



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

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

(11)



1-0023735

(51)⁷ F02C 3/34; F02C 7/141

(13) B

(21) 1-2013-02972

(22) 05/03/2012

(86) PCT/US2012/027770 05/03/2012

(87) WO2012/128924 27/09/2012

(30) 61/466,381 22/03/2011 US; 61/542,035 30/09/2011 US

(45) 25/05/2020 386

(43) 25/02/2014 311A

(73) EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY (US)

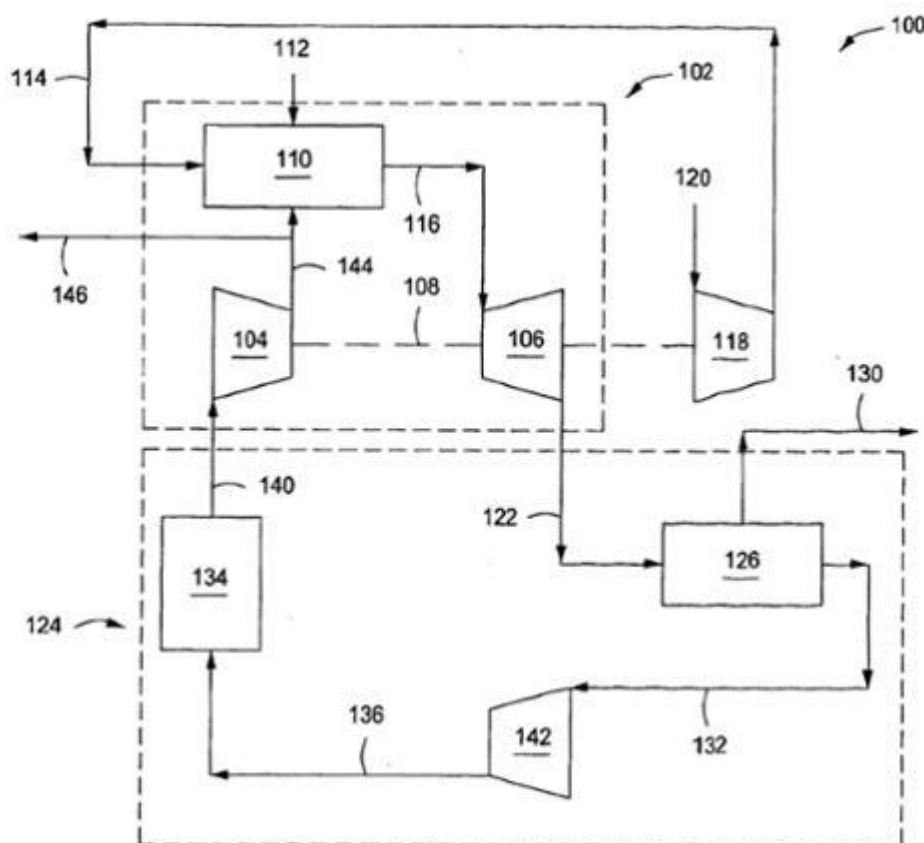
P.O. Box 2189 (CORP-URC-SW359), Houston Texas, 77252-2189, United States of America

(72) MITTRICKER, Franklin, F. (US); HUNTINGTON, Richard, A. (US); STARCHER, Loren, K. (US); SITES, O., Angus (US)

(74) Công ty Luật TNHH AMBYS Hà Nội (AMBYS HANOI)

(54) HỆ THỐNG TÍCH HỢP VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO NĂNG LƯỢNG PHÁT THẢI THẤP

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống tích hợp và phương pháp tạo năng lượng phát thải thấp. Theo một hoặc nhiều phương án, các hệ thống và phương pháp kết hợp các phương án cho việc sử dụng máy làm lạnh tiếp xúc trực tiếp. Theo cùng phương án hoặc phương án khác, các hệ thống và phương pháp kết hợp các phương án nhằm làm giảm hoặc loại bỏ sự ăn mòn hoặc xói mòn các cánh của máy nén do sự có mặt của các giọt nước có tính axit trong dòng khí được tuần hoàn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến việc tạo ra năng lượng phát thải thấp. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến các phương pháp và thiết bị thay đổi các vòng tuần hoàn khí tuabin phát thải thấp.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của phần này nhằm giới thiệu các khía cạnh khác nhau trong lĩnh vực này, mà có thể được kết hợp với các phương án mẫu của sáng chế. Phần bản luận này được tin là có tác dụng hỗ trợ việc cung cấp nền tảng giúp dễ dàng hiểu được các khía cạnh cụ thể của sáng chế. Theo đó, cần hiểu rằng phần này được đọc theo quan niệm đó, và không nhất thiết là sự thừa nhận tình trạng kỹ thuật.

Nhiều nước sản xuất dầu mỏ đang trải qua sự gia tăng mạnh nhu cầu năng lượng trong nước và quan tâm đến phương pháp thu hồi dầu tăng cường (enhanced oil recovery - EOR) để nâng cao sự thu hồi dầu từ các bể chứa. Hai kỹ thuật EOR thông thường bao gồm phun nitơ (N_2) để duy trì áp suất bể chứa và phun cacbon đioxit (CO_2) để phun ngập trộn lẫn cho việc thu hồi dầu tăng cường (EOR). Ngoài ra còn có một mối quan tâm toàn cầu về phát thải khí nhà kính (green house gas - GHG). Mối quan tâm này kết hợp với việc thực thi các chính sách mua bán hạn ngạch ô nhiễm ở nhiều nước (còn gọi là cap-and-trade) khiến việc làm giảm sự phát thải CO_2 trở thành ưu tiên hàng đầu đối với các nước này và các nước khác cũng như với các công ty vận hành hệ thống sản xuất hydrocacbon trong các nước đó.

Một số phương pháp làm giảm sự phát thải CO_2 bao gồm khử sự cacbon hóa nhiên liệu hoặc thu giữ sau đốt cháy sử dụng các dung môi, như các amin. Tuy nhiên, cả hai giải pháp này đều tốn kém và làm giảm hiệu suất tạo ra năng lượng, dẫn đến sự tạo ra năng lượng thấp, nhu cầu nhiên liệu tăng lên và chi phí điện năng tăng lên để đáp ứng yêu cầu năng lượng trong nước. Cụ thể, sự có mặt của các thành phần như oxy, SO_x , và NO_x gây khó khăn cho việc sử dụng dung môi amin để hấp thụ. Phương pháp khác là tuabin chạy bằng khí oxy nhiên liệu trong chu trình kết hợp (ví dụ, trong

đó nhiệt thải ra từ chu trình Brayton tuabin khí được thu giữ để tạo ra hơi và tạo ra năng lượng bổ sung trong chu trình Rankin). Tuy nhiên, không có tuabin khí nào bán trên thị trường có thể hoạt động trong chu trình đã nêu và năng lượng cần để sản xuất oxy có độ tinh khiết cao làm giảm đáng kể tổng hiệu suất của quy trình.

Hơn nữa, với sự quan tâm ngày càng gia tăng về sự thay đổi khí hậu toàn cầu và tác động của khí thải cacbon đioxit, việc giảm thiểu lượng khí thải cacbon đioxit từ các nhà máy năng lượng được đặc biệt chú trọng. Nhà máy năng lượng dùng tuabin khí rất hiệu quả và có chi phí thấp hơn so với nhà máy sử dụng kỹ thuật sản xuất năng lượng hạt nhân hoặc từ than đá. Việc thu CO₂ từ khí thải của nhà máy năng lượng dùng tuabin khí rất tốn kém do các lý do sau đây: (a) hàm lượng cacbon đioxit trong ống xả thấp, (b) thể tích khí lớn cần được xử lý, (c) áp suất của dòng thải thấp, và lượng khí oxy lớn có mặt trong dòng thải lớn. Tất cả các yếu tố này dẫn tới chi phí thu cacbon đioxit cao từ các nhà máy chu trình phối hợp.

Do đó, vẫn có nhu cầu đáng kể cho việc tạo năng lượng hiệu suất cao, phát thải thấp và quy trình sản xuất thu CO₂.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Trong các nhà máy năng lượng chu trình kết hợp được mô tả trong tài liệu này, khí thải từ các tuabin khí phát thải thấp, được thông hơi trong nhà máy sử dụng chu trình kết hợp khí tự nhiên (natural gas combined cycle - NGCC) điển hình, được làm lạnh và tuần hoàn vào trong đầu vào của máy nén chính trong tuabin khí. Khí thải tuần hoàn, đúng hơn là khí sạch nén dư thừa, được sử dụng để làm lạnh các sản phẩm đốt xuống tới các giới hạn vật liệu trong bộ giãn nở. Sự đốt cháy có thể là theo hệ số tỉ lệ lượng hoặc không theo hệ số tỉ lệ lượng. Theo một hoặc nhiều phương án, bằng cách kết hợp sự đốt cháy theo hệ số tỉ lệ lượng cùng với sự tuần hoàn khí thải, nồng độ CO₂ trong khí tuần hoàn được tăng lên trong khi giảm thiểu sự có mặt của lượng O₂ dư thừa, cả hai điều này đều làm cho sự thu hồi CO₂ dễ dàng hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án trong tài liệu này, các phương pháp được đề xuất để thay đổi đường tuần hoàn khí thải của các hệ thống tuabin khí phát thải thấp này và các thiết bị liên quan đến hệ thống này. Các phương pháp này cải thiện khả năng hoạt động và hiệu quả về mặt chi phí của sự vận hành tuabin khí phát thải thấp.

Các phương pháp, thiết bị, và hệ thống xem xét: (a) các phương án để sử dụng thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp, là thiết bị lớn và đòi hỏi vốn lớn, và (b) các phương pháp và các thiết bị để làm giảm sự ăn mòn hay sự xói mòn trên các cánh trong một vài phần thứ nhất của máy nén chính gây ra bởi sự ngưng tụ các giọt nước có tính axit trong dòng khí tuần hoàn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Những ưu điểm nêu trên và ưu điểm khác của sáng chế có thể trở nên rõ ràng sau khi xem xét sự mô tả chi tiết và các hình vẽ sau đây của các ví dụ không giới hạn của các phương án, trong đó:

Fig.1 mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế.

Fig.2 mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế trong đó quạt gió nằm phía dưới máy sinh hơi thu nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG) nổi hơi áp suất thấp.

Fig.3 mô tả hệ thống tích hợp để tạo ra năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế sử dụng sự làm lạnh theo biểu đồ độ ẩm đầu vào quạt gió.

Fig.4 mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế sử dụng các ống xoắn có nước làm lạnh trong HRSG.

Fig.5 mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, mà không dùng thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC) và làm bão hòa đầu vào vào máy nén tuần hoàn.

Fig.6 mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, mà không dùng DCC và làm quá nhiệt đầu vào vào máy nén tuần hoàn.

Fig.7A mô tả hệ thống tích hợp để tạo năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂

tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, kết hợp sự khử nước nhờ glycol của khí tuần hoàn được làm lạnh.

Fig.7B minh họa mối quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ nguồn nhiệt ngoài trong hệ thống tái tạo trietylen glycol (triethylene glycol - TEG).

Fig.7C minh họa mối quan hệ giữa tải trọng hơi của máy phun và nhiệt độ nguồn nhiệt bên ngoài trong hệ thống tái tạo TEG.

Fig.8 mô tả hệ thống tích hợp để tạo ra năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế kết hợp khử nước nhờ glycol của khí tuần hoàn được làm lạnh với việc tái tạo glycol được kết hợp vào trong thiết bị làm lạnh.

Fig.9 mô tả hệ thống tích hợp để tạo ra năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế kết hợp khử nước nhờ glycol của khí tuần hoàn được làm lạnh với sự tái tạo glycol và bộ khử quá nhiệt được kết hợp vào trong thiết bị làm lạnh.

Fig.10 mô tả hệ thống tích hợp để tạo ra năng lượng phát thải thấp và thu hồi CO₂ tăng cường theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế kết hợp bộ trao đổi chéo dòng nạp/dòng ra qua thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo phần mô tả chi tiết sau đây, các phương án cụ thể của sáng chế được mô tả kết hợp với các phương án được ưu tiên. Tuy nhiên, trong phạm vi mà sự mô tả sau đây là cụ thể đối với phương án cụ thể hoặc sử dụng cụ thể của sáng chế, chỉ nhằm các mục đích minh họa và đơn giản cung cấp sự mô tả các phương án mẫu. Do đó, sáng chế không bị giới hạn đối với các phương án cụ thể được mô tả bên dưới, đúng hơn, nó bao gồm tất cả các lựa chọn thay thế, các biến đổi, và các tương đương nằm trong nguyên lý và phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm.

Các thuật ngữ khác nhau như được sử dụng trong tài liệu này được định nghĩa bên dưới. Trong phạm vi mà thuật ngữ được sử dụng trong yêu cầu bảo hộ không được định nghĩa bên dưới, nó nên được đưa ra định nghĩa rộng nhất mà người có trình độ trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan đã đưa ra thuật ngữ đó như được phản ánh trong ít

nhất một công bố được in ra hoặc sáng chế đã được cấp.

Như được sử dụng trong tài liệu này, thuật ngữ "khí tự nhiên" để chỉ khí nhiều thành phần thu được từ giếng dầu thô (khí kết hợp) hoặc từ vỉa chứa khí ngầm (khí không kết hợp). Thành phần và áp suất của khí tự nhiên có thể thay đổi đáng kể. Dòng khí tự nhiên điển hình chứa metan (CH_4) là thành phần chính, nghĩa là lớn hơn 50%mol trong dòng khí tự nhiên là metan. Dòng khí tự nhiên cũng có thể chứa etan (C_2H_6), các hydrocacbon trọng lượng phân tử cao (ví dụ, các hydrocacbon $\text{C}_3\text{-C}_{20}$), một hoặc nhiều khí axit (ví dụ, hydro sunfit), hoặc bất kỳ sự kết hợp nào của chúng. Khí tự nhiên cũng có thể chứa lượng nhỏ chất ô nhiễm như nước, nitơ, sắt sunfit, sáp, dầu thô hoặc bất kỳ sự kết hợp nào của chúng.

Như được sử dụng trong tài liệu này, thuật ngữ "cháy theo hệ số tỉ lượng" để chỉ phản ứng đốt cháy có thể tích chất phản ứng bao gồm nhiên liệu và chất oxy hóa và thể tích sản phẩm tạo thành bằng cách đốt cháy các chất phản ứng trong đó tổng thể tích của các chất phản ứng được dùng để tạo ra sản phẩm. Như được sử dụng trong tài liệu này, thuật ngữ "cháy gần như theo hệ số tỉ lượng" để chỉ phản ứng đốt cháy có tỉ lệ tương đương nằm trong khoảng từ khoảng 0,9:1 đến khoảng 1,1:1, hoặc tốt hơn từ trong khoảng từ 0,95:1 đến khoảng 1,05:1.

Như sử dụng trong tài liệu này, thuật ngữ "dòng" để chỉ thể tích của chất lưu, mặc dù việc sử dụng thuật ngữ dòng này thường có nghĩa là thể tích chuyển động của chất lưu (ví dụ, có tốc độ hoặc lưu lượng khối). Tuy nhiên, thuật ngữ "dòng" không đòi hỏi tốc độ, lưu lượng khối hoặc một loại ống dẫn cụ thể để chứa dòng.

Các phương án của sáng chế bộc lộ các hệ thống và các quy trình có thể sử dụng để sản xuất điện năng và CO_2 phát thải thấp cho các ứng dụng như thu hồi dầu tăng cường (enhanced oil recovery - EOR) hoặc phân lập. Theo các phương án được bộc lộ trong tài liệu này, hỗn hợp khí và nhiên liệu có thể được đốt cháy và được trộn đồng thời với dòng của khí thải tuần hoàn. Dòng của khí thải tuần hoàn, thường bao gồm sản phẩm đốt cháy như CO_2 , có thể được sử dụng làm chất làm loãng để kiểm soát hoặc giảm nhiệt độ đốt cháy và làm khí nhiên liệu đi vào bộ giãn nở kế tiếp.

Sự đốt cháy có thể là theo hệ số tỉ lượng hoặc không theo hệ số tỉ lượng. Đốt cháy ở điều kiện gần hệ số tỉ lượng (hoặc cháy "cần ít oxy") có thể thuận lợi loại bỏ

được chi phí loại oxy dư thừa. Bằng cách làm lạnh khí nhiên liệu và ngưng tụ nước ra khỏi dòng khí, có thể tạo ra dòng với hàm lượng CO₂ tương đối cao. Trong khi một phần khí thải tuần hoàn có thể được sử dụng để làm giảm nhiệt độ trong chu trình Brayton khép kín, dòng khí làm sạch còn lại có thể được sử dụng cho các ứng dụng EOR và điện năng có thể được tạo ra với ít hoặc không có SO_x, NO_x, hoặc CO₂ thoát vào khí quyển. Ví dụ, dòng khí sạch có thể được xử lý trong bộ phân tách CO₂ được lắp để thải khí giàu nitơ mà khí này có thể tiếp đó được làm giãn nở trong bộ giãn nở khí để sinh ra thêm cơ năng. Kết quả của các hệ thống được bộc lộ trong tài liệu này là sự tạo ra năng lượng và sản xuất hoặc thu CO₂ bổ sung ở mức hiệu quả về mặt kinh tế hơn.

Theo một hoặc nhiều phương án, sáng chế đề cập đến các hệ thống tích hợp bao gồm hệ thống tuabin khí, và hệ thống tuần hoàn khí thải. Hệ thống tuabin khí bao gồm buồng đốt được tạo kết cấu để đốt cháy một hoặc nhiều chất oxy hóa và một hoặc nhiều nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén và hệ thống tuần hoàn khí thải. Buồng đốt dẫn dòng thải thứ nhất vào bộ giãn nở để tạo ra dòng thải dạng khí và dẫn động ít nhất một phần vào máy nén chính, và máy nén chính nén dòng thải dạng khí và do đó tạo ra dòng tuần hoàn được nén. Hệ thống tuần hoàn khí thải bao gồm ít nhất một bộ làm mát được tạo kết cấu để nhận và làm mát dòng thải dạng khí và ít nhất một quạt gió được tạo kết cấu để nhận và làm tăng áp suất của dòng thải dạng khí trước khi dẫn dòng khí tuần hoàn đã được làm lạnh vào máy nén chính.

Theo các phương án đã nêu, ít nhất một thiết bị làm lạnh có thể là máy sinh hơi thu hồi nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG) được tạo kết cấu để nhận và làm lạnh dòng thải dạng khí trước khi dẫn vào ít nhất một quạt gió. Theo cùng phương án hoặc các phương án khác, hệ thống tuần hoàn khí thải có thể còn bao gồm thiết bị làm lạnh được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ ít nhất một quạt gió và còn làm lạnh dòng thải dạng khí để sinh ra khí tuần hoàn được làm lạnh. Thiết bị làm lạnh thứ hai có thể bao gồm bộ phận máy làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC). Hoặc, thiết bị làm lạnh thứ hai có thể bao gồm HRSG.

Theo một số phương án, hệ thống tuần hoàn khí thải có thể còn bao gồm thiết bị làm lạnh thứ ba được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ ít nhất một quạt gió và

còn làm lạnh dòng thải dạng khí trước khi dẫn vào thiết bị làm lạnh thứ hai. Theo các phương án, thiết bị làm lạnh thứ nhất và thiết bị làm lạnh thứ ba có thể bao gồm các HRSG. Theo một hoặc nhiều phương án, thiết bị làm lạnh thứ nhất có thể bao gồm HRSG gồm bộ phận nồi hơi áp suất cao, bộ phận nồi hơi áp suất trung bình, và bộ phận nồi hơi áp suất thấp, và thiết bị làm lạnh thứ ba có thể bao gồm HRSG bao gồm bộ phận nồi hơi áp suất thấp và bộ phận tiết kiệm.

Theo một số phương án, một hoặc nhiều HRSG được sử dụng trong hệ thống tuần hoàn khí thải có thể còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh. Theo các phương án, hệ thống có thể còn bao gồm bộ phân tách được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của HRSG và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi dẫn vào quạt gió hoặc máy nén chính. Theo một hoặc nhiều phương án, bộ phân tách là bộ lá cánh quạt, bộ lưới, hoặc thiết bị ngăn sương mù đọng lại khác.

Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, hệ thống tuần hoàn khí thải có thể sử dụng việc làm lạnh theo biểu đồ độ ẩm của dòng thải dạng khí. Theo một số phương án, nước được bổ sung vào dòng thải dạng khí để làm bão hòa hoặc gần bão hòa dòng thải dạng khí phía dưới của thiết bị làm lạnh thứ nhất nhưng trước khi dẫn vào quạt gió, và hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa trước khi dẫn vào quạt gió. Theo các phương án này, thiết bị làm lạnh thứ hai còn được tạo kết cấu để loại bỏ nước khỏi dòng thải dạng khí và tuần hoàn ít nhất một phần nước đã được loại bỏ. Nước đã loại bỏ khỏi dòng thải dạng khí bởi thiết bị làm lạnh thứ hai có thể được chia thành hai hoặc nhiều hơn hai phần, do đó phần thứ nhất của nước được tuần hoàn và được bổ sung vào dòng thải dạng khí phía trên của bộ phân tách và phần thứ hai của nước được tuần hoàn vào thiết bị làm lạnh thứ hai.

Theo một hoặc nhiều phương án, hệ thống tuần hoàn khí thải có thể còn bao gồm bộ trao đổi chéo dòng nạp/dòng ra qua thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để điều chỉnh nhiệt độ của khí tuần hoàn được làm lạnh do đó giới hạn điểm sương là ít nhất khoảng 20°F (-6,67°C), hoặc ít nhất khoảng 25°F (-3,89°C), hoặc ít nhất khoảng

30°F (-1,11°C), hoặc ít nhất khoảng 35°F (1,67°C), hoặc ít nhất khoảng 40°F (4,44°C), hoặc ít nhất khoảng 45°F (7,22°C), hoặc ít nhất khoảng 50°F (10°C) đạt được.

Theo một hoặc nhiều phương pháp, thiết bị làm lạnh thứ hai còn bao gồm phần hấp thụ glycol, ví dụ như phần hấp thụ nhờ trietylen glycol (trietylen glycol - TEG), được tạo kết cấu để nhận khí tuần hoàn được làm lạnh từ thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn phía trên và ít nhất khử nước một phần khí tuần hoàn được làm lạnh trước khi dẫn vào máy nén chính, và hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm hệ thống tái tạo glycol được tạo kết cấu để nhận glycol giàu từ phần hấp thụ nhờ glycol của thiết bị làm lạnh thứ hai, tái tạo nhờ nhiệt glycol giàu trong tháp tái tạo glycol để tạo ra glycol nghèo được tái tạo, và đưa trở lại glycol nghèo đã được tái tạo vào phần hấp thụ nhờ glycol. Theo một số phương án, hệ thống tái tạo glycol được vận hành dưới các điều kiện chân không. Hệ thống tái tạo glycol có thể được phân tách khỏi hoặc được kết hợp vào trong thiết bị làm lạnh thứ hai. Theo một hoặc nhiều phương án, thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm tháp tái tạo glycol và tháp tái tạo glycol được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ quạt gió trước khi dẫn vào thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn phía trên. Theo cùng phương án hoặc các phương án khác, thiết bị làm lạnh thứ hai có thể còn bao gồm phần khử quá nhiệt được đặt giữa tháp tái tạo glycol và thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn phía trên. Glycol thích hợp bất kỳ có thể được sử dụng trong các hệ thống hấp thụ nhờ glycol được mô tả trong tài liệu này. Ví dụ, theo một hoặc nhiều phương án glycol là trietylen glycol (triethylene glycol - TEG). Hơn nữa, theo một hoặc nhiều phương án khác của sáng chế, phương pháp thích hợp khác để khử nước khí tuần hoàn đã được làm lạnh có thể được sử dụng thay cho khử nước nhờ glycol, ví dụ như khử nước nhờ các chất sàng phân tử hoặc nhờ metanol.

Theo một hoặc nhiều phương án, sáng chế đề cập đến các phương pháp tạo năng lượng. Các phương pháp bao gồm đốt cháy ít nhất một chất oxy hóa và ít nhất một nhiên liệu trong buồng đốt trong sự có mặt của khí thải tuần hoàn được nén, do đó tạo ra dòng thải, giãn nở dòng thải trong bộ giãn nở để dẫn động ít nhất một phần máy nén chính và tạo ra dòng thải dạng khí, và dẫn dòng thải dạng khí vào hệ thống tuần hoàn khí thải. Máy nén chính nén dòng thải dạng khí và do đó tạo ra dòng tuần hoàn được nén. Trong các phương pháp này, hệ thống tuần hoàn khí thải bao gồm ít nhất một thiết bị làm lạnh và ít nhất một quạt gió, do đó dòng thải dạng khí được làm lạnh trong

ít nhất một thiết bị làm lạnh và áp suất của dòng thải dạng khí được làm tăng lên trong ít nhất một quạt gió, do đó tạo ra khí tuần hoàn được làm lạnh được dẫn đến máy nén chính.

Theo một hoặc nhiều phương pháp của sáng chế, ít nhất một thiết bị làm lạnh là thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC), máy sinh hơi thu hồi nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG), hoặc thiết bị làm lạnh thích hợp khác làm lạnh dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào ít nhất một quạt gió. Trong cùng phương pháp hoặc các phương pháp khác, hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm thiết bị làm lạnh thứ hai nhận dòng thải dạng khí từ ít nhất một quạt gió và làm lạnh thêm dòng thải dạng khí, do đó tạo ra khí tuần hoàn được làm lạnh. Thiết bị làm lạnh thứ hai có thể bao gồm DCC, HRSG, hoặc thiết bị làm lạnh thích hợp khác.

Theo một số phương pháp, hệ thống tuần hoàn khí thải có thể còn bao gồm thiết bị làm lạnh thứ ba nhận dòng thải dạng khí từ ít nhất một quạt gió và làm lạnh thêm dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào thiết bị làm lạnh thứ hai. Theo một hoặc nhiều phương pháp, thiết bị làm lạnh thứ nhất và thiết bị làm lạnh thứ ba bao gồm các HRSG. Theo cùng phương pháp hoặc các phương pháp khác, thiết bị làm lạnh thứ nhất có thể bao gồm HRSG bao gồm bộ phận nồi hơi áp suất cao, bộ phận nồi hơi áp suất trung bình, và bộ phận nồi hơi áp suất thấp, và thiết bị làm lạnh thứ ba có thể bao gồm HRSG bao gồm bộ phận nồi hơi áp suất thấp và bộ phận tiết kiệm.

Theo một số phương pháp, một hoặc nhiều HRSG được sử dụng trong hệ thống tuần hoàn khí thải có thể còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh. Theo các phương pháp này, bộ phân tách có thể nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của HRSG và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào quạt gió hoặc máy nén chính. Theo một hoặc nhiều phương án, bộ phân tách là bộ lá cánh quạt, bộ lưới hoặc thiết bị ngăn sương đọng khác.

Theo một hoặc nhiều phương pháp của sáng chế, hệ thống tuần hoàn khí thải sử dụng việc làm lạnh theo biểu đồ độ ẩm để làm lạnh thêm dòng thải dạng khí. Trong

một số của các phương pháp này, dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa với nước trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào quạt gió, hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách nhận dòng thải dạng khí đã được làm bão hòa hoặc gần bão hòa và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí đã được làm bão hòa hoặc gần bão hòa trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào quạt gió, và thiết bị làm lạnh thứ hai loại bỏ nước khỏi dòng thải dạng khí và ít nhất một phần nước được loại bỏ bởi thiết bị làm lạnh thứ hai được tuần hoàn. Theo một hoặc nhiều phương pháp, nước được loại bỏ khỏi dòng thải dạng khí bởi thiết bị làm lạnh thứ hai được chia thành hai hoặc nhiều hơn hai phần và phần nước thứ nhất được tuần hoàn và được bổ sung vào dòng thải dạng khí phía trên của bộ phân tách trong khi phần nước thứ hai được tuần hoàn vào thiết bị làm lạnh.

Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, giới hạn điểm sương là ít nhất khoảng 20°F (-6,67°C), hoặc ít nhất khoảng 25°F (-3,89°C), hoặc ít nhất khoảng 30°F (-1,11°C), hoặc ít nhất khoảng 35°F (1,67°C), hoặc ít nhất khoảng 40°F (4,44°C), hoặc ít nhất khoảng 45°F (7,22°C), hoặc ít nhất khoảng 50°F (10°C) đạt được trong khí tuần hoàn được làm lạnh bằng cách thay đổi nhiệt độ của khí tuần hoàn được làm lạnh trong bộ trao đổi chéo dòng nạp/dòng ra qua thiết bị làm lạnh thứ hai.

Theo một hoặc nhiều phương pháp của sáng chế, thiết bị làm lạnh thứ hai còn bao gồm phần hấp thụ glycol nhận khí tuần hoàn được làm lạnh từ thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn phía trên và khử nước ít nhất một phần khí tuần hoàn được làm lạnh trước khi khí tuần hoàn được làm lạnh được dẫn vào máy nén chính, và hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm hệ thống tái tạo glycol nhận glycol giàu từ phần hấp thụ nhờ glycol của thiết bị làm lạnh thứ hai, tái tạo nhờ nhiệt glycol giàu trong tháp tái tạo glycol để tạo ra glycol nghèo được tái tạo, và đưa trở lại glycol nghèo đã được tái tạo vào phần hấp thụ nhờ glycol. Theo một số phương pháp, hệ thống tái tạo glycol được vận hành dưới các điều kiện chân không. Hệ thống tái tạo glycol có thể tách khỏi hoặc được kết hợp vào trong thiết bị làm lạnh thứ hai. Theo một hoặc nhiều phương pháp, thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm tháp tái tạo glycol và tháp tái tạo glycol nhận dòng thải dạng khí từ quạt gió trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn phía trên. Theo cùng phương pháp hoặc các phương pháp khác, thiết bị làm lạnh thứ hai có thể còn bao gồm phần khử quá nhiệt được đặt giữa tháp tái tạo

glycol và thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn phía trên nhận dòng thải dạng khí từ tháp tái tạo glycol và làm lạnh dòng thải dạng khí đến nhiệt độ đủ để làm ngưng tụ ít nhất một phần glycol từ dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào thiết bị làm lạnh khí tuần hoàn phía trên.

Bây giờ đề cập đến các hình vẽ, Fig.1 minh họa hệ thống tạo năng lượng 100 được tạo kết cấu để cung cấp quy trình thu CO₂ sau đốt cháy được cải thiện. Theo ít nhất một phương án, hệ thống tạo năng lượng 100 có thể bao gồm hệ thống tuabin khí 102 có thể được mô tả là chu trình Brayton kín. Theo một phương án, hệ thống tuabin khí 102 có thể có máy nén thứ nhất hoặc máy nén chính 104 được gắn với bộ giãn nở 106 nhờ trục chung 108 hoặc ghép nối bằng cơ học, điện, hoặc năng lượng khác, do đó cho phép một phần cơ năng được tạo ra bởi bộ giãn nở 106 để dẫn động máy nén 104. Bộ giãn nở 106 có thể tạo ra năng lượng cho các mục đích sử dụng khác, như để cấp năng lượng cho máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118. Hệ thống tuabin khí 102 có thể là tuabin khí tiêu chuẩn, trong đó máy nén chính 104 và bộ giãn nở 106 lần lượt tạo ra các đầu máy nén và bộ giãn nở, của tuabin khí tiêu chuẩn. Tuy nhiên, theo các phương án khác, máy nén chính 104 và bộ giãn nở 106 có thể là các bộ phận được cá thể hóa trong hệ thống 102.

Hệ thống tuabin khí 102 cũng có thể bao gồm buồng đốt 110 được tạo kết cấu để đốt dòng nhiên liệu 112 được trộn với chất oxy hóa được nén 114. Theo một hoặc nhiều phương án, dòng nhiên liệu 112 có thể bao gồm khí hydrocacbon hoặc chất lỏng thích hợp bất kỳ, như khí tự nhiên, metan, naphta, butan, propan, khí tổng hợp, dầu điêzen, dầu lửa, nhiên liệu hàng không, nhiên liệu nhận được từ than đá, nhiên liệu sinh học, nguyên liệu hydrocacbon được oxy hóa, hoặc các sự kết hợp của chúng. Chất oxy hóa được nén 114 có thể nhận được từ máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118 được thông chất lưu với buồng đốt 110 và được làm thích ứng để nén chất oxy hóa nạp vào 120. Theo một hoặc nhiều phương án, chất oxy hóa nạp vào 120 có thể bao gồm khí thích hợp bất kỳ chứa oxy, như không khí, khí giàu oxy, hoặc các sự kết hợp của chúng.

Như được mô tả chi tiết hơn bên dưới, buồng đốt 110 cũng có thể nhận dòng tuần hoàn được nén 144, bao gồm chủ yếu khí nhiên liệu có các thành phần CO₂ và nitơ.

Dòng tuần hoàn được nén 144 có thể được nhận từ máy nén chính 104 và được làm thích ứng để giúp đốt cháy chất oxy hóa được nén 114 và nhiên liệu 112, và còn làm tăng nồng độ CO_2 trong chất lưu làm việc. Dòng tháo 116 hướng đến đầu vào của bộ giãn nở 106 có thể được tạo ra là sản phẩm của sự đốt cháy dòng nhiên liệu 112 và chất oxy hóa được nén 114, trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén 144. Theo ít nhất một phương án, dòng nhiên liệu 112 có thể cơ bản là khí tự nhiên, do đó tạo ra dòng tháo 116 bao gồm các phần thể tích của nước được làm bay hơi, CO_2 , nitơ, nitơ oxit (NO_x), và lưu huỳnh oxit (SO_x). Theo một số phương án, một phần nhỏ của nhiên liệu không bị đốt cháy 112 hoặc các hợp chất khác cũng có thể có mặt trong dòng tháo 116 do các sự giới hạn trạng thái cân bằng đốt cháy. Vì dòng tháo 116 giãn nở nhờ bộ giãn nở 106 nên nó tạo ra năng lượng cơ học để dẫn động máy nén chính 104, hoặc các thiết bị khác, và còn tạo ra dòng thải dạng khí 122 có hàm lượng CO_2 được tăng lên.

Hệ thống tạo năng lượng 100 cũng có thể bao gồm hệ thống tuần hoàn khí thải (exhaust gas recirculation - EGR) 124. Trong khi hệ thống EGR 124 được minh họa trong các hình vẽ mà kết hợp các thiết bị khác nhau, các cấu hình được minh họa chỉ mang tính đại diện và hệ thống bất kỳ tuần hoàn khí thải 122 trở lại máy nén chính để hoàn thành các mục đích được chỉ ra trong tài liệu này có thể được sử dụng. Theo một hoặc nhiều phương án, hệ thống EGR 124 có thể bao gồm bộ sinh hơi thu hồi nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG) 126, hoặc thiết bị tương tự. Dòng khí thải 122 có thể được đưa tới HRSG 126 để tạo ra dòng hơi 130 và khí thải được làm lạnh 132. Hơi 130 có thể tùy ý được đưa đến tuabin khí hơi nước (không được thể hiện) để tạo ra điện năng bổ sung. Theo các cấu hình này, sự kết hợp của HRSG 126 và tuabin khí hơi nước có thể được mô tả là chu trình Rankine kín. Kết hợp với hệ thống tuabin khí 102, HRSG 126 và tuabin khí hơi nước có thể tạo thành một phần của nhà máy tạo năng lượng chu trình kết hợp, như nhà máy chu trình kết hợp khí tự nhiên (natural gas combined-cycle - NGCC).

Fig.1 minh họa các thiết bị bổ sung trong hệ thống EGR 124 có thể được kết hợp theo một số phương án. Khí thải được làm lạnh 132 có thể được đưa đến ít nhất một thiết bị làm lạnh 134 được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của khí thải được làm lạnh 132 và tạo ra dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140. Theo một hoặc nhiều phương án,

thiết bị làm lạnh 134 được xem xét trong tài liệu này là máy làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC), nhưng có thể là bất kỳ thiết bị làm lạnh thích hợp nào như máy làm lạnh trực tiếp, máy làm lạnh tinh chỉnh, thiết bị làm lạnh cơ học, hoặc các sự kết hợp của chúng. Thiết bị làm lạnh 134 cũng có thể được tạo kết cấu để loại bỏ một phần nước ngưng tụ thông qua dòng loại nước (không được thể hiện). Theo một hoặc nhiều phương án, dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 có thể được dẫn đến quạt gió hoặc máy nén dự phòng 142 được thông chất lưu với thiết bị làm lạnh 134. Theo các phương án này, dòng thải dạng khí được nén 136 ra khỏi quạt gió 142 và được dẫn đến thiết bị làm lạnh 134.

Quạt gió 142 có thể được tạo kết cấu để làm tăng áp suất của dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 trước khi nó được đưa vào trong máy nén chính 104. Theo một hoặc nhiều phương án, quạt gió 142 làm tăng toàn bộ tỉ trọng của dòng thải dạng khí được làm lạnh 132, do đó dẫn đến lưu lượng khối được tăng lên cho cùng một thể tích dòng chảy vào máy nén chính 104. Bởi vì máy nén chính 104 thường bị giới hạn thể tích dòng chảy, dẫn nhiều lưu lượng hơn qua máy nén chính 104 có thể dẫn đến áp suất xả cao hơn từ máy nén chính 104, do đó chuyển dịch sang tỉ lệ áp suất cao hơn qua bộ giãn nở 106. Tỉ lệ áp suất cao hơn qua bộ giãn nở 106 có thể cho phép nhiệt độ đầu vào cao hơn và, do đó, làm tăng năng lượng và hiệu suất trong bộ giãn nở 106. Điều này chứng tỏ sự thuận lợi vì dòng xả giàu CO₂ 116 thường duy trì nhiệt dung riêng cao hơn. Do đó, thiết bị làm lạnh 134 và quạt gió 142, khi được kết hợp, mỗi cái được làm thích ứng để tối ưu hóa hoặc nâng cao sự hoạt động của hệ thống tuabin khí 102. Lưu ý rằng, mặc dù quạt gió 142 được thể hiện trong một vị trí cụ thể trong hệ thống EGR 124 trong Fig.1 và trong các hình vẽ và các ví dụ khác được mô tả trong tài liệu này, quạt gió có thể được đặt ở bất kỳ đâu trong cả vòng tuần hoàn.

Máy nén chính 104 có thể được tạo kết cấu để nén dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 được nhận từ hệ thống EGR 124 đến áp suất trên danh nghĩa cao hơn áp suất buồng đốt 110, do đó tạo ra dòng tuần hoàn được nén 144. Theo ít nhất một phương án, một dòng sạch 146 có thể được rút khỏi dòng tuần hoàn được nén 144 và tiếp đó được xử lý trong bộ phân tách CO₂ hoặc thiết bị khác (không được thể hiện) để thu giữ CO₂. CO₂ đã được tách có thể được dùng để bán, được sử dụng trong quy trình khác yêu cầu cacbon đioxit, và/hoặc được nén và được bơm vào trong bể chứa trên mặt đất

để thu hồi dầu tăng cường (enhanced oil recovery - EOR), phân lập, hoặc mục đích khác.

Hệ thống EGR 124 như được mô tả trong tài liệu này có thể được cung cấp để đạt được nồng độ CO₂ cao trong chất lưu làm việc của hệ thống tạo năng lượng 100, do đó cho phép phân tách CO₂ hiệu quả hơn, duy trì áp suất, hoặc các ứng dụng EOR. Ví dụ, các phương án được bộc lộ trong tài liệu này có thể làm tăng một cách hiệu quả nồng độ CO₂ trong dòng thải khí nhiên liệu đến khoảng 10% trọng lượng hoặc cao hơn. Để hoàn thành điều này, buồng đốt 110 có thể được làm thích ứng để đốt theo hệ số tỉ lệ hỗn hợp nhiên liệu vào 112 và chất oxy hóa được nén 114. Để làm giảm nhiệt độ đốt theo hệ số tỉ lệ để đáp ứng nhiệt độ đầu vào của bộ giãn nở 106 và các yêu cầu làm lạnh thành phần, một phần của khí thải được nhận từ dòng tuần hoàn được nén 144 có thể được bơm vào trong buồng đốt 110 làm chất làm loãng. Do đó, các phương án bộc lộ có thể về cơ bản loại bỏ oxy dư thừa bất kỳ khỏi chất lưu làm việc trong khi đồng thời làm tăng thành phần CO₂ của nó. Như vậy, dòng thải dạng khí 122 có thể có ít hơn khoảng 3,0% thể tích oxy, hoặc nhỏ hơn khoảng 1,0% thể tích oxy, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,1% thể tích oxy, hoặc thậm chí nhỏ hơn khoảng 0,001% thể tích oxy. Theo một số phương án, buồng đốt 110, hoặc cụ thể hơn, các dòng đầu vào đến buồng đốt có thể được điều khiển với sự ưu tiên đốt theo hệ số tỉ lệ để làm giảm thêm hàm lượng oxy của dòng thải dạng khí 122.

Theo một số phương án không được mô tả trong tài liệu này, hơi nước áp suất cao cũng có thể được sử dụng làm chất làm lạnh trong quy trình đốt, hoặc thay thế hoặc thêm vào khí thải tuần hoàn. Theo các phương án này, sự bổ sung hơi nước làm giảm yêu cầu năng lượng và kích thước trong hệ thống EGR (hoặc loại bỏ hệ thống EGR), nhưng yêu cầu bổ sung vòng tuần hoàn nước.

Thêm nữa, theo các phương án khác không được mô tả trong tài liệu này, nguyên liệu nạp chất oxy hóa được nén vào buồng đốt có thể bao gồm agon. Ví dụ, chất oxy hóa có thể bao gồm agon với lượng nằm trong khoảng từ 0,1 đến 5,0% thể tích, hoặc nằm trong khoảng từ 1,0 đến 4,5% thể tích, hoặc nằm trong khoảng từ 2,0 đến 4,0% thể tích, hoặc nằm trong khoảng từ 2,5 đến 3,5% thể tích, hoặc khoảng 3,0% thể tích. Theo các phương án này, hoạt động của buồng đốt có thể là hóa học lượng pháp hoặc

không hóa học lượng pháp. Như được hiểu bởi người có trình độ trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng, sự kết hợp agon vào trong nguyên liệu nạp chất oxy hóa được nén có thể yêu cầu bổ sung bộ trao đổi chéo hoặc thiết bị tương tự giữa máy nén chính và buồng đốt được tạo kết cấu để loại bỏ CO₂ dư thừa từ dòng tuần hoàn và đưa trở lại agon vào buồng đốt ở nhiệt độ thích hợp để đốt.

Có thể được hiểu rằng, các nhiệt độ và áp suất đặc trưng đạt được hoặc được trải qua trong các bộ phận khác nhau của bất kỳ phương án nào được bộc lộ trong tài liệu này có thể thay đổi phụ thuộc vào, giữa các yếu tố khác, độ tinh khiết của chất oxy hóa được sử dụng và đặc trưng làm ra và/hoặc các kiểu bộ giãn nở, máy nén, máy làm lạnh, v.v..Do đó, sẽ được hiểu rằng dữ liệu cụ thể được mô tả trong tài liệu này là chỉ cho các mục đích minh họa và không được hiểu là sự giải thích duy nhất của nó. Ví dụ, theo một phương án mẫu trong tài liệu này, HRSG 126 làm lạnh dòng thải dạng khí 132 đến nhiệt độ khoảng 200°F (93,33°C). Dòng thải dạng khí 132 được nâng áp suất bởi quạt gió 142 để khắc phục sự giảm áp suất xuôi dòng, dẫn đến sự tăng nhiệt độ sao cho dòng thải dạng khí được nén được làm lạnh 136 thoát khỏi quạt gió 142 ở nhiệt độ khoảng 229°F (104,44°C). Khí thải còn được làm lạnh trong thiết bị làm lạnh 134, và dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 thoát khỏi thiết bị làm lạnh 134 ở nhiệt độ khoảng 100°F (37,78°C).

Đề cập đến Fig.2, được mô tả trong phương án khác của hệ thống tạo năng lượng 100 của Fig.1, được thể hiện và được mô tả như hệ thống 200. Theo đó, Fig.2 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1. Tương tự với hệ thống 100 của Fig.1, hệ thống 200 của Fig.2 bao gồm hệ thống tuabin khí 102 được gắn với hay nói cách khác được đỡ bởi hệ thống tuần hoàn khí thải (exhaust gas recirculation - EGR) 124. Hệ thống EGR 124 trên Fig.2, tuy nhiên, có thể bao gồm HRSG 202 thứ hai nằm phía xuôi dòng của quạt gió 142 để thu hồi nhiệt nén liên quan đến quạt gió 142. Theo một hoặc nhiều phương án được minh họa bởi hệ thống EGR của Fig.2, HRSG 126 thứ nhất là HRSG ba áp suất bao gồm các bộ phận nồi hơi áp suất cao (high pressure - HP), áp suất trung bình (intermediate pressure - IP) và áp suất thấp (low pressure - LP), trong khi HRSG 202 thứ hai bao gồm nồi hơi LP và các bộ phận tiết kiệm. Theo phương pháp hoạt động ví dụ của hệ thống 200, dòng thải dạng khí 132 thoát khỏi bộ phận nồi hơi LP của HRSG 126 ở nhiệt độ gần với 279°F (137,22°C) và được nén

trong quạt gió 142. Dòng thải dạng khí được nén được làm lạnh 136 thoát khỏi quạt gió 142 ở nhiệt độ khoảng 310°F (154,44°C), và đi vào HRSG 202 thứ hai. Dòng khí tuần hoàn 138 tiếp đó thoát khỏi HRSG 202 thứ hai ở nhiệt độ khoảng 200°F (93,33°C). Theo cách này, nhiệt nén của quạt gió được khôi phục bởi HRSG 202 và công suất làm lạnh của thiết bị làm lạnh 134 được giảm đi.

Fig.3 mô tả phương án khác của hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp 100 của Fig.1, được thể hiện như là hệ thống 300. Theo đó, Fig.3 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1. Tương tự với hệ thống 100 được mô tả trên Fig.1, hệ thống 300 bao gồm hệ thống tuabin khí 102 được đỡ bởi hay nói cách khác được ghép nối với hệ thống EGR 124. Hệ thống EGR 124 trên Fig.3, tuy nhiên, sử dụng làm lạnh không khí ẩm để giảm sự tiêu thụ năng lượng của quạt gió 142 và làm giảm công suất làm lạnh của thiết bị làm lạnh 134. Theo một hoặc nhiều phương án được minh họa bởi hệ thống EGR của Fig.3, nước được bơm vào thông qua dòng 302 để làm bão hòa hoặc gần bão hòa và làm lạnh dòng thải dạng khí 132, dẫn đến dòng thải dạng khí bão hòa 304. Dòng thải dạng khí bão hòa 304 có thể tùy ý được dẫn đến bộ phân tách 306 để loại bỏ bất kỳ giọt nước nào có thể bị giữ trong đó. Bộ phân tách 306 có thể là thiết bị bất kỳ thích hợp để loại bỏ các giọt nước, ví dụ như bộ lá cánh quạt, bộ lưới, hoặc thiết bị ngăn không cho sương mù đọng lại khác. Áp suất của dòng thải dạng khí bão hòa 304 được làm tăng lên trong quạt gió 142. Dòng thải dạng khí được nén được làm lạnh 136 thoát khỏi quạt gió 142 và được dẫn vào thiết bị làm lạnh 134. Trong thiết bị làm lạnh, nước ngưng tụ ra ngoài dòng thải dạng khí được nén được làm lạnh 136 vì dòng được làm lạnh thêm, và nước được thu hồi trong dòng nước 308. Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, dòng nước 308 có thể được làm lạnh trong bộ trao đổi nhiệt 310 hoặc thiết bị làm lạnh khác, dẫn đến dòng nước được làm lạnh 312. Dòng nước được làm lạnh 312 có thể tiếp đó được tuần hoàn thông qua dòng nước tuần hoàn 314 để cung cấp sự làm lạnh bổ sung khí thải trong thiết bị làm lạnh 134, được kết hợp với dòng nước 302 được bơm vào trong dòng thải dạng khí 132 nằm phía trên quạt gió 142, hoặc cả hai. Trong khi dòng nước 302 có thể được sử dụng ở một số vị trí trong quá trình hoạt động của hệ thống của Fig.3, ví dụ như trong quá trình khởi động hoặc khi cần nước bổ sung trong hệ thống, sẽ được hiểu đối với người có trình độ trong lĩnh vực kỹ thuật này rằng (ví dụ trong quá trình hoạt động ở trạng thái ổn định) lượng

nước gấp nhiều lần được yêu cầu để bơm vào dòng thải dạng khí 132 có thể được cung cấp toàn bộ bởi sự tuần hoàn dòng nước được làm lạnh 312.

Trong phương pháp hoạt động mẫu của hệ thống 300, dòng thải dạng khí 132 thoát khỏi HRSG 126 ở nhiệt độ khoảng 200°F (93,33°C). Việc bơm nước thông qua dòng 302 làm lạnh khí thải, dẫn đến dòng thải dạng khí bão hòa 304 có nhiệt độ khoảng 129°F (53,89°C). Một khi được nén trong quạt gió 142, dòng thải dạng khí được nén được làm lạnh 136 thoát khỏi quạt gió 142 ở nhiệt độ khoảng 154°F (67,78°C), và được làm lạnh trong thiết bị làm lạnh 134 dẫn đến dòng khí tuần hoàn được làm lạnh ở nhiệt độ khoảng 100°F (37,78°C). Theo cách thức này, quạt gió bổ sung ít nhiệt hơn cho hệ thống và công suất làm lạnh của thiết bị làm lạnh 134 được giảm đi.

Fig.4 mô tả phương án khác của hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp 100 của Fig.1, được thể hiện là hệ thống 400. Fig.4 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1 và Fig.3. Tương tự với hệ thống 100 được mô tả trên Fig.1, hệ thống 400 bao gồm hệ thống tuabin khí 102 được đỡ bởi hay nói cách khác được ghép nối với hệ thống EGR 124. Hệ thống EGR 124 trên Fig.4, tuy nhiên, sử dụng các ống xoắn có nước làm lạnh trong HRSG làm giảm công suất làm lạnh của thiết bị làm lạnh 134. Theo một hoặc nhiều phương án được minh họa bởi hệ thống EGR của Fig.3, các ống xoắn có nước làm lạnh 402 được sử dụng trong HRSG 126 để cung cấp sự làm lạnh bổ sung dòng thải dạng khí 122. Các cuộn dây làm lạnh nước có thể được làm thích ứng để sử dụng nước làm lạnh mới hoặc nước biển. Để sử dụng nước làm lạnh mới, theo một số phương án, hệ thống nước mới được làm kín có thể được kể đến trong cách bố trí (không được thể hiện), với các bộ trao đổi bằng tấm và khung làm lạnh nước mới đối với nước biển để đạt được việc làm lạnh lớn nhất. Nếu các ống xoắn có nước biển được sử dụng trong HRSG, các ống HRSG nên là đủ luyện kim để xử lý cả sự ngưng tụ nước có tính axit và nước muối. Dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 thoát khỏi HRSG 126 và có thể tùy ý được dẫn vào bộ phân tách 306 để loại bỏ các giọt nước bất kỳ có thể bị giữ trong đó. Bộ phân tách 306 có thể là thiết bị bất kỳ thích hợp để loại bỏ các giọt nước, ví dụ như bộ lá cánh quạt, bộ lưới, hoặc thiết bị ngăn sương mù đọng lại khác. Một khi bất kỳ giọt nước bị giữ lại nào được loại bỏ khỏi bộ phân tách 306, dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 được dẫn vào quạt gió 142 và hệ thống EGR

nằm phía xuôi dòng quạt gió như được mô tả trước đó đối với Fig.1.

Trong phương pháp hoạt động mẫu của hệ thống 400, dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 thoát khỏi các ống xoắn có nước làm lạnh 402 của HRSG 126 ở nhiệt độ khoảng 118°F (47,78°C), và dòng thải dạng khí được nén 136 thoát khỏi quạt gió 142 ở nhiệt độ khoảng 140°F (60°C). Khí thải được làm lạnh trong thiết bị làm lạnh 134, và dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 thoát khỏi thiết bị làm lạnh 134 ở nhiệt độ khoảng 100°F (37,78°C). Bởi vì dòng thải dạng khí được nén 136 trong hệ thống 400 của Fig.4 đi vào thiết bị làm lạnh 134 ở nhiệt độ thấp hơn so với trong các hệ thống được mô tả trước đó của các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.3, công suất của thiết bị làm lạnh được giảm đi đối với các hệ thống đó.

Fig.5 mô tả phương án khác của hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp 100 của Fig.1, được thể hiện là hệ thống 500. Fig.5 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1 và Fig.4. Tương tự với hệ thống 100 được mô tả trên Fig.1, hệ thống 500 bao gồm hệ thống tuabin khí 102 được đỡ bởi hay nói cách khác được ghép nối với hệ thống EGR 124. Hệ thống EGR 124 trên Fig.5 sử dụng các ống xoắn có nước làm lạnh 402 trong HRSG 126 và bộ phân tách 306 nằm phía ngược dòng quạt gió 142 như được mô tả chi tiết đối với Fig.4. Fig.5, tuy nhiên, cũng sử dụng HRSG 502 bổ sung nằm phía xuôi dòng quạt gió 142, thay thế bộ tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC) thiết bị làm lạnh được mô tả trước đó đối với các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.4. HRSG 502 bao gồm phần làm lạnh nước tương tự với các ống xoắn có nước làm lạnh 402 được chứa trong HRSG 126 thứ nhất. Phần bộ phân tách 504 cũng được kể đến trong HRSG 502 bổ sung để loại bỏ bất kỳ giọt nước ngưng tụ nào từ dòng thải dạng khí được nén 136. Phần bộ phân tách 504 có thể là thiết bị bất kỳ thích hợp để loại bỏ các giọt nước, ví dụ như bộ lá cánh quạt, bộ lưới, hoặc thiết bị ngăn đọng sương mù khác. Một khi bất kỳ giọt nước nào được loại bỏ khỏi phần bộ phân tách 504 trong HRSG 502 bổ sung, dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 thoát khỏi HRSG 502 và nó được tuần hoàn trực tiếp vào máy nén chính 104.

Theo phương pháp hoạt động của hệ thống 500, dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 thoát khỏi các ống xoắn có nước làm lạnh 402 của HRSG 126 thứ nhất ở nhiệt độ khoảng 113°F (45°C), và dòng thải dạng khí được nén 136 thoát khỏi quạt gió

142 ở nhiệt độ khoảng 143°F (61,67°C). Khí thải còn được làm lạnh thêm trong HRSG 502 thứ hai, và dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 thoát khỏi phần bộ phân tách 504 của HRSG thứ hai ở nhiệt độ khoảng 113°F (45°C). Theo một hoặc nhiều phương án theo Fig.5, dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 đi vào máy nén chính 104 được làm bão hòa bằng nước.

Theo một hoặc nhiều phương án được mô tả bởi các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.5, dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140 có thể được làm bão hòa bằng nước. Do đó, có nguy cơ là các giọt nước có tính axit có thể tạo ra trong dòng và gây ra sự ăn mòn hoặc xói mòn các cánh của máy nén chính 104. Fig.6 mô tả phương án khác của hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp 100 của Fig.1, được thể hiện là hệ thống 600, được tạo kết cấu để làm giảm hoặc loại bỏ sự tạo thành các giọt nước có tính axit bằng cách làm quá nhiệt dòng khí tuần hoàn đi vào máy nén chính 104. Fig.6 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1, Fig.4, và Fig.5. Tương tự với hệ thống 100 được mô tả trên Fig.1, hệ thống 600 bao gồm hệ thống tuabin khí 102 được đỡ bởi hay nói cách khác được ghép nối với hệ thống EGR 124. Tương tự với hệ thống 400 được mô tả trên Fig.4, hệ thống EGR 124 trên Fig.6 cũng sử dụng các ống xoắn có nước làm lạnh 402 trong HRSG 126 và bộ phân tách 306 nằm phía ngược dòng quạt gió 142. Hệ thống của Fig.6, tuy nhiên, loại bỏ việc sử dụng thiết bị làm lạnh hoặc thiết bị làm lạnh khác nằm phía xuôi dòng quạt gió 142 và nằm ngược dòng máy nén chính 104, thay vì dẫn dòng thải dạng khí được nén 136 trực tiếp từ quạt gió 142 đến máy nén chính 104.

Theo phương pháp hoạt động mẫu của hệ thống 600, dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 thoát khỏi các ống xoắn có nước làm lạnh 402 của HRSG 126 ở nhiệt độ khoảng 113°F (45°C). Dòng thải dạng khí 132 được làm quá nhiệt bởi nhiệt nén của quạt gió 142, và dòng thải dạng khí được nén 136 thoát khỏi quạt gió 142 ở nhiệt độ khoảng 144°F (62,22°C). Theo cách thức này, cấu hình của Fig.6 đạt được khoảng nhiệt độ 25°F (-3,89°C) của sự quá nhiệt. Như được sử dụng trong tài liệu này, thuật ngữ “làm quá nhiệt” đề cập đến mức độ mà nhiệt độ của khí là trên nhiệt độ điểm sương của khí đó. Theo đó, 25°F (-3,89°C) quá nhiệt nghĩa là nhiệt độ của khí là 25°F (-3,89°C) trên nhiệt độ điểm sương của nó. Dòng thải dạng khí được nén 136 được dẫn trực tiếp đến máy nén chính 104 mà không cần làm lạnh thêm. Nếu mong muốn làm quá nhiệt thêm nữa cho dòng khí, sự làm nóng thêm vào này có thể đạt được bằng các

phương pháp khác nhau, ví dụ như bằng cách trao đổi chéo dòng thải của quạt gió với khí nhiên liệu phía trên của các ống xoắn có nước làm lạnh trong HRSG (không được thể hiện). Cấu hình bộ trao đổi chéo này là giống với các bộ gia nhiệt sơ bộ khí mà các bộ gia nhiệt sơ bộ khí này được lắp với các lò nung hoặc các lò thiêu và làm giảm diện tích được yêu cầu của các ống xoắn có nước làm lạnh nhưng tốn thêm chi phí bổ sung của bộ trao đổi nhiệt chéo lớn.

Cấu hình của hệ thống 600 trên Fig.6 được dùng để làm giảm hoặc loại bỏ sự tạo thành các giọt nước có tính axit và ngăn sự ăn mòn hoặc sự xói mòn các cánh của máy nén chính bằng cách làm quá nhiệt dòng khí tuần hoàn. Các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.9 mô tả các phương án khác của sáng chế cũng nhằm để làm giảm hoặc loại bỏ sự tạo thành các giọt nước có tính axit trong dòng khí tuần hoàn bằng cách khử nước dòng khí tuần hoàn sử dụng glycol, ví dụ như trietylen glycol (triethylene glycol - TEG). Để các cấu hình khử nước nhờ glycol là hiệu quả về mặt chi phí, nhiệt thải được sử dụng để tái tạo glycol. Nhiệt thải có thể được thu từ các nguồn khác nhau trong hệ thống, như từ phía sau của một hoặc nhiều máy sinh hơi thu nhiệt (heat recovery steam generators - HRSG) hoặc từ làm lạnh trung gian nén.

Fig.7A mô tả phương án của một phần hệ thống EGR 124 của hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp như được mô tả trên Fig.1, được thể hiện là hệ thống 700, được tạo kết cấu để giảm hoặc ngăn sự tạo thành các giọt nước có tính axit bằng cách khử nước dòng khí tuần hoàn đi vào máy nén chính sử dụng bộ phận bộ tiếp xúc glycol trong thiết bị làm lạnh và tái sinh glycol trong hệ thống tuần hoàn chân không glycol riêng biệt. Fig.7A có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1. Trong hệ thống 700, dòng thải dạng khí được làm lạnh 132 chảy từ HRSG 126 và được dẫn vào quạt gió 142, trong đó dòng được nén. Dòng thải dạng khí được nén 136 thoát khỏi quạt gió 142 và được dẫn vào thiết bị làm lạnh 134, nó theo một hoặc nhiều phương án bao gồm bộ phận thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC) sử dụng nước làm môi trường làm lạnh. Theo một hoặc nhiều phương án, thiết bị làm lạnh 134 được xem trong tài liệu này là thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (DCC), nhưng có thể là thiết bị làm lạnh thích hợp bất kỳ như thiết bị làm lạnh tiếp xúc trực tiếp, thiết bị làm lạnh phụ trợ, bộ phận tái sinh cơ học, hoặc các sự kết hợp của chúng. Nằm trong thiết bị làm lạnh 134, dòng thải dạng khí được nén 136 được tiếp xúc với

nước để làm lạnh dòng. Dòng không có nước 702 thoát khỏi thiết bị làm lạnh sau khi tiếp xúc với dòng khí. Theo một hoặc nhiều phương án, một phần của dòng loại nước 702 có thể được làm sạch từ hệ thống 700, trong khi phần còn lại của dòng không có nước có thể được làm lạnh sử dụng bộ trao đổi nhiệt 720 và được tuần hoàn tới thiết bị làm lạnh 134 để cung cấp sự làm lạnh thêm dòng thải dạng khí được nén 136. Theo một hoặc nhiều phương án, bộ trao đổi nhiệt 720 sử dụng nước biển để cung cấp sự làm lạnh được yêu cầu. Theo cùng các phương án hoặc các phương án khác, sự làm lạnh bổ sung có thể được cung cấp bởi máy làm lạnh nước được làm lạnh (không được thể hiện) được lắp phía dưới bộ trao đổi nhiệt 720 để chống lại nhiệt độ tăng gắn với sự khử nước diễn ra trong thiết bị làm lạnh 134 khi sự khử nước nhờ glycol được sử dụng. Sử dụng máy làm lạnh nước đã làm lạnh theo cách này có thể được mong muốn bởi vì làm giảm nhiệt độ của khí nạp vào phần khử nước của quy trình, nhiệt độ khí thải tuần hoàn được hạ thấp tương tự và sự tiêu thụ năng lượng của quạt gió và máy nén chính được giảm đi. Người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ nhận ra rằng việc sử dụng máy làm lạnh nước đã làm lạnh có thể là mong muốn trong cấu hình bất kỳ sử dụng sự khử nước nhờ glycol, bao gồm không chỉ cấu hình được mô tả bởi Fig.7A cũng như được mô tả trong Fig.8 và Fig.9 và trong hệ thống khử nước khác bất kỳ.

Thiết bị làm lạnh 134 còn bao gồm phần hấp thụ nhờ glycol 710. Theo một hoặc nhiều phương án, phần hấp thụ glycol là tháp hấp thụ như tháp đĩa hoặc tháp đã nạp. Một khi dòng thải dạng khí được nén được làm lạnh bằng nước, khí đi vào phần hấp thụ bởi glycol 710 của thiết bị làm lạnh 134, ở đó hơi nước trong khí thải được hấp thụ bởi glycol. Kết quả dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140, được khử nước ít nhất một phần bởi glycol, thoát khỏi thiết bị làm lạnh 134 và được dẫn vào máy nén chính 104. Một khi glycol hấp thụ nước khỏi khí thải, nó được lấy ra khỏi phần hấp thụ bởi glycol 710 thông qua dòng giàu glycol 712 và được dẫn vào hệ thống tái sinh chân không 750.

Nằm trong hệ thống tái sinh chân không 750, dòng giàu glycol 712 được làm nóng trong bộ trao đổi chéo 722 và được nạp vào tháp tái tạo glycol 730, trong đó glycol được tái tạo nhờ nhiệt. Dòng sản phẩm đỉnh của bộ tái tạo 736 thoát khỏi đỉnh của tháp tái tạo glycol 730, trong khi dòng glycol được tái tạo 732 thoát khỏi đáy của

tháp và được dẫn vào nồi hơi 734. Từ nồi hơi 734, dòng hơi glycol 733 được đưa trở lại tháp tái tạo glycol và dòng nghèo 714 được dẫn qua bộ trao đổi chéo 722 và tùy ý một hoặc nhiều bộ trao đổi nhiệt 720 trước khi được đưa trở lại phần hấp thụ glycol 710. Dòng sản phẩm đỉnh của bộ tái tạo 736, bao gồm hơi nước và một số khí thải dư thừa, được làm lạnh trong thiết bị làm lạnh ngưng tụ trước 760 và được dẫn vào bộ phân tách thứ nhất 740, trong đó một lượng nước cơ bản trong dòng sản phẩm đỉnh được loại bỏ và thoát khỏi hệ thống thông qua dòng làm sạch nước 742. Các khí thải thoát khỏi bộ phân tách thứ nhất 740 thông qua dòng 744 và được dẫn vào máy phun hơi 770. Bên trong máy phun hơi 770, hơi ở áp suất cao tạo ra chân không rút ra trong dòng thải dạng khí 744. Máy phun hơi 770 có thể sử dụng hơi áp suất thấp, áp suất trung bình, hoặc áp suất cao, và có thể là máy phun một giai đoạn hoặc nhiều giai đoạn. Hoặc, theo một hoặc nhiều phương án không được mô tả trên Fig.7A, máy bơm chân không có thể được sử dụng thay cho máy phun hơi để tạo ra mức chân không mong muốn trong hệ thống tái tạo chân không 750.

Dòng ra khỏi máy phun 762, bao gồm các khí thải và hơi nước, thoát khỏi máy phun 770 và được làm lạnh trong thiết bị làm lạnh sau 760 trước khi được phân tách trong bộ phân tách thứ hai 740 để loại bỏ hơi nước chuyển động từ máy phun và bất kỳ nước dư khác từ dòng. Các thiết bị làm lạnh 760 có thể là các thiết bị làm lạnh khí hoặc nước, phụ thuộc vào các yêu cầu nhiệt độ và các thông số khác của hệ thống tái tạo chân không 750. Theo một hoặc nhiều phương án trong tài liệu này, sự giảm áp suất trên thiết bị làm lạnh bộ ngưng tụ sơ bộ và thiết bị làm lạnh sau là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2 psi, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5 psi, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1 psi, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 0,5 psi. Các bộ phân tách 740 có thể là loại bộ phận phân tách bất kỳ được thiết kế để loại bỏ nước khỏi khí thải, ví dụ như bộ ngưng tụ, bộ phân tách theo trọng lực, trống hồi lưu, hoặc tương tự. Nước đã được loại bỏ khỏi các khí ra khỏi máy phun trong bộ phân tách thứ hai 740 được loại bỏ khỏi hệ thống thông qua dòng làm sạch nước 742, trong khi khí thải khô thu được thoát khỏi bộ phân tách và được tuần hoàn vào vị trí phía ngược dòng của quạt gió 142 thông qua dòng 748. Theo một hoặc nhiều phương án, các dòng làm sạch nước 742 mỗi dòng có nồng độ glycol là nhỏ hơn 0,5, hoặc nhỏ hơn 0,25, hoặc nhỏ hơn 0,1 phần triệu thể tích (parts per million by volume - ppmv).

Ở áp suất hoạt động khí quyển, yêu cầu nhiệt độ cho nồi đun lại dòng glycol được tái tạo 732 là vượt quá 300°F (148,89°C). Do đó, theo một hoặc nhiều phương án, mong muốn vận hành hệ thống tái tạo 750, và đặc biệt tháp tái tạo glycol 730, dưới các điều kiện chân không. Theo cách này, nhiệt thải mức thấp có thể được sử dụng để tái tạo glycol đúng hơn là hơi nước. Vì áp suất trong tháp tái tạo glycol 730 được hạ xuống, nhiệt độ nồi đun lại được yêu cầu để làm bay hơi nước khỏi glycol cũng giảm xuống, trong khi hiệu suất nhiệt vẫn là tương đối không đổi. Do đó, áp suất chân không có thể được chọn dựa vào nhiệt độ của nguồn nhiệt bên ngoài có sẵn (trong các giới hạn thiết kế thấp), các thông số của thiết bị tạo chân không, và nhiệt độ làm lạnh sản phẩm đỉnh có sẵn.

Fig.7B thể hiện sự tương ứng giữa áp suất của tháp tái tạo TEG và nhiệt độ của nguồn nhiệt nồi đun lại bên ngoài, cho rằng nhiệt độ gần bộ trao đổi nhiệt là 18°F (-7,78°C). Fig.7C thể hiện mối quan hệ giữa nhiệt độ nguồn nhiệt bên ngoài và áp suất chân không của tháp và đề cập đến tải trọng hơi nước của máy phun cho hai nhiệt độ làm lạnh sản phẩm đỉnh của bộ ngưng tụ sơ bộ, lại cho rằng nhiệt độ gần bộ trao đổi nhiệt là 18°F (-7,78°C). “Các điều kiện tốt nhất được mong đợi” được chỉ ra trong Fig.7C chỉ ra sự cân bằng giữa nhiệt độ nguồn nhiệt bên ngoài và hơi nước máy phun được yêu cầu để đạt độ chân không cần thiết. Bằng cách dịch chuyển thêm sang trái dọc theo các đường cong, nhiệt độ nguồn nhiệt thấp hơn có thể được sử dụng, nhưng yêu cầu nhiều hơi nước của máy phun ở cùng nhiệt độ làm lạnh sản phẩm đỉnh.

Fig.8 mô tả phương án khác của hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp 100 của Fig.1, được thể hiện là hệ thống 800. Fig.8 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1 và Fig.7. Tương tự với hệ thống 700 được mô tả trên Fig.7A, hệ thống 800 kết hợp sự khử nước nhờ glycol để làm giảm hoặc loại bỏ sự tạo thành các giọt nước có tính axit trong dòng khí thải tuần hoàn. Tuy nhiên, thay vì hệ thống tái tạo chân không riêng biệt, hệ thống 800 của Fig.8 kết hợp phân tái tạo glycol 730 trong thiết bị làm lạnh 134, sử dụng sự làm quá nhiệt dòng thải dạng khí được nén 136 để tái tạo glycol. Theo cách này, công suất làm nóng bên ngoài của hệ thống 800 được giảm đi, mặc dù sự làm nóng bổ sung nào đó nhờ các bộ trao đổi nhiệt 720 có thể vẫn được yêu cầu.

Trong khi sử dụng khí đầu vào đã được làm quá nhiệt vào thiết bị làm lạnh để tái tạo glycol làm giảm hiệu suất nhiệt ngoài trong hệ thống 800, nó cũng dẫn đến khả năng mất mát glycol không thể chấp nhận được. Glycol được làm bay hơi trong phần tái tạo 730 được mang trực tiếp vào trong phần làm lạnh của thiết bị làm lạnh 134, ở đó nó có thể được ngưng tụ và được loại bỏ trong dòng loại nước 702. Các chi phí thu được gắn với việc cung cấp bổ sung có thể tạo nên cấu hình được mô tả trên Fig.8 không được mong đợi trong một số trường hợp. Một cách để giải quyết sự mất mát glycol này được thể hiện trên Fig.9, mô tả phương án khác của hệ thống tạo năng lượng phát thải thấp 100 của Fig.1, được thể hiện là hệ thống 900. Fig.9 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1, Fig.7, và Fig.8. Tương tự với hệ thống 800 được mô tả trên Fig.8, hệ thống 900 kết hợp sự khử nước nhờ glycol để làm giảm hoặc ngăn ngừa sự tạo thành các giọt nước có tính axit trong dòng thải dạng khí được tuần hoàn và bao gồm phần tái tạo glycol 730 trong thiết bị làm lạnh 134. Hoặc, tuy nhiên, hệ thống 900 của Fig.9 kết hợp phần khử quá nhiệt 910 giữa phần tái tạo 730 và phần làm lạnh trong thiết bị làm lạnh 134. Phần khử quá nhiệt 910 làm lạnh khí thải đến hoặc gần nhiệt độ bão hòa nước và ngưng tụ hầu hết glycol, nó được loại khỏi phần khử quá nhiệt 910 thông qua dòng glycol được ngưng tụ 912 và được bổ sung vào dòng glycol nghèo 714. Trong một số cấu hình này, phần khử quá nhiệt 910 cần được điều khiển để các lượng nước lớn không ngưng tụ cùng với glycol. Theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, tổng sự giảm áp suất từ quạt gió 142 đối với đầu vào của máy nén chính 104 trong hệ thống 900 được mô tả trên Fig.9 là nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 2,0 psi, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,5 psi, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 1,0 psi.

Sẽ được hiểu bởi người có trình độ trong kỹ thuật rằng, mặc dù sự khử nước nhờ glycol được minh họa và được mô tả với sự tham chiếu tới Fig.7A, Fig.8 và Fig.9, phương pháp khử nước thích hợp bất kỳ có thể được sử dụng trong tài liệu này và được xem xét là nằm trong phạm vi của sáng chế. Ví dụ, các phương pháp khử nước sử dụng các chất sàng phân tử hoặc metanol có thể được sử dụng thay cho khử nước nhờ glycol được mô tả trong tài liệu này.

Cấu hình thêm nữa có thể có hiệu quả để làm giảm hoặc loại bỏ sự tạo thành các giọt nước có tính axit trong dòng thải dạng khí được tuần hoàn được minh họa trên

Fig.10, nó mô tả phương án khác của hệ thống tạo năng lượng khí thải thấp 100 của Fig.1, được thể hiện là hệ thống 1000. Fig.10 có thể được hiểu tốt nhất với sự tham chiếu tới Fig.1. Không giống các cấu hình của các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.9, hệ thống 1000 của Fig.10 không sử dụng sự khử nước khí thải mà kết hợp bộ trao đổi dòng nạp/dòng xả 50 đi qua thiết bị làm lạnh 134 để đạt được giới hạn điểm sương mong muốn cho nhiệt độ của dòng khí tuần hoàn được làm lạnh 140. Theo một hoặc nhiều phương án, giới hạn điểm sương mong muốn của dòng khí tuần hoàn được làm lạnh có thể là khoảng 50°F (10°C), hoặc khoảng 45°F (7,22°C), hoặc khoảng 40°F (4,44°C), hoặc khoảng 35°F (1,67°C), hoặc khoảng 30°F (-1,11°C), hoặc khoảng 25°F (-3,89°C), hoặc khoảng 20°F (-6,67°C), hoặc khoảng 15°F (-9,44°C) cao hơn điểm sương của khí. Cấu hình được mô tả trên Fig.10 có thể dẫn đến sự tăng tiêu thụ năng lượng của quạt gió 142 và máy nén chính 104 do nhiệt độ của khí thải cao hơn so với các phương án sử dụng sự khử nước nhờ glycol. Lợi ích của hệ thống 1000, tuy nhiên, là cấu hình làm giảm lượng thiết bị được yêu cầu, do đó dẫn đến các chi phí vốn thấp hơn và hệ thống ít phức tạp hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Nghiên cứu được thực hiện để thay đổi vòng tuần hoàn khí thải của tuabin phát thải thấp. Một vài cấu hình tương ứng với các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.6 được mô phỏng, và các kết quả được báo cáo trong Bảng 1. Các sự mô phỏng và các kết quả tương ứng được dựa trên trường hợp bộ truyền động đơn lẻ sử dụng máy phát điện tuabin đốt khung 9FB (combustion turbine generator – CTG) với khí làm chất oxy hóa. Máy nén khí chính (main air compressor – MAC) được cho là máy trực đơn.

Các giả thiết dưới đây được sử dụng trong tất cả các mô phỏng của ví dụ 1. Hiệu suất đa biến của MAC được giả thiết là 91% (không có đường cong máy nén nào được sử dụng trong mô phỏng) và hiệu suất đa biến của quạt khí thải được giả thiết là 88,6%. Nhiệt độ đầu ra của thiết bị buồng đốt và nhiệt độ đầu vào của bộ giãn nở được giả thiết lần lượt là 3200°F (1760°C) và 2600°F (1426,67°C). Nhiệt độ đầu ra của DCC nhỏ nhất được giả thiết là 100°F (37,78°C). Áp suất giới hạn của nhóm khí nhiên liệu được giả thiết là 1900 psig.

Sự hoạt động của CTG được dự đoán nhờ sử dụng các sự tương quan dựa trên tỉ lệ áp suất máy nén tuần hoàn và thể tích thoát ra của máy nén tuần hoàn. Để đảm bảo hoạt động được dự đoán là nằm trong khả năng đã biết của CTG, các giới hạn CTG sau đây được giữ không đổi: nguồn điện lớn nhất của bộ giãn nở = 588,5 MW, mômen xoắn ghép trục lớn nhất (nguồn điện bộ giãn nở – nguồn điện máy nén) = 320 MW, số Mach đầu vào lớn nhất của bộ giãn nở = 0,8, số Mach đầu vào lớn nhất của máy nén = 0,6, lưu lượng đầu vào nhỏ nhất của máy nén = 126,500 feet khối thực tế mỗi phút (actual cubic feet per minute - acfm) để ngăn sự tắc kẹt (lưu lượng thoát khỏi máy nén sau khi chất làm lạnh được loại bỏ).

Các kết quả mô phỏng được cung cấp trong Bảng 1 bên dưới.

Bảng 1

Cấu hình	Fig.1	Fig.2	Fig.3	Fig.4	Fig.5	Fig.6 (với sự quá nhiệt 25°F (-3,89°C))	Fig.6 (với sự quá nhiệt 40°F (4,44 °C))
Hiệu suất nhiệt (Btu/net kWh)	10,623	10,622	10,615	10,564	10,595	10,577	10,577
Lưu lượng khí nhiên liệu (MSCFD)	74	74	74	74	75	74	74
Lưu lượng khí nhiên liệu (MMBtu/giờ)	2,994	3,004	3,004	3,004	3,047	3,011	2,992
Khí nhiên liệu, giá trị làm nóng cao hơn (Btu/SCF)	975	975	975	975	975	975	975
Khí nhiên liệu, giá trị làm nóng thấp hơn (Btu/SCF)	878	878	878	878	878	878	878
Tổng lưu lượng chất oxy hóa (MSCFD)	695	698	698	698	708	700	695
Tổng sự tạo năng lượng của CTG (MW)	580,5	580,5	580,5	580,6	594,5	592,8	593,0
Máy phát điện tuabin đốt cháy, tổn thất và bổ sung, tải (MW)	6,9	6,9	6,9	6,9	7,1	7,1	7,1
Tổng sự tạo năng lượng của STG (MW)	187,2	189,5	187,2	187,5	192,2	196,8	198,9
Nén tuần hoàn khí thải (MW)	263,4	263,3	263,3	263,4	274,0	282,2	286,9
Yêu cầu năng lượng nén khí trơ (MW)	71,4	71,7	71,7	71,6	72,1	71,5	71,0
Sự nén khí (MW)	126,9	126,7	126,7	126,7	129,6	127,8	127,1
Máy thổi xả khí (MW)	11,6	13,1	10,6	9,9	11,8	12,2	13,0
Bơm nước nạp liệu nồi hơi, est, (MW)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Bơm DCC (MW)	2,6	2,5	2,5	2,0	1,3	1,1	1,1
Yêu cầu năng lượng khử nước (MW)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Sự xuất năng lượng thực (MW)	281,9	282,8	283,0	284,4	287,6	284,7	282,8
------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Như được thể hiện trong Bảng 1, các kết quả sau đây được quan sát, sử dụng cấu hình của Fig.1 làm trường hợp gốc để so sánh. Cấu hình của Fig.2 làm tăng sự sản xuất năng lượng trong máy phát điện tuabin hơi (steam turbine generator - STG) khoảng 2MW. Tuy nhiên, lợi ích này có thể được bù đắp bởi sự tiêu thụ năng lượng cao hơn của quạt gió EGR kết hợp với nhiệt độ hút cao hơn. Hiệu suất nhiệt, sự xuất năng lượng và sản phẩm khí tro cơ bản là giống với Fig.1. Cấu hình của Fig.3 làm giảm sự tiêu thụ năng lượng của quạt gió EGR khoảng 1MW. Trong cấu hình của Fig.4, nhiệt độ hút đối với quạt gió EGR, và do đó sự tiêu thụ năng lượng của quạt gió, được giảm đi bằng cách làm lạnh khí nhiên liệu với nước làm lạnh trong HRSG. Sự tuần hoàn nước DCC cũng là thấp hơn vì công suất làm lạnh bị giảm đi. Ảnh hưởng thực là giảm < 1% trong hiệu suất nhiệt hệ thống. Do sự bổ sung các ống xoắn có nước làm lạnh cho phía sau của HRSG, các nguyên liệu luyện kim cao hơn có thể được sử dụng để xử lý nước axit ngưng tụ. Theo một hoặc nhiều phương án, HRSG có thể bao gồm ống dẫn cho các chất lỏng được ngưng tụ.

Trong các cấu hình của Fig.5 và Fig.6, nhiệt độ hút của quạt gió EGR, và do đó sự tiêu thụ năng lượng liên quan của quạt gió, được giảm đi bằng cách làm lạnh khí nhiên liệu dựa vào nước biển trong HRSG. Năng lượng gắn với việc bơm nước để làm lạnh khí thải cũng được giảm đi so với Fig.1. Ảnh hưởng thực là giảm < 0,5% hiệu suất nhiệt hệ thống. Trong trường hợp của Fig.6, việc sử dụng khí được làm quá nhiệt đi vào máy nén chính cung cấp sự tiết kiệm chi phí hiệu quả cho DCC.

Toàn bộ kết quả được thể hiện trong Bảng 1 chỉ ra các tùy chọn được mô tả bởi các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.6 có ảnh hưởng nhỏ lên hiệu suất nhiệt của hệ thống. Tuy nhiên, các lựa chọn xem xét sự loại bỏ DCC có thể cung cấp cơ bản những sự tiết kiệm chi phí vốn. Cụ thể, bất kỳ tùy chọn loại bỏ DCC trong khi vẫn cung cấp khí được làm quá nhiệt vào máy nén chính có thể tiết kiệm cơ bản chi phí vốn. Cơ hội tiết kiệm chi phí được cải thiện nếu sự quá nhiệt được cung cấp bởi sự nén của quạt gió (khoảng 25°F (-3,89°C)) có thể chấp nhận. Nói cách khác sự bổ sung bộ trao đổi nhiệt khí áp suất thấp, lớn có thể được sử dụng để đạt được độ lớn 40°F (4,44°C) từ điểm sương

của khí.

Ví dụ 2

Nghiên cứu thứ hai được thực hiện để thay đổi đường tuần hoàn khí thải của tuabin phát thải thấp. Một số cấu hình tương ứng với các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.10 được mô phỏng, và các kết quả được báo cáo trong Bảng 3, cùng với so sánh trường hợp gốc có cấu hình của Fig.1. Các sự mô phỏng và các kết quả tương ứng dựa trên trường hợp bộ truyền động đơn lẻ sử dụng máy phát điện tuabin đốt cháy (combustion turbine generator - CTG) khung 9FB với khí làm chất oxy hóa. Máy nén không khí chính (main air compressor - MAC) được coi là máy trục đơn.

Các sự giả định bổ sung sau đây được đưa ra trong Bảng 2 được sử dụng trong tất cả các sự mô phỏng của ví dụ 2.

Bảng 2

Hiệu suất đa biến của máy nén chính	86,14%
Hiệu suất đa biến của máy tăng áp ly tâm	85,6%
Hiệu suất đa biến của máy nén EGR (không có đường cong máy nén nào được sử dụng trong mô phỏng)	92,5%
Hiệu suất đa biến của quạt gió khí thải	88,6%
Nhiệt độ đầu ra của thiết bị buồng đốt	3200°F (93,33°C)
Nhiệt độ đầu vào của bộ giãn nở	2600°F (1426,67°C)
Hiệu suất đa biến của bộ giãn nở	84,2%
Nhiệt độ đầu ra DCC tối thiểu	100°F (37,78°C)
Sự giảm áp suất thấp bộ hấp thụ TEG	0,4 psi
Tổng sự giảm áp suất từ quạt gió khí thải đến máy chính	1 psi
Nhiệt độ gần nguồn nhiệt ngoài và các bộ trao đổi chéo	18°F (-7,78°C)
Nhiệt độ của TEG nghèo được quay trở lại tháp hấp thụ TEG (giả thiết 5°F gần với sự	98°F (36,67°C)

làm lạnh nước biển)	
Nhiệt độ gần nồi hơi áp suất thấp HRSG	22°F (-5,56°C)
Nhiệt độ gần nồi hơi áp suất trung bình HRSG	26°F (-3,33°C)
Nhiệt độ gần nồi hơi áp suất cao HRSG	26°F (-3,33°C)
Nhiệt độ gần bộ tiết kiệm áp suất cao HRSG	15°F (-9,44°C)
Các trường hợp tái tạo chân không (Fig.7A):	
Tỉ lệ hồi lưu đích của tháp tái tạo TEG	0,1
Sự giảm áp suất tháp tái tạo	0,2 psi
Nhiệt độ của khí tái tạo TEG sản phẩm đỉnh được tuần hoàn quạt gió khí thải	136°F (57,78°C)
Sự giảm áp suất của các thiết bị làm lạnh không khí tái tạo TEG sản phẩm đỉnh	1 psi

Ngoài các giả thiết trên, trong các trường hợp tái tạo chân không cũng giả định rằng các khí ngưng tụ được loại bỏ bằng cách làm lạnh và phân tách trước khi máy phun hơi và máy phun hơi là máy phun hơi đơn lẻ mà không có bộ ngưng tụ liên tầng. Các tỉ lệ cho máy phun hơi dựa trên các đường cong thiết kế được công bố bởi *DeFrate and Hoerl, Chem. Eng. Prog., 55, Symp. Ser. 21, 46 (1959)*.

Sau khi thay đổi các biến đặc biệt, lưu lượng khí nhiên liệu và dòng khí, lưu lượng chất pha loãng, và nhiệt độ/áp suất đầu ra DCC được điều chỉnh để đạt được các giới hạn thể tích bộ giãn nở và máy nén EGR lần lượt là $1,122 \cdot 10^6$ acfm và $3,865 \cdot 10^6$ acfm. Sau đó, các lưu lượng hơi nước được điều chỉnh để đạt được gần đến nhiệt độ HRSG thích hợp và nhiệt độ đầu ra khí nhiên liệu từ HRSG là khoảng 200°F (93,33°C).

Các trường hợp khử nước tái tạo tích hợp có và không có bộ khử quá nhiệt được giải quyết bằng cách điều chỉnh nhiệt độ đầu vào của TEG giàu vào phần tái tạo cho

đến khi điểm sương mong muốn đạt được cho tỉ lệ TEG cụ thể. Trong các trường hợp với các bộ khử quá nhiệt, nhiệt độ đầu ra bộ khử quá nhiệt được điều chỉnh là 5°F (-15°C) cao hơn điểm sương nhờ sử dụng dòng nước làm lạnh. Sự lặp đi lặp lại nhiều lần được yêu cầu để kết hợp khí được khử nước đưa trở lại máy nén EGR khi thành phần khí thải tuần hoàn thay đổi.

Các trường hợp khử nước tái tạo trong chân không (ví dụ các trường hợp với tháp tái tạo riêng biệt) được giải quyết bằng cách chọn nhiệt độ nôi đun lại ban đầu và sau đó điều chỉnh áp suất chân không để đạt được điểm sương mong muốn cho một tỉ lệ TEG cụ thể. Hoặc, áp suất chân không ban đầu có thể được chọn và tiếp đó nhiệt độ nôi đun lại được điều chỉnh để đạt được điểm sương mong muốn. Một khi áp suất chân không được xác định, lượng hơi nước cần thiết để đạt được độ chân không phải được tính toán. Sử dụng các đường cong thiết kế cho các máy phun hơi một giai đoạn tối ưu, tỉ lệ cuốn theo hơi nước được xác định để đạt được sự nén mong muốn. Dòng hơi nước này được kết hợp trong sự mô phỏng thành lưu lượng từ HRSG và tín dụng cho dòng chảy trên cao. Nhiều lần lặp lại được yêu cầu để kết hợp cả sản phẩm đỉnh tái tạo không được ngưng tụ trở lại bộ nâng EGR và khí được khử nước quay trở lại máy nén EGR khi thành phần khí thải tuần hoàn thay đổi.

Các kết quả mô phỏng được cung cấp trong bảng 3.

Bảng 3

Cấu hình	Fig.1	Fig.8	Fig.8	Fig.9	Fig.8	Fig.7A	Fig.7A	Fig.7A	Fig.10	Fig.7A (w/ sản phẩm định bộ phận làm lạnh được làm lạnh)
Sự ngắn điểm sương (°F)	--	40	40	40	30	40	40	30	40	40
Tỷ lệ TEG (gpm/lb H ₂ O)	--	5	2	2	2	3,5	2	2	--	3,5
Lưu lượng khí nhiên liệu, giá trị làm nóng cao hơn (MMBtu/giờ)	6,543	6,495	6,461	6,461	6,483	6,495	6,464	6,484	6,401	6,494
Hiệu suất nhiệt, giá trị làm nóng cao hơn (Btu/net kWh)	16,331	16,133	16,332	16,337	16,310	16,107	16,339	16,316	17,578	17,343
Chi phí TEG hàng năm TEG \$9.47/gal (\$/MM)	--	57,1	46,8	2,0	21,0	2,4	3,6	2,5	--	1,8
Khí nhiên liệu (MSCFD)	1,337	1,327	1,320	1,320	1,325	1,327	1,321	1,325	1,308	1,327
Hơi áp suất thấp để khử muối (1000 lb/giờ)	3,247	3,216	3,247	3,247	3,247	3,220	3,245	3,244	3,300	2,635
Tổng sự tạo năng lượng của máy phát điện tuabin đốt (MW)	1148,6	1140,0	1149,8	1149,8	1149,7	1148,4	1150,2	1149,8	1150,3	1140,8
Tổng sự tạo năng lượng của máy phát điện tuabin hơi (MW)	255,5	255,1	257,3	257,3	256,9	255,0	257,0	256,6	261,7	228,0
Nén tuần hoàn khí thải (MW)	538,0	528,8	549,2	549,2	546,2	537,0	548,9	545,8	573,0	529,7
Yêu cầu năng lượng nén khí nhiên liệu (MW)	146,0	146,6	142,7	142,7	143,5	145,2	142,8	143,4	141,3	146,4
Quạt khí thải (MW)	16,8	14,7	19,8	19,8	18,8	16,2	19,9	19,0	37,1	14,7
Xuất năng lượng thực (MW)	400,7	402,6	395,6	395,5	397,5	403,2	395,6	397,4	364,2	374,5

Các mô phỏng tổng thể nói chung là không thay đổi do áp suất chân không cụ thể của tháp tái sinh miễn là nhiệt độ làm mát trên cao và đầu phun hơi được lựa chọn đúng đắn. Như vậy, các dữ liệu chu trình năng lượng được tìm thấy trong Bảng 3 được áp dụng không phụ thuộc vào chi phí làm mát và nhiệt độ tái sinh nguồn nhiệt bên ngoài. Việc lựa chọn áp suất chân không, nhiệt độ nguồn nhiệt bên ngoài và nhiệt độ làm mát trên không được thực hiện một cách riêng biệt.

Như được thể hiện trong Bảng 3, hiệu suất nhiệt hệ thống không bị ảnh hưởng bởi việc sử dụng sự khử nước của TEG trong tất cả các cấu hình đánh giá. Trường hợp của Fig.7A kết hợp nước được làm lạnh được sử dụng để làm lạnh phía đỉnh đầu của bộ phận làm lạnh, hiệu suất nhiệt của tất cả các cấu hình khử nước được đánh giá thay đổi ít hơn khoảng 1,4% so với trường hợp cơ sở (Fig.1) mà không khử nước. Sự thay đổi lớn nhất được nhận thấy trong các trường hợp với các tỉ lệ TEG cao hơn.

Toàn bộ các ảnh hưởng của sự khử nước và lưu lượng TEG liên quan được tóm tắt trong Bảng 4.

Bảng 4

Các xu hướng	Nhiệt độ đối với máy nén	Năng lượng quạt gió	Khí nhiên liệu, khí, và tỉ lệ làm sạch	Tỉ trọng* chất lưu làm việc/loại bỏ nước	Năng lượng CTG	Năng lượng ERG	Năng lượng STG
Bổ sung sự khử nước	↑	↑*	↓	↑	↑*	↑*	↑*
Tăng tỉ lệ TEG	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓

*xu hướng chung, một số ngoại trừ

Trong trường hợp kết hợp khử nước TEG, sự gia tăng nhiệt độ khí trên bộ hấp thụ khử nước làm tăng nhiệt độ đầu vào vào máy nén chính, dẫn đến tiêu thụ năng lượng bổ sung và feet khối mỗi phút (actual cubic feet per minute - acfm) đầu vào thực tế cao hơn. Để đáp ứng giới hạn acfm đầu vào máy nén chính, đòi hỏi áp suất đầu vào càng cao. Điều này làm tăng sự tiêu thụ năng lượng của máy thổi xả cung cấp áp suất này.

Trong khi sự tiêu thụ năng lượng được tăng lên để tuần hoàn khí thải ẩm hơn, nó

được bù đắp bằng cách loại bỏ nước từ khí thải trước khi nén, cũng như bằng cách đốt khí nhiên liệu thấp trong buồng đốt. Sự loại bỏ nước làm tăng tỉ trọng của chất lưu tuần hoàn, nó làm tăng năng lượng của máy phát điện tuabin đốt (combustion turbine generator - CTG) và công suất máy sinh hơi thu hồi nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG). Tỉ trọng tăng lên cũng làm giảm acfm đầu vào vào máy nén chính, tiếp đó nó phải được làm cân bằng bằng cách cung cấp khí ở nhiệt độ đầu vào cao hơn hoặc ở áp suất đầu vào thấp hơn nếu chỉ có sự tăng nhiệt độ là không đủ. Vì khí thải được tuần hoàn là ấm hơn, nên cần ít khí nhiên liệu hơn để đạt đến nhiệt độ trong buồng đốt. Ít khí nhiên liệu dẫn đến năng lượng nén thấp hơn của cả máy nén khí đốt và máy nén khí nhiên liệu, cũng như dẫn đến sự tạo ra khoảng 1% khí nhiên liệu thấp. Điều này làm giảm việc sử dụng năng lượng cũng như tỉ lệ khí nhiên liệu thấp giúp bù sự tiêu thụ năng lượng cao hơn trong việc tuần hoàn khí thải. Cùng với đó, các ảnh hưởng này dẫn đến sự khử nước TEG không gây sự thay đổi đáng kể nào trong hiệu suất nhiệt hệ thống.

Trong các cấu hình khử nước TEG, sự ngăn điểm sương đạt được bởi nước loại bỏ TEG từ dòng thải dạng khí. Hơn nữa, cũng có sự tăng nhiệt độ trên bộ hấp thụ giúp ngăn điểm sương ở đầu ra. Trong các trường hợp với các dòng TEG cao hơn, phần nhiệt lớn hơn được hấp thụ bởi chính TEG, dẫn đến sự tăng nhiệt độ khí thấp hơn trên bộ hấp thụ. Điều này nghĩa là sự ngăn ngừa điểm sương ít hơn được cung cấp bởi sự tăng nhiệt độ và do đó nước bổ sung phải được hấp thụ bởi TEG. Do đó, hiệu suất nhiệt hệ thống cải thiện các lợi ích của sự tăng cường loại bỏ nước, trong khi năng lượng bổ sung được yêu cầu cho nhiệt độ đầu vào máy nén chính cao hơn được giảm bớt. Các sự thay đổi tạo năng lượng là nhỏ, nhưng thường tăng ít trong việc sản xuất năng lượng của cả CTG và máy phát điện tuabin hơi (STG). Điều này làm tăng sự tạo ra năng lượng của CTG là kết quả của tỉ trọng đầu vào cao hơn và do đó lưu lượng khối nhiều hơn đi qua bộ giãn nở. Sự tăng tỉ trọng được giải thích một phần bởi hàm lượng nước thấp hơn, nhưng có thể bị ảnh hưởng bởi áp suất cao hơn từ máy nén tuần hoàn.

Các sự gia tăng trong sản xuất năng lượng STG ở các tỉ lệ TEG thấp hơn là do sự tạo ra hơi nước cao hơn trong cả HRSG và các nồi hơi nhiệt thải khí làm sạch. Công suất của HRSG tăng lên do nhiệt độ và lưu lượng khối cao hơn của khí nhiên liệu vào

HRSG. Các công suất của nồi hơi khí làm sạch hỗn hợp tăng lên do nhiệt độ khí làm sạch cao hơn, khắc phục được dòng thấp. Các công suất được làm tăng lên này bù cho công suất bị giảm trong các nồi hơi không khí cháy cũng như máy phun hơi nước bất kỳ được sử dụng trong các trường hợp tái sinh chân không. Tuy nhiên, vì tỉ lệ TEG tăng, việc sử dụng máy phun hơi tăng lên trong khi nhiệt độ khí nhiên liệu và khí làm sạch giảm đi. Do đó, năng lượng STG bắt đầu giảm ở các tỉ lệ TEG cao hơn. Năng lượng bổ sung bao gồm bơm TEG ở tỉ lệ 2 gal TEG/ lb H₂O là khoảng 0,7 MW, và ở 5 gal TEG/ lb H₂O năng lượng bổ sung là khoảng 1,7 MW. Tuy nhiên, sự tiêu thụ năng lượng này không có ảnh hưởng đáng kể nào lên hiệu suất nhiệt.

Để đánh giá chi phí chênh lệch liên quan đến một điểm sương cụ thể, các giới hạn điểm sương là 30°F (-1,11°C) và 40°F (4,44°C) được đánh giá cho các cấu hình của Fig.7A và Fig.8 ở tỉ lệ TEG là 2 gal TEG/ lb H₂O. Khi giới hạn điểm sương được hạ xuống, phải loại bỏ ít nước khỏi TEG tuần hoàn, làm giảm công suất nồi đun lại và dòng sản phẩm đỉnh. Công suất nồi đun lại thu được của tháp tái tạo chân không bị giảm đi 13% (38 MMBtu/giờ) và nhiệt độ làm nóng bên ngoài được yêu cầu giảm bằng 19°F (-7,22°C). Công suất làm lạnh sản phẩm đỉnh của tháp được giảm bằng 19,8% (39 MMBtu/giờ) và công suất làm lạnh TEG nghèo được giảm bằng 10,08% (26 MMBtu/giờ). Tải trọng hơi nước của máy phun cũng giảm đi nhỏ (3,3%). Thêm nữa, vì ít nước được loại bỏ trong bộ hấp thụ, sự tăng nhiệt độ khí trong bộ hấp thụ cũng hạ thấp. Với nhiệt độ khí thấp trong sản phẩm đỉnh bộ hấp thụ, ít TEG được làm bay hơi và được mang trên DCC. Do đó, sự mất mát TEG được giảm đi 31%.

Tỉ lệ TEG cao hơn (gpm/lb H₂O) làm giảm nhiệt độ sản phẩm đỉnh từ bộ hấp thụ khử nước và làm giảm sự mất mát TEG không thể thu hồi từ dòng sản phẩm đỉnh của bộ hấp thụ, nhưng làm tăng nhiệt khí thải bên ngoài và các yêu cầu làm lạnh. Tỉ lệ TEG cao hơn cũng làm tăng công suất bơm hơi và các tỉ lệ làm sạch nước thải khi càng nhiều nước được loại bỏ. Hơn nữa, trong các trường hợp mà không có tháp tái tạo riêng biệt, TEG được làm bay hơi trong phần tái tạo được kết hợp DCC. Do đó, có thể ưu tiên làm tối thiểu tỉ lệ TEG.

Khi sự khử nước TEG được sử dụng, có thể TEG có thể làm giảm sự có mặt của oxy không được phản ứng được tìm thấy trong khí tuần hoàn dẫn đến sự tạo thành axit

hữu cơ, làm giảm độ pH của TEG. Do đó, khả năng ăn mòn các thành phần thép cacbon tăng lên do sự giảm độ pH này. Ví dụ, TEG bị cuốn theo từ dòng sản phẩm đỉnh DCC có thể được dẫn vào trong máy nén chính. Không có sự phân hủy oxy, các giọt TEG thường có độ pH khoảng 6,1. Nếu sự phân hủy oxy của TEG xảy ra, độ pH của các giọt sẽ được giảm đi. Do đó, theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế, TEG được ức chế hoặc được đệm (như Norkool Desitherm, có sẵn trên thị trường từ The Dow Chemical Co.) có thể được sử dụng để làm giảm hoặc ngăn khả năng ăn mòn do cơ chế này.

Trong khi sáng chế có thể chấp nhận các dạng biến đổi khác nhau hoặc các dạng thay thế khác, các phương án mẫu được thảo luận bên trên chỉ được thể hiện chỉ bằng ví dụ. Bất kỳ đặc điểm hoặc cấu hình của bất kỳ phương án nào đã mô tả trong tài liệu này đều có thể được kết hợp với bất kỳ phương án nào khác hoặc với nhiều phương án khác (đến mức độ khả thi) và tất cả các sự kết hợp này đều ở trong phạm vi của sáng chế. Ngoài ra, cần hiểu rằng sáng chế không nhằm giới hạn ở các phương án cụ thể được bộc lộ trong tài liệu này. Thực vậy, sáng chế bao gồm tất cả các biến đổi, các thay đổi và các tương đương nằm trong phạm vi các điểm yêu cầu bảo hộ đính kèm.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống tích hợp bao gồm:

hệ thống tuabin khí bao gồm buồng đốt được tạo kết cấu để đốt một hoặc nhiều chất oxy hóa và một hoặc nhiều nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén, trong đó buồng đốt dẫn dòng xả thứ nhất vào bộ giãn nở để tạo ra dòng thải dạng khí và ít nhất dẫn động một phần máy nén chính, trong đó một hoặc nhiều chất oxy hóa và một hoặc nhiều nhiên liệu được cung cấp một cách riêng biệt đến buồng đốt theo hệ số tỉ lượng nằm giữa 0,9:1 và 1,1:1 trong buồng đốt; và

hệ thống tuần hoàn khí thải, trong đó máy nén chính nén dòng thải dạng khí và do đó tạo ra dòng tuần hoàn được nén;

trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải bao gồm (i) ít nhất một thiết bị làm lạnh được tạo kết cấu để nhận và làm lạnh dòng thải dạng khí, (ii) ít nhất một quạt gió được tạo kết cấu để nhận và làm tăng áp suất của dòng thải dạng khí trước khi dẫn khí tuần hoàn được làm lạnh vào máy nén chính, (iii) thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ ít nhất một quạt gió và để điều chỉnh nhiệt độ và giảm điểm sương của dòng thải dạng khí đến máy nén chính từ đó tạo ra khí tuần hoàn được làm lạnh, và (iv) bộ trao đổi chéo dòng nạp/dòng xả nối tiếp với thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để điều chỉnh nhiệt độ của khí tuần hoàn được làm lạnh để đạt được giới hạn điểm sương bằng ít nhất 20°F (-6,67°C).

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó ít nhất một thiết bị làm lạnh là máy sinh hơi thu hồi nhiệt (heat recovery steam generator – HRSG) được tạo kết cấu để nhận và làm lạnh dòng thải dạng khí trước khi đưa vào ít nhất một quạt gió.

3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm phần làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler – DCC).

4. Hệ thống theo điểm 2, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm HRSG.

5. Hệ thống theo điểm 2, trong đó HRSG còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh và trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của HRSG và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi đưa vào quạt gió.

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó bộ phân tách bao gồm bộ lá cánh quạt.

7. Hệ thống theo điểm 3, trong đó HRSG còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh và trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của HRSG và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi đưa vào quạt gió.

8. Hệ thống theo điểm 7, trong đó bộ phân tách bao gồm bộ lá cánh quạt.

9. Hệ thống theo điểm 2, trong đó:

thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm HRSG thứ hai và mỗi thiết bị làm lạnh thứ nhất và thứ hai còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh; và

hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách thứ nhất được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của thiết bị làm lạnh thứ nhất và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi đưa vào quạt gió và bộ phân tách thứ hai được tạo kết cấu để nhận khí tuần hoàn được làm lạnh từ các ống xoắn có nước làm lạnh của thiết bị làm lạnh thứ hai và loại bỏ các giọt nước khỏi khí tuần hoàn được làm lạnh trước khi đưa vào máy nén chính.

10. Hệ thống theo điểm 9, trong đó bộ phân tách thứ nhất, bộ phân tách thứ hai, hoặc cả bộ phân tách thứ nhất và thứ hai bao gồm bộ lá cánh quạt.

11. Hệ thống theo điểm 3, trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải sử dụng việc làm lạnh khí ẩm của dòng thải dạng khí.

12. Hệ thống theo điểm 11, trong đó:

nước được thêm vào dòng thải dạng khí để làm bão hòa hoặc gần bão hòa dòng thải dạng khí trước khi đưa vào quạt gió;

hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa trước khi đưa vào quạt gió; và

thiết bị làm lạnh thứ hai còn được tạo kết cấu để loại bỏ nước khỏi dòng thải dạng khí và tuần hoàn ít nhất một phần nước được loại bỏ.

13. Hệ thống theo điểm 12, trong đó phần nước thứ nhất được loại bỏ trong thiết bị

làm lạnh thứ hai được tuần hoàn và được thêm vào dòng thải dạng khí nằm phía trước bộ phân tách và phần nước thứ hai được loại bỏ trong thiết bị làm lạnh thứ hai được tuần hoàn vào thiết bị làm lạnh thứ hai.

14. Hệ thống theo điểm 1, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để làm khí tuần hoàn được làm lạnh có giới hạn điểm sương bằng ít nhất khoảng 30°F (-1,11°C).

15. Hệ thống theo điểm 3, trong đó:

thiết bị làm lạnh thứ hai còn bao gồm phần hấp thụ glycol được tạo kết cấu để nhận khí tuần hoàn được làm lạnh từ phần DCC và ít nhất khử nước một phần khí tuần hoàn được làm lạnh trước khi đưa vào máy nén chính; và

hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm hệ thống tái tạo glycol được tạo kết cấu để nhận glycol giàu từ phần hấp thụ glycol của thiết bị làm lạnh thứ hai, tái tạo nhiệt glycol giàu trong tháp tái tạo glycol để tạo thành glycol nghèo được tái tạo, và đưa glycol nghèo đã được tái tạo trở lại phần hấp thụ glycol.

16. Hệ thống theo điểm 15, trong đó hệ thống tái tạo glycol được vận hành dưới các điều kiện chân không.

17. Hệ thống theo điểm 15, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm tháp tái tạo glycol và tháp tái tạo glycol được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ quạt gió trước khi đưa vào phần DCC.

18. Hệ thống theo điểm 17, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai còn bao gồm bộ phận khử quá nhiệt được đặt giữa tháp tái tạo glycol và phần DCC.

19. Hệ thống theo điểm 1, trong đó buồng đốt được tạo kết cấu để đốt một hoặc nhiều chất oxy hóa và một hoặc nhiều nhiên liệu trong sự có mặt của dòng tuần hoàn được nén và dòng chất làm lạnh dạng hơi áp suất cao.

20. Hệ thống theo điểm 1, trong đó dòng tuần hoàn được nén bao gồm chất làm lạnh dạng hơi mà bổ sung dòng thải dạng khí.

21. Hệ thống theo điểm 20, trong đó hệ thống còn bao gồm vòng tuần hoàn nước để cung cấp chất làm lạnh dạng hơi.

22. Phương pháp tạo năng lượng, phương pháp bao gồm các bước:

cung cấp một cách riêng biệt ít nhất một chất oxy hoá và ít nhất một nhiên liệu vào buồng đốt sao cho ít nhất một chất oxy hoá và ít nhất một nhiên liệu có hệ số tỉ lượng nằm giữa 0,9:1 và 1,1:1 trong buồng đốt;

đốt ít nhất một chất oxy hóa và ít nhất một nhiên liệu trong sự có mặt của khí thải tuần hoàn được nén, từ đó tạo ra dòng xả;

giãn nở dòng xả này trong bộ giãn nở để dẫn động ít nhất một phần máy nén chính và tạo ra dòng thải dạng khí; và

dẫn dòng thải dạng khí vào hệ thống tuần hoàn khí thải, trong đó máy nén chính nén dòng thải dạng khí và từ đó tạo ra dòng tuần hoàn được nén;

trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải bao gồm (i) ít nhất một thiết bị làm lạnh được tạo kết cấu để nhận và làm lạnh dòng thải dạng khí, (ii) ít nhất một quạt gió được tạo kết cấu để nhận và làm tăng áp suất của dòng thải dạng khí trước khi dẫn khí tuần hoàn được làm lạnh vào máy nén chính, (iii) thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để nhận dòng thải dạng khí từ ít nhất một quạt gió và để điều chỉnh nhiệt độ và giảm điểm sương của dòng thải dạng khí đến máy nén chính, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để làm khí tuần hoàn được làm lạnh có giới hạn điểm sương bằng ít nhất 20°F (-6,67°C), và (iv) bộ trao đổi chéo dòng nạp/dòng xả nối tiếp với thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để điều chỉnh nhiệt độ của khí tuần hoàn được làm lạnh để đạt được giới hạn điểm sương;

sao cho dòng thải dạng khí được làm lạnh trong ít nhất một thiết bị làm lạnh và áp suất của dòng thải dạng khí được tăng trong ít nhất một quạt gió, từ đó tạo ra khí tuần hoàn được làm lạnh được dẫn tới máy nén chính.

23. Phương pháp theo điểm 22, trong đó ít nhất một thiết bị làm lạnh là máy sinh hơi thu hồi nhiệt (heat recovery steam generator - HRSG) mà làm lạnh dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được đưa vào ít nhất một quạt gió.

24. Phương pháp theo điểm 23, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm phần làm lạnh tiếp xúc trực tiếp (direct contact cooler - DCC).

25. Phương pháp theo điểm 23, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm HRSG thứ

hai.

26. Phương pháp theo điểm 23, trong đó HRSG còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh và trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách mà nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của HRSG và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được đưa vào quạt gió.

27. Phương pháp theo điểm 26, trong đó bộ phân tách bao gồm bộ lá cánh quạt.

28. Phương pháp theo điểm 27, trong đó HRSG còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh và trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách mà nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của HRSG và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được đưa vào quạt gió.

29. Phương pháp theo điểm 28, trong đó bộ phân tách bao gồm bộ lá cánh quạt.

30. Phương pháp theo điểm 23, trong đó:

thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm HRSG thứ hai và mỗi thiết bị làm lạnh thứ nhất và thứ hai còn bao gồm các ống xoắn có nước làm lạnh; và

hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm:

bộ phân tách thứ nhất nhận dòng thải dạng khí từ các ống xoắn có nước làm lạnh của thiết bị làm lạnh thứ nhất và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được đưa vào quạt gió; và

bộ phân tách thứ hai nhận khí tuần hoàn được làm lạnh từ các ống xoắn có nước làm lạnh của thiết bị làm lạnh thứ hai và loại bỏ các giọt nước khỏi khí tuần hoàn được làm lạnh trước khi khí tuần hoàn được làm lạnh được đưa vào máy nén chính.

31. Phương pháp theo điểm 30, trong đó bộ phân tách thứ nhất, bộ phân tách thứ hai, hoặc cả bộ phân tách thứ nhất và thứ hai bao gồm bộ lá cánh quạt.

32. Phương pháp theo điểm 23, trong đó hệ thống tuần hoàn khí thải sử dụng việc làm lạnh khí ẩm để làm lạnh thêm dòng thải dạng khí.

33. Phương pháp theo điểm 32, trong đó:

dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa bằng nước trước khi

dòng thải dạng khí được đưa vào quạt gió;

hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm bộ phân tách mà nhận dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa và loại bỏ các giọt nước khỏi dòng thải dạng khí được làm bão hòa hoặc gần bão hòa trước khi dòng thải dạng khí được đưa vào quạt gió; và

thiết bị làm lạnh thứ hai loại bỏ nước khỏi dòng thải dạng khí và ít nhất một phần nước được loại bỏ bởi thiết bị làm lạnh thứ hai được tuần hoàn.

34. Phương pháp theo điểm 33, trong đó phần nước thứ nhất được loại bỏ bởi thiết bị làm lạnh thứ hai được tuần hoàn và được thêm vào dòng thải dạng khí phía trước bộ phân tách và phần nước thứ hai được loại bỏ trong thiết bị làm lạnh thứ hai được tuần hoàn vào thiết bị làm lạnh thứ hai.

35. Phương pháp theo điểm 23, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai được tạo kết cấu để làm giới hạn điểm sương của khí tuần hoàn được làm lạnh có giới hạn điểm sương bằng ít nhất khoảng 30°F (-1,11°C).

36. Phương pháp theo điểm 24, trong đó:

thiết bị làm lạnh thứ hai còn bao gồm phần hấp thụ glycol mà nhận khí tuần hoàn được làm lạnh từ phần DCC và khử nước ít nhất một phần khí tuần hoàn được làm lạnh trước khi khí tuần hoàn được làm lạnh được đưa vào máy nén chính; và

hệ thống tuần hoàn khí thải còn bao gồm hệ thống tái tạo glycol nhận glycol giàu từ phần hấp thụ glycol của thiết bị làm lạnh thứ hai, tái tạo nhiệt glycol giàu trong tháp tái tạo glycol để tạo ra glycol nghèo được tái tạo, và đưa glycol nghèo được tái tạo trở lại phần hấp thụ glycol.

37. Phương pháp theo điểm 36, trong đó hệ thống tái tạo glycol được hoạt động dưới các điều kiện chân không.

38. Phương pháp theo điểm 37, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai bao gồm tháp tái tạo glycol và tháp tái tạo glycol nhận dòng thải dạng khí từ quạt gió trước khi dòng thải dạng khí được đưa vào phần DCC.

39. Phương pháp theo điểm 38, trong đó thiết bị làm lạnh thứ hai còn bao gồm bộ phận khử quá nhiệt nhận dòng thải dạng khí từ tháp tái tạo glycol và làm lạnh dòng thải

dạng khí đến nhiệt độ đủ để ít nhất ngưng tụ glycol từ dòng thải dạng khí trước khi dòng thải dạng khí được dẫn vào phần DCC.

40. Phương pháp theo điểm 22, trong đó ít nhất một chất oxy hóa và ít nhất một nhiên liệu được đốt trong buồng đốt trong sự có mặt của khí thải tuần hoàn được nén và hơi áp suất cao.

41. Phương pháp theo điểm 22, trong đó phương pháp còn bao gồm việc thêm chất làm lạnh dạng hơi cho dòng tuần hoàn được nén để bổ sung dòng thải dạng khí.

42. Phương pháp theo điểm 41, trong đó phương pháp còn bao gồm vòng tuần hoàn nước để cung cấp chất làm lạnh dạng hơi nước.

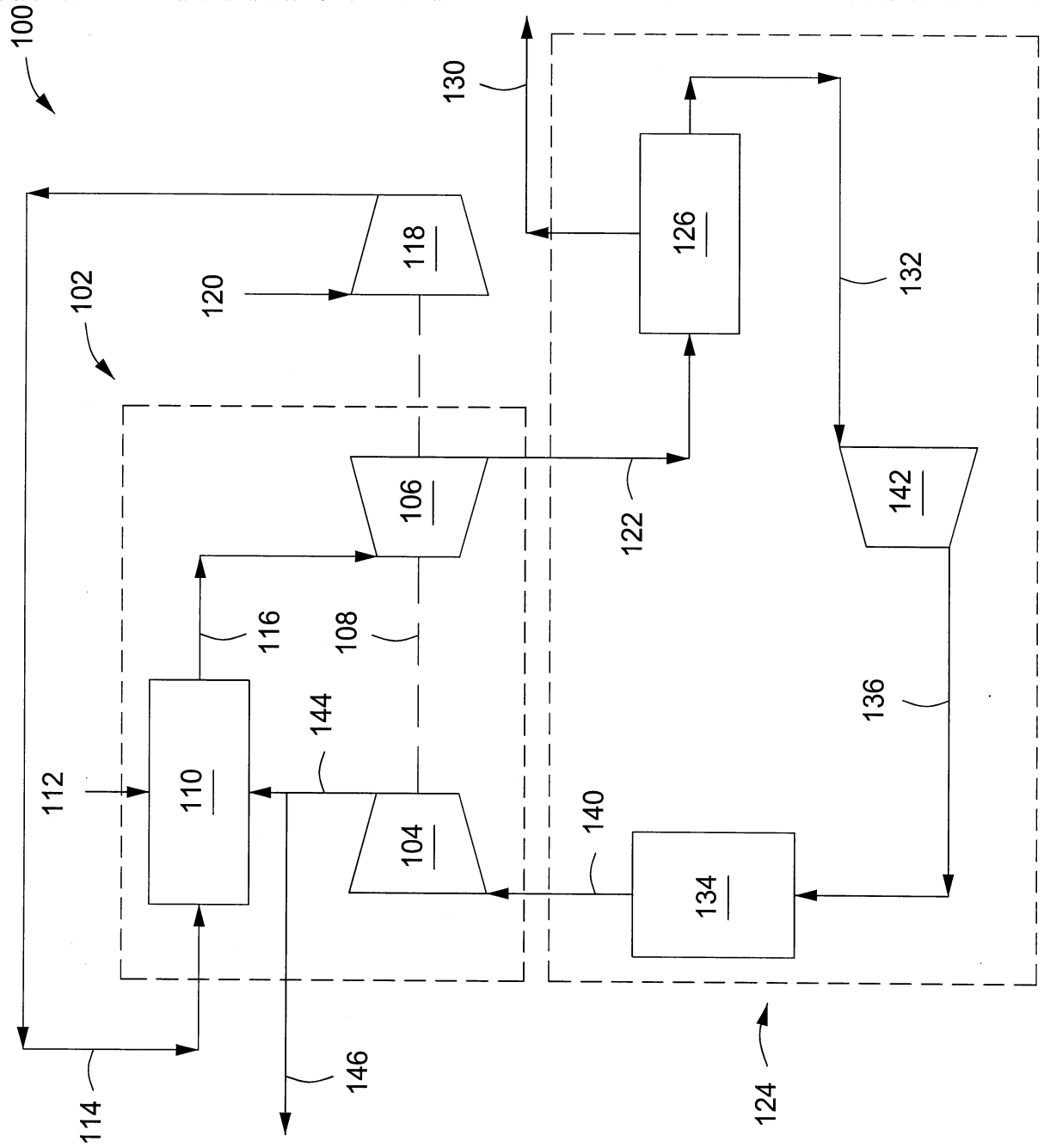


FIG. 1

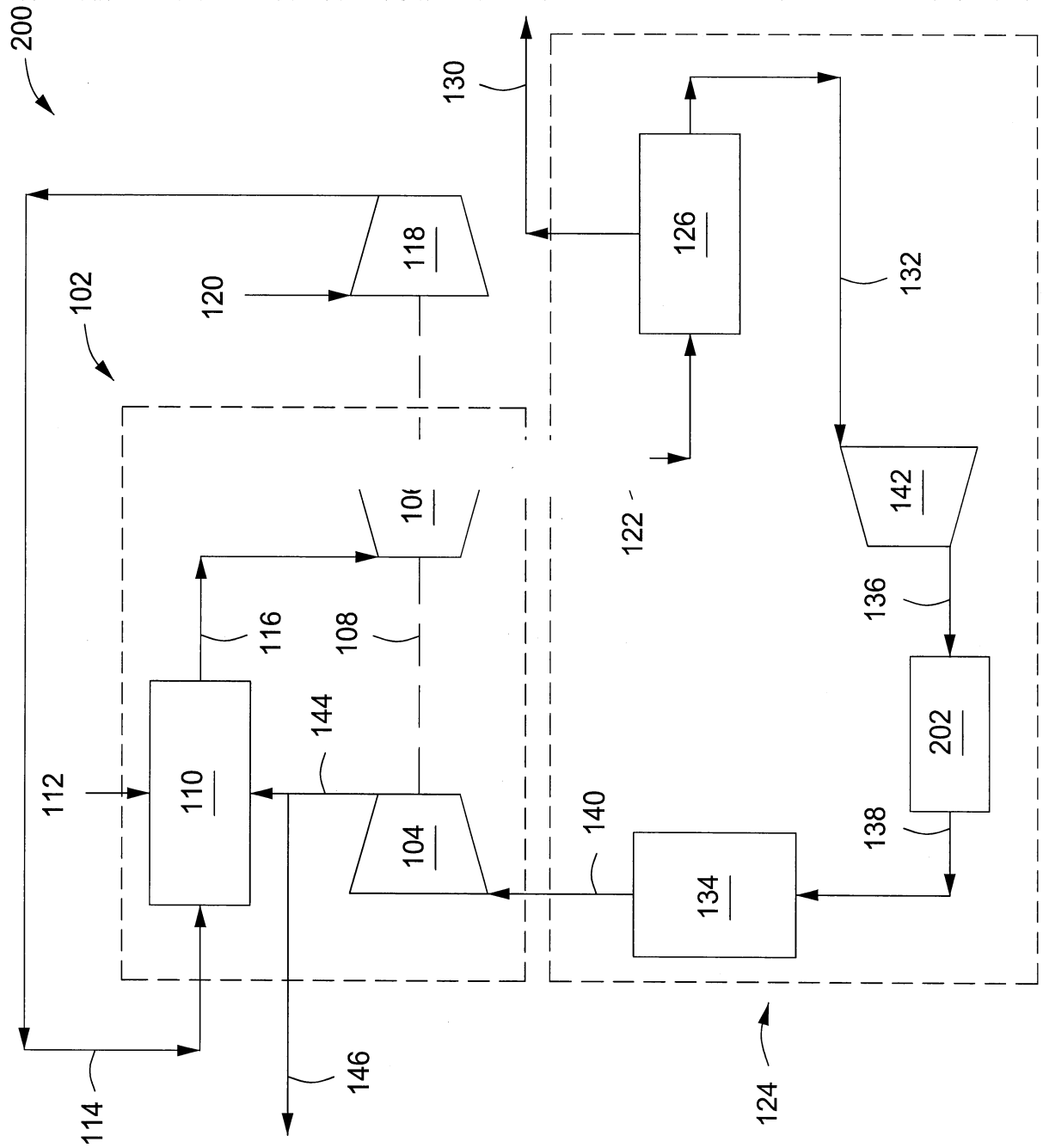


FIG. 2

FIG. 3

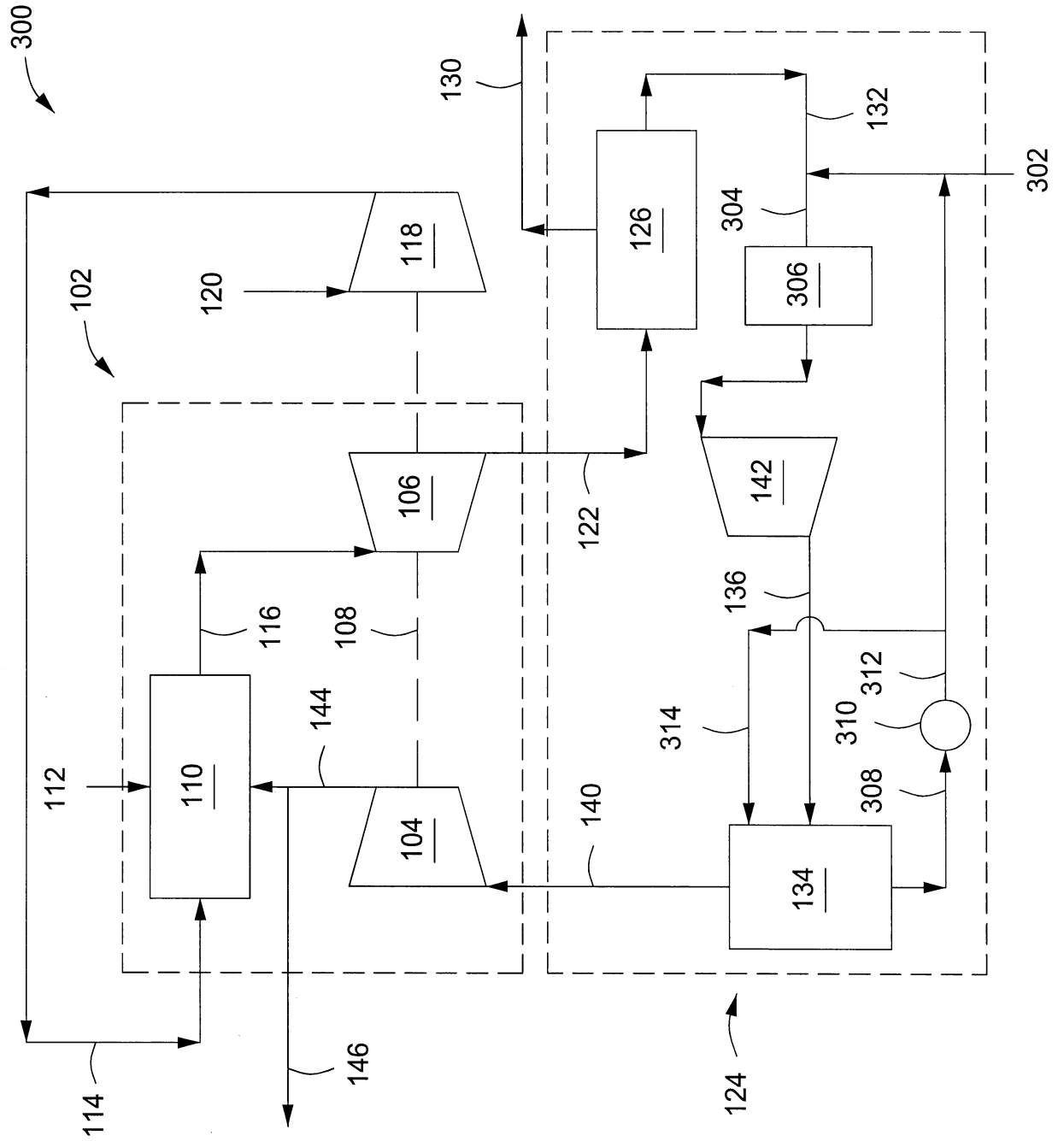


FIG. 4

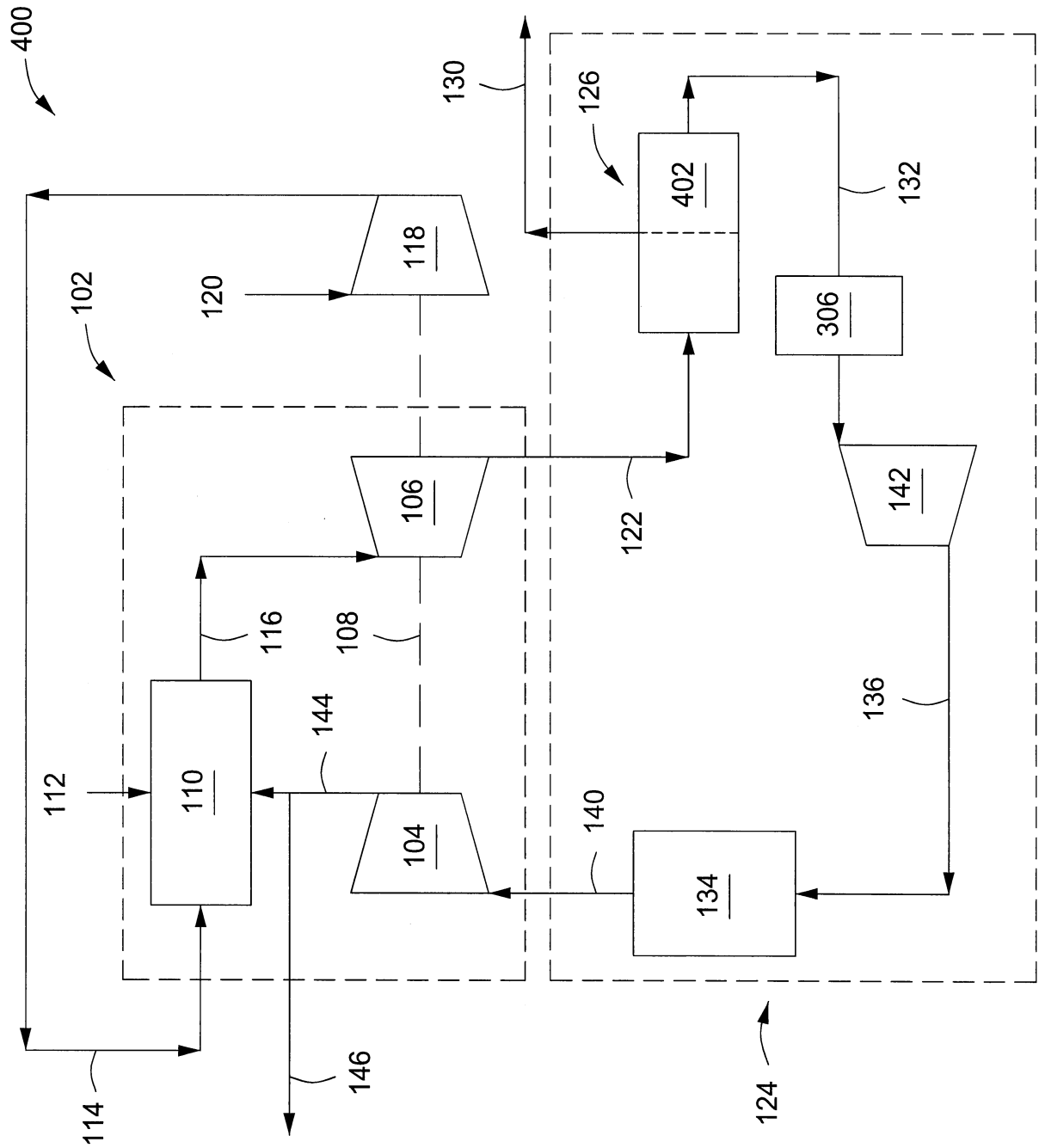


FIG. 5

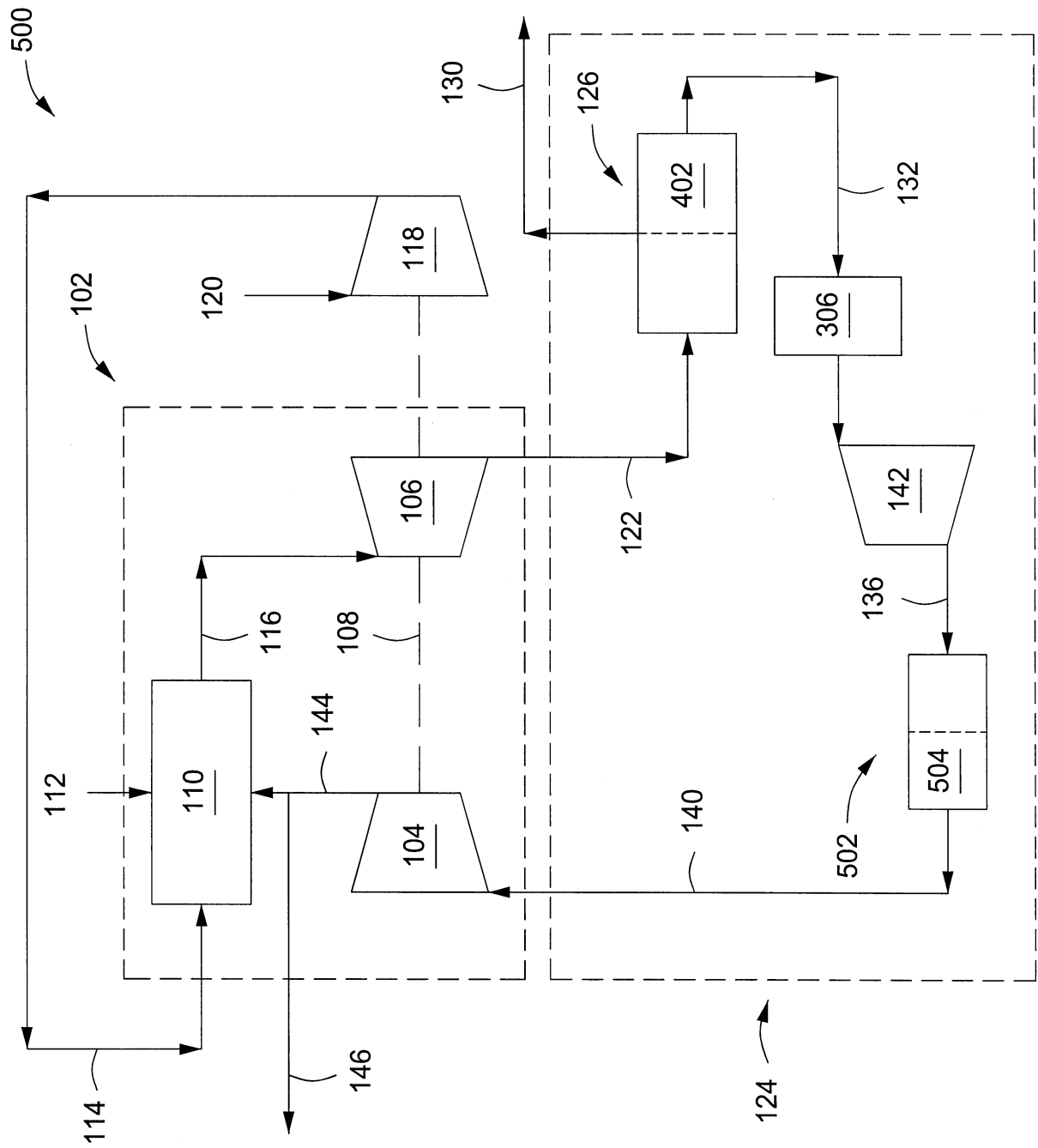
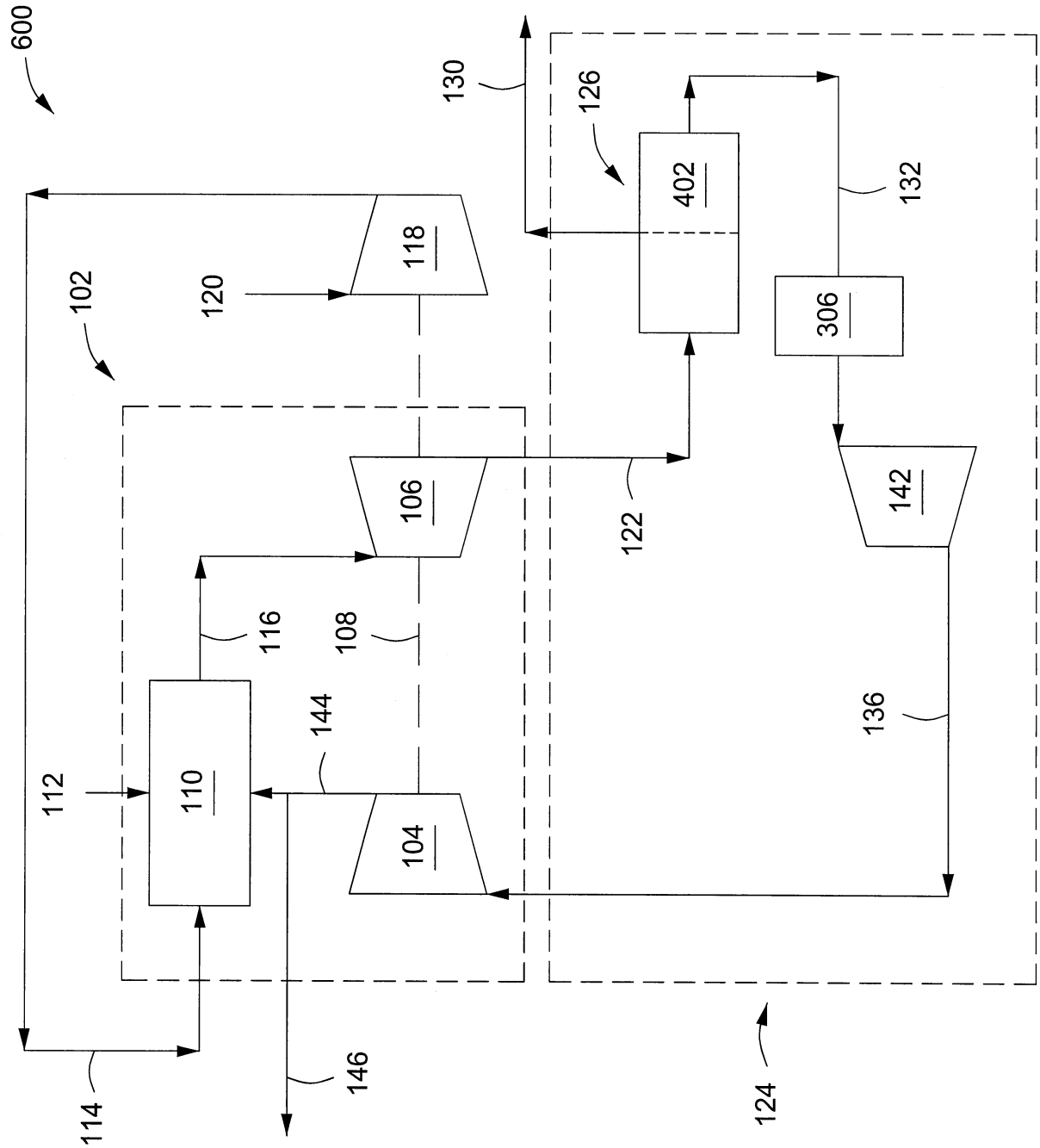


FIG. 6



7/12

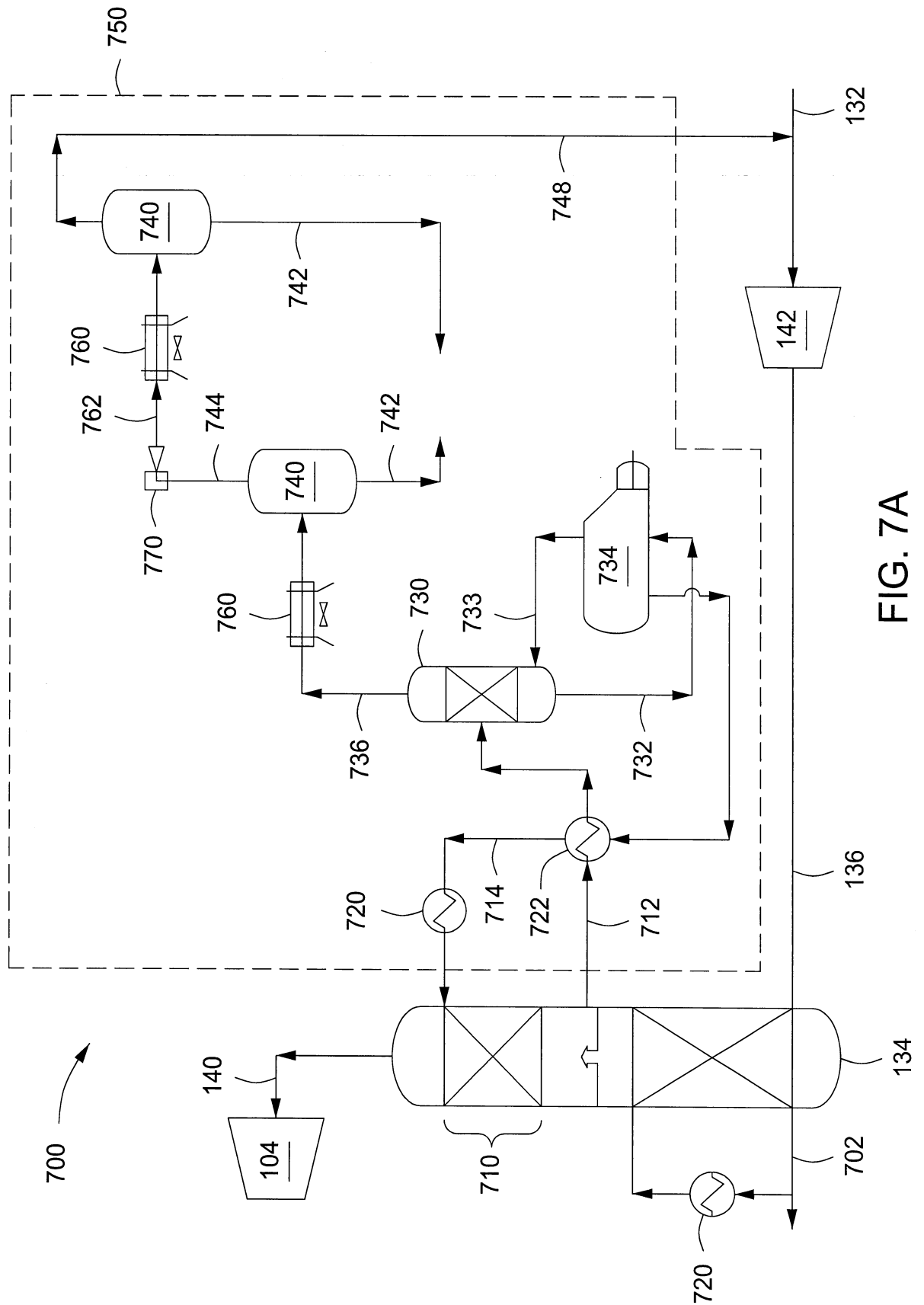


FIG. 7A

8/12

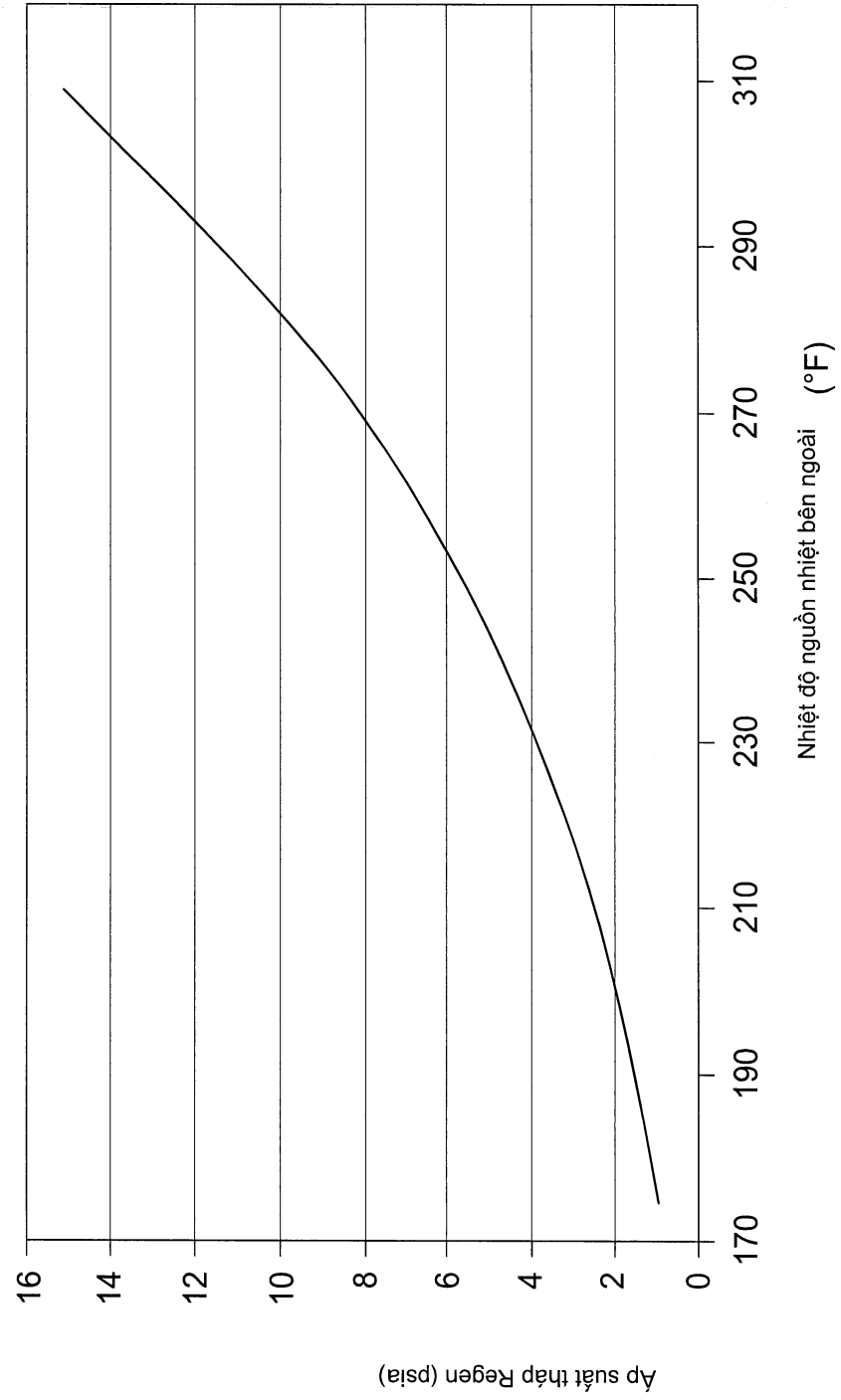


FIG. 7B

9/12

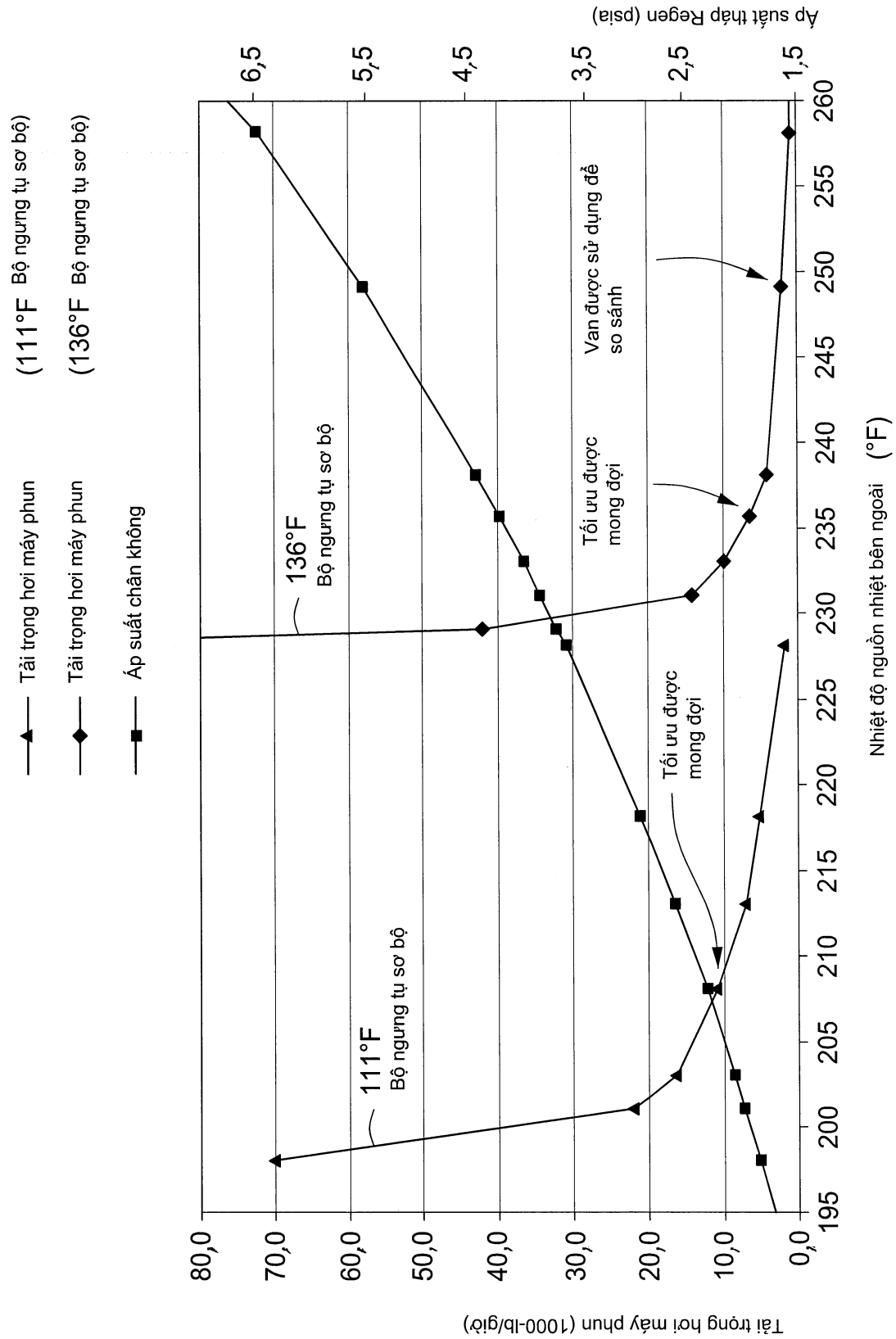
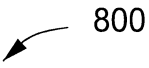
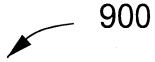


FIG. 7C

10/12



11/12



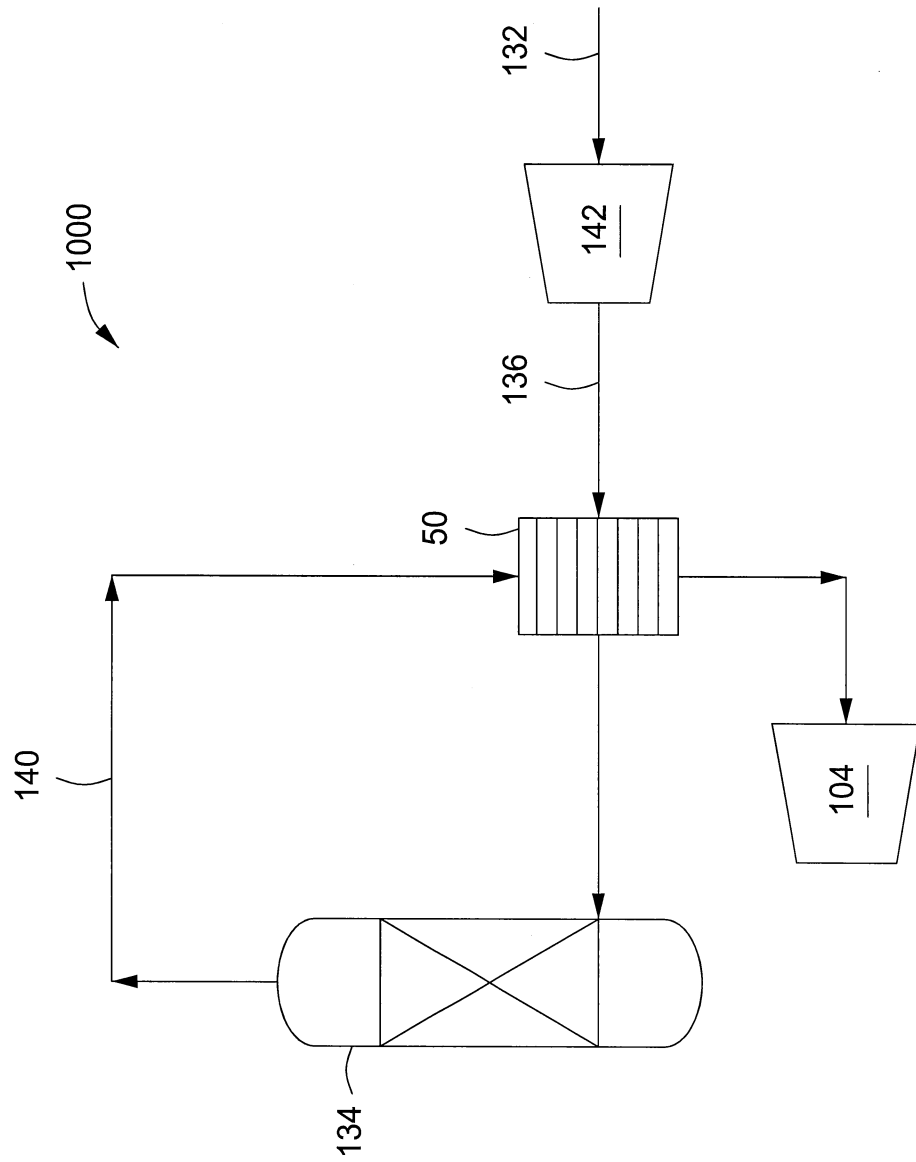


FIG. 10