Trục của tuabin 2 được ghép với một đầu trục của động cơ-máy phát điện 4 bằng các dụng cụ nối, ví dụ: thuộc loại ly hợp, giúp có thể nối và ngắt nối, theo lệnh, tuabin 2 đến và từ động cơ-máy phát điện 4. Tương tự, trục của máy nén 3 được ghép với đầu ngược lại của động cơ-máy phát điện 4 bằng các dụng cụ nối, ví dụ: thuộc loại ly hợp, mà cho phép máy nén 3 được nối với và ngắt nối, theo lệnh, khỏi động cơ-máy phát điện 4. Theo các phương án khác không được trình bày ở đây, động cơ được nối chắc chắn với máy nén 3 và máy phát điện được nối chắc chắn với tuabin 2. Trong trường hợp này, động cơ được nối cố định với máy nén 3 và máy phát điện được nối cố định với tuabin 2.

Thiết bị 1 bao gồm vỏ 5 tốt hơn là được xác định bằng khí cầu áp lực làm bằng vật liệu dẻo, ví dụ: vải polyeste phủ PVC. Khí cầu áp lực được đặt trên bề mặt trái đất và tiếp xúc bên ngoài với không khí trong khí quyển. Khí cầu áp lực phân định bên trong thể tích được tạo kết cấu để chứa chất lưu làm việc ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là áp suất khí quyển, tức là ở trạng thái cân bằng áp suất với khí quyển. Vỏ 5 cũng có thể được thiết kế như một máy đo khí hoặc bất kỳ hệ thống dự trữ khí nào khác có áp suất thấp hoặc không quá áp.

Các đường ống thứ nhất 6 phát triển giữa vỏ 5 và đầu vào 3a của máy nén 3 và giữa vỏ 5 và đầu ra 2b của tuabin 2 để nối thể tích bên trong của vỏ 5 với máy nén 3 và tuabin 2 nói trên. Van hoặc hệ thống van, không được minh họa, có thể được đặt vận hành trên các đường ống thứ nhất 6 để đặt vào chế độ thông chất lưu luân phiên giữa vỏ 5 với đầu vào 3a của máy nén 3 hoặc đầu ra 2b của tuabin 2 với vỏ 5.

Thiết bị 1 bao gồm bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 có thể được đặt tùy chọn thông chất lưu với đầu ra 3b của máy nén 3 hoặc với đầu vào 2a của tuabin 2. Với mục đích này, các đường ống thứ hai 8 phát triển giữa đầu vào 2a của tuabin 2 và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 và giữa đầu ra 3b của máy nén 3 và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7. Van hoặc hệ

thống van, không được minh họa, được đặt vận hành trên các đường ống thứ hai 8 để nối bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 với đầu vào 2a của tuabin 2 hoặc đầu ra 3b của máy nén 3 với bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7. Theo phương án được ưu tiên, chỉ có một van hoặc hệ thống van được đặt trên các đường ống thứ hai 8.

Bể chứa 9 thông chất lưu với bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 và được tạo kết cấu để dự trữ chất lưu làm việc trong pha siêu tới hạn hoặc pha lỏng.

Bể chứa 9 tốt hơn là được làm từ kim loại với thành bên ngoài hình cầu.

Bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 được hoạt động vận hành giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 và bể chứa 9, hoặc trong bể chứa 9 đã nói, và được tạo kết cấu để vận hành trên chất lưu làm việc được tích tụ hoặc trong pha tích tụ trong bể chứa 9. Theo những gì được thể hiện trong phương án của Fig. 1, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 được tích hợp trong bể chứa 9 theo nghĩa là nó có phần trao đổi nhiệt riêng 11 được chứa bên trong bể chứa 9 và được tạo kết cấu để được tiếp xúc với chất lưu làm việc chứa trong bể chứa 9 đã nêu. Các đường ống thứ ba 12 phát triển giữa thiết bị trao đổi nhiệt sơ cấp 7 và bể chứa 9 để đặt bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 đã nêu thông chất lưu với bể chứa 9 nói trên và với thiết bị trao đổi nhiệt thứ cấp 10 nói trên.

Trong sơ đồ của Fig. 1, thiết bị 1 cũng có thể bao gồm bộ trao đổi nhiệt bổ sung 13 được đặt vận hành giữa vỏ 5 và máy nén 2 và giữa vỏ 5 và tuabin 2 và có thể là bộ làm mát 13a được đặt trên nhánh của đường ống thứ nhất 6 nối với đầu ra 2b của tuabin 2.

Thiết bị 1 cũng bao gồm bộ phận điều khiển, không được hiển thị, được nối vận hành với các phần tử khác nhau của cùng một thiết bị 1 và được tạo kết cấu/lập trình để quản lý vận hành của nó.

Thiết bị 1 được tạo kết cấu để vận hành ở kết cấu nạp điện hoặc kết cấu phóng điện hoặc để thực hiện quy trình bao gồm pha nạp năng lượng và pha phóng điện và tạo ra năng lượng.

Trong kết cấu nạp điện, thiết bị 1 bắt đầu từ trạng thái thứ nhất, trong đó chất lưu làm việc (CO₂) ở thể khí được chứa trong vỏ 5 ở áp suất khí quyển hoặc áp suất về cơ bản là khí quyển và ở nhiệt độ về cơ bản bằng nhiệt độ môi trường (điểm A của sơ đồ

TS trên Fig. 3). Vỏ 5, thông qua hệ thống van, được nối với đầu vào 3a của máy nén 3 trong khi thông với đầu ra 2b của tuabin 2 bị chặn. Ngoài ra, thông qua hệ thống van, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 thông chất lưu với đầu ra 3b của máy nén 3 và thông với đầu vào 2a của tuabin 2 bị chặn. Động cơ-máy phát điện 4 chỉ được ghép với máy nén 3 và được tách ra khỏi tuabin 2 (đang ở trạng thái nghỉ) và hoạt động như động cơ để dẫn động máy nén 3 chẳng hạn như để nén chất lưu làm việc đến từ vỏ 5.

Trước khi đi vào máy nén 3, chất lưu làm việc đi qua bộ trao đổi nhiệt bổ sung 13 đóng vai trò như bộ gia nhiệt để làm nóng trước chất lưu làm việc (điểm B của sơ đồ T-S trên Fig. 3). Chất lưu làm việc sau đó được nén trong máy nén 3 và nóng lên (điểm C của biểu đồ T-S trên Fig. 3). Sau đó, chất lưu làm việc chảy qua bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 mà làm việc như bộ làm mát để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc bị nén, làm mát nó (điểm D của sơ đồ T-S trên Fig. 3) và dự trữ năng lượng nhiệt lấy ra khỏi chất lưu làm việc. Tại điểm D chất lưu làm việc ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn của chất lưu làm việc và tại điểm ở bên trái chuồng Andrews hoặc hơi bên ngoài chuồng trong điều kiện quá nhiệt nhẹ. Quá trình nén này có thể là đoạn nhiệt, làm mát liên động hoặc đẳng nhiệt.

Chất lưu làm việc đi vào bể chứa 9 nơi bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10, trong kết cấu này làm việc như bộ làm mát, loại bỏ nhiệt ra khỏi chất lưu làm việc và tích lũy thêm năng lượng nhiệt. Chất lưu làm việc đi qua vùng hơi bão hòa cho đến khi nó đến pha lỏng (điểm E của giản đồ T-S trên Fig. 3). Do đó, bể chứa 9 tích tụ chất lưu làm việc trong pha lỏng ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn T_c của chính nó. Ở trạng thái thứ hai này, chất lưu làm việc (CO_2 , $T_c = 31^\circ\text{C}$) ở dạng lỏng, ví dụ ở 20°C , tất cả được chứa trong bể chứa 9. Do đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 9 được tạo kết cấu để thực hiện sự biến đổi dưới tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc được tích lũy trong bể chứa 9 ở pha lỏng.

Trong kết cấu phóng điện, thiết bị 1 bắt đầu từ trạng thái thứ hai (điểm F của biểu đồ T-S trên Fig. 3). Vỏ 5, thông qua hệ thống van, được đặt thông chất lưu với đầu ra 2b của tuabin 2 trong khi thông với đầu vào 3a của máy nén 3 được chặn. Ngoài ra, thông qua hệ thống van, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 thông chất lưu với đầu vào 2b của tuabin 2 và thông với đầu ra 3b của máy nén 3 bị chặn. Động cơ-máy phát điện 4 chỉ

được ghép với tuabin 2 và được tách ra khỏi máy nén 3 (đang ở trạng thái nghỉ) và làm việc như máy phát điện được dẫn động quay bởi tuabin 2 được dẫn động bởi chất lưu làm việc đang giãn nở.

Bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 làm việc như bộ gia nhiệt và truyền một phần nhiệt tích lũy trước đó trong kết cấu nạp điện sang chất lưu làm việc trong bể chứa 9. Chất lưu làm việc đi qua vùng hơi bão hòa cho đến khi nó đến pha hơi (điểm G của biểu đồ T-S trên Fig. 3). Chất lưu làm việc đi qua bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 hiện làm việc như bộ gia nhiệt và giải phóng nhiệt bổ sung, được tích lũy trước đó trong kết cấu nạp điện, vào chất lưu làm việc và gia nhiệt nó (điểm H của biểu đồ T-S trên Fig. 3).

Chất lưu làm việc được gia nhiệt đi vào tuabin 2, nở ra và nguội đi (điểm I của biểu đồ T-S trên Fig. 3) và gây ra chuyển động quay của tuabin 2. Tuabin 2, quay bởi chất lưu làm việc được gia nhiệt, dẫn động động cơ-máy phát điện 4, làm việc như máy phát điện và tạo ra năng lượng điện. Quá trình giãn nở chất lưu làm việc trong tuabin là đoạn nhiệt, gia nhiệt liên động hoặc đẳng nhiệt.

Chất lưu làm việc đến từ tuabin 2 được làm mát trong bộ trao đổi nhiệt bổ sung 13 (điểm J của sơ đồ T-S trên Fig. 3) và quay trở lại vỏ 5 ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là khí quyển. Bộ trao đổi nhiệt bổ sung 13 trong pha này dự trữ năng lượng nhiệt bổ sung trong công cụ dự trữ năng lượng nhiệt bổ sung tương ứng, sẽ được sử dụng trong pha nạp tiếp theo để làm nóng trước chất lưu làm việc.

Trong quá trình biến đổi được minh họa trên Fig. 3, mạch thứ cấp 20 được tạo kết cấu để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc, trong kết cấu nạp điện, hoặc truyền nhiệt cho chất lưu làm việc, trong kết cấu phóng điện, ở nhiệt độ gần với nhiệt độ môi trường, ví dụ, khoảng 20°C.

Cả trong kết cấu/pha nạp và phóng điện, vì bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 vận hành trong các điều kiện gần với nhiệt độ môi trường xung quanh, do thực tế là chất lưu có nhiệt độ tới hạn gần với nhiệt độ môi trường, có thể pha loại bỏ nhiệt và/hoặc pha cung cấp nhiệt bởi bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được hỗ trợ bởi pha trao đổi trực tiếp hoặc gián tiếp với khí quyển.

Ví dụ, nhiệt độ chất lưu làm việc (CO_2) tích lũy trong bể chứa 9 là 24°C và áp suất chất lưu làm việc tích lũy trong bể chứa 9 là 65 bar (6,5 MPa). Tỷ trọng của CO_2 ở 25°C và áp suất khí quyển là khoảng $1,8 \text{ Kg/m}^3$. Tỷ trọng của CO_2 trong bể chứa 9 là khoảng 730 Kg/m^3 . Do đó, tỷ số giữa tỷ trọng của chất lưu làm việc khi được chứa trong bể chứa 9 ở các điều kiện chỉ định và tỷ trọng của cùng chất lưu làm việc khi chứa trong vỏ 5 ở điều kiện khí quyển là khoảng 400. Cần lưu ý về vấn đề này rằng nếu thay vì CO_2 , không khí khí quyển được trữ ở 65 bar (6,5 MPa) và 24°C trong bể chứa 9 được sử dụng, tỷ trọng của nó sẽ chỉ là 78 Kg/m^3 và thể tích của bể chứa 9 về mặt lý thuyết sẽ là lớn hơn khoảng mười lần.

Ví dụ, đối với thiết bị 1 theo sáng chế có thể trữ 100MWh năng lượng, thể tích của khí cầu áp lực khoảng 400000 m^3 trong khi thể tích của bể chứa khoảng 1000 m^3 .

Biến thể của Fig. 2 thể hiện một loại bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7, tức là thiết bị tái sinh nhiệt tầng cố định bao gồm khối nhiệt 14, ví dụ, bao gồm các quả cầu kim loại. Trong kết cấu/pha nạp điện, khối nhiệt 14 được phủ bởi chất lưu làm việc nóng, được nén, mà truyền nhiệt đến các quả cầu kim loại tích trữ năng lượng nhiệt. Trong kết cấu/pha phóng điện, khối nhiệt 14 được phủ bởi chất lưu làm việc mát, mà hấp thụ nhiệt từ các quả cầu kim loại và nóng lên. Trong biến thể không được hiển thị, bộ tái tạo nhiệt cũng có thể thuộc loại tầng chuyển động. Do đó, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 là bộ dự trữ nhiệt (Thermal Energy Storage TES).

Thay vì bộ tái sinh nhiệt tầng cố định được thể hiện trên Fig. 2, có thể sử dụng các loại bộ tái sinh nhiệt khác.

Ví dụ, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp có thể có 7 được thể hiện trên Fig. 11. Như được thể hiện trên Fig. 11, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 bao gồm mạch sơ cấp 15 được cắt ngang bởi chất lưu sơ cấp, chẳng hạn như nước, dầu hoặc muối. Mạch sơ cấp 15 bao gồm phần trao đổi nhiệt 16 được tạo kết cấu để trao đổi nhiệt với chất lưu làm việc. Ví dụ, trong phương án sơ đồ được minh họa ở trên, phần của đường ống thứ hai 8 mà chất lưu làm việc chảy qua phần trao đổi nhiệt 16, sao cho chất lưu sơ cấp chạm vào phần nói trên. Mạch sơ cấp 15 bao gồm khoang dự trữ sơ cấp nóng 17, dành cho chất lưu sơ cấp nóng được tích lũy sau khi loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong kết

cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình và khoang dự trữ sơ cấp lạnh 18, dành cho chất lưu sơ cấp lạnh được tích tụ sau khi truyền nhiệt cho chất lưu làm việc trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quy trình. Phần trao đổi nhiệt 16 được đặt giữa khoang dự trữ sơ cấp nóng 17 và khoang dự trữ sơ cấp lạnh 18. Trong kết cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình, chất lưu sơ cấp chảy từ khoang dự trữ sơ cấp lạnh 18 sang khoang dự trữ sơ cấp nóng 17, loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc. Trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quy trình, chất lưu sơ cấp chảy từ khoang dự trữ sơ cấp nóng 17 sang khoang dự trữ sơ cấp lạnh 18, giải phóng nhiệt khỏi chất lưu làm việc.

Bộ trao đổi nhiệt sơ cấp có thể có 7 được thể hiện trên Fig. 12. Theo những gì được minh họa trên Fig. 12, mạch sơ cấp 15 của bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 bao gồm phần trao đổi nhiệt 16 được xác định bởi một phần của mạch sơ cấp 15 được phủ lên bởi chất lưu làm việc đi qua các đường ống thứ hai 8. Mạch sơ cấp 15 cũng bao gồm bộ tái sinh nhiệt tầng cố định 19, tốt hơn là vận hành ở áp suất khí quyển và tốt hơn là tương tự như mô tả ở trên, được phủ lên bởi chất lưu sơ cấp.

Biến thể của Fig. 2 không được trang bị bộ trao đổi nhiệt bổ sung 13 nên sơ đồ T-S tương ứng, không được minh họa, không hiển thị, đối với sơ đồ của Fig. 3, các điểm B và J.

Biến thể trên Fig. 2 cũng có cấu trúc đặc biệt của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10. Bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 được hiển thị bao gồm mạch thứ cấp 20 được cắt ngang bởi chất lưu thứ cấp, chẳng hạn như không khí hoặc nước. Mạch thứ cấp 20, ngoài phần trao đổi nhiệt 11 được chứa bên trong bể chứa 9, còn bao gồm khoang dự trữ nóng thứ cấp 21, dành cho chất lưu nóng thứ cấp được tích lũy sau khi loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong kết cấu/pha tích điện của thiết bị/quy trình, và khoang dự trữ lạnh thứ cấp 22, dành cho chất lưu lạnh thứ cấp được tích lũy sau khi giải phóng nhiệt đến chất lưu làm việc trong kết cấu/giai đoạn phóng điện của thiết bị/quy trình. Các khoang 21, 22 được đề cập ở trên cũng được nối với nhau, ngoài phần trao đổi nhiệt 11 đã đề cập ở trên, thông qua bộ tản nhiệt 23 được trang bị quạt 24 và với các ống tuần hoàn làm mát chất lưu thứ cấp trong đêm và làm nóng nó vào ban ngày.

Các Fig. 8, 9 và 10 thể hiện các biến thể khác của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 liên kết với bể chứa 9.

Trên Fig. 8, mạch thứ cấp 20, ngoài phần trao đổi nhiệt 11, được trang bị thêm phần trao đổi nhiệt bổ sung 25 mà qua đó nó trao đổi nhiệt với ví dụ, không khí hoặc nước biển.

Trên Fig. 9, mạch thứ cấp 20 được trang bị bể chứa thứ cấp 26 với nước/đá hoặc hệ thống hai pha khác được nối vận hành với máy làm lạnh phụ 27.

Trên Fig. 10, mạch thứ cấp 20 nằm trong bồn đầy nước gồm nhiều khoang 28a, 28b, 28c. Phương án được minh họa trên Fig. 10 thể hiện khoang 28a để dự trữ nước nóng, khoang 28b để dự trữ nước lạnh và khoang 28c thông chất lưu với các khoang khác và chứa của phần mạch thứ cấp 20. Chất lưu thứ cấp trong mạch thứ cấp 20 được làm mát hoặc gia nhiệt bởi nước trong bồn. Chất lưu làm việc được ngưng tụ trong pha nạp điện và bay hơi trong pha phóng điện bởi nước tuần hoàn thích hợp, tốt hơn là qua máy bơm chìm và qua chất lưu thứ cấp. Các khoang 28 của bồn nói trên có thể được đầy kín hoặc không và thông hoặc không với môi trường sao cho khoang mà từ đó nước được tuần hoàn cho giai đoạn ngưng tụ trong pha nạp điện luôn được làm mát bởi môi trường xung quanh, bởi các tấm thích hợp 29, trong khi từ đó nước được tuần hoàn để bay hơi trong pha phóng điện luôn luôn được làm nóng bởi môi trường xung quanh và có thể được giữ ấm bởi nắp đậy. Điều trên có thể được hỗ trợ thêm bởi các hệ thống trao đổi đặc biệt hấp thụ nhiệt hoặc giải phóng nhiệt, theo cách đối lưu và bức xạ với môi trường, tất cả đều nhằm cải thiện RTE của hệ thống.

Các phương án của Fig. 4 và Fig. 5 khác về cấu trúc với những gì đã được mô tả vì bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 được đặt giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 và bể chứa 9, tức là nó không được tích hợp trong bể chứa 9. Bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 nằm trên đường ống thứ ba 12. Fig. 4 minh họa theo sơ đồ bộ trao đổi nhiệt thứ cấp chung 10. Fig. 5 thể hiện ví dụ thiết kế dạng sơ đồ của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10.

Bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 được thể hiện trên Fig. 5 bao gồm mạch thứ cấp 20 được cắt ngang bởi chất lưu thứ cấp, ví dụ, nước. Mạch thứ cấp 20 có phần trao đổi

hiệt 11 được phủ bởi chất lưu làm việc đi qua các đường ống thứ ba 12 và được tạo kết cấu để trao đổi nhiệt với chất lưu làm việc.

Mạch thứ cấp 20 trên Fig. 5 bao gồm khoang dự trữ nóng thứ cấp 21, dành cho chất lưu nóng thứ cấp được tích lũy sau khi loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong kết cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình, và khoang dự trữ lạnh thứ cấp 22, dành cho chất lưu lạnh thứ cấp được tích lũy sau khi giải phóng nhiệt đến chất lưu làm việc trong kết cấu/giai đoạn phóng điện của thiết bị/quy trình.

Phần trao đổi nhiệt 11 được đặt giữa khoang dự trữ nóng thứ cấp 21 và khoang dự trữ lạnh thứ cấp 22. Trong kết cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình, chất lưu thứ cấp chảy từ khoang dự trữ lạnh thứ cấp 22 sang khoang dự trữ nóng thứ cấp 21, loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc. Trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quy trình, chất lưu thứ cấp chảy từ khoang dự trữ nóng thứ cấp 21 sang khoang dự trữ lạnh thứ cấp 21, giải phóng nhiệt khỏi chất lưu làm việc. Mạch thứ cấp 20 cũng bao gồm một hoặc nhiều khoang dự trữ thứ cấp trung gian 30 để điều chỉnh/thay đổi tốc độ dòng chảy của chất lưu thứ cấp trong phần trao đổi nhiệt 11 và sự thay đổi nhiệt độ của chất lưu làm việc trao đổi nhiệt với chất lưu thứ cấp này. Fig. 5 thể hiện hai khoang dự trữ thứ cấp trung gian 30.

Các phương án của Fig. 4 và Fig. 5 khác về cấu trúc so với những gì đã được mô tả bởi vì bể chứa 9 bao gồm màng phân tách 31 được tạo kết cấu để tách bên trong bể chứa 9 trong khoang thứ nhất có thể tích thay đổi 32 đối với chất lưu làm việc trong pha siêu tới hạn và trong khoang thứ hai có thể tích thay đổi 33 thông chất lưu với mạch bù 34 có chứa nước. Mạch bù 34 được tạo kết cấu để duy trì áp suất về cơ bản không đổi trong chất lưu làm việc siêu tới hạn đến từ bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 20 và được chứa trong khoang thể tích thay đổi thứ nhất 32 của bể chứa 9.

Mạch bù 34 bao gồm bể chứa phụ 35 cho nước ở áp suất khí quyển, được thông chất lưu, thông qua các đường ống thích hợp, với phần dưới của bể chứa 9 và với khoang thể tích thay đổi thứ hai 33. Tuabin phụ 36 có đầu vào thông với khoang thể tích biến thiên thứ hai 33 và đầu ra nối với bể chứa phụ 35. Tua bin phụ 36 được nối với máy phát điện phụ 37 và được tạo kết cấu để quay nhờ nước đến từ khoang thể tích

thay đổi thứ hai 33 trong kết cấu nạp/pha nạp của thiết bị/quy trình. Bơm 38 có đầu vào thông với bể chứa phụ 35 và đầu ra nối với khoang thể tích thay đổi thứ hai 33. Bơm 38 được nối với động cơ phụ 39 và được tạo kết cấu để bơm nước từ bể chứa phụ 35 vào khoang thể tích thay đổi thứ hai 33 trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quy trình.

Fig. 6 thể hiện biểu đồ T-S cho các phương án của Fig. 4 và Fig. 5.

Fig. 7 thể hiện biểu đồ T-S liên quan đến phần biến đổi nhiệt động học thực hiện bởi phương án của Fig. 5.

Do đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 của phương án của Fig. 4 và 5 được tạo kết cấu để vận hành biến đổi siêu tới hạn chất lưu làm việc để chất lưu làm việc được tích lũy trong bể chứa trong pha siêu tới hạn. Trên thực tế, không giống như những gì được thể hiện trên Fig. 3, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc lên để đưa nó (điểm D của Fig. 6) đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tới hạn và trên chuông Andrews. Sau đó, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 đưa chất lưu làm việc vào pha siêu tới hạn (điểm E) làm cho nó đi theo phía bên phải của chuông Andrews. Fig. 7 thể hiện sự giảm nhiệt độ từ điểm D đến điểm E của chất lưu làm việc trong pha nạp điện và sự tăng nhiệt độ tương ứng của chất lưu làm việc thứ cấp của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 của Fig. 5 (các điểm U, V, W, Z). Tương tự Fig. 7 cũng thể hiện sự giảm nhiệt độ từ điểm F đến điểm G của chất lưu làm việc trong pha phóng điện và sự giảm nhiệt độ tương ứng của chất lưu làm việc thứ cấp của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 của Fig. 5 (các điểm Z, W, V, U).

Ví dụ, nhiệt độ chất lưu làm việc (CO_2) tích lũy trong pha siêu tới hạn trong bể chứa 9 là 25°C và áp suất chất lưu làm việc tích lũy trong bể chứa 9 là 100 bar (10 MPa). Tỷ trọng của CO_2 ở 25°C và áp suất khí quyển là khoảng $1,8 \text{ Kg/m}^3$. Tỷ trọng của CO_2 trong bể chứa 9 là khoảng 815 Kg/m^3 . Tỷ số giữa tỷ trọng của chất lưu làm việc khi được chứa trong bể chứa 9 ở các điều kiện chỉ định và tỷ trọng của cùng chất lưu làm việc khi chứa trong vỏ 5 ở điều kiện khí quyển là khoảng 450.

Cần lưu ý rằng cấu trúc của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp của Fig. 10 cũng có thể được áp dụng theo phương án của Fig. 4 và 5.

Ngoài ra, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp được trang bị các hệ thống điều chỉnh tốc độ dòng chảy và/hoặc nhiệt độ của chất lưu thứ cấp, thường là nước hoặc không khí, có khả năng điều chỉnh áp suất trong các bể chứa trong giới hạn nhất định, khi hệ thống vận hành trong điều kiện dưới tới hạn. Kiểm soát nhiệt độ có thể, ví dụ, được thực hiện bằng cách bổ sung nhiệt từ khí quyển hoặc loại bỏ nhiệt vào khí quyển, cũng tận dụng sự dao động bình thường của nhiệt độ môi trường xung quanh của không khí và nước tại các thời điểm khác nhau trong ngày.

Trong các phương án được minh họa sử dụng CO₂ làm chất lưu làm việc, hệ thống khử nước CO₂, chất hút ẩm, ví dụ với zeolit, cũng được ưu tiên sử dụng để tránh sự hình thành tiềm năng của axit cacbonic trong mạch.

Fig. 13 thể hiện biến thể khác của thiết bị 1. Fig. 13 thể hiện các phần tử chính phổ biến trên Fig. 1, tức là tuabin 2, máy nén 3, máy phát điện động cơ 4, vỏ 5, bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 (bộ dự trữ nhiệt TES), bể chứa 9 và bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10. Thiết bị 1 thể hiện ở đây cũng bao gồm bộ trao đổi nhiệt bổ sung 13. Theo phương án được thể hiện trên Fig. 4, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 nằm giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7 và bể chứa 9, tức là nó không được tích hợp trong bể chứa 9. Tương tự, thiết bị được thể hiện trên Fig. 2, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp 10 bao gồm mạch thứ cấp 20 được cắt ngang bởi chất lưu thứ cấp, ví dụ, nước. Mạch thứ cấp 20, ngoài phần trao đổi nhiệt 11 bao gồm khoang dự trữ thứ cấp 200, dành cho chất lưu nóng thứ cấp được tích lũy sau khi loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc trong kết cấu/pha nạp điện của thiết bị/quy trình và dành cho chất lưu lạnh thứ cấp được tích lũy sau khi giải phóng nhiệt đến chất lưu làm việc trong kết cấu/pha phóng điện của thiết bị/quy trình. Khoang dự trữ thứ cấp 200 được đề cập ở trên cũng được kết hợp với bộ tản nhiệt 23 được trang bị một hoặc nhiều quạt 24 được đặt trên ống dẫn tuần hoàn, ví dụ, làm mát chất lưu thứ cấp vào ban đêm và làm nóng nó vào ban ngày. Khoang dự trữ thứ cấp 200 nói trên cũng được nối với bộ trao đổi nhiệt bổ sung 13 thông qua mạch 210 tương ứng.

Theo phương án này, thiết bị 1 cũng bao gồm ít nhất một bộ trao đổi nhiệt bổ sung 220 nhận nhiệt từ nguồn nhiệt bổ sung 230. Bộ trao đổi nhiệt bổ sung 220 nằm trên đường ống thứ hai 8, giữa đầu vào 2a của tuabin 2 và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp 7. Nguồn nhiệt bổ sung 230, chẳng hạn nhưng không riêng, là nguồn năng lượng mặt trời

(ví dụ: trường mặt trời), nhiệt dư thu được từ quá trình thu hồi công nghiệp (thu hồi nhiệt thải), nhiệt thải từ tuabin khí, v.v.. Nguồn nhiệt bổ sung 230 cung cấp nhiệt bổ sung trong pha phóng điện. Nhiệt độ mà chất lưu làm việc được đưa đến trong pha phóng điện và ngay trước khi nó đi vào tuabin 2, thông qua nguồn nhiệt bổ sung 230 và bộ trao đổi nhiệt bổ sung 220, cao hơn nhiệt độ của chất lưu làm việc thu được ở cuối của quá trình nén trong pha nạp điện. Ví dụ, nhiệt độ tại đó chất lưu làm việc được mang lại bởi nguồn nhiệt bổ sung 230 và bộ trao đổi nhiệt bổ sung 220 là khoảng 100°C nhưng cũng cao hơn 200°C hoặc 300°C hoặc 400°C so với nhiệt độ của chất lưu làm việc khi kết thúc quá trình nén.

Thiết bị 1 cũng được trang bị bộ dự trữ nhiệt phụ 240 (bộ dự trữ năng lượng nhiệt TES) được nối, thông qua các mạch thích hợp, với máy nén 2 và tuabin 2 để đạt được, trong máy nén 3 (trong pha nạp), nén làm mát liên động (với một hoặc nhiều lần làm mát liên động) và để đạt được, trong tuabin 2 (trong pha phóng điện), sự giãn nở gia nhiệt liên động (với một hoặc nhiều lần gia nhiệt liên động). Nhiệt tích lũy trong bộ tích lũy nhiệt phụ 240 trong quá trình nén làm mát liên động được sử dụng toàn bộ hoặc một phần để đạt được sự giãn nở gia nhiệt liên động.

Theo phương án của quy trình được thực hiện với thiết bị ở Fig. 13, quy trình này được đề xuất là không thực hiện quá trình làm mát liên động trong pha nạp điện và không thực hiện gia nhiệt liên động trong pha phóng điện và cung cấp nhiệt bổ sung trong pha phóng điện qua nguồn nhiệt bổ sung 230 và bộ trao đổi nhiệt bổ sung 220.

Theo các biến thể của quy trình được thực hiện với thiết bị ở Fig. 13, quy trình này được đề xuất là thực hiện một hoặc nhiều quá trình làm mát liên động trong pha nạp điện và thực hiện bằng số lần gia nhiệt liên động trong pha phóng điện, ngoài cung cấp gia nhiệt bổ sung trong pha phóng điện qua nguồn nhiệt bổ sung 230 và bộ trao đổi nhiệt bổ sung 220.

Theo phương án khác của quy trình được thực hiện với thiết bị của Fig. 13, nó được cung cấp để thực hiện một số quá trình làm mát liên động trong pha nạp điện và thực hiện một lần làm mát liên động trong pha phóng điện bằng cách sử dụng nhiệt (tích lũy trong bộ tích lũy nhiệt phụ 240) chỉ của lần làm mát liên động cuối cùng,

ngoài gia nhiệt với nhiệt bổ sung thông qua nguồn nhiệt bổ sung 230 và bộ trao đổi nhiệt bổ sung 220. Nhiệt được dự trữ trong bộ dự trữ nhiệt phụ 240 và đến từ việc làm lạnh liên động còn lại có thể được sử dụng cho các mục đích khác, ví dụ, cho đồng phát điện.

Danh sách các số tham chiếu

1 thiết bị dự trữ năng lượng

2 tuabin

2a đầu vào tuabin

2b đầu ra tuabin

3 máy nén

3a đầu vào máy nén

3b đầu ra máy nén

4 động cơ-máy phát điện

5 vỏ

6 các đường ống thứ nhất

7 bộ trao đổi nhiệt sơ cấp

8 các đường ống thứ hai

9 bể chứa

10 bộ trao đổi nhiệt thứ cấp

11 phần trao đổi nhiệt của bộ trao đổi nhiệt thứ cấp

12 các đường ống thứ ba

13 bộ trao đổi nhiệt bổ sung

13a máy làm lạnh

14 khối nhiệt

- 15 mạch sơ cấp
- 16 phần trao đổi nhiệt của mạch sơ cấp
- 17 khoang dự trữ nóng sơ cấp
- 18 khoang dự trữ lạnh sơ cấp
- 19 bộ tái sinh nhiệt tầng cố định
- 20 mạch thứ cấp
- 21 khoang dự trữ nóng thứ cấp
- 22 khoang dự trữ lạnh thứ cấp
- 23 bộ tản nhiệt
- 24 quạt
- 25 phần trao đổi nhiệt thêm
- 26 bể chứa thứ cấp
- 27 máy làm lạnh phụ
- 28a, 28b, 28c khoang bồn nước
- 29 các tấm
- 30 các khoang dự trữ thứ cấp trung gian
- 31 màng phân tách
- 32 khoang thể tích thay đổi thứ nhất
- 33 khoang thể tích thay đổi thứ hai
- 34 mạch bù
- 35 bể chứa phụ
- 36 tuabin phụ
- 37 máy phát điện phụ
- 38 bơm

39 động cơ phụ

200 khoang dự trữ thứ cấp

210 mạch trao đổi nhiệt bổ sung

220 bộ trao đổi nhiệt bổ sung

230 nguồn nhiệt bổ sung

240 bộ dự trữ nhiệt phụ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị dự trữ năng lượng, thiết bị bao gồm:

vỏ (5) dự trữ chất lưu làm việc không phải là không khí quyển, ở pha khí và ở trạng thái cân bằng áp suất với khí quyển; trong đó vỏ (5) này là khí cầu áp lực hoặc có cấu trúc là thùng đựng khí;

bể chứa (9) dự trữ chất lưu làm việc nói trên ở pha lỏng hoặc pha siêu tới hạn có nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn; trong đó nhiệt độ tới hạn này gần với nhiệt độ môi trường xung quanh;

trong đó thiết bị được tạo kết cấu để thực hiện biến đổi nhiệt động học tuần hoàn (cyclic thermodynamic transformation - TTC) khép kín, đầu tiên theo một hướng trong kết cấu nạp điện và sau đó theo hướng ngược lại trong kết cấu phóng điện, giữa vỏ (5) đã nêu và bể chứa (9) đã nêu; trong đó trong kết cấu nạp điện thiết bị dự trữ nhiệt và áp suất và trong kết cấu phóng điện thiết bị tạo ra năng lượng.

2. Thiết bị theo điểm 1, trong đó chất lưu làm việc có các tính chất hóa-lý sau: nhiệt độ tới hạn từ 0°C đến 200°C, tỷ trọng ở nhiệt độ 25°C từ 0,5 Kg/m³ đến 10 Kg/m³; và/hoặc được chọn trong nhóm bao gồm: CO₂, SF₆, N₂O.

3. Thiết bị theo điểm 1 hoặc 2, thiết bị còn bao gồm:

máy nén (3) và động cơ được nối cơ học với nhau;

tuabin (2) và máy phát điện được nối cơ học với nhau;

vỏ (5) đã nêu tiếp xúc bên ngoài với khí quyển và phân định bên trong thể tích được tạo kết cấu để chứa chất lưu làm việc ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là áp suất khí quyển, trong đó thể tích này được thông chất lưu tùy chọn với đầu vào (3a) của máy nén (3) hoặc với đầu ra (2b) của tuabin (2);

bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) tùy chọn thông chất lưu với đầu ra (3b) của máy nén (3) hoặc với đầu vào (2a) của tuabin (2);

bể chứa (9) đã nêu thông chất lưu với bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) để tích tụ chất lưu làm việc;

bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) hoạt động vận hành giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) và bể chứa (9) hoặc trong bể chứa (9) này;

thiết bị này được tạo kết cấu để vận hành trong kết cấu nạp điện hoặc trong kết cấu phóng điện;

trong đó, trong kết cấu nạp điện, vỏ (5) thông chất lưu với đầu vào (3a) của máy nén (3) và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) thông chất lưu với đầu ra (3b) của máy nén (3), tuabin (2) ở trạng thái nghỉ, động cơ vận hành và dẫn động máy nén (3) để nén chất lưu làm việc đến từ vỏ (5), bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) làm việc như bộ làm mát để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc bị nén, làm mát chất lưu làm việc và dự trữ năng lượng nhiệt, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) làm việc như bộ làm mát để loại bỏ nhiệt bổ sung khỏi chất lưu làm việc bị nén và dự trữ năng lượng nhiệt bổ sung, bể chứa (9) nhận và dự trữ chất lưu làm việc bị nén và được làm mát, trong đó chất lưu làm việc được dự trữ trong bể chứa (9) có nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn của chính nó;

trong đó, trong kết cấu phóng điện, vỏ (5) thông chất lưu với đầu ra (2b) của tuabin (2) và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) thông chất lưu với đầu vào (2a) của tuabin (2), máy nén (3) ở trạng thái nghỉ, bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) làm việc như bộ gia nhiệt để giải phóng nhiệt đến chất lưu làm việc đến từ bể chứa (9), bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) làm việc như bộ gia nhiệt để giải phóng thêm nhiệt đến chất lưu làm việc và làm nóng nó, tuabin (2) được quay bởi chất lưu làm việc được gia nhiệt và dẫn động máy phát điện tạo ra năng lượng, chất lưu làm việc quay trở lại vỏ (5) đến áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là khí quyển.

4. Thiết bị theo điểm 3, thiết bị bao gồm bộ trao đổi nhiệt bổ sung (13) được đặt vận hành giữa vỏ (5) và máy nén (3) và giữa vỏ (5) và tuabin (2) để làm nóng trước chất lưu làm việc trước khi nén trong máy nén (3), trong kết cấu dự trữ, hoặc để làm mát chất lưu làm việc đến từ tuabin (2), trong kết cấu phóng điện.

5. Thiết bị theo điểm 3 hoặc 4 nêu trên, trong đó động cơ và máy phát điện là các phần tử riêng biệt; hoặc trong đó động cơ và máy phát điện được xác định bằng một động cơ-máy phát điện (4) và thiết bị bao gồm các công cụ nối giữa động cơ-máy phát điện (4) và máy nén (3) và tuabin (2) để nối cơ học và luân phiên động cơ-máy phát điện (4) với máy nén (3) hoặc tuabin (2).

6. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm 3, 4 hoặc 5 nêu trên, trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) được tạo kết cấu để vận hành sự biến đổi siêu tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc này được tích tụ trong bể chứa (9) trong pha siêu tới hạn.

7. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bể chứa (9) bao gồm màng ngăn cách (31) được tạo kết cấu để ngăn bên trong bể chứa (9) thành khoang thứ nhất có thể tích thay đổi (32) cho chất lưu làm việc ở pha siêu tới hạn và thành khoang thứ hai có thể tích thay đổi (33) thông chất lưu với mạch bù (34) chứa chất lưu không nén được.

8. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 5 nêu trên, trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) được tạo kết cấu để vận hành biến đổi dưới tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc được tích tụ trong bể chứa (9) trong pha lỏng.

9. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 8 nêu trên, trong đó bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) là bộ tái sinh nhiệt tầng cố định hoặc chuyển động hoặc bao gồm mạch sơ cấp nước, dầu hoặc muối (15) với ít nhất một khoang dự trữ sơ cấp (17, 18).

10. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 đến 9 nêu trên, trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) bao gồm mạch không khí hoặc nước thứ cấp (20) với ít nhất một khoang dự trữ thứ cấp (21, 22) và được tạo kết cấu để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc, trong kết cấu nạp điện, hoặc để truyền nhiệt đến chất lưu làm việc, trong kết cấu phóng điện, ở nhiệt độ dưới 100°C.

11. Quy trình dự trữ năng lượng, bao gồm:

thực hiện biến đổi tuần hoàn nhiệt động học khép kín (TTC), đầu tiên theo một hướng trong kết cấu/pha nạp điện và sau đó theo hướng ngược lại trong kết cấu/pha phóng điện, giữa vỏ (5) để dự trữ chất lưu làm việc không phải là không khí khí quyển, ở pha khí và ở trạng thái cân bằng áp suất với khí quyển, và bể chứa (9) để dự trữ chất lưu làm việc nói trên trong pha lỏng hoặc pha siêu tới hạn có nhiệt độ gần với nhiệt độ tới hạn; trong đó nhiệt độ tới hạn này gần với nhiệt độ môi trường xung quanh, trong

đó, trong pha nạp điện, quy trình tích tụ nhiệt và áp suất và, trong pha phóng điện, tạo ra năng lượng.

12. Quy trình theo điểm 11, trong đó pha nạp điện bao gồm:

nén chất lưu làm việc đã nêu, đến từ vỏ (5) đã nêu tiếp xúc bên ngoài với khí quyển và phân định bên trong thể tích được tạo kết cấu để chứa chất lưu làm việc ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là áp suất khí quyển, hấp thụ năng lượng;

phun chất lưu làm việc bị nén qua bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) và bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) được đặt nối tiếp để đưa nhiệt độ của chất lưu làm việc gần với nhiệt độ tới hạn của chính nó; trong đó bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) làm việc như bộ làm mát để loại bỏ nhiệt khỏi chất lưu làm việc bị nén, làm mát nó và dự trữ năng lượng nhiệt, trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) làm việc như bộ làm mát để loại bỏ thêm nhiệt ra khỏi chất lưu làm việc bị nén và dự trữ thêm năng lượng nhiệt;

tích tụ chất lưu làm việc được làm mát trong bể chứa (9) nói trên; trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) thực hiện sự biến đổi siêu tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc này được tích tụ trong bể chứa (9) trong pha siêu tới hạn hoặc trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) thực hiện sự biến đổi dưới tới hạn của chất lưu làm việc để chất lưu làm việc đã nêu được tích tụ trong bể chứa (9) ở pha lỏng; trong đó nhiệt độ của chất lưu làm việc được tích tụ trong bể chứa (9) là từ 0°C đến 100°C và trong đó áp suất của chất lưu làm việc tích tụ trong bể chứa (9) là từ 10 bar (1 MPa) đến 150 bar (15 MPa).

13. Quy trình theo điểm 11 hoặc 12, trong đó chất lưu làm việc đã nêu có các tính chất hóa-lý sau: nhiệt độ tới hạn từ 0°C đến 200°C, tỷ trọng ở nhiệt độ 25°C từ 0,5 Kg/m³ đến 10 Kg/m³; và/hoặc là được chọn trong nhóm bao gồm: CO₂, SF₆, N₂O.

14. Quy trình theo điểm 12 hoặc 13, trong đó pha phóng điện và tạo ra năng lượng bao gồm:

chuyển chất lưu làm việc từ bể chứa (9) qua bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) và bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7); trong đó bộ trao đổi nhiệt thứ cấp (10) làm việc như bộ gia nhiệt để truyền nhiệt đến chất lưu làm việc đến từ bể chứa (9), trong đó bộ trao đổi

nhiệt sơ cấp (7) làm việc như bộ gia nhiệt để truyền thêm nhiệt cho chất lưu làm việc và làm nóng nó;

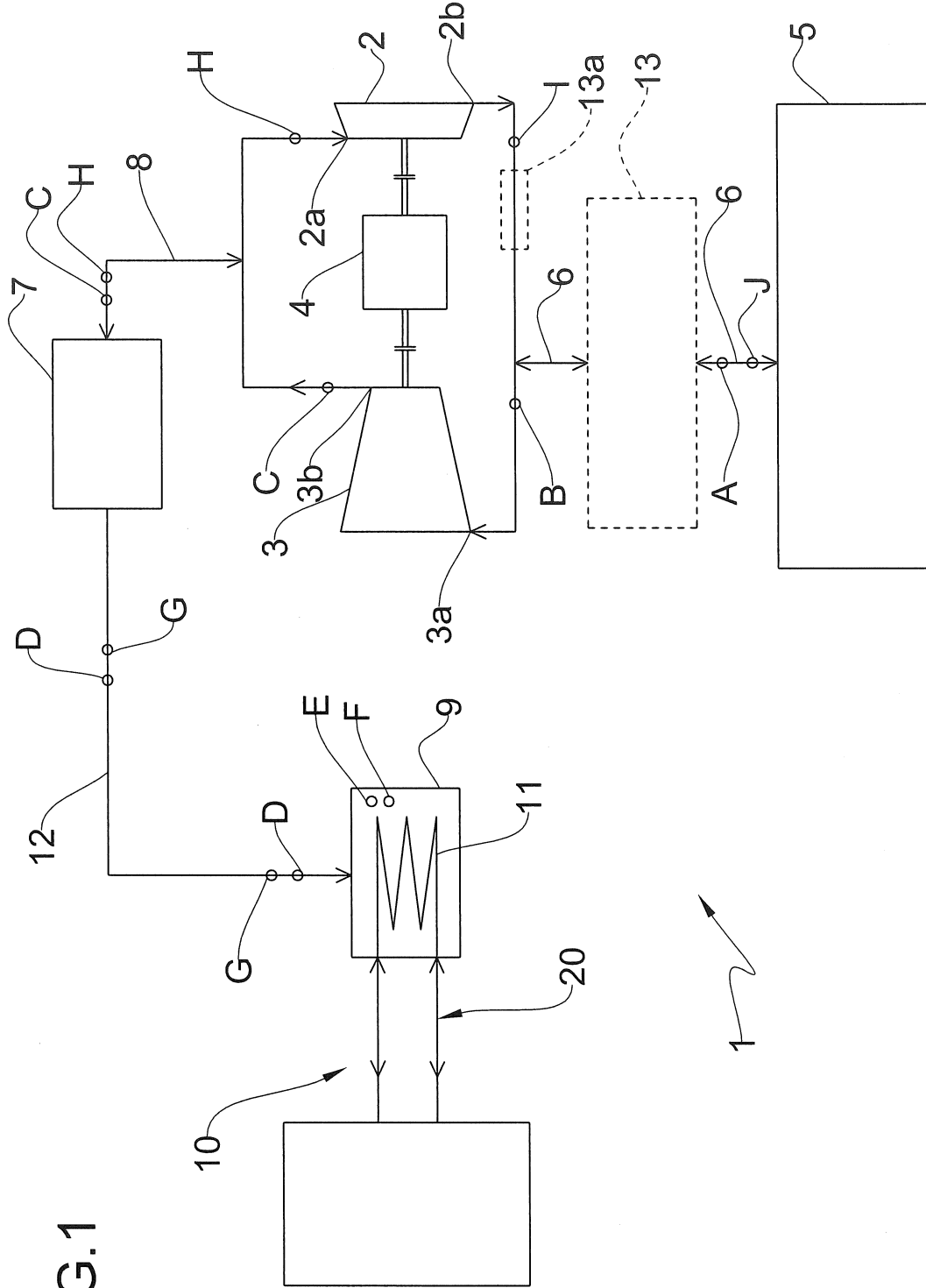
chuyển chất lưu làm việc được gia nhiệt qua tuabin (2), trong đó tuabin (2) được quay bởi chất lưu làm việc được gia nhiệt và dẫn động máy phát điện tạo ra năng lượng, trong đó chất lưu làm việc giãn nở và mát xuống trong tuabin (2);

phun lại chất lưu làm việc đến từ tuabin (2) vào vỏ (5) ở áp suất khí quyển hoặc về cơ bản là khí quyển.

15. Quy trình theo điểm 14, trong đó trong pha phóng điện và tạo năng lượng, giữa bộ trao đổi nhiệt sơ cấp (7) và tuabin (2), quy trình được cung cấp để làm nóng thêm chất lưu làm việc thông qua nguồn nhiệt bổ sung (230).

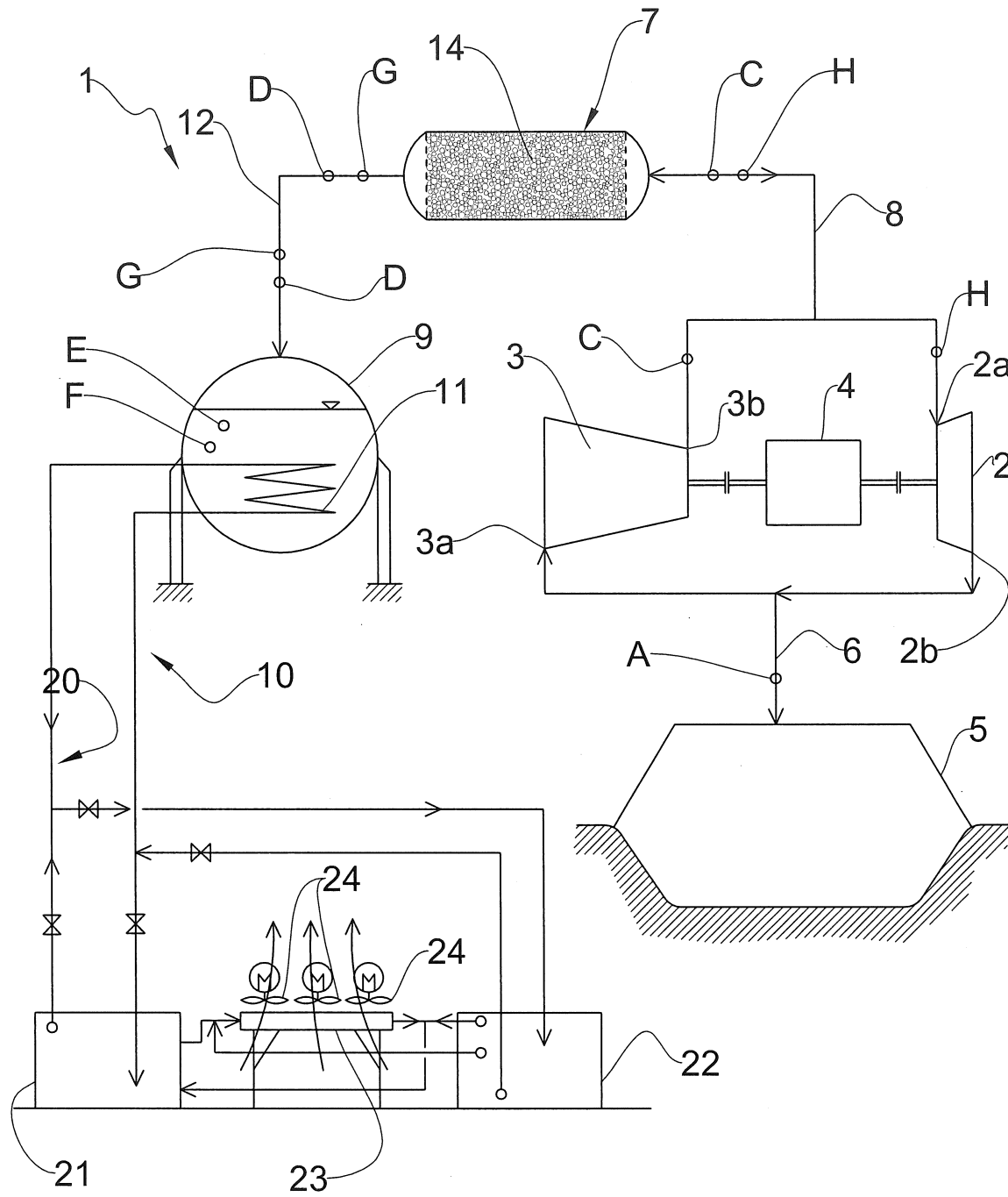
1 / 9

FIG.1



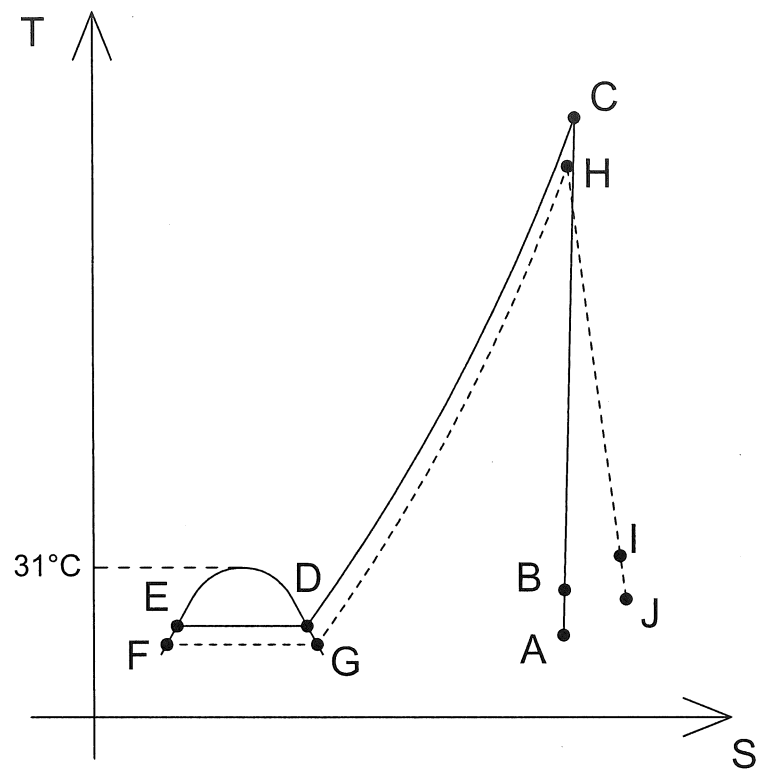
2 / 9

FIG.2



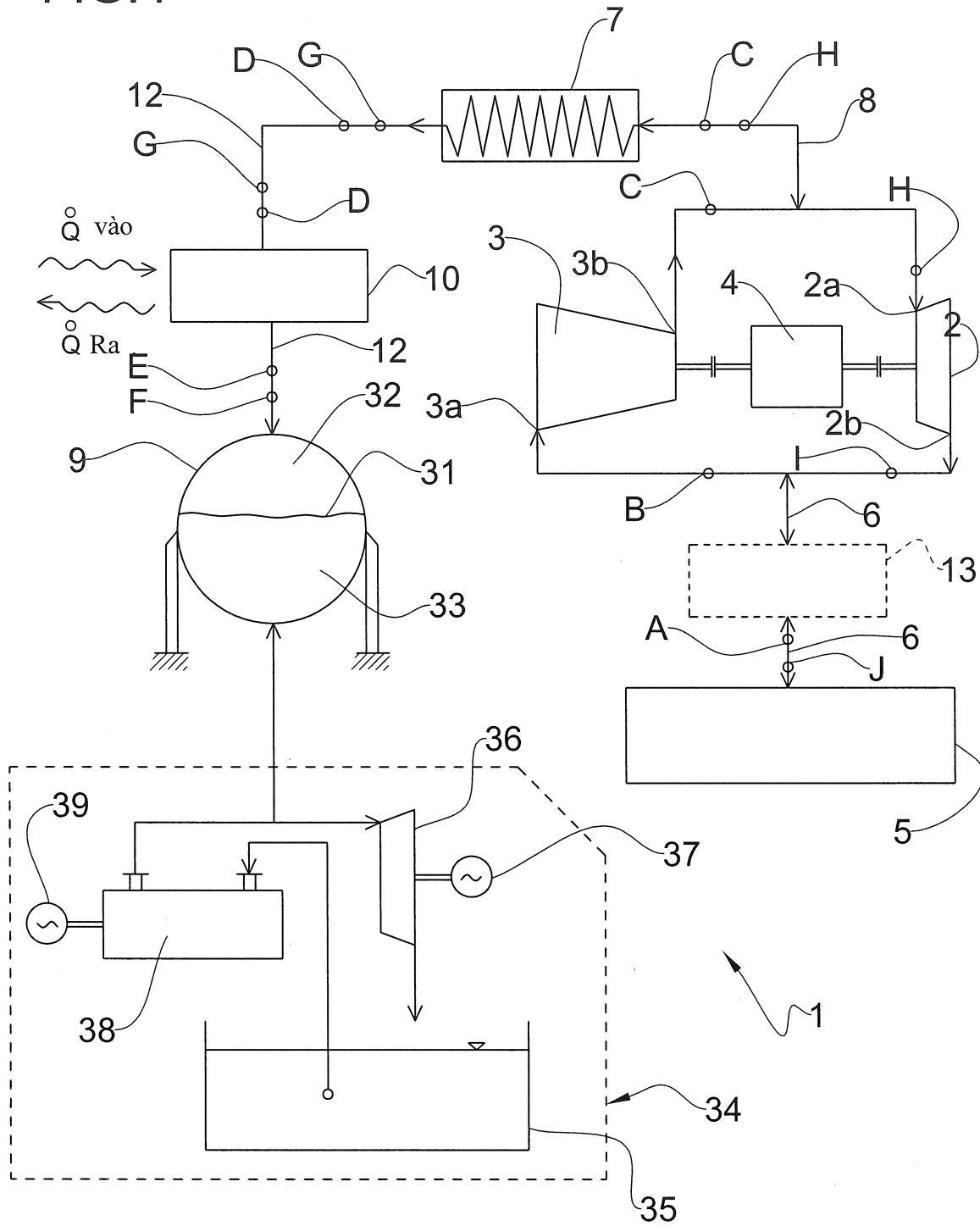
3 / 9

FIG.3



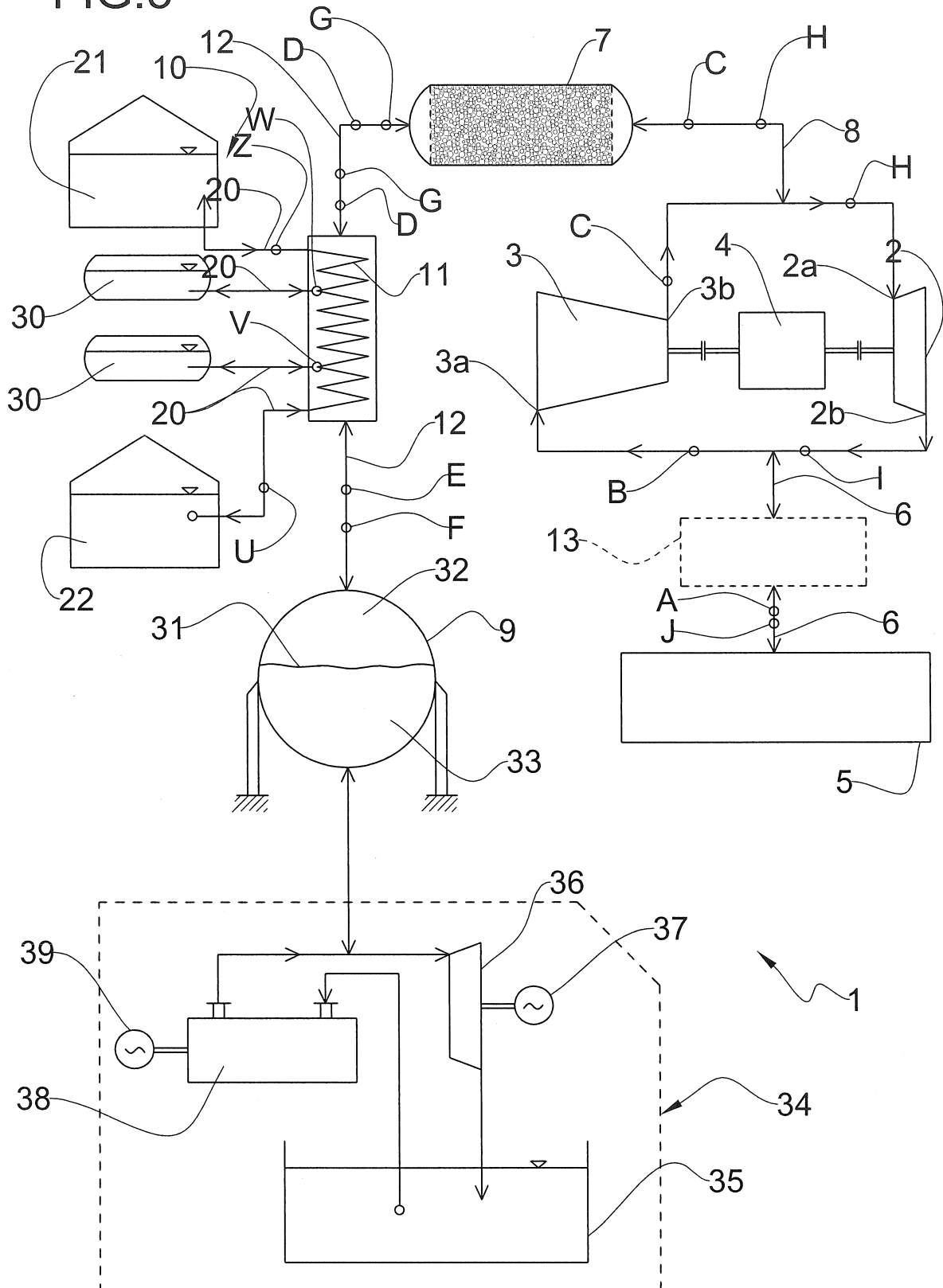
4 / 9

FIG.4



5 / 9

FIG.5



6 / 9

FIG.6

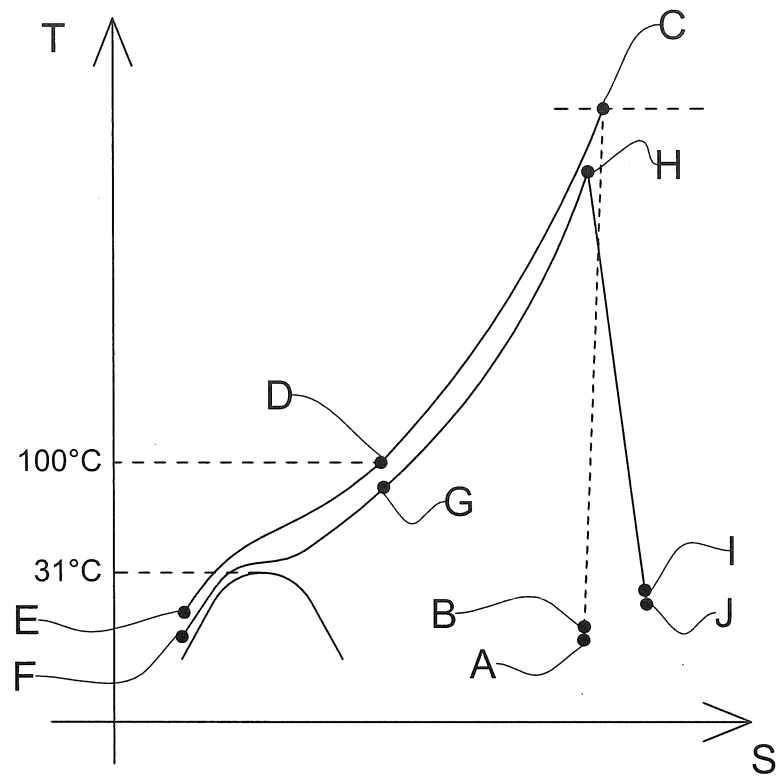
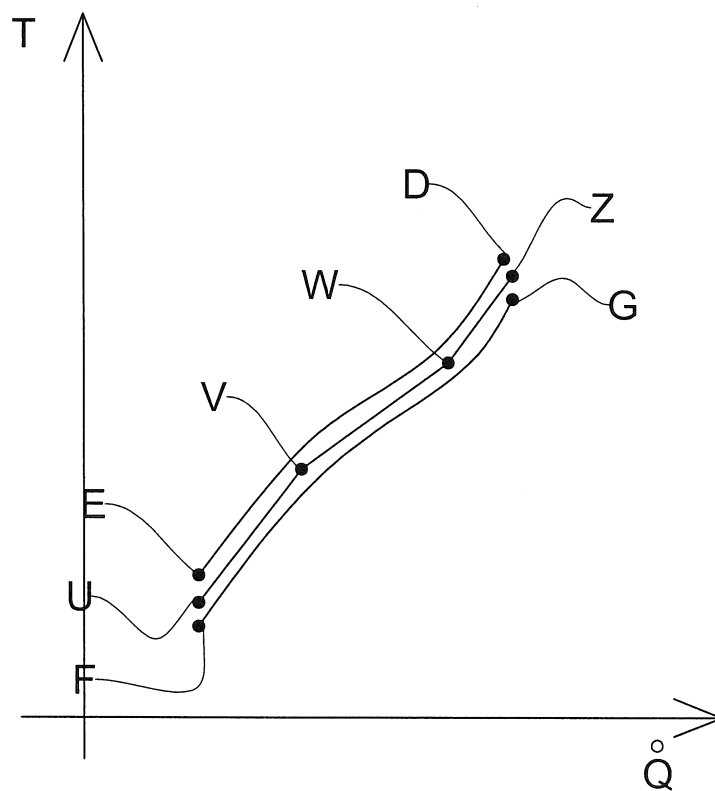


FIG.7



7 / 9

FIG.8

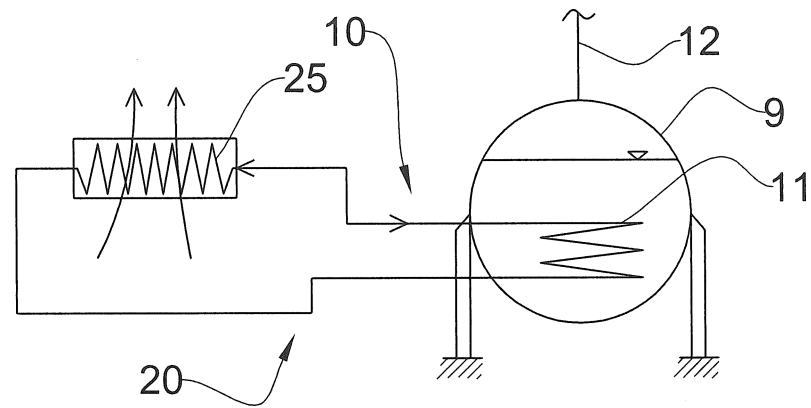


FIG.9

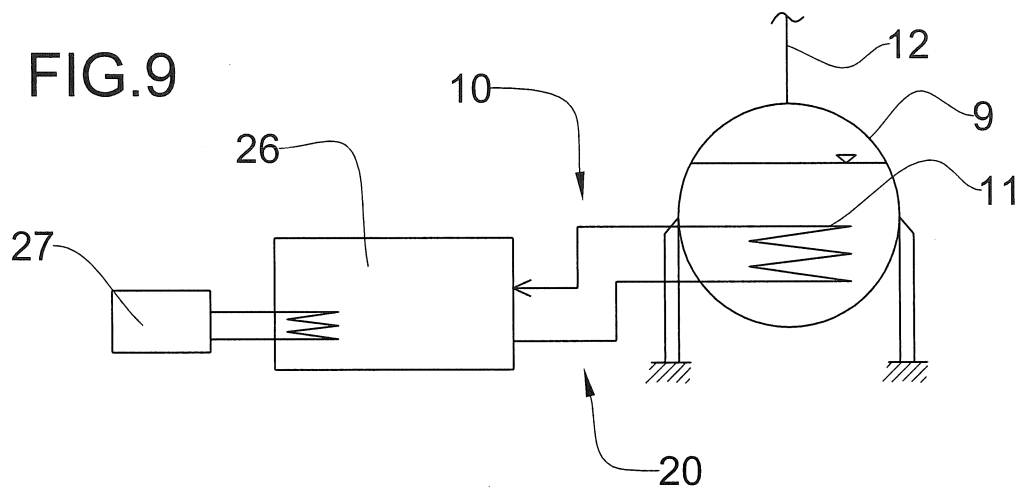


FIG.10

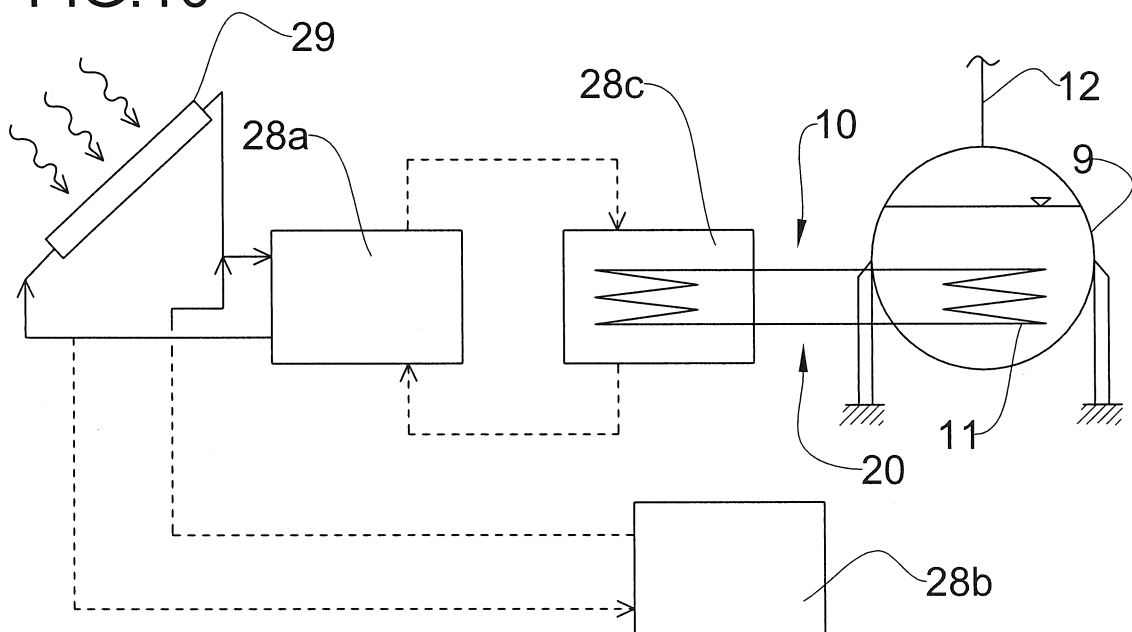


FIG.11

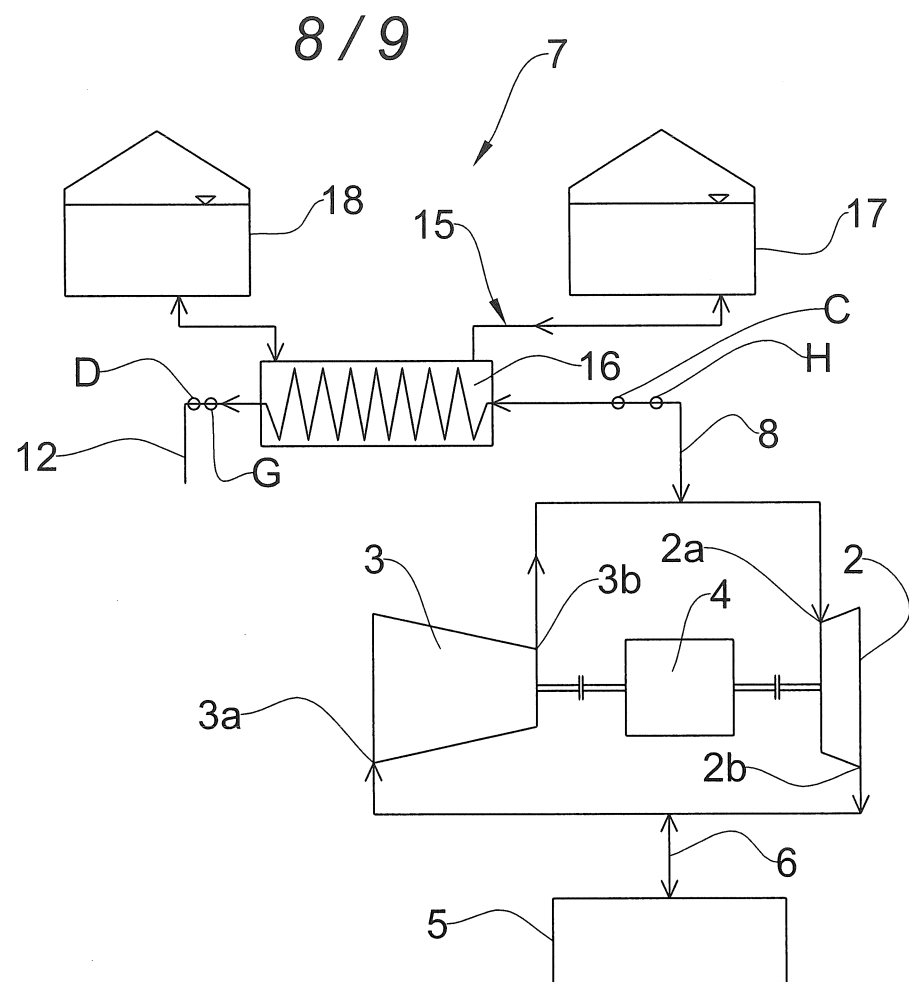
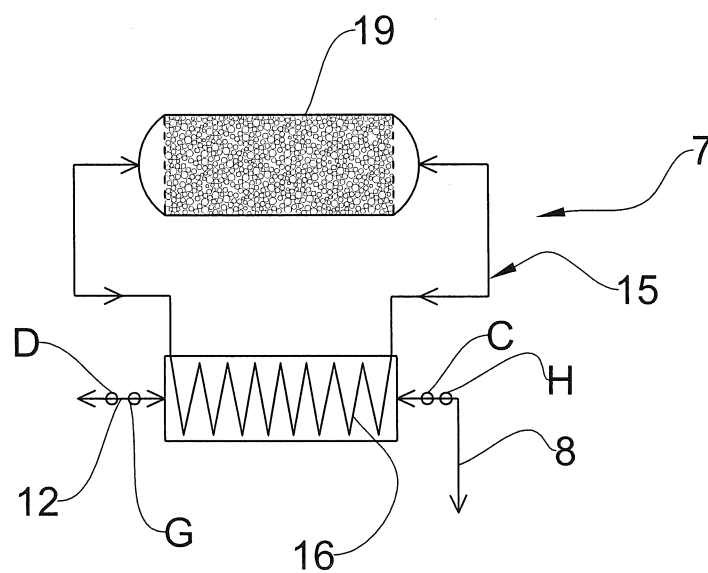


FIG.12



9 / 9

FIG.13

