



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

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

(11) 
1-0021970

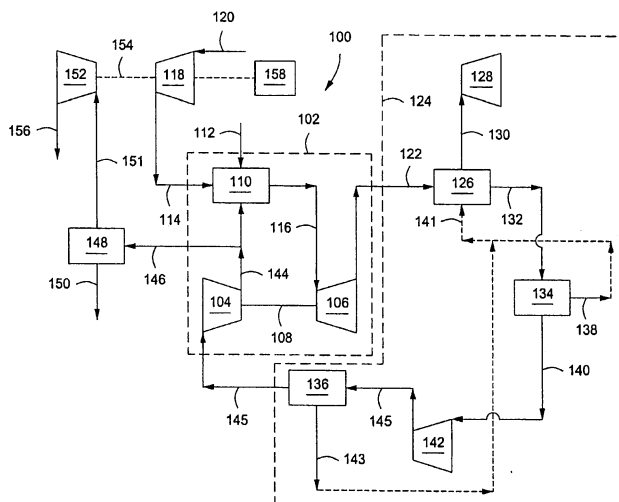
(51)⁷ **F02C 3/34**

(13) **B**

- (21) 1-2012-03953 (22) 09.06.2011
(86) PCT/US2011/039829 09.06.2011 (87) WO2012/003079 05.01.2012
(30) 61/361,178 02.07.2010 US
(45) 25.10.2019 379 (43) 25.07.2013 304
(73) EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY (US)
P.O. Box 2189 (CORP-URC-SW359), Houston Texas, 77252-2189, United States of America
(72) GUPTA, Himanshu (IN), HUNTINGTON, Richard (US), MINTA, Moses (US), MITTRICKER, Franklin, F. (US), STARCHER, Loren, K. (US)
(74) Công ty Luật TNHH AMBYS Hà Nội (AMBYS HANOI)

(54) **HỆ THỐNG TUABIN KHÍ, PHƯƠNG PHÁP TẠO RA NĂNG LƯỢNG VÀ HỆ THỐNG TÍCH HỢP SỬ DỤNG HỆ THỐNG TUABIN KHÍ NÀY**

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống tuabin khí, phương pháp tạo ra năng lượng và hệ thống tích hợp. Hệ thống gồm hệ thống tuabin khí được tạo kết cấu để đốt cháy chất ôxy hóa được nén thu được từ không khí giàu ôxy và nhiên liệu theo hệ số tỷ lệ với sự có mặt của khí xả tái sinh được nén và giãn nở dòng xả trong máy giãn nở để tạo ra dòng tái sinh và dẫn động máy nén chính; máy nén tăng áp nhận và làm tăng áp suất của dòng xả tái sinh và trước khi được nén trong máy nén được tạo kết cấu để tạo ra khí xả tái sinh được nén. Để thúc đẩy quá trình cháy theo hệ số tỷ lệ nhiên liệu và làm tăng hàm lượng CO₂ trong khí xả tái sinh, không khí giàu ôxy có thể có nồng độ ôxy tăng cao.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quá trình tạo ra năng lượng phát xạ thấp trong các hệ thống năng lượng chu trình hỗn hợp. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến các phương pháp và thiết bị để đốt cháy nhiên liệu cho mục đích tăng cường sản xuất và thu giữ cacbon điôxit (CO₂).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phần này nhằm đưa ra các khía cạnh khác nhau trong lĩnh vực kỹ thuật, có thể được kết hợp với các phương án minh họa của sáng chế. Phần thảo luận này được tin rằng sẽ hỗ trợ cung cấp kiến thức nền tảng để tạo thuận lợi cho việc hiểu rõ hơn các khía cạnh cụ thể của sáng chế. Do đó, cần hiểu rằng phần này nên được hiểu theo khía cạnh này, và không nhất thiết coi là tình trạng kỹ thuật.

Với sự phát triển liên quan đến biến đổi khí hậu toàn cầu và tác động của việc phát xạ CO₂, thì việc thu giữ CO₂ từ các nhà máy năng lượng được nhấn mạnh. Mỗi quan tâm này được kết hợp với việc thi hành các chính sách về thương mại tại nhiều nước làm giảm phát xạ CO₂ là ưu tiên ở các nước này và các nước khác, cũng như các công ty vận hành các hệ thống sản xuất hydrocacbon tại các nước đó.

Các nhà máy năng lượng chu kỳ hỗn hợp tuabin khí tốt hơn là có hiệu quả và có thể hoạt động được với chi phí tương đối thấp so với các kỹ thuật khác, như than đá và hạt nhân. Tuy nhiên, việc thu giữ CO₂ từ khí xả của nhà máy chu kỳ hỗn hợp tuabin khí có thể rất khó vì các lý do khác nhau. Ví dụ, thông thường nồng độ CO₂ trong khí xả là thấp so với thể tích khí lớn phải được xử lý. Ngoài ra, thường cần đến quá trình làm mát bổ sung trước khi đưa khí xả vào hệ thống thu giữ CO₂ và khí xả có thể trở nên bão hòa với nước sau khi làm mát, nhờ đó làm tăng công suất của nồi hơi trong hệ thống thu giữ CO₂. Các yếu tố phổ biến khác có thể bao gồm áp suất thấp và lượng lớn oxy thường chứa trong khí xả. Tất cả các yếu tố này dẫn đến chi phí thu giữ CO₂ cao từ các nhà máy năng lượng chu trình hỗn hợp tuabin khí.

Có ít nhất một cách tiếp cận để làm giảm phát xạ CO_2 trong các hệ thống chu trình hỗn hợp gồm đốt cháy theo hệ số tỷ lệ và tái tuần hoàn khí xả. Trong hệ thống tái tuần hoàn khí xả thông thường, như chu trình hỗn hợp khí tự nhiên (Natural Gas Combined Cycle - NGCC), thành phần tái sinh của khí xả được trộn lẫn với không khí của môi trường xung quanh và được đưa vào bộ phận máy nén của tuabin khí. Nồng độ CO_2 thông thường trong khí xả của NGCC nằm trong khoảng từ 3% đến 4%, nhưng có thể tăng cao hơn 4% bằng sự tái tuần hoàn khí xả. Khi vận hành, các hệ thống NGCC thông thường chỉ cần đến khoảng 40% thể tích hấp thu không khí đủ để tạo ra sự đốt cháy nhiên liệu theo hệ số tỷ lệ, trong khi việc giữ lại 60% thể tích không khí đóng vai trò làm chất pha loãng để làm giảm nhiệt độ và làm mát khí xả đến nhiệt độ thích hợp để đưa vào máy giãn nở kế tiếp. Tái tuần hoàn một phần khí xả làm tăng nồng độ của CO_2 trong khí xả, có thể được sử dụng sau đó làm chất pha loãng trong hệ thống đốt cháy.

Tuy nhiên, do trọng lượng phân tử, tỷ nhiệt, các ảnh hưởng của số Mach, v.v.. của CO_2 , mà không có các cải biến đáng kể về máy nén hoặc các phần của máy giãn nở, các tuabin khí tiêu chuẩn bị giới hạn về nồng độ CO_2 có thể được cho phép trong phần nén của tuabin khí từ khí xả. Ví dụ, giới hạn về hàm lượng CO_2 trong khí xả được tái tuần hoàn đến phần nén của tuabin khí tiêu chuẩn bằng khoảng 20% theo trọng lượng CO_2 .

Ngoài ra, hệ thống NGCC điển hình tạo ra khí xả áp suất thấp cần một phần năng lượng được tạo ra thông qua quá trình giãn nở của khí xả để chiết CO_2 cho mục đích cô lập hoặc tăng cường thu hồi dầu (enhanced oil recovery-EOR), nhờ đó làm giảm hiệu suất nhiệt của NGCC. Ngoài ra, thiết bị chiết CO_2 lớn và đắt tiền, và cần đến các giai đoạn khác nhau của quy trình nén để đưa khí có áp suất môi trường xung quanh thành áp suất cần cho EOR hoặc cô lập. Các giới hạn này là điển hình của việc thu giữ cacbon sau khi đốt cháy từ khí xả áp suất thấp kết hợp với đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch, như than đá.

Phần thảo luận đề cập ở trên được đưa ra với mục đích làm đại diện chứ chưa đầy đủ về những nhu cầu của tình trạng kỹ thuật. Kỹ thuật hướng đến một hoặc nhiều nhu cầu này, hoặc một vài thiếu sót có liên quan khác trong lĩnh vực, sẽ giúp ích cho việc tạo ra năng lượng trong các hệ thống năng lượng chu trình hỗn hợp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến các hệ thống và phương pháp tích hợp để cải thiện các hệ thống tạo ra năng lượng. Theo một vài cách tiến hành, sáng chế đề xuất hệ thống tuabin khí, bao gồm máy nén thứ nhất, máy nén thứ hai, buồng đốt, và máy giãn nở. Máy nén thứ nhất có thể được tạo kết cấu để nhận và nén khí xả tái sinh thành khí xả tái sinh được nén. Tốt hơn là khí xả tái sinh có nồng độ oxy nhỏ hơn 1% theo trọng lượng. Máy nén thứ hai có thể được tạo kết cấu để nhận và nén không khí giàu oxy để tạo ra chất oxy hóa được nén. Buồng đốt có thể được tạo kết cấu để nhận khí xả tái sinh được nén và chất oxy hóa được nén và để đốt theo hệ số tỷ lệ dòng nhiên liệu. Tốt hơn là buồng đốt được tạo cấu hình để nhận riêng rẽ khí tái sinh được nén và chất oxy hóa được nén. Khí xả tái sinh được nén đóng vai trò làm chất pha loãng để làm giảm nhiệt độ đốt cháy. Máy giãn nở có thể được tạo kết cấu để nhận dòng xả từ buồng đốt để tạo ra khí xả được tái sinh. Máy giãn nở còn có thể được nối với máy nén thứ nhất để dẫn động, ít nhất một phần, máy nén thứ nhất.

Ngoài ra hoặc nói cách khác, sáng chế đề xuất phương pháp tạo ra năng lượng. Các phương pháp minh họa gồm: a) nén khí xả tái sinh trong máy nén chính để tạo ra khí xả tái sinh được nén; b) nén không khí giàu oxy trong máy nén đầu vào để tạo ra chất oxy hóa được nén; c) đốt cháy theo hệ số tỷ lệ chất oxy hóa được nén và nhiên liệu trong buồng đốt và với sự có mặt của khí xả tái sinh được nén, nhờ đó tạo ra dòng xả, trong đó khí xả tái sinh được nén đóng vai trò làm chất pha loãng được định hình để làm giảm nhiệt độ của dòng xả; và d) giãn nở dòng xả trong máy giãn nở để dẫn động ít nhất một phần máy nén chính và tạo ra khí xả tái sinh và dẫn động ít nhất một phần máy nén chính. Tốt hơn là khí xả tái sinh được nén và chất oxy hóa được nén được phân phối riêng rẽ vào buồng đốt. Tốt hơn là khí xả tái sinh có nồng độ oxy nhỏ hơn 1% theo trọng lượng.

Ngoài ra hoặc nói cách khác, sáng chế đề xuất các hệ thống tạo ra năng lượng tích hợp. Các hệ thống tạo ra năng lượng tích hợp minh họa gồm cả hệ thống tuabin khí và hệ thống tái tuần hoàn khí xả. Hệ thống tuabin khí có thể bao gồm máy nén thứ nhất, máy nén thứ hai, buồng đốt, và máy giãn nở. Máy nén thứ nhất có thể được tạo kết cấu để nhận và nén khí xả tái sinh, mà tốt hơn là có nồng độ oxy ít hơn 1% theo trọng lượng thành khí xả tái sinh được nén. Máy nén thứ hai có thể được tạo kết cấu để

nhận và nén không khí giàu oxy để tạo ra chất oxy hóa được nén, không khí giàu oxy có nồng độ oxy nằm trong khoảng từ 30% theo trọng lượng đến khoảng 50% theo trọng lượng. Buồng đốt có thể được tạo kết cấu để nhận khí xả tái sinh được nén và chất oxy hóa được nén và để đốt theo hệ số tỷ lệ dòng nhiên liệu, trong đó khí xả tái sinh được nén đóng vai trò như chất pha loãng để làm giảm nhiệt độ đốt. Máy giãn nở có thể được tạo kết cấu để nhận dòng xả từ buồng đốt để tạo ra khí xả được tái sinh. Máy giãn nở còn có thể được nối với máy nén thứ nhất và được làm thích ứng để dẫn động, ít nhất một phần, máy nén thứ nhất. Hệ thống tái tuần hoàn khí xả có thể gồm máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt, một hoặc nhiều bộ phận làm mát, và máy nén tăng áp. Máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt có thể được nối thông với tuabin khí hơi nước. Máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt có thể được tạo kết cấu để nhận khí xả từ máy giãn nở để tạo hơi nước mà tạo ra năng lượng điện trong máy phát điện hơi nước. Một hoặc nhiều bộ phận làm mát có thể được tạo kết cấu để làm mát khí xả tái sinh nhận được từ máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt và để loại bỏ nước ngưng tụ khỏi khí xả tái sinh. Máy nén tăng áp có thể được tạo kết cấu để tạo ra áp suất của khí xả tái sinh trước khi phun vào máy nén thứ nhất để tạo ra khí xả tái sinh được nén.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các ưu điểm được đề cập ở trên và các ưu điểm khác của sáng chế có thể trở nên rõ ràng dựa trên việc xem xét phần mô tả chi tiết và hình vẽ về các ví dụ không giới hạn của các phương án dưới đây, trong đó:

FIG. 1 là hình mô tả dạng sơ đồ hệ thống tích hợp tạo ra năng lượng phát xạ thấp và thu hồi CO₂ tăng cường, theo một hoặc nhiều phương án được mô tả.

FIG. 2 là hình mô tả dạng sơ đồ khác của hệ thống tích hợp tạo ra năng lượng phát xạ thấp và tăng cường thu hồi CO₂ theo một hoặc nhiều phương án được mô tả.

FIG. 3 là hình mô tả dạng sơ đồ khác của hệ thống tích hợp tạo ra năng lượng phát xạ thấp và tăng cường thu hồi CO₂ theo một hoặc nhiều phương án được mô tả.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần mô tả chi tiết dưới đây, các phương án cụ thể theo sáng chế được mô tả kết hợp với các phương án ưu tiên. Tuy nhiên, đến mức mà phần mô tả dưới đây là rõ ràng với phương án cụ thể hoặc sử dụng cụ thể theo sáng chế, việc này chỉ nhằm

mục đích minh họa và đơn giản cung cấp phần mô tả các phương án minh họa. Do đó, nội dung bộc lộ không bị giới hạn ở các phương án cụ thể được mô tả dưới đây, mà gồm tất cả các phương án thay thế, các cải biến, và các phương án tương tự đều nằm trong phạm vi sáng chế như được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Các thuật ngữ khác nhau được sử dụng trong bản mô tả được định nghĩa dưới đây. Đến mức với thuật ngữ được sử dụng trong yêu cầu bảo hộ mà không được định nghĩa dưới đây, thì những thuật ngữ này nên được đưa ra bởi định nghĩa rộng nhất trong lĩnh vực kỹ thuật thích hợp mà thuật ngữ đã được đưa ra trong một công bố bằng văn bản hoặc Patent được cấp.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "khí tự nhiên" dùng để chỉ khí nhiều thành phần thu được từ giếng dầu thô (khí đồng hành) hoặc từ vỉa mang khí ngầm (khí không đồng hành). Thành phần và áp suất của khí tự nhiên có thể thay đổi đáng kể. Dòng khí tự nhiên thông thường chứa metan (CH_4) là thành phần chính, tức là lớn hơn 50mol% dòng khí tự nhiên là metan. Dòng khí tự nhiên cũng có thể chứa etan (C_2H_6), các hydrocacbon có trọng lượng phân tử cao hơn (ví dụ, hydrocacbon C_3 - C_{20}), một hoặc nhiều khí axit (ví dụ, hydro sulfua, cacbon điôxit), hoặc hỗn hợp của chúng. Khí tự nhiên cũng có thể chứa lượng nhỏ hơn các tạp chất như nước, nitơ, sắt sulfua, sáp, dầu thô, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "đốt cháy theo hệ số tỷ lượng" dùng để chỉ phản ứng đốt cháy có thể tích của các chất phản ứng bao gồm nhiên liệu và chất ôxy hóa và thể tích của các sản phẩm được tạo thành bằng cách đốt cháy các chất phản ứng trong đó toàn bộ thể tích của các chất phản ứng được sử dụng để tạo thành các sản phẩm. Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "đốt cháy gần như theo hệ số tỷ lượng" dùng để chỉ phản ứng đốt cháy có tỷ lệ mol của nhiên liệu đốt trên ôxy nằm trong khoảng từ khoảng cộng hoặc trừ 10% ôxy cần thiết đối với tỷ lệ hệ số tỷ lượng hoặc tốt hơn nữa là từ khoảng cộng hoặc trừ 5% ôxy cần thiết đối với tỷ lệ hệ số tỷ lượng. Ví dụ, tỷ lệ hệ số tỷ lượng của nhiên liệu trên ôxy với metan bằng 1:2 ($\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$). Propan sẽ có tỷ lệ hệ số tỷ lượng của nhiên liệu trên ôxy bằng 1:5. Cách đo sự đốt cháy về cơ bản theo hệ số tỷ lượng khác là tỷ lệ của ôxy được cấp vào trên ôxy cần cho sự đốt cháy theo hệ số tỷ lượng, như từ khoảng 0,9:1 đến khoảng 1,1:1, hoặc tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,95:1 đến khoảng 1,05:1.

Như được sử dụng trong bản mô tả, thuật ngữ "dòng" dùng để chỉ thể tích của các chất lưu, mặc dù sử dụng thuật ngữ dòng thường có nghĩa là thể tích động của chất lưu (ví dụ, có vận tốc hoặc lưu lượng khối). Tuy nhiên, thuật ngữ "dòng," không quy định vận tốc, lưu lượng khối, hoặc loại ống dẫn đặc biệt bao quanh dòng.

Các phương án về các hệ thống và quy trình được bộc lộ ở đây có thể được sử dụng để tạo ra năng lượng điện phát xạ siêu thấp và CO₂ để tăng cường thu hồi dầu (Enhanced Oil Recovery - EOR) và/hoặc các ứng dụng riêng. Theo một hoặc nhiều phương án, hỗn hợp không khí và nhiên liệu giàu ôxy có thể được đốt cháy theo hệ số tỷ lệ hoặc về cơ bản theo hệ số tỷ lệ và được trộn đồng thời với dòng khí xả được tái sinh. Dòng khí xả được tái sinh, thường gồm các sản phẩm cháy như CO₂, có thể được sử dụng làm chất pha loãng để điều khiển, điều chỉnh, hoặc nói cách khác làm giảm nhiệt độ đốt cháy và khí xả đi vào máy giãn nở kế tiếp. Kết quả của việc sử dụng không khí giàu ôxy, khí xả được tái sinh có thể có hàm lượng CO₂ tăng cao, nhờ đó cho phép máy giãn nở có thể hoạt động ngay cả với tỷ lệ giãn nở cao hơn có nhiệt độ đầu vào và nhiệt độ dòng xả bằng nhau, nhờ đó tạo ra năng lượng tăng đáng kể.

Quá trình đốt cháy trong tuabin khí trên thị trường ở các điều kiện hệ số tỷ lệ hoặc các điều kiện về cơ bản theo hệ số tỷ lệ (ví dụ, đốt cháy "cần ít ôxy") có thể hiệu quả để giảm thiểu chi phí loại bỏ ôxy dư. Bằng cách làm mát khí xả và ngưng tụ nước khỏi dòng xả được làm mát, dòng xả có hàm lượng CO₂ tương đối lớn có thể được sản xuất. Trong khi một phần của khí xả tái sinh có thể được sử dụng để làm giảm nhiệt độ trong chu trình Brayton kín, dòng làm sạch còn lại có thể được sử dụng cho các ứng dụng EOR và/hoặc năng lượng điện có thể được sản xuất bằng một ít hoặc không có ôxit lưu huỳnh (SO_x), nitơ ôxit (NO_x), và/hoặc CO₂ được phát xạ vào khí quyển. Kết quả của quy trình này là sản xuất năng lượng trong ba chu trình riêng rẽ và sản xuất CO₂ bổ sung.

Đề cập đến các hình vẽ, FIG. 1 mô tả sơ đồ của hệ thống tạo ra năng lượng 100 để tạo ra năng lượng và thu hồi CO₂ bằng cách sử dụng sự lắp đặt chu trình hỗn hợp, theo một hoặc nhiều phương án. Theo ít nhất một phương án, hệ thống tạo ra năng lượng 100 có thể gồm hệ thống tuabin khí 102 được mô tả dưới dạng chu trình Brayton khép kín, sản xuất năng lượng. Hệ thống tuabin khí 102 có thể có máy nén thứ nhất hoặc máy nén chính 104 được nối với máy giãn nở 106 qua trục 108. Trục 108 có

thể ghép theo cách cơ học, điện, hoặc năng lượng khác, nhờ đó cho phép một phần của năng lượng cơ học được tạo ra bởi máy giãn nở 106 để dẫn động máy nén chính 104. Theo ít nhất một phương án, hệ thống tuabin khí 102 có thể là tuabin khí tiêu chuẩn, trong đó máy nén chính 104 và máy giãn nở 106 tương ứng tạo thành các đầu máy nén và máy giãn nở. Tuy nhiên, theo các phương án khác, máy nén chính 104 và máy giãn nở 106 có thể là các bộ phận riêng biệt trong hệ thống tuabin khí 102.

Hệ thống tuabin khí 102 cũng có thể bao gồm buồng đốt 110 được tạo kết cấu để đốt nhiên liệu đưa vào qua đường dẫn 112 và được trộn với chất ôxy hóa được đưa vào qua đường dẫn 114. Theo một hoặc nhiều phương án, nhiên liệu trong đường dẫn 112 có thể bao gồm khí hydrocarbon hoặc chất lỏng thích hợp bất kỳ, như khí tự nhiên, metan, etan, naphta, butan, prôpan, khí tổng hợp, diezen, dầu hỏa, nhiên liệu máy bay, nhiên liệu có nguồn gốc từ than đá, nhiên liệu sinh học, nguyên liệu cấp hydrocarbon được ôxy hóa, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Chất ôxy hóa qua đường dẫn 114 có thể nhận được từ máy nén thứ hai hoặc máy nén đầu vào 118 được ghép thông chất lưu với buồng đốt 110 và được thích ứng để nén chất ôxy hóa cấp vào qua đường dẫn 120. Theo một hoặc nhiều phương án, chất ôxy hóa cấp vào trong đường dẫn 120 có thể bao gồm không khí khí quyển, không khí giàu ôxy, hoặc hỗn hợp của chúng. Khi chất ôxy hóa trong đường dẫn 114 bao gồm hỗn hợp của không khí khí quyển và không khí giàu ôxy, không khí giàu ôxy có thể được nén bằng máy nén đầu vào 118 trước hoặc sau khi được trộn với không khí khí quyển. Không khí giàu ôxy có thể có nồng độ ôxy tổng bằng khoảng 30% theo trọng lượng, khoảng 35% theo trọng lượng, khoảng 40% theo trọng lượng, khoảng 45% theo trọng lượng, hoặc khoảng 50% theo trọng lượng.

Không khí giàu ôxy có thể nhận được từ các nguồn khác nhau, bao gồm việc tiến hành các kỹ thuật khác nhau phía trước máy nén đầu vào 118 để tạo ra không khí giàu ôxy. Ví dụ, không khí giàu ôxy có thể nhận được từ các kỹ thuật tách như tách màng, hấp phụ chuyển đổi áp suất, hấp phụ chuyển đổi nhiệt độ, các dòng sản phẩm phụ của nhà máy nitơ, và/hoặc hỗn hợp của chúng. Không khí giàu ôxy cũng có thể nhận được từ bộ phận tách không khí (Air Separation Unit - ASU), như ASU làm đông lạnh, để sản xuất nitơ duy trì áp suất hoặc các mục đích khác. Dòng thải từ ASU có thể giàu ôxy, có hàm lượng ôxy tổng bằng khoảng 50% theo trọng lượng đến khoảng 70% theo trọng lượng. Dòng thải này có thể được sử dụng dưới dạng ít nhất một phần của không

khí giàu ôxy và sau đó được pha loãng, nếu cần, với không khí khí quyển chưa được xử lý để thu được nồng độ ôxy mong muốn cho ứng dụng.

Phần dưới đây sẽ mô tả chi tiết hơn hệ thống này, buồng đốt 110 cũng có thể nhận khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144, bao gồm sự tái tuần hoàn khí xả về cơ bản chứa CO_2 và các thành phần nitơ. Khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144 có thể nhận được từ máy nén chính 104 và được thích ứng để tạo thuận lợi cho sự đốt cháy theo hệ số tỷ lệ hoặc sự đốt cháy gần như theo hệ số tỷ lệ chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114 và nhiên liệu trong đường dẫn 112 bằng cách giảm nhiệt độ của các sản phẩm cháy. Như được đánh giá cao, sự tái tuần hoàn khí xả có thể đóng vai trò làm tăng nồng độ CO_2 trong khí xả.

Khí xả trong đường dẫn 116 được hướng vào lối vào của máy giãn nở 106 có thể được tạo ra dưới dạng sản phẩm đốt cháy nhiên liệu trong đường dẫn 112 và chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114, với sự có mặt của khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144. Theo ít nhất một phương án, nhiên liệu trong đường dẫn 112 có thể gần như là khí tự nhiên, nhờ đó tạo ra dòng xả hoặc khí xả qua đường dẫn 116 có thể gồm các phần thể tích của nước bốc hơi, CO_2 , nitơ, nitơ ôxit (NO_x), và lưu huỳnh ôxit (SO_x). Theo một vài phương án, một phần nhỏ nhiên liệu không cháy trong đường dẫn 112 hoặc các hợp chất khác cũng có thể có trong khí xả trong đường dẫn 116 do các giới hạn cân bằng cháy. Đối với khí xả trong đường dẫn 116 giãn nở qua máy giãn nở 106 tạo ra năng lượng cơ học để dẫn động máy nén chính 104, máy phát điện, hoặc các thiết bị khác, và cũng tạo ra chất xả dạng khí trong đường dẫn 122 có hàm lượng CO_2 tăng cao tạo thành từ dòng vào của khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144. Theo một vài cách tiến hành, máy giãn nở 106 có thể được thích ứng để tạo ra năng lượng cơ học bổ sung có thể được sử dụng cho các mục đích khác.

Hệ thống tạo ra năng lượng 100 cũng có thể bao gồm hệ thống tái tuần hoàn khí xả (Exhaust Gas Recirculation - EGR) 124. Theo một hoặc nhiều phương án, hệ thống EGR 124 có thể bao gồm máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt (Heat Recovery Steam Generator - HRSG) 126, hoặc thiết bị tương tự, được nối thông chất lưu với tuabin khí hơi nước 128. Theo ít nhất một phương án, sự kết hợp của HRSG 126 và tuabin khí hơi nước 128 có thể được mô tả dưới dạng chu trình Rankine khép kín tạo ra năng lượng. Khi kết hợp với hệ thống tuabin khí 102, HRSG 126 và tuabin khí hơi nước 128

có thể tạo thành một phần trong nhà máy tạo ra năng lượng chu trình hỗn hợp, như nhà máy chu trình hỗn hợp khí tự nhiên (Natural Gas Combined-Cycle - NGCC). Khí xả dạng khí trong đường dẫn 122 có thể được đưa vào HRSG 126 để tạo ra hơi nước qua đường dẫn 130 và khí xả được làm mát trong đường dẫn 132. Theo một phương án, hơi nước trong đường dẫn 130 có thể được đưa đến tuabin khí hơi nước 128 để tạo ra năng lượng điện bổ sung.

Khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 có thể được đưa đến bộ phận làm mát thứ nhất 134 được thích ứng để làm mát khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 và tạo ra dòng khí tái sinh được làm mát 140. Bộ phận làm mát thứ nhất 134 có thể gồm, ví dụ, một hoặc nhiều bộ làm mát tiếp xúc, bộ làm mát vi chỉnh, bộ phận làm mát bay hơi, hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Bộ phận làm mát thứ nhất 134 cũng có thể được thích ứng để loại bỏ một phần nước ngưng tụ bất kỳ từ khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 qua dòng xả nước 138. Theo ít nhất một phương án, dòng xả nước 138 có thể được dẫn đến HRSG 126 qua đường dẫn 141 để cung cấp nguồn nước cho quá trình tạo ra hơi nước bổ sung trong đường dẫn 130 tại đó. Theo các phương án khác, nước được thu hồi qua dòng xả nước 138 có thể được sử dụng cho các ứng dụng ở phía sau khác, như các quy trình trao đổi nhiệt bổ sung.

Theo một hoặc nhiều phương án, dòng khí tái sinh được làm mát 140 có thể được hướng vào máy nén tăng áp 142. Việc làm mát khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 trong bộ phận làm mát thứ nhất 134 có thể làm giảm năng lượng cần để nén dòng khí tái sinh được làm mát 140 trong máy nén tăng áp 142. Ngược lại với hệ thống quạt gió hoặc quạt thông thường, máy nén tăng áp 142 có thể được tạo kết cấu để nén và làm tăng toàn bộ tỷ trọng của dòng khí tái sinh được làm mát 140, nhờ đó hướng khí tái sinh được tạo áp vào đường dẫn 145 phía sau, trong đó khí tái sinh được tạo áp trong đường dẫn 145 có lưu lượng khối tăng với lưu lượng thể tích bằng nhau. Điều này có thể là một ưu điểm do máy nén chính 104 có thể được giới hạn về lưu lượng thể tích, và hướng lưu lượng khối nhiều hơn qua máy nén chính 104 có thể tạo ra áp suất xả lớn hơn, nhờ đó chuyển thành tỷ lệ áp suất cao hơn qua máy giãn nở 106. Tỷ lệ áp suất cao hơn được tạo ra qua máy giãn nở 106 có thể cho phép nhiệt độ đầu vào cao hơn và, do đó, làm tăng năng lượng và hiệu suất trong máy giãn nở 106. Như được

đánh giá cao, điều này có thể chứng minh những ưu điểm do khí xả giàu CO_2 trong đường dẫn 116 thường duy trì công suất nhiệt đặc thù cao hơn.

Do áp suất hút của máy nén chính 104 là một hàm nhiệt độ hút của nó, nhiệt độ hút của bộ làm mát sẽ cần ít năng lượng hơn để vận hành máy nén chính 104 có lưu lượng khối bằng nhau. Tiếp đó, khí tái sinh được tạo áp trong đường dẫn 145 có thể tùy ý hướng vào bộ phận làm mát thứ hai 136. Bộ phận làm mát thứ hai 136 có thể bao gồm, ví dụ, một hoặc nhiều bộ làm mát tiếp xúc trực tiếp, bộ làm mát vi chỉnh, bộ phận làm mát bay hơi, hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Theo ít nhất một phương án, bộ phận làm mát thứ hai 136 có thể đóng vai trò như bộ làm mát phía sau được lắp để loại bỏ ít nhất một phần nhiệt nén được tạo ra bởi máy nén tăng áp 142 trên khí tái sinh được tạo áp trong đường dẫn 145. Bộ phận làm mát thứ hai 136 cũng có thể chiết nước ngưng tụ được bổ sung qua dòng xả nước 143. Theo một hoặc nhiều phương án, dòng xả nước 138, 143 có thể hội tụ thành dòng trong đường dẫn 141 và có thể hoặc không thể được dẫn vào HRSG 126 để tạo ra hơi nước bổ sung qua đường dẫn 130 tại đó.

Trong khi các bộ phận làm mát thứ nhất 134 và bộ phận làm mát thứ hai 136 được mô tả ở đây, rõ ràng rằng số lượng bất kỳ các bộ phận làm mát có thể được sử dụng thích hợp với các ứng dụng khác nhau, mà không tách rời khỏi phạm vi của sáng chế. Thực tế, các tác giả sáng chế dự tính các phương án trong bản mô tả trong đó khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 được hướng vào bộ phận làm mát bay hơi kết hợp với chu kỳ tái tuần hoàn khí xả, như thường được mô tả trong đơn xin cấp patent Mỹ được nộp đồng thời có tiêu đề "Stoichiometric Combustion with Exhaust Gas Recirculation and Direct Contact Cooler," nội dung của đơn Mỹ này được kết hợp ở đây để tham khảo mà không mâu thuẫn với sáng chế. Như được mô tả ở đây, hệ thống tái tuần hoàn khí xả có thể gồm thiết bị khác nhau bất kỳ được lắp để cung cấp khí xả vào máy nén chính để phun vào buồng đốt.

Máy nén chính 104 có thể được tạo kết cấu để nhận và nén khí tái sinh được tạo áp trong đường dẫn 145 đến áp suất quy định bằng hoặc lớn hơn áp suất của buồng đốt 110, nhờ đó tạo ra khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144. Có thể được đánh giá cao, việc làm lạnh khí tái sinh được tạo áp trong đường dẫn 145 trong thiết bị làm mát thứ hai 136 sau khi nén trong máy nén tăng áp 142 có thể cho phép để lưu lượng khối thể tích tăng của khí xả vào máy nén chính 104. Do đó, điều này có thể làm giảm

lượng năng lượng cần để nén khí tái sinh được tạo áp trong đường dẫn 145 thành áp suất định trước.

Theo ít nhất một phương án, dòng làm sạch 146 có thể được thu hồi từ khí tái sinh được nén trong đường dẫn 144 và tiếp theo được xử lý trong máy tách CO₂ 148 để thu giữ CO₂ ở áp suất tăng cao qua đường dẫn 150. CO₂ được tách trong đường dẫn 150 có thể được sử dụng để bán, sử dụng trong các quy trình khác cần đến CO₂, và/hoặc được nén và phun vào bể chứa trên mặt đất để thu hồi dầu tăng cường (enhanced oil recovery- EOR), để cô lập, hoặc dành cho các mục đích khác. Do sự đốt cháy nhiên liệu về cơ bản theo hệ số tỷ lệ hoặc theo hệ số tỷ lệ trong đường dẫn 112 được kết hợp với áp suất được tăng áp từ máy nén tăng áp 142, áp suất riêng phần của CO₂ trong dòng làm sạch 146 có thể lớn hơn nhiều so với khí xả tuabin khí thông thường. Kết quả là, sự thu giữ cacbon trong máy tách CO₂ 148 có thể được tiến hành bằng cách sử dụng các quy trình tách năng lượng thấp, như sử dụng các dung môi cần ít năng lượng. Ít nhất một dung môi thích hợp là kali cacbonat (K₂CO₃) mà hấp thụ SO_x và/hoặc NO_x, và biến đổi chúng thành các hợp chất hữu ích, như kali sulfat (K₂SO₄), kali nitrat (KNO₃), và các loại phân bón đơn giản khác. Các hệ thống và phương pháp minh họa việc sử dụng kali cacbonat để thu giữ CO₂ có thể thấy trong đơn xin cấp patent Mỹ được nộp đồng thời có tiêu đề "Low Emission Triple-Cycle Power Generation Systems and Methods," nội dung của đơn Mỹ này được kết hợp để tham khảo mà không mâu thuẫn với sáng chế.

Dòng dư 151, gần như được tháo hết CO₂ và chủ yếu gồm nitơ, cũng có thể nhận được từ máy tách CO₂ 148. Theo một hoặc nhiều phương án, dòng dư 151 có thể được đưa vào máy giãn nở khí 152 để tạo ra năng lượng và khí được hạ áp giãn nở, hoặc khí xả, qua đường dẫn 156. Máy giãn nở khí 152 có thể, ví dụ, máy giãn nở khí nitơ tạo ra năng lượng. Như được mô tả ở đây, máy giãn nở khí 152 có thể tùy ý được ghép với máy nén dầu vào 118 thông qua trục chung 154 hoặc các liên kết cơ học, điện, hoặc liên kết năng lượng khác, nhờ đó cho phép một phần năng lượng được tạo ra bằng máy giãn nở khí 152 để dẫn động máy nén dầu vào 118. Tuy nhiên, trong khi khởi động hệ thống tạo ra năng lượng 100 và/hoặc trong khi hoạt động bình thường khi máy giãn nở khí 152 có khả năng cung cấp tất cả năng lượng cần thiết để hoạt động máy nén dầu vào 118, ít nhất một động cơ 158, như động cơ điện (theo một phương án khác có thể

sử dụng máy nén), có thể được sử dụng kết hợp với máy giãn nở khí 152. Ví dụ, động cơ 158 có thể được định cỡ thích hợp trong khi vận hành bình thường hệ thống tạo ra năng lượng 100, động cơ 158 có thể được tạo kết cấu để cấp năng lượng nằm trong khoảng ngắn từ máy giãn nở khí 152. Tuy nhiên, theo các phương án khác, máy giãn nở khí 152 có thể được sử dụng để tạo ra năng lượng cho các ứng dụng khác, và không nối trực tiếp với máy nén đầu vào 118. Ví dụ, gần như không có sự phù hợp giữa năng lượng được tạo ra bằng máy giãn nở khí 152 và các yêu cầu đối với máy nén đầu vào 118. Trong các trường hợp này, máy giãn nở khí 152 có thể được thích ứng để dẫn động máy nén nhỏ hơn (hoặc lớn hơn) (không được thể hiện) cần ít (hoặc nhiều) năng lượng hơn.

Khí hạ áp được giãn nở trong đường dẫn 156, chủ yếu gồm khí nitơ khô, có thể được xả từ máy giãn nở khí 152. Theo ít nhất một phương án, sự kết hợp của máy giãn nở khí 152, máy nén đầu vào 118, và máy tách CO₂ 148 có thể được mô tả dưới dạng chu trình Brayton mở, hoặc bộ phận sản xuất năng lượng thứ ba trong hệ thống tạo ra năng lượng 100. Các hệ thống và phương pháp minh họa sự giãn khí nitơ trong dòng dư 151, và các biến thể của chúng, có thể được tìm thấy trong đơn xin cấp patent Mỹ được nộp đồng thời có tiêu đề "Low Emission Triple-Cycle Power Generation Systems and Methods," nội dung của đơn Mỹ này được kết hợp để tham khảo mà không mâu thuẫn với sáng chế.

Đề cập đến FIG. 2 mô tả sơ đồ khác của hệ thống tích hợp 200 để tạo ra năng lượng và thu hồi CO₂ bằng cách sử dụng sự lắp đặt chu trình hỗn hợp, theo một hoặc nhiều phương án. Hệ thống tích hợp 200 trên FIG.2 gần như giống với hệ thống tạo ra năng lượng 100 trên FIG. 1 và do đó sẽ được thảo luận chi tiết trong đó các chi tiết giống nhau tương ứng có các chỉ số giống nhau. Tuy nhiên, hệ thống tích hợp 200 trên FIG.2 có thể thay thế máy giãn nở khí 152 trong hệ thống tạo ra năng lượng 100 bằng máy nén phía sau 158 được tạo kết cấu để nén dòng dư 151 và tạo ra khí xả được nén qua đường dẫn 160. Theo một hoặc nhiều phương án, khí xả được nén trong đường dẫn 160 có thể thích hợp để phun vào bể chứa trong các ứng dụng duy trì áp suất. Trong các ứng dụng tại đó khí metan thường được phun lại vào các giếng hydrocarbon để duy trì áp suất của giếng, thuận lợi để nén dòng dư 151. Ví dụ, khí nitơ được tạo áp trong đường dẫn 160 thay vì được phun vào các giếng hydrocarbon và khí metan dư

bất kỳ có thể được bán hoặc nói cách khác được sử dụng làm nhiên liệu trong các ứng dụng có liên quan, như cung cấp nhiên liệu trong đường dẫn 112.

Đề cập đến FIG. 3, FIG. 3 mô tả sơ đồ khác của hệ thống tích hợp 300 để minh họa tạo ra năng lượng và thu hồi CO₂ bằng cách sử dụng sự lắp đặt chu trình hỗn hợp, theo một hoặc nhiều phương án. Hệ thống tích hợp 300 trên FIG. 3 về cơ bản giống với các hệ thống tạo ra năng lượng 100 và hệ thống tích hợp 200 tương ứng trên các FIG. 1 và FIG. 2, và do đó sẽ được thảo luận chi tiết trong đó các chi tiết giống nhau tương ứng có các chỉ số giống nhau. Như được mô tả, hệ thống tích hợp 300 có thể được đặc trưng là cách bố trí tổ hợp của máy giãn nở khí tạo ra năng lượng 152 như được thảo luận đối với FIG. 1, và máy nén phía sau 158 duy trì áp suất như được thảo luận đối với FIG. 2. Theo một hoặc nhiều phương án, dòng dư 151 có thể được tách, nhờ đó hướng phần thứ nhất của dòng dư 151 vào máy giãn nở khí 152, và đồng thời hướng phần thứ hai của dòng dư 151 vào máy nén phía sau 158 qua đường dẫn 162. Theo ít nhất một phương án, lưu lượng khối thể tích tương ứng của các phần thứ nhất và thứ hai có thể được thao tác để tạo ra lượng định trước và/hoặc mong muốn của dòng dư 151 vào vị trí có thể thu được lượng lớn nhất.

Bằng cách sử dụng không khí giàu ôxy làm chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114 và tạo áp khí xả trong máy nén tăng áp 142, hệ thống tạo ra năng lượng 100 có thể đạt được nồng độ CO₂ cao hơn trong khí xả, nhờ đó cho phép tách và thu giữ CO₂ hiệu quả hơn. Các phương án được bộc lộ trong bản mô tả có thể làm tăng hiệu quả nồng độ của CO₂ trong khí xả trong đường dẫn 116 đến nồng độ CO₂ nằm trong khoảng từ khoảng 10% theo trọng lượng đến khoảng 20% theo trọng lượng. Để đạt được nồng độ CO₂ như trên, buồng đốt 110 có thể được thích ứng để đốt cháy theo hệ số tỷ lệ hoặc về cơ bản theo hệ số tỷ lệ hỗn hợp nhiên liệu đi vào trong đường dẫn 112 và chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114, trong đó chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114 bao gồm không khí giàu ôxy có nồng độ ôxy tổng bằng khoảng 30% theo trọng lượng, khoảng 35% theo trọng lượng, khoảng 40% theo trọng lượng, khoảng 45% theo trọng lượng, hoặc khoảng 50% theo trọng lượng.

Để làm giảm nhiệt độ đốt cháy theo hệ số tỷ lệ và phù hợp với nhiệt độ đầu vào của máy giãn nở 106 và các yêu cầu làm mát bộ phận, một phần khí xả có hàm lượng CO₂ tăng cao nhận được từ khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144 có thể

được phun vào buồng đốt 110 dưới dạng chất pha loãng. Do đó, các phương án của sáng chế có thể gần như loại bỏ ôxy dư khỏi khí xả trong đường dẫn 116 trong khi cũng làm tăng nồng độ CO₂ của nó đến khoảng 20% theo trọng lượng. Điều này được hiểu theo cách thông thường, dòng xả dạng khí trong đường dẫn 122 có thể có ôxy với lượng ít hơn khoảng 3,0% theo trọng lượng, hoặc ít hơn khoảng 1,0% theo trọng lượng, hoặc ít hơn khoảng 0,1% theo trọng lượng, hoặc ngay cả nhỏ hơn khoảng 0,001% theo trọng lượng.

Ít nhất một ưu điểm khi có nồng độ CO₂ tăng cao là ưu điểm về máy giãn nở 106 có thể được vận hành với tỷ lệ giãn nở cao hơn đối với nhiệt độ xả và nhiệt độ đầu vào bằng nhau, và nhờ đó tạo ra năng lượng tăng cao. Do công suất nhiệt của CO₂ cao hơn tương ứng với nitơ được tìm thấy trong không khí xung quanh. Theo một hoặc nhiều phương án, tỷ lệ giãn nở của máy giãn nở 106 có thể tăng lên từ khoảng 17,0 đến khoảng 20,0 lần lượt tương ứng với khoảng 10% theo trọng lượng và khoảng 20% theo trọng lượng của dòng tái sinh CO₂. Các phương án sử dụng không khí giàu ôxy có ôxy với lượng khoảng 35% theo trọng lượng có thể được sử dụng để đạt được khoảng 20% theo trọng lượng trong dòng tái sinh CO₂.

Các ưu điểm khác có được khi nồng độ CO₂ tăng cao trong khí tái sinh bao gồm nồng độ đã tăng của CO₂ trong dòng làm sạch 146 được chiết được sử dụng để tách CO₂. Do nồng độ của CO₂ đã tăng, nên dòng làm sạch 146 không cần phải lớn để chiết các lượng CO₂ cần thiết. Ví dụ, thiết bị điều khiển quá trình chiết để tách CO₂ có thể nhỏ hơn, gồm hệ thống ống dẫn, bộ trao đổi nhiệt, van, tháp hấp thụ của nó, v.v.. Ngoài ra, nồng độ CO₂ đã tăng có thể cải thiện hiệu suất của kỹ thuật loại bỏ CO₂, bao gồm việc sử dụng các quy trình tách năng lượng thấp, như sử dụng các dung môi cần ít năng lượng. Do đó, kinh phí chủ yếu để thu giữ CO₂ có thể bị giảm đáng kể.

Các ví dụ minh họa về vận hành của hệ thống tạo ra năng lượng 100 sẽ được thảo luận dưới đây. Điều này sẽ được đánh giá cao do nhiệt độ và áp suất đặc trưng đạt được hoặc thử nghiệm trong các bộ phận khác nhau theo các phương án bất kỳ được bộc lộ trong bản mô tả có thể thay đổi phụ thuộc vào các yếu tố khác, độ tinh khiết của chất ôxy hóa được sử dụng và/hoặc tạo thành đặc trưng và/hoặc các kiểu máy giãn nở, máy nén, thiết bị làm mát, v.v.. Do đó, sẽ rõ ràng với dữ liệu cụ thể được mô tả chỉ với các mục đích minh họa và không nên hiểu chỉ như cách giải thích của chúng. Theo

một phương án, máy nén đầu vào 118 có thể tạo ra chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114 tại áp suất nằm trong khoảng từ 280psia (1955733Pa) và khoảng 300psia (2068428Pa). Tuy nhiên, điều này cũng được dự tính trong bản mô tả, về kỹ thuật tuabin khí phát sinh khí, có thể sản xuất và tiêu thụ áp suất lên đến khoảng 750psia (5171070Pa) và lớn hơn.

Máy nén chính 104 có thể được tạo kết cấu để tái sinh và nén khí xả được tái sinh thành khí tái sinh được nén trong đường dẫn 144 ở áp suất quy định cao hơn hoặc bằng áp suất buồng đốt 110, và sử dụng một phần khí xả được tái sinh làm chất pha loãng trong buồng đốt 110. Do lượng chất pha loãng cần trong buồng đốt 110 có thể phụ thuộc vào độ tinh khiết của chất ôxy hóa được sử dụng để đốt cháy theo hệ số tỷ lệ lượng hoặc mô hình hoặc thiết kế đặc biệt của máy giãn nở 106, vòng cặp nhiệt điện và/hoặc cảm biến ôxy (không được thể hiện) có thể được bố trí phía ngoài máy giãn nở 106. Khi hoạt động, các cặp nhiệt điện và cảm biến có thể được thích ứng để điều chỉnh và xác định thể tích của khí xả cần đến dưới dạng chất pha loãng cần thiết để làm mát các sản phẩm cháy đến nhiệt độ đầu vào của máy giãn nở yêu cầu, và cũng điều chỉnh lượng chất ôxy hóa được phun vào buồng đốt 110. Do đó, để đáp ứng các yêu cầu về nhiệt độ được phát hiện bởi các cặp nhiệt điện và mức ôxy được phát hiện bởi cảm biến ôxy, lưu lượng khối thể tích của khí tái sinh được nén trong đường dẫn 144 và chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114 có thể được thao tác hoặc điều khiển để phù hợp với các yêu cầu. Các phương án minh họa và các phần mô tả chi tiết hơn về hệ thống và phương pháp kiểm soát khí xả được sản xuất bằng cách đốt cháy nhiên liệu có thể được nhận thấy trong đơn xin cấp patent Mỹ được nộp đồng thời có tiêu đề "Systems and Methods for Controlling Combustion of a Fuel," nội dung của đơn Mỹ này được kết hợp bằng cách tham khảo mà không mâu thuẫn với sáng chế.

Theo ít nhất một phương án, sự giảm áp suất nằm trong khoảng từ 12psia (82737Pa) đến 13psia (89632Pa) có thể đi qua buồng đốt 110 trong khi đốt cháy theo hệ số tỷ lệ lượng hoặc về cơ bản theo hệ số tỷ lệ lượng. Sự đốt cháy nhiên liệu trong đường dẫn 112 và chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114 có thể tạo ra nhiệt độ nằm trong khoảng 2000°F (1093,3°C) và khoảng 3000°F (1648,9°C) và áp suất nằm trong khoảng từ 250psia (1723690Pa) đến khoảng 300psia (2068428Pa). Như được mô tả ở trên, do lưu lượng khối tăng và nhiệt dung đặc trưng cao hơn của khí xả giàu CO₂ nhận

được từ khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144, tỷ lệ áp suất cao hơn có thể đạt được qua máy giãn nở 106, nhờ đó cho phép nhiệt độ đầu vào cao hơn và năng lượng của máy giãn nở 106 tăng cao.

Khí xả dạng khí trong đường dẫn 122 tồn tại trong máy giãn nở 106 có thể thể hiện áp suất bằng hoặc gần bằng áp suất của môi trường xung quanh. Theo ít nhất một phương án, khí xả dạng khí trong đường dẫn 122 có thể có áp suất nằm trong khoảng từ 13psia (89632Pa) đến 17psia (117211Pa). Nhiệt độ của khí xả dạng khí trong đường dẫn 122 có thể nằm trong khoảng từ khoảng 1225°F (662,78°C) đến khoảng 1275°F (690,56°C) trước khi đi qua HRSG 126 để tạo ra dòng trong đường dẫn 130 và khí xả được làm mát trong đường dẫn 132. Theo một hoặc nhiều phương án, bộ phận làm mát thứ nhất 134 có thể làm giảm nhiệt độ của khí xả được làm mát trong đường dẫn 132 nhờ đó tạo ra dòng khí tái sinh được làm mát 140 có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 32°F (0°C) và khoảng 120°F (48,89°C). Điều này có thể được đánh giá cao do nhiệt độ này có thể dao động gần như phụ thuộc vào nhiệt độ bầu cảm ẩm trong các mùa đặc trưng tại các địa điểm đặc biệt quanh trái đất.

Theo một hoặc nhiều phương án, máy nén tăng áp 142 có thể được tạo kết cấu để làm tăng áp suất của dòng khí tái sinh được làm mát 140 đến áp suất nằm trong khoảng từ 17psia (117211Pa) đến khoảng 21psia (144790Pa). Kết quả là, máy nén chính 104 cuối cùng nhận và nén khí xả tái sinh có tỷ trọng cao hơn và lưu lượng khối tăng cao, nhờ đó cho phép áp suất xả gần như cao hơn trong khi duy trì tỷ lệ áp suất bằng hoặc tương tự. Để làm tăng thêm tỷ trọng và lưu lượng khối của khí xả tái sinh, khí tái sinh được gây áp lực trong đường dẫn 145 được xả từ máy nén tăng áp 142 sau đó có thể được làm mát thêm trong bộ phận làm mát thứ hai 136. Theo một hoặc nhiều phương án, bộ phận làm mát thứ hai 136 có thể được tạo kết cấu để làm giảm nhiệt độ của khí tái sinh được gây áp lực trong đường dẫn 145 đến nhiệt độ bằng khoảng 105°F (40,56°C) trước khi hướng vào máy nén chính 104.

Theo ít nhất một phương án, nhiệt độ của khí xả tái sinh được nén trong đường dẫn 144 được xả từ máy nén chính 104, và tiếp đó nhiệt độ của dòng làm sạch 146, có thể bằng khoảng 800°F (426,67°C), với áp suất bằng khoảng 280psia (1930533Pa). Việc bổ sung vào máy nén tăng áp 142 và sự cháy theo hệ số tỷ lệ không khí giàu oxy có thể làm tăng áp suất cân bằng CO₂ trong dòng làm sạch 146, có thể tạo ra hiệu

suất xử lý dung môi được cải thiện trong máy tách CO₂ 148 do áp suất riêng phần của CO₂ cao hơn.

Các phương án của sáng chế có thể được mô tả thêm bằng ví dụ được mô phỏng dưới đây. Mặc dù ví dụ mô phỏng hướng tới một phương án cụ thể, nhưng chúng không được xem là giới hạn sáng chế theo khía cạnh cụ thể bất kỳ.

Để minh họa hiệu suất cao hơn sử dụng không khí giàu oxy dưới dạng chất oxy hóa được nén trong đường dẫn 114, hệ thống tạo ra năng lượng 100 được mô phỏng bằng cách sử dụng không khí tiêu chuẩn và tiếp đó sử dụng không khí giàu oxy có nồng độ oxy bằng khoảng 35% theo trọng lượng đối với hệ thống tuabin khí 102 tương tự dưới các điều kiện môi trường xung quanh tương tự. Bảng dưới đây đề xuất các kết quả thử nghiệm này và các đánh giá về hiệu suất.

Bảng 1

So sánh hiệu suất ba chu trình		
Công suất (MW)	Chu trình với không khí	Chu trình với không khí giàu oxy
Công suất của máy giãn nở tuabin khí	1234	1386
Máy nén chính	511	561
Máy nén quạt và máy nén tăng áp	18	20
Máy nén đầu vào	251	176
Công suất nén tổng	780	757
Công suất của tuabin khí thực	444	616
Công suất thực của tuabin hơi nước	280	316
Công suất thực của cơ cấu tiêu chuẩn	724	931
Các tổn thất phụ	16	18
Công suất của máy giãn nở khí nitơ	181	109
Công suất chu trình hỗn hợp	889	1022
Hiệu suất của chu trình hỗn hợp (%l _{h_v})	55,6	56,4

Nhận thấy rõ từ bảng 1, các phương án gồm không khí giàu ôxy là chất ôxy hóa được nén trong đường dẫn 114 có thể dẫn đến làm tăng công suất trong máy giãn nở 106, do tỷ lệ áp suất giãn nở tăng và lưu lượng khối tăng bởi máy giãn nở 106. Hơn nữa, trong khi máy nén chính 104 có thể cần đến năng lượng cao hơn một chút, một phần phát sinh do sự loại bỏ một phần thành phần N_2 khỏi không khí, phần lớn hơn bởi năng lượng nén không khí giảm trong máy nén đầu vào 118, nhờ đó tạo ra sự giảm năng lượng nén tổng cần thiết. Điều này được đánh giá cao do dòng khí giảm một lượng ôxy tương tự, máy nén đầu vào 118 có thể thể hiện sự giảm đáng kể năng lượng của máy nén cần thiết. Quan trọng là, bảng 1 thể hiện sự tăng đáng kể công suất năng lượng chu trình hỗn hợp phản ánh sự tăng lên khoảng 1,0% hiệu suất của chu trình hỗn hợp.

Phần mô tả trên đây đưa ra các phương án khác nhau và các dạng thay thế khác nhau, các phương án ví dụ được thảo luận trên đây chỉ nhằm mục đích minh họa. Tuy nhiên, cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn bởi các phương án cụ thể được bộc lộ trong bản mô tả này. Thật vậy, sáng chế bao gồm các thay thế và cải biến và tương đương có thể được thực hiện mà không nằm ngoài phạm vi sáng chế như được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống tuabin khí, hệ thống này bao gồm:

khí xả tái sinh có nồng độ ôxy nhỏ hơn 1% theo trọng lượng;

máy nén thứ nhất được tạo kết cấu để nhận và nén khí xả tái sinh thành khí xả tái sinh được nén;

máy nén thứ hai được tạo kết cấu để nhận và nén không khí giàu ôxy để tạo ra chất ôxy hóa được nén;

buồng đốt có thể được tạo kết cấu để nhận riêng rẽ khí xả tái sinh được nén và chất ôxy hóa được nén và để đốt cháy theo hệ số tỷ lệ dòng nhiên liệu, trong đó khí xả tái sinh được nén đóng vai trò làm chất pha loãng để làm giảm nhiệt độ đốt cháy; và

máy giãn nở được ghép với máy nén thứ nhất và được tạo kết cấu để nhận dòng xả từ buồng đốt để tạo ra khí xả tái sinh và dẫn động ít nhất một phần máy nén thứ nhất.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó không khí giàu ôxy có nồng độ ôxy nằm trong khoảng từ khoảng 30% theo trọng lượng đến khoảng 50% theo trọng lượng.

3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó không khí giàu ôxy được trộn với không khí khí quyển để thu được nồng độ ôxy nằm trong khoảng từ khoảng 30% theo trọng lượng đến khoảng 50% theo trọng lượng.

4. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó không khí giàu ôxy thu được từ quá trình tách màng, quá trình hấp phụ chuyển đổi áp suất, quá trình hấp phụ chuyển đổi nhiệt, và sự kết hợp bất kỳ của chúng.

5. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó không khí giàu ôxy thu được từ dòng thải của bộ phận tách khí.

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó dòng thải có nồng độ ôxy nằm trong khoảng từ khoảng 50% theo trọng lượng đến khoảng 70% theo trọng lượng.

7. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó khí xả tái sinh có nồng độ CO₂ nằm trong khoảng từ khoảng 10% theo trọng lượng đến khoảng 20% theo trọng lượng.

8. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó dòng nhiên liệu được chọn từ nhóm bao gồm: khí tự nhiên, metan, naphta, butan, prôpan, khí đốt tổng hợp, diesel, dầu hỏa, nhiên liệu máy bay, nhiên liệu có nguồn gốc từ than đá, nhiên liệu sinh học, nguyên liệu cấp hydrocacbon được ôxy hóa, và sự kết hợp bất kỳ của chúng.

9. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, hệ thống này còn bao gồm dòng làm sạch được lấy từ khí xả tái sinh được nén và được xử lý trong máy tách CO₂ để tạo ra dòng CO₂ và dòng dư về cơ bản chứa khí nitơ.

10. Phương pháp tạo ra năng lượng, phương pháp này bao gồm các bước:

nén khí xả tái sinh trong máy nén chính để tạo ra khí xả tái sinh được nén;
nén không khí giàu ôxy trong máy nén đầu vào để tạo ra chất ôxy hóa được nén;

phân phối riêng rẽ khí xả tái sinh được nén và chất ôxy hóa được nén vào buồng đốt;

đốt cháy theo hệ số tỷ lượng chất ôxy hóa được nén và nhiên liệu trong buồng đốt và với sự có mặt của khí xả tái sinh được nén, nhờ đó tạo ra dòng xả, trong đó khí xả tái sinh được nén đóng vai trò làm chất pha loãng được định hình để làm giảm nhiệt độ của dòng xả; và

giãn nở dòng xả trong máy giãn nở để dẫn động ít nhất một phần máy nén chính và tạo ra khí xả tái sinh với nồng độ ôxy nhỏ hơn 1% theo trọng lượng và dẫn động ít nhất một phần máy nén chính.

11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó không khí giàu ôxy có nồng độ ôxy nằm trong khoảng từ khoảng 30% theo trọng lượng đến khoảng 50% theo trọng lượng.

12. Phương pháp theo điểm 11, phương pháp này còn bao gồm bước trộn không khí giàu ôxy với không khí khí quyển để thu được nồng độ ôxy nằm trong khoảng từ khoảng 30% theo trọng lượng đến khoảng 50% theo trọng lượng.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 12, trong đó khí xả tái sinh có nồng độ CO₂ nằm trong khoảng từ khoảng 10% theo trọng lượng đến khoảng 20% theo trọng lượng.

14. Phương pháp theo điểm 10, trong đó không khí giàu ôxy thu được từ dòng thải của bộ phận tách khí, dòng thải có nồng độ ôxy nằm trong khoảng từ khoảng 50% theo trọng lượng đến khoảng 70% theo trọng lượng.

15. Hệ thống tích hợp, hệ thống này bao gồm:

hệ thống tuabin khí, hệ thống tuabin khí bao gồm:

máy nén thứ nhất được tạo kết cấu để nhận và nén khí xả tái sinh thành khí xả tái sinh được nén; khí xả tái sinh có nồng độ ôxy nhỏ hơn khoảng 1% theo trọng lượng;

máy nén thứ hai được tạo kết cấu để nhận và nén không khí giàu ôxy để tạo ra chất ôxy hóa được nén, không khí giàu ôxy có nồng độ ôxy nằm trong khoảng từ khoảng 30% theo trọng lượng đến khoảng 50% theo trọng lượng;

buồng đốt được tạo kết cấu để nhận riêng rẽ khí xả tái sinh được nén và chất ôxy hóa được nén và để đốt cháy theo hệ số tỷ lệ dòng nhiên liệu, trong đó khí xả tái sinh được nén đảm nhiệm vai trò làm chất pha loãng để làm giảm nhiệt độ đốt cháy; và

máy giãn nở được ghép với máy nén thứ nhất và được tạo kết cấu để nhận dòng xả từ buồng đốt để tạo ra khí xả tái sinh và dẫn động ít nhất một phần máy nén thứ nhất; và

hệ thống tái tuần hoàn khí xả, hệ thống này bao gồm:

máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt có thể được nối thông với tuabin khí hơi nước, máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt được tạo kết cấu để nhận khí xả tái sinh từ máy giãn nở để tạo ra hơi nước mà tạo ra năng lượng điện trong máy phát điện hơi nước;

một hoặc nhiều bộ phận làm mát được tạo kết cấu để làm mát khí xả tái sinh nhận được từ máy phát điện hơi nước thu hồi nhiệt và loại bỏ nước ngưng tụ khỏi khí xả được tái sinh; và

máy nén tăng áp được tạo kết cấu để tăng áp suất của khí xả tái sinh trước khi phun vào máy nén thứ nhất để cung cấp khí xả tái sinh được nén.

16. Hệ thống theo điểm 15, trong đó máy nén tăng áp làm tăng áp suất của dòng khí xả tái sinh đến áp suất nằm trong khoảng từ khoảng 17psia (117211Pa) đến khoảng 21psia (144790Pa).
17. Hệ thống theo điểm 15 hoặc 16, trong đó khí xả tái sinh có nồng độ CO₂ nằm trong khoảng từ khoảng 15% theo trọng lượng đến khoảng 20% theo trọng lượng.
18. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 17, trong đó không khí giàu oxy được trộn với không khí khí quyển để thu được nồng độ oxy nằm trong khoảng từ khoảng 30% theo trọng lượng đến khoảng 50% theo trọng lượng.
19. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 18, trong đó không khí giàu oxy thu được từ quá trình tách màng, quá trình hấp phụ chuyển đổi áp suất, quá trình hấp phụ chuyển đổi nhiệt, và bộ phận tách khí, và sự kết hợp bất kỳ của chúng.
20. Hệ thống theo điểm 19, trong đó bộ phận tách khí có dòng thải với nồng độ oxy nằm trong khoảng từ khoảng 50% theo trọng lượng đến khoảng 70% theo trọng lượng, dòng thải về cơ bản cung cấp không khí giàu oxy.

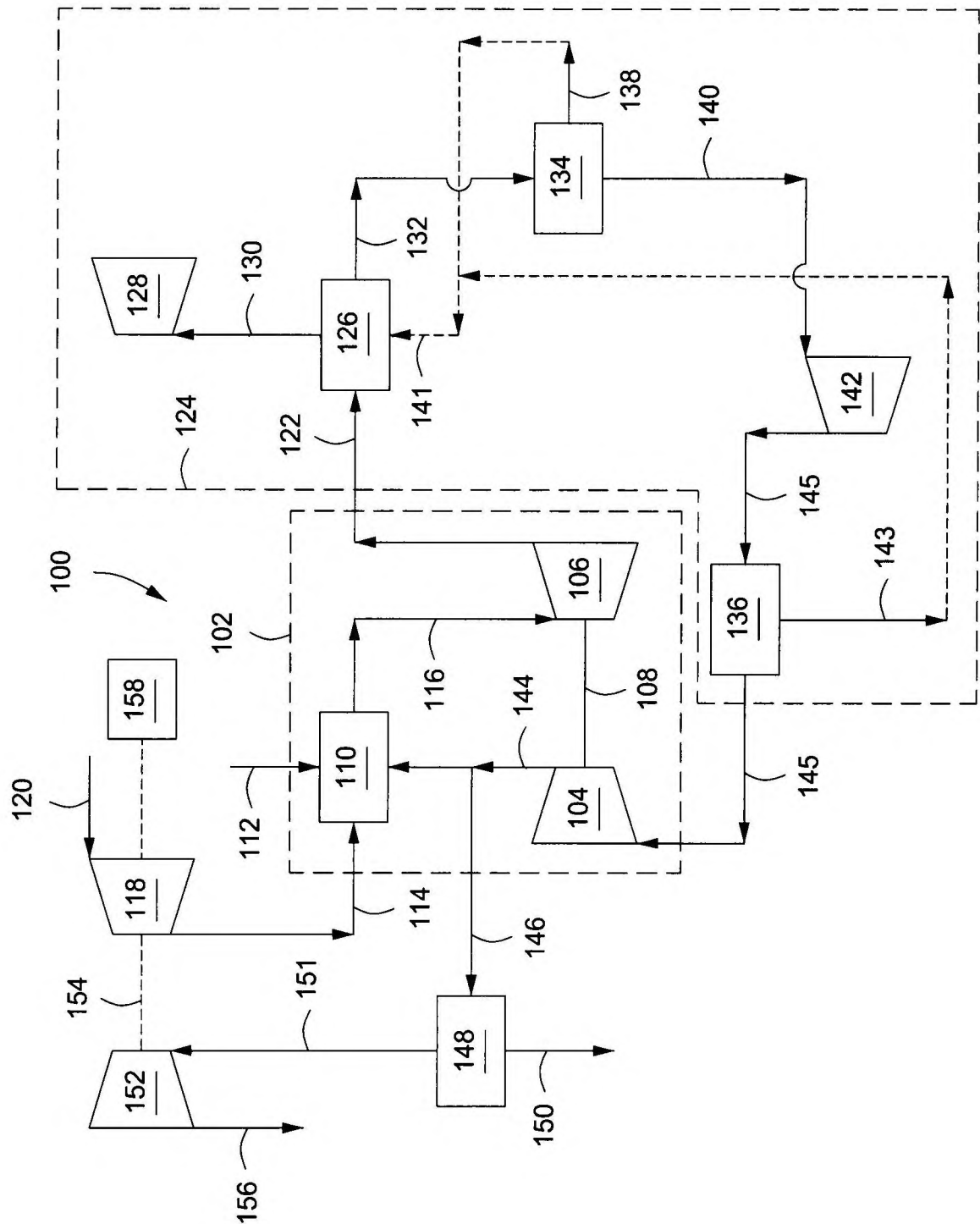


FIG. 1

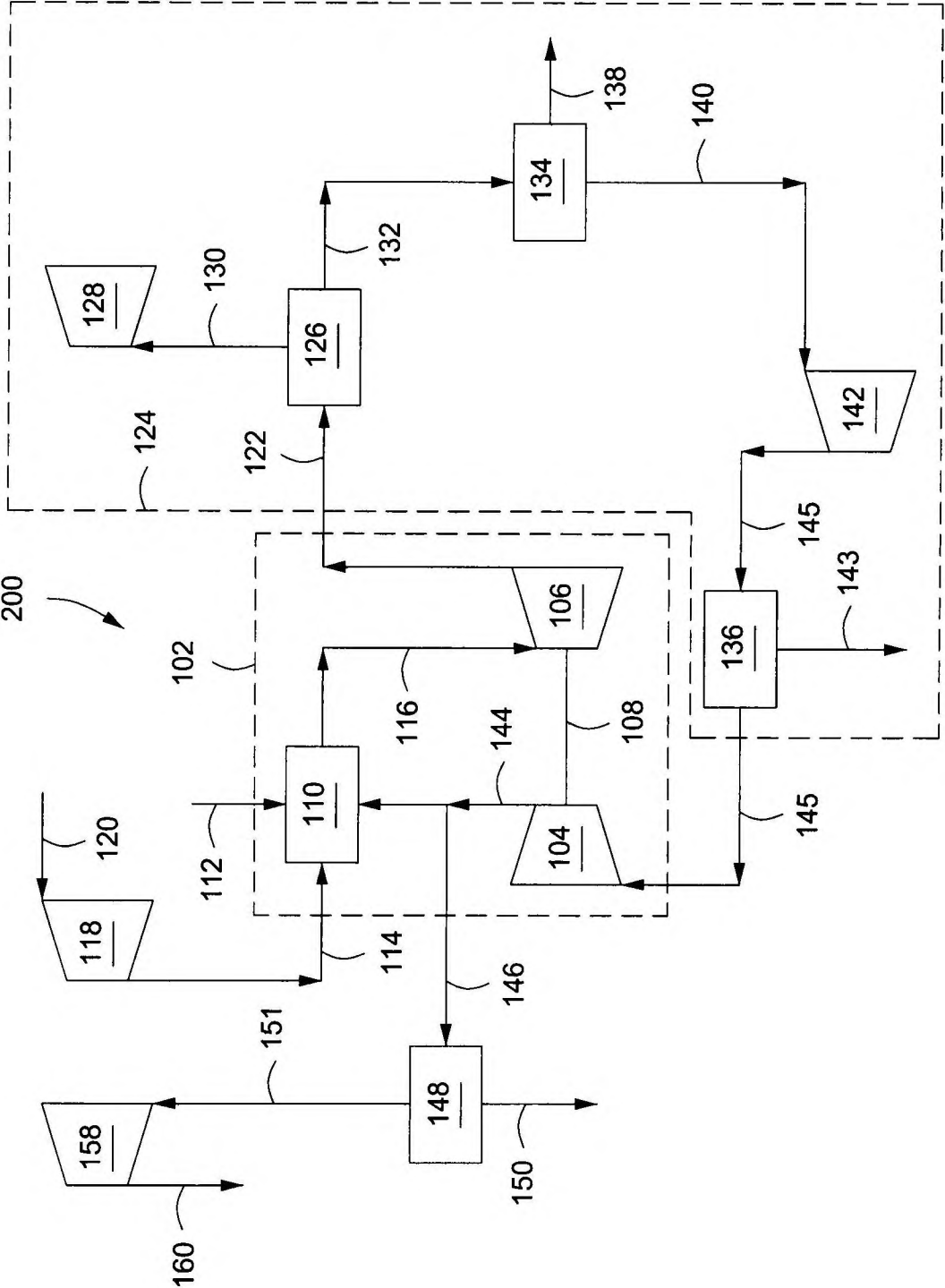


FIG. 2

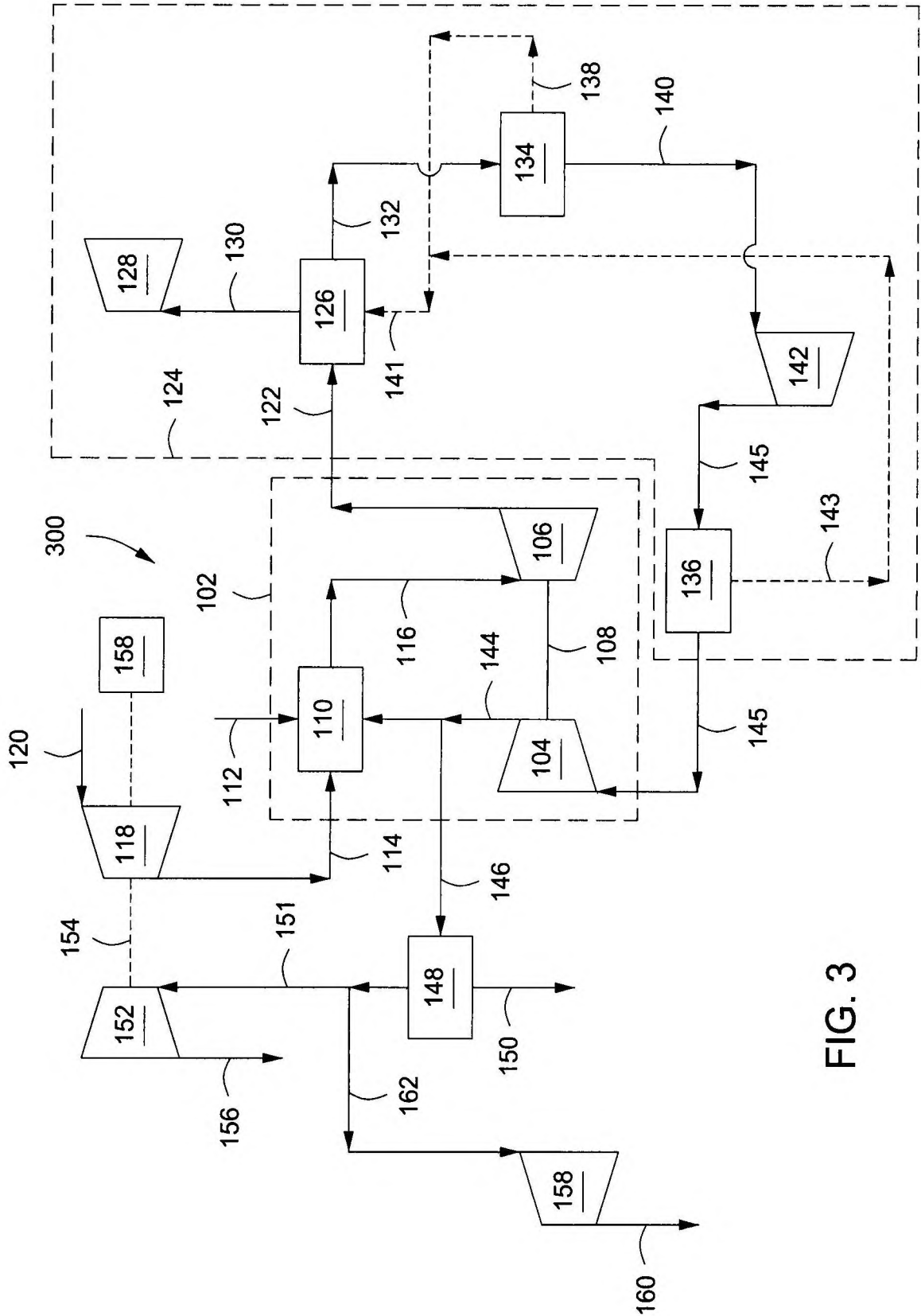


FIG. 3