



(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)



1-0031224

(51)⁸ F02C 3/22; F02C 3/34

(13) B

(21) 1-2018-00153

(22) 13/06/2016

(86) PCT/US2016/037192 13/06/2016

(87) WO/2016/205116 22/12/2016

(30) 62/175,886 15/06/2015 US

(45) 25/02/2022 407

(43) 26/03/2018 360A

(73) 8 RIVERS CAPITAL, LLC (US)

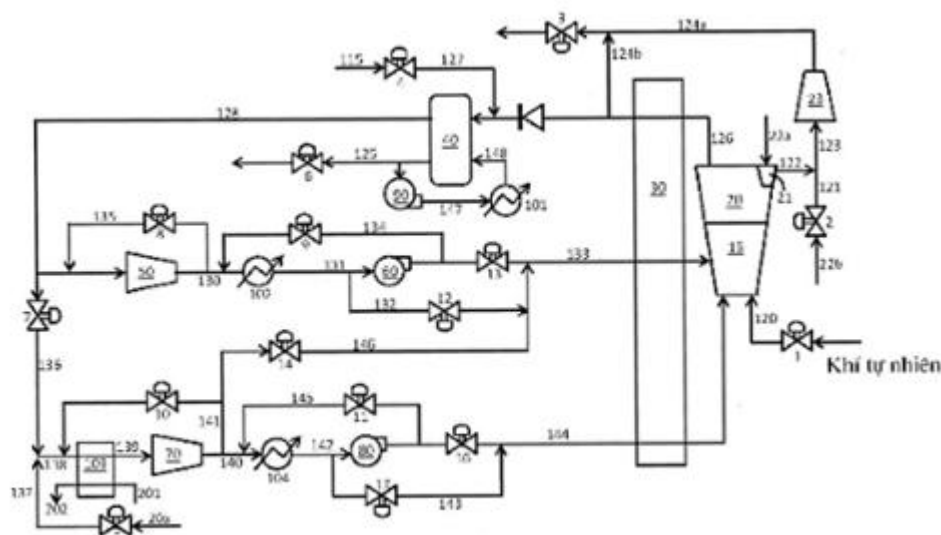
406 Blackwell Street, 4th Floor, Durham, North Carolina 27701, United States of America

(72) Jeremy Eron FETVEDT (US); Brock Alan FORREST (US).

(74) Công ty cổ phần tư vấn Trung Thực (TRUNG THUC.,JSC)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP KHỞI ĐỘNG MÁY PHÁT ĐIỆN

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp phát điện bằng cách sử dụng chủ yếu CO₂ làm chất lưu công tác. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến kết cấu cụ thể để khởi động hệ thống phát điện nhờ buồng đốt có thể được môi trước khi tuabin được vận hành ở tốc độ đủ cao để dẫn động máy nén trên trục chung theo các điều kiện mà nhờ đó dòng CO₂ tái chế có thể được cấp vào buồng đốt ở thể tích dòng và áp suất dòng thích hợp. Theo một số phương án, đường ống nhánh có thể được sử dụng để cấp chất oxy hóa bổ sung thay cho dòng CO₂ tái chế.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến máy phát điện. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến kết cấu hệ thống và phương pháp khởi động máy phát điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống và phương pháp đã được biết để tạo ra năng lượng (ví dụ, điện năng) thông qua việc đốt nhiên liệu. Ví dụ, bằng sáng chế Mỹ số 8.596.075 cấp cho Allam và các đồng tác giả, mà nội dung của nó được đưa vào đây bằng cách viện dẫn, đề xuất các chu trình đốt trong đó CO₂ được dùng làm chất lưu công tác và tất cả CO₂ tạo ra từ việc đốt có thể được thu giữ (ví dụ, để càn hóa hoặc để sử dụng vào việc khác). Cụ thể hơn, các hệ thống này có lợi từ lợi ích đã được nhận biết trong việc làm nóng dòng CO₂ tái chế trong bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt bằng cách sử dụng nhiệt từ đầu xả tuabin nóng cũng như bổ sung thêm nhiệt từ nguồn khác với đầu xả tuabin.

Mặc dù các hệ thống và phương pháp tạo năng lượng này có thể cho thấy các đặc tính mong muốn, song các điều kiện vận hành của các hệ thống này không thể giải thích cho các yêu cầu nhất định trong các giai đoạn vận hành cụ thể. Cụ thể hơn, sự tính toán đặc biệt có thể được đòi hỏi đối với các điều kiện vận hành khi khởi động máy phát điện mà không thể được bao hàm bởi các điều kiện vận hành tổng thể của máy phát điện ở chế độ sản xuất đầy đủ. Do vậy, có nhu cầu đối với các kết cấu mà có thể được áp dụng cho các máy phát điện mà có thể khởi động có hiệu quả và cho phép chuyển đổi có hiệu quả đối với các kết cấu vận hành thông thường ở thời điểm thích hợp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất kết cấu mà có thể được áp dụng cho máy phát điện khiến cho việc khởi động nhà máy có thể diễn ra dưới tập hợp điều kiện rộng hơn mà đáng nhẽ có thể khả thi. Cụ thể hơn, sáng chế cho phép khởi động chu trình đốt máy phát điện với việc môi buồng đốt ở tốc độ thấp hơn tốc độ ngưỡng của tuabin cần phải có.

Theo một số phương án, sáng chế đề cập đến việc khởi động máy phát điện bằng cách thực hiện chu trình đốt trong đó CO₂ được dùng làm chất lưu công tác và trong đó CO₂ được tạo ra trong quá trình đốt có thể được thu giữ. Các ví dụ về hệ thống và

phương pháp phát điện theo các điều kiện này đã được đề xuất trong các bằng sáng chế Mỹ số 8.596.075 cấp cho Allam và các đồng tác giả, 8.776.532 cấp cho Allam và các đồng tác giả, 8.869.889 cấp cho Palmer và các đồng tác giả, 8.959.887 cấp cho Allam và các đồng tác giả, và 8.986.002 cấp cho Palmer và các đồng tác giả, cũng như các công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Mỹ số 2012/0067056 của Palmer và các đồng tác giả, 2012/0237881 của Allam và các đồng tác giả, 2013/0104525 của Allam và các đồng tác giả, và 2013/0118145 của Palmer và các đồng tác giả, toàn bộ nội dung của các tài liệu này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn. Các sự kết hợp bất kỳ giữa các bước của quy trình và các bộ phận của hệ thống có thể được sử dụng trong các phương pháp và hệ thống do sáng chế đề xuất.

Ví dụ, theo một số phương án, việc phát điện có thể thực hiện được bằng cách sử dụng hệ thống có chu trình khép kín hoặc hệ thống có chu trình khép kín một phần trong đó CO_2 được dùng làm chất lưu công tác. Trong các hệ thống này, nhiên liệu hóa thạch hoặc nhiên liệu có nguồn gốc từ nhiên liệu hóa thạch (ví dụ, khí tổng hợp có nguồn gốc từ than hoặc nhiên liệu rắn chứa cacbon khác) được đốt một cách hoàn toàn trong buồng đốt bằng chất oxy hóa (ví dụ, oxy) để đem lại dòng oxy hóa chủ yếu bao gồm CO_2 , H_2O , O_2 dư, và lượng tạp chất có nguồn gốc từ các thành phần đã được oxy hóa trong nhiên liệu hoặc chất oxy hóa, như SO_2 , NO_x , Hg, và HCl. Oxy có thể được trộn với CO_2 . Theo ví dụ không mang tính giới hạn, nồng độ mol của O_2 trong dòng O_2/CO_2 kết hợp có thể nằm trong khoảng từ 10% đến 50%, nằm trong khoảng từ 15% đến 40%, hoặc nằm trong khoảng từ 20% đến 30%. Các nhiên liệu rắn hóa thạch, như than, than non, hoặc cốc dầu mỏ, mà chứa tro không cháy được có thể được chuyển đổi thành nhiên liệu khí bằng cách oxy hóa một phần trong hệ thống một giai đoạn hoặc hệ thống nhiều giai đoạn. Ví dụ, hệ thống này có thể bao gồm lò phản ứng oxy hóa một phần. Theo cách khác, ví dụ, hệ thống này có thể bao gồm lò phản ứng oxy hóa một phần và hệ thống loại bỏ thành phần vô cơ bay hơi và tro. Các hệ thống này còn bao gồm việc đốt khí nhiên liệu với oxy trong buồng đốt của hệ thống phát điện. Dòng CO_2 tái chế đã được làm nóng trước được trộn trong buồng đốt với các sản phẩm đốt trong khí nhiên liệu được tạo ra. Buồng đốt bất kỳ được làm phù hợp để vận hành ở các điều kiện được mô tả ở phần khác trong bản mô tả này có thể được sử dụng, và dòng CO_2 tái chế có thể được đưa vào buồng đốt nhờ phương tiện bất kỳ để được làm nóng tiếp nhờ việc đốt và, nếu muốn, được tôi và nhờ đó kiểm soát nhiệt độ của dòng đầu ra. Theo một số phương án, nhằm mục đích chỉ làm ví

dụ, một trong số hoặc cả lò phản ứng POX và buồng đốt có thể được sử dụng thành làm mát nhờ khuếch tán bao quanh khoảng trống phản ứng hoặc khoảng trống đốt, và dòng CO₂ tái chế đã được làm nóng trước có thể đi qua thành này để làm nguội thành lần để tới và nhờ đó kiểm soát nhiệt độ của dòng đầu ra. Dòng khuếch tán thúc đẩy sự trộn đều giữa dòng CO₂ tái chế và dòng khí nhiên liệu đốt nóng. Tuy nhiên, các loại buồng đốt khác cũng có thể được sử dụng, và sáng chế không bị giới hạn ở việc sử dụng các buồng đốt làm nguội nhờ khuếch tán. Các sản phẩm đốt kết hợp và CO₂ tái chế được làm nóng trước ra khỏi buồng đốt ở nhiệt độ cần thiết để nạp vào tuabin phát điện. Dầu xả tuabin nóng có thể được làm nguội trong bộ trao đổi nhiệt tiết kiệm, mà đến lượt mình làm nóng trước dòng tái chế CO₂ có áp suất cao.

Các hệ thống và phương pháp tạo năng lượng có thể được vận hành ở tập hợp điều kiện kết hợp mà được đặc trưng dưới dạng các thông số vận hành “thông thường” hoặc “tiêu chuẩn”. Mỗi điều kiện (ví dụ, nhiệt độ đốt, tốc độ tuabin, tỷ lệ nén, v.v.) cấu thành tập hợp thông số có thể nằm trong phạm vi tương ứng của điều kiện này, và các thông số vận hành “thông thường” hoặc “tiêu chuẩn” có thể được xác định dựa vào sự vận hành của hệ thống phát điện hoặc phương pháp ở trạng thái phát điện của nó.

Tuy nhiên, máy phát điện, không thể chuyển từ các điều kiện không tải sang chế độ vận hành toàn bộ ngay lập tức. Đúng hơn là, các bộ phận của máy phát điện cần phải được khởi động đến các thông số vận hành thông thường theo thuật toán cụ thể. Ví dụ, trong hệ thống phát điện trong đó tuabin và máy nén được lắp trên trục chung, công suất máy nén bị giới hạn bởi tốc độ tuabin, và việc đốt không thể bắt đầu cho đến khi máy nén được cấp dòng tái chế CO₂ thích hợp đến nhiệt độ đốt trung gian thích hợp. Do vậy, sự môi buồng đốt không thể thực hiện được cho đến khi tuabin đạt đến tốc độ ngưỡng nhất định. Theo một số phương án, máy nén dẫn động bằng trục không có khả năng tạo ra thể tích dòng theo yêu cầu và áp suất dòng ở dưới tốc độ trục bằng khoảng 85% tốc độ trục cuối cùng, tức là, tốc độ trục khi tuabin đang vận hành ở thông số phát điện thông thường của nó. Tuy nhiên, sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp trong đó sự môi buồng đốt là khả thi ở dưới trị số ngưỡng của tuabin.

Do đó, theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống phát điện. Hệ thống này có thể bao gồm: buồng đốt; tuabin; máy nén thứ nhất, mà là máy nén dẫn động bằng trục trên trục chung với tuabin; máy nén chất oxy hóa, mà là máy nén dẫn động bằng động cơ; đường dòng xả được tạo kết cấu để dẫn dòng xả tuabin từ tuabin đến máy nén thứ nhất;

đường dòng tái chế được tạo kết cấu để dẫn dòng tái chế CO_2 từ máy nén thứ nhất vào buồng đốt; đường dòng chất oxi hóa được tạo kết cấu để dẫn dòng chất oxi hóa từ máy nén chất oxi hóa đến tuabin; và đường ống nhánh được tạo kết cấu để dẫn ít nhất một phần của dòng chất oxi hóa từ các đường dòng chất oxi hóa đến các đường dòng tái chế. Theo các phương án khác, hệ thống có thể được xác định bởi một hoặc nhiều dấu hiệu dưới đây, mà có thể được sử dụng theo số lượng và sự kết hợp bất kỳ.

Đường ống nhánh có thể lắp van.

Van của đường ống nhánh có thể được tạo kết cấu để mở ở tốc độ thấp hơn tốc độ ngưỡng thứ nhất của tuabin.

Van của đường ống nhánh có thể được tạo kết cấu để được đóng ở tốc độ cao hơn tốc độ ngưỡng thứ hai của tuabin.

Hệ thống phát điện có thể bao gồm bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt.

Đường dòng xả, đường dòng tái chế, và đường dòng chất oxi hóa có thể được tạo kết cấu để dẫn các dòng tương ứng của chúng qua bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt.

Máy nén thứ nhất có thể là máy nén dẫn động bằng trực.

Máy nén chất oxi hóa có thể là máy nén dẫn động bằng động cơ.

Tuabin có thể có đệm bịt kín và đầu nạp không khí.

Hệ thống phát điện có thể còn bao gồm máy nén có đệm bịt kín có kết cấu để nhận và nén dòng không khí và dòng xả tuabin ra khỏi đệm bịt kín.

Hệ thống phát điện có thể còn bao gồm lỗ thông được bố trí với máy nén có đệm bịt kín và đường ống thông giữa máy nén có đệm bịt kín và lỗ thông.

Đường ống thông giữa đệm bịt kín và lỗ thông có thể nằm trong cách bố trí dòng với đường dòng xả, và đường ống thông và đường dòng xả có thể được bố trí tương đối với lỗ thông đối với dòng được ưu tiên đến lỗ thông này từ các đường ống tương ứng.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp khởi động máy phát điện. Ví dụ, phương pháp này có thể bao gồm các bước sau: tăng áp dòng chất oxi hóa trong máy nén chất oxi hóa; đưa chất oxi hóa đã tăng áp đi từ máy nén chất oxi hóa vào buồng đốt qua đường dòng chất oxi hóa; đốt nhiên liệu với chất oxi hóa trong buồng đốt; làm giãn nở dòng sản phẩm đốt ra khỏi buồng đốt trong tuabin; làm nguội dòng xả tuabin ra tuabin trong bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt; loại nước ra khỏi dòng xả tuabin để tạo ra dòng tái chế CO_2 ; và nén dòng tái chế CO_2 trong máy nén dẫn động bằng trực trên trục chung với tuabin để tạo ra dòng tái chế CO_2 đã nén để đưa vào buồng đốt theo đường

dòng tái chế; trong đó dòng tái chế CO_2 đã nén được xả và chất oxi hóa từ máy nén dẫn động bằng động cơ được cho đi qua đường dòng tái chế vào buồng đốt cho đến khi tuabin đạt đến tốc độ ngưỡng xác định. Theo các phương án khác, phương pháp có thể được xác định bởi một hoặc nhiều dấu hiệu dưới đây, các dấu hiệu này có thể được sử dụng theo số lượng và sự kết hợp bất kỳ.

Tốc độ ngưỡng xác định có thể vào khoảng 85% tốc độ vận hành thông thường.

Chất oxi hóa đi vào máy nén chất oxi hóa có thể là hỗn hợp bao gồm O_2 và CO_2 .

Chất oxi hóa đi vào máy nén chất oxi hóa có thể là không khí.

Tuabin có thể có đệm bịt kín, đầu nạp không khí, và máy nén có đệm bịt kín có kết cấu để nhận và nén dòng không khí và dòng xả tuabin ra khỏi đệm bịt kín.

Theo một số phương án, gần như không có dòng tái chế CO_2 đã nén được đưa vào buồng đốt qua đường dòng tái chế cho đến khi tuabin đạt đến tốc độ ngưỡng xác định. Cụ thể hơn, thuật ngữ gần như không có này có thể được hiểu là hoàn toàn không có hoặc chỉ có thể tích không đáng kể.

Các dấu hiệu này và khác nữa, các khía cạnh và các ưu điểm của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng từ phần mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo, các hình vẽ này được mô tả vắn tắt dưới đây. Sáng chế bao gồm sự kết hợp bất kỳ giữa hai, ba, bốn hoặc nhiều phương án được mô tả trong bản mô tả này cũng như các sự kết hợp giữa hai, ba, bốn hoặc các dấu hiệu hoặc các chi tiết bất kỳ nêu trong bản mô tả này, mà không phụ thuộc vào việc liệu các dấu hiệu hoặc các chi tiết này được kết hợp một cách cụ thể trong phần mô tả phương án thực hiện cụ thể trong bản mô tả này. Phần mô tả này được thực hiện nhằm mục đích để đọc một cách tổng thể sao cho các dấu hiệu hoặc các chi tiết có thể tách riêng bất kỳ trong bản mô tả này, theo các khía cạnh bất kỳ của chúng và các phương án, sẽ được xem xét nhằm có thể kết hợp được trừ khi ngữ cảnh tuyên bố khác đi.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Do đó, sáng chế sẽ được mô tả theo các thuật ngữ chung, có dựa vào các hình vẽ kèm theo không nhất thiết phải vẽ theo đúng tỷ lệ, và trong đó FIG.1 là hình vẽ lưu đồ thể hiện hệ thống và phương pháp phát điện theo một phương án minh họa của sáng chế bao gồm đường ống nhánh được tạo kết cấu để dẫn chất oxi hóa đã nén đến đường dòng

tái chế trong giai đoạn khởi động, dòng này được tạo kết cấu để ngắt một khi đạt đến các thông số vận hành mong muốn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách đầy đủ hơn có dựa vào các phương án làm ví dụ của nó. Các phương án làm ví dụ này được mô tả khiến cho phần mô tả này sẽ trở nên kỹ lưỡng và hoàn tất, và sẽ chuyển tải đầy đủ phạm vi bảo hộ của sáng chế đến người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này. Thực vậy, đối tượng của sáng chế có thể được thực hiện theo nhiều dạng khác nhau và không được hiểu như bị giới hạn ở các phương án được nêu trong bản mô tả này; đúng hơn là, các phương án này được mô tả khiến cho bản mô tả này sẽ đáp ứng được các quy định pháp luật hiện hành. Khi được sử dụng trong bản mô tả này, và trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo, các quán từ số ít “một”, “một chiếc”, “một cái”, bao gồm cả các viện dẫn số nhiều trừ khi ngữ cảnh quy định rõ khác đi.

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp phát điện bằng cách sử dụng chủ yếu CO₂ làm chất lưu công tác. Cụ thể hơn, quy trình sử dụng tuabin có tỷ số áp suất cao/áp suất thấp để giãn nở hỗn hợp bao gồm dòng CO₂ tái chế có áp suất cao và các sản phẩm đốt có nguồn gốc từ việc đốt nhiên liệu. Nhiên liệu hóa thạch bất kỳ, cụ thể là các nhiên liệu chứa cacbon, có thể được sử dụng. Các ví dụ không giới hạn về nhiên liệu này bao gồm khí tự nhiên, các loại khí nén, các loại khí nhiên liệu (ví dụ, chứa một hoặc nhiều loại khí trong số H₂, CO, CH₄, H₂S, và NH₃) và các loại khí đốt được tương tự. Các nhiên liệu rắn – ví dụ, than, than non, cốc dầu mỏ, bitum, sinh khối, và nhiên liệu tương tự, hoặc các loại nhiên liệu lỏng có độ nhớt có thể được sử dụng cùng với sự kết hợp các chi tiết hệ thống cần thiết. Ví dụ, buồng đốt oxi hóa một phần có thể được sử dụng để chuyển đổi nhiên liệu lỏng có độ nhớt hoặc nhiên liệu rắn thành khí nhiên liệu mà gần như không có các hạt rắn. Tất cả nhiên liệu và các tạp chất có nguồn gốc từ việc đốt, như các hợp chất chứa lưu huỳnh, NO, NO₂, CO₂, H₂O, Hg, và các hợp chất tương tự có thể được tác để loại bỏ mà hoàn toàn hoặc gần như không xả thải ra khí quyển. Oxy nguyên chất có thể được dùng làm chất oxi hóa trong quy trình đốt.

Đầu xả tuabin nóng được sử dụng để làm nóng trước một phần dòng CO₂ tái chế có áp suất cao. Khi kết hợp với bước làm nóng này, dòng CO₂ tái chế có thể được làm

nóng hơn nữa bằng cách sử dụng nhiệt bổ sung mà có thể có nguồn gốc từ các nguồn khác nhau (ví dụ, từ cụm tách không khí hoặc từ năng lượng nén của máy nén CO₂).

Phương pháp phát điện theo sáng chế có thể bao gồm bước đưa dòng CO₂ tái chế nóng, được nén vào trong buồng đốt. Dòng CO₂ tái chế nóng, được nén có thể được tạo ra như được mô tả thêm dưới đây. Trong buồng đốt, nhiên liệu có thể được đốt với oxy (ví dụ, ít nhất là 98% hoặc ít nhất là 99% O₂ nguyên chất) với sự có mặt của dòng CO₂ tái chế để tạo ra dòng chứa CO₂. Dòng chứa CO₂ ra khỏi buồng đốt có thể có nhiệt độ vào khoảng 500°C hoặc cao hơn (ví dụ, nằm trong khoảng từ 500°C đến 1.700°C) và áp suất vào khoảng 150 bar (15 MPa) hoặc lớn hơn (ví dụ, nằm trong khoảng từ 150 bar (15 MPa) đến 500 bar (50 MPa)). Dòng chứa CO₂ có thể được cho đi qua tuabin để giãn nở dòng chứa CO₂, phát điện, và tạo ra dòng xả tuabin chứa CO₂. Dòng chứa CO₂ có thể được giãn nở ngang qua tuabin ở tỷ lệ áp suất mong muốn.

Dòng xả tuabin có thể được xử lý để loại bỏ các sản phẩm đốt và CO₂ thuần bất kỳ được tạo ra do đốt nhiên liệu. Để đạt được mục đích này, dòng xả tuabin có thể được làm nguội bằng cách cho đi qua bộ trao đổi nhiệt. Bộ trao đổi nhiệt thích hợp bất kỳ mà thích hợp để sử dụng trong các điều kiện nhiệt độ và áp suất nêu trong bản mô tả này có thể được sử dụng. Theo một số phương án, bộ trao đổi nhiệt có thể bao gồm các chuỗi bao gồm ít nhất là hai, ít nhất là ba, hoặc thậm chí nhiều bộ trao đổi nhiệt tiết kiệm hơn. Một bộ trao đổi nhiệt có ít nhất là hai phân đoạn, ít nhất là ba phân đoạn (thậm chí nhiều phân đoạn hơn) có thể được sử dụng. Ví dụ, bộ trao đổi nhiệt có thể được mô tả là bộ trao đổi nhiệt có ít nhất là ba phân đoạn trao đổi nhiệt vận hành trên các vùng nhiệt độ khác nhau. Nhiệt được rút từ dòng xả tuabin có thể được sử dụng để làm nóng dòng CO₂ tái chế như nêu dưới đây.

Dòng xả tuabin có thể được chia thành hai hoặc nhiều phần. Phần thứ nhất có thể chứa 50% hoặc cao hơn, 70% hoặc cao hơn, hoặc 90% hoặc lớn hơn (song nhỏ hơn 100%) tổng lưu lượng của dòng xả tuabin. Tất cả hoặc một phần của dòng xả tuabin có thể được cho đi qua thiết bị tách để loại nước và có thể được xử lý tiếp để loại bỏ các sản phẩm đốt khác hoặc các tạp chất. Dòng thu được có thể được gọi là dòng CO₂ tái chế chính. Phần dòng CO₂ tái chế chính có thể được kết hợp với với oxy để tạo ra dòng chất oxi hóa, dòng này có thể được nén trong một hoặc nhiều giai đoạn đến áp suất nạp vào buồng đốt mong muốn. Một phần dòng CO₂ tái chế chính có thể được nén như vậy trong máy nén nhiều giai đoạn có làm nguội trung gian giữa các giai đoạn. Tốt hơn, nếu dòng

CO₂ tái chế chính (riêng lẻ hoặc được kết hợp với oxy) được nén đến áp suất nằm trong khoảng từ 40 bar (4 MPa) đến 400 bar (40 MPa), nằm trong khoảng từ 80 bar (8 MPa) đến 200 bar (20 MPa), hoặc nằm trong khoảng từ 100 bar (10 MPa) đến 150 bar (15 MPa). Sau đó, dòng CO₂ tái chế đã nén được cho đi về lại qua các bộ trao đổi nhiệt để được làm nóng. Dòng CO₂ tái chế đã nén này được làm nóng bằng cách sử dụng nhiệt được rút từ dòng xả tuabin (mà có thể được xác định như nhiệt của việc đốt còn lại trong dòng xả tuabin). Để đạt được tiệm cận nhiệt độ gần giữa dòng xả tuabin và dòng được làm nóng, dòng CO₂ tái chế đã nén ra khỏi bộ trao đổi nhiệt và đi vào buồng đốt, nhiệt bổ sung (ví dụ, nhiệt nén) có thể được bổ sung. Việc sử dụng bước làm nóng bổ sung có thể là có lợi để giảm sự chênh lệch nhiệt độ giữa dòng xả tuabin và dòng được làm nóng, dòng CO₂ tái chế đã nén ra khỏi bộ trao đổi nhiệt và đi vào buồng đốt với độ chênh lệch nhiệt độ khoảng 30°C hoặc thấp hơn, khoảng 25°C hoặc thấp hơn, hoặc khoảng 20°C hoặc thấp hơn, như nằm trong khoảng từ 2°C đến 20°C, hoặc nằm trong khoảng từ khoảng 2°C đến 10°C.

Mặc dù phần mô tả trên đây là ví dụ về các thông số vận hành thông thường đối với các bộ phận và các bước của quy trình của hệ thống và phương pháp phát điện, các điều kiện nhất định phải được thực hiện để chuyển từ trạng thái không tải sang trạng thái vận hành bình thường trong đó các điều kiện này có thể được áp dụng đối với tất cả các bộ phận của hệ thống. FIG. 1 là hình vẽ lưu đồ thể hiện hệ thống và phương pháp phát điện theo sáng chế có lắp đường ống nhánh. Đường ống nhánh được lắp để đưa chất oxy hóa đã nén vào đường dòng tái chế, dòng nhánh này có thể kiểm soát được thông qua một hoặc nhiều van sao cho dòng có thể được truyền trong khi khởi động và được ngắt một khi đạt đến các thông số vận hành mong muốn. Khi đường ống nhánh đang đưa một cách chủ động chất oxy hóa vào đường ống tái chế, lưu lượng dòng tái chế CO₂ từ máy nén dẫn động bằng trục có thể được ngắt khiến cho dòng tái chế CO₂ không đưa vào trong đường dòng tái chế. Cụ thể hơn, dòng tái chế CO₂ có thể được xả trong khi khởi động, hoặc dòng này có thể được phép tái tuần hoàn quanh máy nén dẫn động bằng trục nhằm cho phép máy nén được chuyển từ trạng thái không tải đến điểm nằm trong phạm vi vận hành của máy nén. Trong khi khởi động, kết cấu này được mong muốn vì máy nén dẫn động bằng trục mà được sử dụng để nén dòng tái chế CO₂ không thể tạo ra thể tích dòng và áp suất dòng theo yêu cầu để điều chỉnh một cách chính xác nhiệt độ đốt trong buồng đốt cho đến khi tốc độ của trục chung giữa máy nén và tuabin đang vận hành ở tốc

độ ngưỡng của tuabin hoặc cao hơn. Tuy nhiên, máy nén chất oxi hóa, có thể là máy nén dẫn động bằng động cơ và, như vậy, có thể được vận hành khiến cho tạo ra thể tích dòng theo yêu cầu và áp suất dòng để nạp vào buồng đốt, thậm chí trong thời gian khởi động trong đó tốc độ trục là thấp hơn tốc độ ngưỡng của tuabin. Cần hiểu rằng hóa học đốt trong giai đoạn khởi động này khác với hóa học đốt trong khi vận hành phát điện bình thường. Sở dĩ như vậy là do lượng phần trăm của chất oxi hóa đang được sử dụng trong buồng đốt lớn hơn so với lượng sẽ có mặt nếu dòng tái chế CO_2 được dẫn vào buồng đốt. Do giai đoạn khởi động là đủ ngắn về mặt thời gian, sự chênh lệch trong hóa học đốt không ảnh hưởng tiêu cực đến toàn bộ hệ thống và phương pháp. ngoài ra, hóa học này được làm loãng một cách nhanh chóng một khi hệ thống đang vận hành ở các thông số vận hành thông thường.

Một khi tuabin đã được vận hành trong khoảng thời gian đủ để đạt được tốc độ ngưỡng của tuabin, đường ống nhánh có thể được đóng, và dòng tái chế CO_2 có thể bắt đầu đi qua đường dòng tái chế vào buồng đốt để vận hành bình thường. Theo một số phương án, tốc độ ngưỡng của tuabin có thể nằm trong khoảng từ 50% hoặc cao hơn so với tốc độ mà ở đó tuabin vận hành ở chế độ phát điện bình thường. Theo các phương án khác, tốc độ ngưỡng của tuabin có thể vào khoảng 60% hoặc cao hơn, khoảng 70% hoặc cao hơn, khoảng 80% hoặc cao hơn, khoảng 85% hoặc cao hơn, hoặc khoảng 90% hoặc cao hơn so với tốc độ mà ở đó tuabin vận hành ở chế độ phát điện bình thường.

Một khi đạt đến tốc độ ngưỡng của tuabin, đường ống nhánh có thể được đóng. Ví dụ, van trong đường ống có thể được đóng. Khi đóng van của đường ống nhánh, thiết bị kiểm soát dòng đối với dòng tái chế CO_2 máy nén sẽ làm cho dòng tái chế CO_2 bắt đầu được chảy vào và chảy qua đường dòng tái chế và vào buồng đốt. Theo cách này, dòng điều chỉnh nhiệt độ đốt là liên tục ngay cả khi hóa học có thể đang thay đổi do dòng chất oxi hóa được thay thế bởi dòng tái chế CO_2 .

Trong phương án làm ví dụ được thể hiện trên hình vẽ, nhiên liệu khí tự nhiên (NG - Natural Gas) đi qua van 1 và đường ống 120 vào trong buồng đốt 15 nơi mà nhiên liệu được đốt với oxy với sự có mặt của CO_2 để tạo ra dòng sản phẩm đốt mà được giãn nở trong tuabin 20 để tạo ra dòng xả tuabin 126. Không khí từ nguồn không khí 22a đi qua đệm bịt kín 21 để kết hợp với dòng xả ra khỏi tuabin thoát ra quanh đệm bịt kín và tạo ra dòng 122, mà trở thành dòng 123, và dòng này được nén trong máy nén có đệm bịt kín 23 để tạo ra dòng 124a. trong một số trường hợp, van 2 được mở và không khí từ

nguồn không khí 22b ra khỏi van 2 dưới dạng dòng không khí 121, dòng không khí này trộn với dòng 122 để tạo ra dòng 123, dòng này có thể chứa phân đoạn không khí lớn. Theo một số phương án, hệ thống có thể được tạo kết cấu dành cho dòng được ưu tiên của một hoặc nhiều dòng qua một hoặc nhiều van. Ví dụ, đường ống 124a và đường ống 126 (sau khi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt 30) có thể được tạo cấu hình so với van 3 sao cho đường ống 124a nằm gần với van hơn so với đường ống 126. Điều này cho phép dòng thông hơi đi qua van 3 để dùng dòng ra khỏi đường ống 124a theo cách được ưu tiên, thay cho dòng từ đường ống 126. Nếu muốn, kết cấu này có thể được điều chỉnh để tạo ra các hỗn hợp dòng mong muốn. Do vậy, các chất gây ô nhiễm bất kỳ lọt vào hệ thống từ cửa nạp không khí 22a hoặc 22b có thể được giảm đến mức thấp nhất do các chất gây ô nhiễm được ưu tiên đưa đến lỗ thông (van 3). Ngoài ra, sự vận hành của máy nén có đệm bịt kín 23 cũng có thể làm giảm đến mức thấp nhất sự rò rỉ không khí và do đó làm giảm đến mức thấp nhất sự xâm nhập của chất gây ô nhiễm vào hệ thống.

Dòng xả tuabin 126 được làm nguội trong bộ trao đổi nhiệt 30, và phần bất kỳ của dòng 124a không được thông qua van 3 có thể được kết hợp với dòng xả tuabin 126 đã làm nguội qua dòng 124b. CO₂ từ nguồn CO₂ 115 đi qua van 4 và đường ống 127 và được kết hợp với dòng xả tuabin 126 đã làm nguội trước khi đi qua thiết bị tách 40. Dòng nước 125 ra khỏi thiết bị tách 40 có thể được xả hết qua van 6 và/hoặc được nén trong bơm 90 để tạo ra dòng 147, dòng này được làm nguội trong thiết bị làm nguội bằng nước 101 để tạo ra dòng 148 mà được tái tuần hoàn vào trong thiết bị tách. CO₂ gần như nguyên chất ra khỏi thiết bị tách 40 dưới dạng dòng tái chế trong đường ống 128 và được nén trong máy nén chính 50 để tạo ra dòng tái chế CO₂ đã nén 130 mà được làm nguội trong thiết bị làm nguội bằng nước 102 để tạo ra dòng 131 mà đi qua bơm chính 60 và được hướng vào buồng đốt 15 trong đường ống tái chế 133 đi qua van 13. Một phần dòng 130 có thể đi qua van 8 và đường ống 135 để tái tuần hoàn qua máy nén chính 50. Một phần dòng tái chế CO₂ đã nén từ đường ống tái chế 133 có thể được xả hết trong đường ống 134 nằm trước van 13 và đi qua van 9 để tái tuần hoàn qua thiết bị làm nguội bằng nước 102. Dòng tái chế CO₂ trong đường ống 131 có thể bỏ qua bơm 60 trong bơm đường ống nhánh 132 mà có van đầu ra 12 dùng cho máy nén chính 50.

Một phần dòng tái chế CO₂ từ đường ống 128 có thể đi qua van 7 vào đường ống 136 để kết hợp với oxy từ nguồn oxy 205 qua van 5 và đường ống 137 để tạo ra dòng chất oxi hóa 138. Dòng chất oxi hóa 138 (hỗn hợp O₂/CO₂) được cho đi qua bộ trao đổi

hiệt 103 để tạo ra dòng 139, dòng này được nén trong máy nén chất oxy hóa 70 và ra khỏi trong đường ống 140. Một phần của dòng chất oxy hóa đã nén ra khỏi đường ống 140 có thể đi trong đường ống 141 qua van 10 để tái tuần hoàn qua bộ trao đổi nhiệt 103. Trong bộ trao đổi nhiệt 103, dòng chất oxy hóa 138 có thể được làm nóng hoặc làm nguội. Ví dụ, dòng nạp 201 có thể là dòng nước lạnh mà ra khỏi dưới dạng dòng ra đã làm nóng 202 khiến cho dòng chất oxy hóa 139 được làm nguội so với dòng 138. Theo cách khác, dòng nạp 201 có thể là dòng nước nóng mà ra khỏi dưới dạng dòng ra đã làm nguội 202 khiến cho dòng chất oxy hóa 139 được làm nóng so với dòng 138. Chất oxy hóa đã nén trong đường ống 140 đi qua thiết bị làm nguội bằng nước 104 để tạo ra dòng 142, mà đi qua bơm O_2/CO_2 80 và van 16 trước khi chất oxy hóa đi qua đường ống của chất oxy hóa 144 vào buồng đốt 15 để đốt nhiên liệu trong đó. Chất oxy hóa có thể vòng tránh bơm 80 trong đường ống nhánh của chất oxy hóa 143 qua van xả chất oxy hóa 17. Đường ống nhánh khởi động 146 nối liền đường ống 141 và bơm đường ống nhánh 132 và có van 14.

Khi vận hành, trong khi khởi động, van đầu ra 12 dùng cho máy nén chính 50 được đóng (như van 9 trong các đường ống 134 và van 13 in đường ống tái chế 133). Như vậy, dòng tái chế CO_2 128 không đi qua để tái tuần hoàn vào buồng đốt 15. Oxy chảy qua van 5 và đường ống 137 (và trộn với CO_2 tái chế từ đường ống 136) được làm nguội (hoặc được làm nóng) trong bộ trao đổi nhiệt 103 và được nén trong máy nén chất oxy hóa 70 (có thể là máy nén dẫn động bằng động cơ). Một phần chất oxy hóa đã nén (O_2/CO_2 đã trộn) từ đường ống 140 được làm nguội trong bộ làm nguội 104 và vòng tránh bơm 80 trong đường ống nhánh của bơm 143 (với van 17 mở và van 16 đóng) để đi qua đường ống của chất oxy hóa 144 vào buồng đốt. Một phần chất oxy hóa đã nén từ đường ống 140 cũng đi qua đường ống 141 vào đường ống nhánh khởi động 146. Do van đầu ra 12 dùng cho máy nén chính được đóng, chất oxy hóa sẽ kết hợp theo cách khác với CO_2 đi qua đường ống nhánh có bơm 132 đi qua đường ống tái chế 133 vào buồng đốt 15. Việc vận hành diễn ra theo cách này cho đến khi tuabin đạt đến trị số ngưỡng của tuabin và do đó trục dùng cho máy nén dẫn động bằng trục 50 đang làm việc ở tốc độ đủ để máy nén dẫn động bằng trục 50 tạo ra dòng tái chế CO_2 ở thể tích dòng và áp suất dòng thích hợp. Tại thời điểm đó, van của đường ống nhánh 14 được đóng, và van đầu ra 12 dùng cho máy nén chính được mở. Chất oxy hóa không còn đi qua đường ống tái chế 133 và chỉ đi qua đường ống của chất oxy hóa 144. Nếu tuabin đang vận hành ở tốc độ

cao hơn tốc độ ngưỡng, máy nén 50 cấp dòng tái chế CO_2 qua đường ống tái chế 133 ở thể tích dòng và áp suất dòng theo yêu cầu để nạp vào buồng đốt 15.

Theo một số phương án, tốc độ ngưỡng khác nhau của các tuabin có thể được sử dụng để tạo ra sự chuyển tiếp dần từ giai đoạn khởi động đến giai đoạn phát điện bình thường. Tốc độ ngưỡng thứ nhất của tuabin có thể được sử dụng để kích hoạt việc đóng van của đường ống nhánh (và do đó mở van xả của máy nén chính). Việc đóng và mở các van này có thể không ngay lập tức. Do tốc độ tuabin tiếp tục tăng, ngưỡng tuabin thứ hai có thể điểm mà ở đó van của đường ống nhánh có thể được đóng hoàn toàn.

Kết cấu nêu trên có thể được thay đổi trong một hoặc các phương án. Ví dụ, nguồn oxy vào máy nén chất oxi hóa 70 có thể được cấp vào máy nén thông qua cửa nạp không khí ở dòng 121 thay cho việc qua nguồn oxy ở dòng 137. Theo các phương án này, máy nén có đệm bịt kín 23 sẽ làm đầy một cách có hiệu quả máy phát điện bằng không khí trong khi van 4 và van 5 được đóng. Máy nén chất oxi hóa 70 sẽ vẫn cấp dòng chất oxi hóa vào tuabin (theo các phương án dòng này là không khí) qua dòng 144 và qua đường ống nhánh thông qua dòng 133. Theo cách khác, CO_2 từ nguồn cấp CO_2 115 đi vào qua van 4 và dòng 127 có thể được nối với đầu hút của máy nén có đệm bịt kín 23. Trong các phương án này, van 4 sẽ mở trong khi không khí sẽ đi qua van 2. Máy phát điện sẽ được nạp đầy bằng không khí và hỗn hợp CO_2 còn máy nén chất oxi hóa 70 tiếp tục kiểm soát việc cấp chất lưu qua dòng 144 và dòng 133.

Các biến thể và các phương án khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này khi có được lợi ích của các bộ lộ được thể hiện trong phần mô tả trên đây và các hình vẽ kèm theo. Do đó, cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án cụ thể nêu trong bản mô tả này và các biến thể này và các phương án khác đều được tính đến nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Mặc dù các thuật ngữ cụ thể được sử dụng trong bản mô tả này, song các thuật ngữ này được sử dụng với ý nghĩa chung và chỉ mang tính mô tả và không nhằm mục đích giới hạn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống phát điện bao gồm:
 buồng đốt;
 tuabin;
 máy nén thứ nhất trên trục chung với tuabin;
 máy nén chất oxi hóa;
 đường dòng xả được tạo kết cấu để dẫn dòng xả tuabin từ tuabin đến máy nén thứ nhất;
 đường dòng tái chế được tạo kết cấu để dẫn dòng tái chế CO_2 từ máy nén thứ nhất vào buồng đốt;
 đường dòng chất oxi hóa được tạo kết cấu để dẫn dòng chất oxi hóa từ máy nén chất oxi hóa vào buồng đốt; và
 đường ống nhánh được tạo kết cấu để dẫn ít nhất một phần của dòng chất oxi hóa từ đường dòng chất oxi hóa vào đường dòng tái chế.
2. Hệ thống phát điện theo điểm 1, trong đó đường ống nhánh có van.
3. Hệ thống phát điện theo điểm 2, trong đó van của đường ống nhánh có kết cấu để mở ở tốc độ thấp hơn tốc độ ngưỡng thứ nhất của tuabin.
4. Hệ thống phát điện theo điểm 2, trong đó van của đường ống nhánh có kết cấu để được đóng ở tốc độ cao hơn tốc độ ngưỡng thứ hai của tuabin.
5. Hệ thống phát điện theo điểm 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt.
6. Hệ thống phát điện theo điểm 5, trong đó đường dòng xả, đường dòng tái chế, và đường dòng chất oxi hóa được tạo kết cấu để dẫn các dòng tương ứng của chúng qua bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt.

7. Hệ thống phát điện theo điểm 1, trong đó máy nén thứ nhất là máy nén dẫn động bằng trực.
8. Hệ thống phát điện theo điểm 1, trong đó máy nén chất oxi hóa là máy nén dẫn động bằng động cơ.
9. Hệ thống phát điện theo điểm 1, trong đó tuabin có đệm bịt kín và đầu nạp không khí.
10. Hệ thống phát điện theo điểm 9, trong đó hệ thống này còn bao gồm máy nén có đệm bịt kín có kết cấu để nhận và nén dòng không khí và dòng xả tuabin ra khỏi đệm bịt kín.
11. Hệ thống phát điện theo điểm 10, trong đó hệ thống này còn bao gồm lỗ thông được bố trí với máy nén có đệm bịt kín và đường ống thông giữa máy nén có đệm bịt kín và lỗ thông này.
12. Hệ thống phát điện theo điểm 11, trong đó đường ống thông giữa đệm bịt kín và lỗ thông nằm trong cách bố trí dòng có đường dòng xả, và trong đó đường ống thông và đường dòng xả được bố trí so với lỗ thông để dòng được ưu tiên đến lỗ thông từ các đường ống tương ứng.
13. Phương pháp khởi động máy phát điện, phương pháp bao gồm:
 - tăng áp dòng chất oxi hóa trong máy nén chất oxi hóa;
 - đưa chất oxi hóa đã tăng áp đi từ máy nén chất oxi hóa vào buồng đốt qua đường dòng chất oxi hóa;
 - đốt nhiên liệu với chất oxi hóa trong buồng đốt;
 - làm giãn nở dòng sản phẩm đốt ra khỏi buồng đốt trong tuabin;
 - làm nguội dòng xả tuabin từ tuabin trong bộ trao đổi nhiệt kiểu hoàn nhiệt;
 - loại nước ra khỏi dòng xả tuabin để tạo ra dòng tái chế CO_2 ; và

nén dòng tái chế CO_2 trong máy nén dẫn động bằng trục trên trục chung với tuabin để tạo ra dòng tái chế CO_2 đã nén được tạo kết cấu để dẫn vào buồng đốt trong đường dòng tái chế;

trong đó dòng tái chế CO_2 đã nén được tái tuần hoàn và chất oxy hóa từ máy nén dẫn động bằng động cơ được cho đi qua đường dòng tái chế vào buồng đốt cho đến khi tuabin đạt đến tốc độ ngưỡng xác định.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó tốc độ ngưỡng xác định vào khoảng 85% tốc độ vận hành thông thường.

15. Phương pháp theo điểm 13, trong đó chất oxy hóa đi vào máy nén chất oxy hóa là hỗn hợp bao gồm O_2 và CO_2 .

16. Phương pháp theo điểm 13, trong đó chất oxy hóa đi vào máy nén chất oxy hóa là không khí.

17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó tuabin có đệm bịt kín, đầu nạp không khí, và máy nén có đệm bịt kín có kết cấu để nhận và nén dòng không khí và dòng xả tuabin ra khỏi đệm bịt kín.

18. Phương pháp theo điểm 13, trong đó gần như không có dòng tái chế CO_2 đã nén được đưa vào buồng đốt qua đường dòng tái chế cho đến khi tuabin đạt đến tốc độ ngưỡng xác định.

