



(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) 
1-0020614

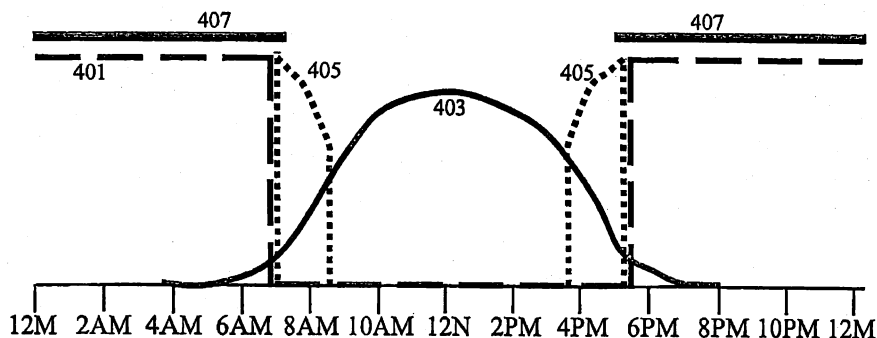
(51)⁷ F03G 6/00

(13) B

- (21) 1-2014-01900 (22) 09.11.2012
(86) PCT/US2012/064397 09.11.2012 (87) WO2013/071069 16.05.2013
(30) 61/558,907 11.11.2011 US
61/596,203 07.02.2012 US
13/672,312 08.11.2012 US
(45) 25.03.2019 372 (43) 25.09.2014 318
(73) 8 RIVERS CAPITAL, LLC (US)
406 Blackwell Street, 4th Floor, Durham, North Carolina 27701, United States of America
(72) Miles R. PALMER (US), Jeremy Eron FETVEDT (US), David Arthur FREED (US), Glenn William BROWN Jr (US)
(74) Công ty cổ phần tư vấn Trung Thực (TRUNG THUC.,JSC)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÁT ĐIỆN SỬ DỤNG CACBON ĐİƠXIT SIÊU TỐI HẠN ĐƯỢC LÀM NÓNG BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI LAI GHÉP VỚI NHIÊN LIỆU HÓA THẠCH

(57) Sáng chế đề xuất việc tích hợp phương pháp và hệ thống phát điện mà kết hợp việc phát điện đốt với nhiệt từ năng lượng mặt trời. Cụ thể, sáng chế đề xuất hệ thống đốt theo chu trình khép kín sử dụng chất lưu công tác cacbon đioxit có thể tăng về hiệu suất bằng cách đưa ít nhất một phần chất lưu công tác cacbon đioxit qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời trước khi đưa qua buồng đốt.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới việc tích hợp phương pháp và hệ thống làm nóng bằng năng lượng mặt trời với phương pháp và hệ thống phát điện đốt nhiên liệu hóa thạch. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới hệ thống tích hợp sử dụng nhiệt từ năng lượng mặt trời để bổ sung nhiệt đốt của dòng tuần hoàn CO₂ trong phương pháp và hệ thống phát điện đốt và do đó có được các hiệu suất được nâng cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

US 2011/0127773 A1 bộc lộ hệ thống phát điện có bộ cấp nhiệt trước bằng năng lượng mặt trời để làm nóng trước không khí xả đã được nén, buồng đốt tiếp nhận không khí nén đã được làm nóng trước từ bộ cấp nhiệt trước từ năng lượng mặt trời và đốt nhiên liệu bằng cách sử dụng không khí nén đã được làm nóng trước để tạo ra khí đốt nóng. Tuabin thứ nhất được nối vận hành được với buồng đốt để tiếp nhận khí đốt nóng từ buồng đốt và làm giãn nở khí đốt nóng để tạo ra khí xả. Máy phát của hệ thống thu hồi nhiệt được nối vận hành được với tuabin thứ nhất để tiếp nhận khí xả từ tuabin thứ nhất và để tạo ra hơi bằng cách làm nóng chất lưu ngưng tụ bằng cách sử dụng khí xả. Thiết bị làm bay hơi/thiết bị tăng nhiệt từ năng lượng mặt trời được nối vận hành được với máy phát của hệ thống thu hồi nhiệt để tiếp nhận chất lưu công tác đã được làm nóng từ máy phát hơi nước thu hồi nhiệt để tạo ra hơi từ năng lượng mặt trời bằng cách làm nóng chất lưu công tác đã được làm nóng bằng cách sử dụng phần thứ hai của chất lưu đã được làm nóng. Tuabin thứ hai được tạo kết cấu để dẫn động máy phát thứ hai bằng cách sử dụng hơi đã được tiếp nhận từ máy phát hơi nước thu hồi nhiệt và hơi từ năng lượng mặt trời đã được tiếp nhận từ thiết bị làm bay hơi/thiết bị tăng nhiệt từ năng lượng mặt trời.

Thông thường, các hệ thống năng lượng mặt trời tập trung (Concentrated Solar Power - CSP) được tạo kết cấu để tập trung năng lượng mặt trời từ vùng ánh sáng mặt trời lớn (ví dụ, từ lĩnh vực kính định nhật) trong bộ tiếp nhận tương đối nhỏ nơi ánh sáng tập trung được chuyển đổi thành nhiệt cao. Sau đó, nhiệt này có thể được sử dụng trong các thiết bị sản xuất điện thông thường, như làm nóng nước để tạo ra hơi nước cho tuabin được nối với máy phát điện. Các hệ thống CSP đã biết có thể có nhiều nhược điểm. Ví dụ, nhiều hệ thống CSP hiện tại có thể chỉ sản xuất gần công suất tối đa dưới các điều kiện ánh sáng mặt trời thuận lợi nhất, mà bị giới hạn bởi số giờ ánh sáng ban ngày và các điều kiện thời tiết địa phương. Như vậy, các hệ thống CSP hiện tại sản xuất điện chỉ một phần thời gian mà điện cần thiết. Hơn nữa, do các hệ thống CSP thường có chức năng chỉ như nguồn nhiệt cho chu trình sản xuất điện tích hợp nhiệt động (ví dụ, chu trình hơi nước), nên hiệu suất của các hệ thống CSP có thể bị giới hạn một cách đáng kể bởi chu trình nhiệt động được sử dụng. Kết quả cuối cùng của các giới hạn này là năng lượng mặt trời được tạo ra bởi các hệ thống CSP đã biết đã đạt được điện lượng giới hạn cho các lưới điện với chi phí tăng tương ứng với điện được tạo ra bởi các hệ thống thông thường mà đốt cháy hóa thạch nhiên liệu làm nguồn nhiệt.

Hiệu suất của hệ thống CSP thường phụ thuộc nhiệt độ. Do nhiệt độ có được từ các tia mặt trời tập trung tăng nên các dạng chuyển đổi khác nhau được sử dụng. Ví dụ, ở nhiệt độ lên đến khoảng 600°C , các công nghệ tiêu chuẩn, như các tuabin hơi nước, được sử dụng với hiệu suất trong phạm vi khoảng 40%. Ở nhiệt độ trên 600°C , các tuabin khí có thể được sử dụng với các hiệu suất tăng vài phần trăm. Ở các nhiệt độ cao hơn đã thể hiện vấn đề khó giải quyết do yêu cầu các công nghệ và vật liệu khác nhau. Một đề xuất đối với nhiệt độ rất cao là sử dụng các muối florua lỏng vận hành ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 800°C kết hợp với các hệ thống tuabin nhiều giai đoạn, nhằm đạt được các hiệu suất nhiệt trong phạm vi 50%. Các nhiệt độ vận hành cao hơn được xem là có lợi do chúng cho phép nhà máy sử dụng các bộ trao đổi nhiệt làm khô ở nhiệt độ cao hơn để xả nhiệt, và điều này giảm nước được sử dụng, nước này có thể là quan trọng trong các vùng mà tại đó các nhà máy năng lượng mặt trời lớn có thể là thích hợp – ví dụ, các môi trường sa mạc.

Mặc dù hứa hẹn về các hệ thống nhiệt độ cao, các nỗ lực trước đó lắp đặt các hệ thống CSP chỉ tạo ra thành công hạn chế và không có được tính kinh tế, các biện pháp lâu dài là tích hợp việc phát điện CSP vào dòng chính. Thậm chí nỗ lực nhằm khắc phục thiếu sót cơ bản trong công nghệ CSP – việc phát điện trong thời gian không có hoặc điện lượng mặt trời thấp – không tạo ra được công nghệ có thể được thương mại hóa. Ví dụ, các công nghệ lưu trữ năng lượng có thể mở rộng việc sản xuất điện, nhưng các phương pháp này đã chứng tỏ khả năng hạn chế (ví dụ, các bộ tích hơi) và tốn kém và/hoặc thách thức về công nghệ (ví dụ, các thùng muối nóng chảy). Các phương pháp khác đã nỗ lực sử dụng khí tự nhiên để cung cấp nhiệt bổ sung cho chất lưu công tác sử dụng trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Ví dụ, như phương pháp được bộc lộ trong patent Mỹ số 6,739,136. Tuy nhiên, tới nay hệ thống làm nóng bổ sung đã biết đến không có khả năng khắc phục hiệu suất giới hạn của quá trình chuyển đổi nhiệt từ năng lượng mặt trời cơ bản như đã được đề cập trên đây. Do vậy, có nhu cầu về kỹ thuật cho hiệu suất, hiệu quả về chi phí của hệ thống và phương pháp sử dụng nhiệt từ năng lượng mặt trời trong việc tạo ra công suất điện. Cụ thể hơn, có nhu cầu về hệ thống và phương pháp mà tạo ra công suất điện thích hợp cho việc đưa vào liên tục trong lưới điện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất việc tích hợp các hệ thống theo cách mà có thể cải thiện hiệu suất và giảm các chi phí liên quan đến cả hai hệ thống này. Cụ thể hơn, sáng chế đề xuất việc tích hợp phương pháp và hệ thống phát điện với phương pháp và hệ thống làm nóng bằng năng lượng mặt trời. Cụ thể, phương pháp và hệ thống tích hợp này có thể tăng hiệu suất của chu trình đốt trong phương pháp và hệ thống phát điện bằng cách sử dụng hệ thống làm nóng bằng năng lượng mặt trời như nguồn nhiệt bổ sung hoặc thay thế cho chu trình điện. Tương tự, phương pháp và hệ thống tích hợp có thể đưa ra hiệu suất được tăng tương ứng với hiệu suất trong cùng một chu trình sản xuất điện thiếu việc tích hợp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Như vậy, phương pháp và hệ thống tích hợp có thể bao gồm các bộ cấp nhiệt có thể vận hành một cách độc lập với một bộ cấp nhiệt khác, có thể được vận hành luân phiên (như theo chu kỳ), hoặc có thể được vận hành đồng thời để làm nóng chất lưu công tác

mà có thể được tuần hoàn qua hệ thống tại đó nó được làm nóng, được mở rộng cho việc phát điện, làm lạnh, làm sạch một cách tùy ý, được nén, và được làm nóng lại.

Phương pháp và hệ thống tích hợp theo sáng chế có thể sử dụng phương pháp và hệ thống phát điện thích hợp bất kỳ mà có chất lưu công tác tuần hoàn và chịu trách nhiệm tích hợp với nhiệt từ năng lượng mặt trời để cung cấp ít nhất một phần nhiệt được sử dụng trong hệ thống phát điện. Hệ thống và phương pháp phát điện sử dụng chủ yếu CO₂ trong chu trình đốt khép kín được mô tả trong Công bố đơn yêu cầu cấp Patent Mỹ số 2011/0179799, mà toàn bộ nội dung của nó được đưa vào đây hoàn toàn bằng cách viện dẫn, và trong các phương án thực hiện khác nhau, một hoặc nhiều bộ phận hoặc các điều kiện của phương pháp và hệ thống phát điện đã bộc lộ trong tài liệu trên có thể được đưa vào trong phương pháp và hệ thống phát điện theo sáng chế. Chu trình đốt có thể sử dụng tuabin có tỷ số áp suất thấp để làm giãn nở hỗn hợp các sản phẩm đốt mà được tạo ra trong quá trình đốt nhiên liệu trong oxy với sự có mặt của dòng chất lỏng CO₂ đang hoạt động (thường được tuần hoàn – ít nhất một phần – qua hệ thống khép kín). Theo các phương án thực hiện khác nhau, chu trình CO₂ như được mô tả trên đây có thể được sử dụng trong việc sản xuất điện sử dụng khí tự nhiên, than, hoặc các vật liệu chứa cacbon khác làm nguồn nhiên liệu. Khí xả nóng của tuabin có thể được sử dụng để ít nhất là làm nóng sơ bộ một phần dòng chất lỏng CO₂ tuần hoàn đang hoạt động trong bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm. Dòng chất lỏng CO₂ tuần hoàn đang hoạt động còn có thể được làm nóng bằng cách sử dụng nguồn nhiệt thứ hai, như nhiệt thu được từ năng lượng nén từ thiết bị sản xuất O₂ được sử dụng để cung cấp oxy cho quá trình đốt. Nhiên liệu và các tạp chất thu được từ quá trình đốt (ví dụ, các hợp chất lưu huỳnh, CO₂, H₂O, tro, Hg, v.v.) có thể được tách ra để thải loại mà không phát xạ vào khí quyển. Hệ thống có thể tạo ra dòng tuần hoàn CO₂ áp suất cao (nghĩa là, được tuần hoàn như chất lưu công tác) và dòng sản phẩm CO₂ áp suất cao (nghĩa là, CO₂ dư thừa không được tuần hoàn vào trong chu trình đốt và có thể được thu lại để sử dụng, như thu hồi dầu tăng cường, hoặc để càn hóa). Điều này có thể đạt được bằng cách nén dòng khí xả tuabin đã được làm nguội từ bộ trao đổi nhiệt có bộ phận tiết kiệm trong hệ thống nén, có thể là hệ thống nén nhiều giai đoạn.

Sáng chế đề xuất khả năng tích hợp phương pháp và hệ thống phát điện chu trình khép kín với phương pháp và hệ thống CSP (hoặc nhiệt từ năng lượng mặt trời khác) để có được hệ thống phát điện hiệu suất cao có thể xoay nhiệt của chất lưu công tác giữa buồng đốt hoặc bộ tập trung năng lượng mặt trời hoặc có thể đồng thời sử dụng cả nhiệt của quá trình đốt và nhiệt từ năng lượng mặt trời để làm nóng chất lưu công tác tuần hoàn. Việc tích hợp này có thể tăng hiệu suất của, ví dụ, quá trình phát điện bằng chu trình CO₂ khép kín với toàn bộ cacbon được thu giữ lớn hơn 50%, lớn hơn 55%, lớn hơn 60%, lớn hơn 65%, hoặc lớn hơn 70%.

Theo các phương án thực hiện nhất định, sáng chế có thể đề xuất phương pháp phát điện. Ví dụ, phương pháp phát điện do sáng chế đề xuất có thể bao gồm việc đốt nhiên liệu chứa cacbon trong buồng đốt sơ cấp với sự có mặt của oxy và CO₂ để tạo ra dòng tuần hoàn CO₂ và tạo ra dòng sản phẩm đốt hỗn hợp. Phương pháp này có thể còn bao gồm việc đưa dòng sản phẩm đốt hỗn hợp qua tuabin để phát điện và tạo ra dòng khí xả tuabin chứa CO₂ siêu tới hạn, đưa dòng khí xả tuabin chứa CO₂ siêu tới hạn qua bộ trao đổi nhiệt của sản phẩm đốt để chuyển đổi CO₂ siêu tới hạn thành dòng chứa CO₂ dạng khí, làm sạch tùy ý dòng CO₂ dạng khí, nén dòng CO₂ này để tạo ra dòng tuần hoàn CO₂, đưa dòng tuần hoàn CO₂ trở lại qua bộ trao đổi nhiệt của sản phẩm đốt để tạo ra dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng lại, đưa dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng lại qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời, và đưa dòng tuần hoàn CO₂ đến buồng đốt. Phương pháp này có thể bao gồm việc đưa dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng lại qua van điều chỉnh lưu lượng nhờ vậy mà dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng lại có thể được tách ra với phần thứ nhất đi đến buồng đốt và phần thứ hai đi qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời, hoặc nhờ vậy mà dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng lại có thể được luân phiên giữa việc đi đến buồng đốt hoặc đi đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Hơn nữa, theo một số phương án thực hiện, phương pháp này có thể bao gồm việc đưa dòng từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời qua bộ cấp nhiệt đốt bổ sung trước khi đưa dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng lại đến buồng đốt sơ cấp.

Phương pháp phát điện theo sáng chế có thể bao gồm việc đưa dòng chứa CO₂ từ buồng đốt sơ cấp qua tuabin để làm giãn nở dòng chứa CO₂, phát điện, và tạo ra dòng khí xả tuabin chứa CO₂. Phương pháp này có thể còn bao gồm việc làm

nóng CO_2 từ dòng khí xả tuabin bằng bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Hơn nữa, phương pháp này có thể bao gồm việc đưa CO_2 từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời đến buồng đốt sơ cấp. Theo các phương án thực hiện bổ sung, phương pháp này có thể còn bao gồm việc đưa CO_2 từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời đến bộ cấp nhiệt đốt trước khi đi đến buồng đốt sơ cấp. Ngoài ra, phương pháp này có thể còn bao gồm việc làm lạnh dòng khí xả tuabin chứa CO_2 trong bộ trao đổi nhiệt để tạo ra dòng khí xả tuabin đã được làm nguội chứa CO_2 . Sau đó, phương pháp này có thể bao gồm việc làm sạch dòng khí xả tuabin đã được làm nguội chứa CO_2 trong thiết bị tách nước để tạo ra dòng chứa CO_2 được làm khô từ dòng khí xả tuabin đã được làm nguội. CO_2 được làm khô từ dòng khí xả tuabin đã được làm nguội có thể được nén để tạo ra dòng chứa CO_2 nén, và dòng chứa CO_2 nén có thể được làm nóng trong bộ trao đổi nhiệt trước khi được làm nóng bằng bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời.

Theo một số phương án thực hiện, phương pháp phát điện theo sáng chế có thể bao gồm các bước: đưa dòng chứa CO_2 từ buồng đốt sơ cấp qua tuabin để làm giãn nở dòng chứa CO_2 , phát điện, và tạo ra dòng khí xả tuabin chứa CO_2 ; làm lạnh dòng khí xả tuabin chứa CO_2 trong bộ trao đổi nhiệt để tạo ra dòng khí xả tuabin đã được làm nguội; nén CO_2 từ dòng khí xả tuabin đã được làm nguội để tạo ra dòng chứa CO_2 nén; làm nóng dòng chứa CO_2 nén trong bộ trao đổi nhiệt; làm nóng dòng chứa CO_2 nén bằng bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời; và đưa dòng chứa CO_2 được làm nóng bằng nhiệt từ năng lượng mặt trời và được nén đến buồng đốt sơ cấp. Dòng chứa CO_2 đi vào tuabin có thể ở áp suất khoảng 150 bar (15 MPa) hoặc lớn hơn và có thể ở nhiệt độ khoảng 500°C hoặc lớn hơn. Tỷ số giữa áp suất của dòng chứa CO_2 đi vào tuabin với áp suất của dòng khí xả tuabin chứa CO_2 có thể là 12 hoặc thấp hơn.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, bước nén dòng chứa CO_2 có thể bao gồm việc đưa dòng này qua các giai đoạn bơm. Hơn nữa, dòng chứa CO_2 có thể được làm lạnh giữa hai giai đoạn bơm. Một phần dòng chứa CO_2 nén có thể được làm nóng bằng nhiệt bổ sung sau bước nén và trước khi được đưa qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Ví dụ, nhiệt bổ sung có thể bao gồm nhiệt nén từ thiết bị tách khí. Dòng chứa CO_2 được làm nóng bằng nhiệt từ năng lượng mặt trời và

được nén có thể được đưa từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời qua bộ cấp nhiệt đốt trước khi đưa vào trong buồng đốt sơ cấp.

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc đốt nhiên liệu chứa cacbon trong buồng đốt sơ cấp với sự có mặt của oxy và dòng chứa CO_2 sao cho dòng chứa CO_2 được làm nóng bằng nhiệt từ năng lượng mặt trời và được nén đi qua tuabin còn chứa một hoặc nhiều các sản phẩm đốt. Phương pháp này có thể còn bao gồm việc đưa dòng khí xả tuabin đã được làm nguội từ bộ trao đổi nhiệt qua thiết bị tách để tách một hoặc nhiều sản phẩm đốt khỏi CO_2 . Cụ thể, nhiên liệu chứa cacbon có thể là chất lỏng hoặc khí.

Theo các phương án thực hiện khác, nhiên liệu chứa cacbon có thể bao gồm dòng của một phần các sản phẩm đốt được oxy hóa. Ví dụ, phương pháp này có thể còn bao gồm việc đốt nhiên liệu rắn với sự có mặt của O_2 và CO_2 trong buồng đốt oxy hóa một phần, nhiên liệu rắn, O_2 , và CO_2 được cung cấp theo các tỷ lệ sao cho nhiên liệu rắn chỉ bị oxy hóa một phần để tạo ra dòng sản phẩm đốt được oxy hóa một phần chứa thành phần không cháy được, CO_2 , và một hoặc nhiều H_2 , CO , CH_4 , H_2S , và NH_3 . Cụ thể, nhiên liệu rắn, O_2 , và CO_2 có thể được cung cấp theo các tỷ lệ sao cho nhiệt độ của dòng sản phẩm đốt được oxy hóa một phần là đủ thấp so với tất cả các thành phần không cháy được trong dòng ở dạng hạt rắn. Phương pháp này có thể còn bao gồm việc đưa dòng sản phẩm đốt được oxy hóa một phần qua một hoặc nhiều bộ lọc. Cụ thể, nhiên liệu rắn có thể bao gồm than, than linit, hoặc cốc dầu mỏ. Cụ thể hơn, nhiên liệu rắn có thể là dạng hạt và có thể là chất quánh có CO_2 .

Nếu muốn, lượng nhiên liệu chứa cacbon và oxy được cung cấp đến buồng đốt sơ cấp có thể được điều khiển sao cho nhiệt đốt trong buồng đốt sơ cấp tỷ lệ nghịch với nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để làm nóng dòng chứa CO_2 nén đi qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời này. Ví dụ, lượng nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể thay đổi lớn hơn 10% trên một chu kỳ mặt trời. Như vậy, lượng nhiên liệu chứa cacbon và oxy được cung cấp đến buồng đốt có thể được điều khiển sao cho nhiệt độ của dòng chứa CO_2 đi đến tuabin có thể thay đổi nhỏ hơn 10% trên một chu kỳ mặt trời.

Các phương pháp theo sáng chế có thể còn bao gồm việc chia dòng chứa CO₂ nén thành nhiều dòng khác nhau. Ví dụ, theo một số phương án thực hiện, các phương pháp này có thể bao gồm việc chia dòng chứa CO₂ nén đi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt trước khi đưa vào trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời sao cho phần thứ nhất của dòng chứa CO₂ nén tiếp tục đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và phần thứ hai của dòng chứa CO₂ nén đi đến buồng đốt sơ cấp mà không theo phần thứ nhất đi qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Theo các phương án thực hiện khác nhau, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể làm nóng dòng chứa CO₂ đến nhiệt độ khoảng 500°C hoặc lớn hơn. Theo các phương án thực hiện khác, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được làm nóng bởi dòng chứa CO₂.

Sáng chế còn đề xuất các hệ thống phát điện. Theo một số phương án thực hiện, hệ thống phát điện theo sáng chế có thể có các bộ phận sau: bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời; buồng đốt sơ cấp nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời; tuabin sản xuất điện nối thông chất lỏng với buồng đốt sơ cấp; bộ trao đổi nhiệt nối thông chất lỏng với tuabin sản xuất điện và bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời; và ít nhất một máy nén khí nối thông chất lỏng với bộ trao đổi nhiệt. Hệ thống này có thể còn có bộ cấp nhiệt đốt được bố trí giữa và nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và buồng đốt sơ cấp. Hơn nữa, hệ thống này có thể có thiết bị tách được bố trí giữa và nối thông chất lỏng với bộ trao đổi nhiệt và ít nhất một máy nén khí. Ngoài ra, hệ thống này có thể có thiết bị tách khí. Cụ thể, thiết bị tách khí này có thể là thiết bị tách khí ở nhiệt độ thấp có máy nén khí đoạn nhiệt chính và máy nén khí tăng áp. Bộ trao đổi nhiệt được sử dụng trong hệ thống này có thể có một dãy hai hoặc nhiều cụm trao đổi nhiệt.

Theo một số phương án thực hiện, hệ thống này có thể bao gồm buồng đốt oxy hóa một phần có đầu ra nối thông chất lỏng với đầu vào của buồng đốt sơ cấp. Hệ thống này có thể còn bao gồm bộ phận lọc được bố trí giữa và nối thông chất lỏng với đầu ra của buồng đốt oxy hóa một phần và đầu vào của buồng đốt sơ cấp. Theo một số phương án thực hiện, hệ thống có thể bao gồm bộ chia được bố trí phía sau từ và nối thông chất lỏng với đầu ra là đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt, bộ chia này có đầu ra thứ nhất nối thông chất lỏng với buồng đốt oxy hóa một phần và đầu ra thứ hai nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Theo

các phương án thực hiện khác, hệ thống này có thể bao gồm bộ chia được bố trí phía sau từ và nối thông chất lỏng với đầu ra là đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt, bộ chia này có đầu ra thứ nhất nối thông chất lỏng với buồng đốt sơ cấp và đầu ra thứ hai nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Theo các phương án thực hiện tiếp theo, hệ thống này có thể bao gồm van điều chỉnh lưu lượng được bố trí phía sau từ và nối thông chất lỏng với đầu ra đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt, van điều chỉnh lưu lượng này có đầu ra thứ nhất nối thông chất lỏng với buồng đốt sơ cấp và đầu ra thứ hai nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời, van điều chỉnh lưu lượng này được dùng để luân phiên dòng giữa bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và buồng đốt sơ cấp.

Cụ thể, phương pháp phát điện theo sáng chế có thể có đặc tính liên quan đến hiệu suất toàn phần của việc phát điện. Ví dụ, việc phát điện có thể đạt được với hiệu suất toàn phần trên năng suất tỏa nhiệt ròng ít nhất là 60%. Theo các phương án thực hiện khác, hiệu suất này có thể ít nhất là 65%. Do đó, hệ thống và phương pháp đã thể hiện trên đây đáp ứng được như cầu dùng trong việc phát điện cùng với sự bẫy và lưu trữ cacbon (Carbon Capture and Storage - CCS). Ngược lại, việc đạt được CCS với hệ thống phát điện thông thường đã được chứng tỏ là khó và/hoặc không có hiệu quả về chi phí, phương pháp được thể hiện dưới đây sử dụng chu trình đốt khép kín có thể đạt được hiệu suất cao và thỏa mãn được các nhu cầu về CCS, trong khi vẫn có hiệu quả về chi phí.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là hình vẽ sơ đồ trình tự thể hiện phương pháp và hệ thống phát điện theo một phương án thực hiện của sáng chế trong đó bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời được tích hợp với buồng đốt và tuabin;

FIG.2 là hình vẽ sơ đồ trình tự thể hiện phương pháp và hệ thống phát điện theo một phương án thực hiện của sáng chế bao gồm buồng đốt sơ cấp và bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời;

FIG.3 là hình vẽ sơ đồ trình tự thể hiện phương pháp và hệ thống phát điện theo phương án thực hiện khác của sáng chế trong đó bao gồm buồng đốt oxy hóa một phần ngoài buồng đốt sơ cấp;

FIG.4 là hình vẽ sơ đồ trình tự thể hiện phương pháp và hệ thống phát điện theo phương án thực hiện khác của sáng chế trong đó có bộ chia để chia dòng tuần hoàn CO₂ giữa bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và buồng đốt sơ cấp;

FIG.5 là hình vẽ sơ đồ trình tự thể hiện phương pháp và hệ thống phát điện theo phương án thực hiện khác nữa của sáng chế trong đó có bộ chia để chia dòng tuần hoàn CO₂ thành ba dòng đi đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời, buồng đốt oxy hóa một phần, và buồng đốt sơ cấp;

FIG.6 là hình vẽ sơ đồ trình tự thể hiện phương pháp và hệ thống phát điện theo phương án thực hiện khác nữa của sáng chế trong đó có hai vị trí của van điều chỉnh lưu lượng để luân phiên dòng tuần hoàn CO₂ giữa bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và buồng đốt sơ cấp;

FIG.7 là hình vẽ sơ đồ trình tự thể hiện phương pháp và hệ thống phát điện theo phương án thực hiện khác nữa của sáng chế trong đó có hai vị trí của van điều chỉnh lưu lượng để luân phiên dòng tuần hoàn CO₂ giữa bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và dòng đến buồng đốt, mà được chia giữa buồng đốt oxy hóa một phần và buồng đốt sơ cấp; và

FIG.8 là hình vẽ dạng sơ đồ của một chu kỳ mặt trời thể hiện nhiệt liên quan đến một chu kỳ mặt trời được cấp bởi các bộ phận làm nóng khác nhau của hệ thống theo các phương án thực hiện nhất định của sáng chế khi làm ví dụ.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách đầy đủ hơn dựa vào các phương án thực hiện khác nhau. Các phương án thực hiện này được đưa ra để phần mô tả này được tỉ mỉ và đầy đủ, và sẽ truyền đạt một cách đầy đủ phạm vi bảo hộ của sáng chế đến người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Thực sự, sáng chế có thể được thực hiện theo nhiều dạng khác nhau và sẽ không chỉ giới hạn ở các phương án thực hiện được đưa ra dưới đây; đúng hơn, các phương án thực

hiện này được đưa ra để phần mô tả này đáp ứng các yêu cầu pháp lý thích hợp. Như được sử dụng trong bản mô tả, và trong các điều yêu cầu bảo hộ, các dạng số ít “một”, “một chiếc”, “một cái”, bao gồm cả ở số nhiều trừ khi ngữ cảnh được thể rõ ràng ở trạng thái khác.

Công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số 2011/0179799, như nêu trên, mô tả phương pháp và hệ thống sản xuất điện trong đó chu trình CO_2 được sử dụng. Theo một số phương án thực hiện sáng chế, chất lỏng luân chuyển CO_2 có thể được tạo ra trong buồng đốt thích hợp cho các trạng thái nhiệt độ cao và áp suất cao cùng với nhiên liệu chứa cacbon (như NG, than, khí đốt tổng hợp, sinh chất, v.v.) và chất oxy hóa, như không khí hoặc O_2 . Hệ thống và phương pháp này có thể bao gồm buồng đốt vận hành ở nhiệt độ cao (ví dụ, khoảng 500°C hoặc lớn hơn, khoảng 750°C hoặc lớn hơn, hoặc 1.000°C hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 1.200°C hoặc lớn hơn), và sự có mặt của chất lỏng luân chuyển có thể thực hiện chức năng điều tiết nhiệt độ của dòng chất lỏng đi ra khỏi buồng đốt sao cho dòng chất lỏng có thể được sử dụng trong việc truyền năng lượng để sản xuất điện. Bản chất của quá trình phản ứng ở nhiệt độ và áp suất cao, và với nồng độ CO_2 tuần hoàn cao, có thể tạo ra hiệu suất cao cho quá trình và tốc độ phản ứng. Dòng sản phẩm đốt có thể được làm giãn nở thông qua ít nhất là một tuabin để phát điện. Sau đó, dòng khí giãn nở có thể được làm lạnh để loại bỏ các sản phẩm do quá trình đốt và/hoặc các tạp chất từ dòng, và nhiệt được rút ra từ dòng khí giãn nở có thể được sử dụng để làm nóng chất lỏng luân chuyển CO_2 mà tuần hoàn trở lại đến buồng đốt.

Ở trạng thái làm lạnh, dòng đốt có thể được xử lý để loại bỏ nước và các tạp chất khác để tạo ra dòng CO_2 gần như tinh khiết để tuần hoàn trở lại qua buồng đốt với các vật liệu đốt. Dòng CO_2 tinh khiết thường ở trạng thái khí, và có lợi để đưa dòng đến các điều kiện cần thiết sao cho CO_2 là ở trạng thái siêu tới hạn. Ví dụ, sau khi dòng đốt được làm giãn nở qua tuabin để phát điện, làm lạnh, và làm sạch chứa CO_2 gần như tinh khiết (ví dụ, ít nhất là 95% theo khối lượng, ít nhất là 97% theo khối lượng, hoặc ít nhất là 99% theo khối lượng CO_2), dòng tuần hoàn CO_2 tổng hợp có thể được nén để tăng áp suất của nó, như đến khoảng 80 bar (8 MPa). Bước nén thứ hai có thể được sử dụng để tăng áp suất xấp xỉ áp suất trong buồng đốt – ví dụ, khoảng 200 bar (20 MPa), khoảng 250 bar (25 MPa), hoặc khoảng 300 bar (30

MPa). Ở giữa các bước nén này, dòng CO_2 có thể được làm lạnh để tăng tỷ trọng của dòng nhằm giảm năng lượng đầu vào cần để bơm dòng đến áp suất cao hơn. Sau đó, dòng tuần hoàn CO_2 nén sau cùng có thể còn được làm nóng và đưa trở lại vào trong buồng đốt.

Mặc dù phương pháp và hệ thống phát điện được thể hiện trên đây đem lại hiệu suất tăng so với hệ thống và phương pháp phát điện thông thường (và như vậy trong khi đồng thời bẫy cacbon được sản xuất), song hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể còn tăng hiệu suất của chu trình thông qua việc kết hợp với hệ thống năng lượng mặt trời tập trung (CSP). Hệ thống CSP này có thể cung cấp nhiệt của dòng tuần hoàn CO_2 trong các khoảng thời gian đủ ánh sáng mặt trời có sẵn như một sự thay thế cho việc sử dụng buồng đốt trong chu trình đốt hoặc hệ thống CSP có thể cung cấp nhiệt bổ sung của dòng tuần hoàn CO_2 nhằm giảm các yêu cầu về nhiên liệu cho buồng đốt trong chu trình đốt.

Lợi ích của hệ thống CSP theo sáng chế có thể có bộ thu nhiệt từ năng lượng mặt trời bất kỳ được dùng để tập trung năng lượng mặt trời nhằm tạo ra đủ nhiệt cần thiết cho chất lưu công tác trong hệ thống phát điện, như được mô tả trong phần mô tả dưới đây. Tốt hơn, nếu sử dụng bộ thu nhiệt từ năng lượng mặt trời nhiệt độ cao. Một ví dụ không giới hạn về hệ thống bộ thu nhiệt từ năng lượng mặt trời mà có thể được sử dụng để tập trung năng lượng mặt trời theo sáng chế là máng dạng parabôn trong đó các dãy máng cong, phản chiếu có thể được sử dụng để phản chiếu bức xạ mặt trời trực tiếp lên trên ống của bộ thu chứa chất lỏng (còn được gọi là bộ tiếp nhận, bộ hấp thụ, hoặc bộ thu) chạy theo chiều dài máng và được bố trí trên tiêu điểm của các mặt phản xạ. Máng này là hình parabôn dọc theo một trục và tuyến tính theo trục vuông góc. Máng này có thể được điều chỉnh vị trí hàng ngày và/hoặc theo mùa nhằm tối đa hóa sự tập hợp bức xạ mặt trời. Chất lỏng của bộ hấp thụ có thể chảy đến bộ cấp nhiệt trung tâm. Các tháp điện (còn được biết như các nhà máy điện tháp trung tâm hoặc các nhà máy điện bằng kính định nhật) là ví dụ khác và có thể sử dụng phạm vi kính định nhật để hội tụ ánh sáng mặt trời tập trung trên bộ tiếp nhận, mà thường được lắp trên đỉnh tháp ở tâm của tháp này. Trong các hệ thống này, các kính định nhật có thể được bố trí theo mảng thẳng đứng (ví dụ, dạng đĩa hoặc parabôn) để hội tụ năng lượng mặt trời đến bộ thu nhiệt trên tháp.

Hơn nữa, các mặt phản xạ Fresnel là ví dụ về công nghệ tập trung năng lượng mặt trời hữu ích có thể được sử dụng theo sáng chế.

Theo các phương án thực hiện nhất định của sáng chế, hệ thống CSP có thể bao gồm bộ tập trung năng lượng mặt trời và bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Nói chung, bộ tập trung năng lượng mặt trời có thể bao gồm các kính định nhật, gương, thấu kính, hoặc các loại tương tự như nêu trên để thu thập và tập trung bức xạ mặt trời. Bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ phận được dùng để truyền nhiệt từ bức xạ mặt trời được tập hợp và tập trung và/hoặc chuyển đổi nhiệt để làm việc. Ví dụ, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể bao gồm bộ phận tiêu nhiệt trong đó nhiệt được chứa và từ đó nhiệt có thể được truyền đến vật liệu khác hoặc chất lỏng, như dòng chứa CO_2 có thể được đưa qua đó. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể bao gồm chất lưu công tác theo chu kỳ mặt trời (ví dụ, dòng chứa CO_2 , chất lưu chứa muối nóng chảy, hoặc các chất tương tự). Chất lưu công tác này có thể đi qua ống của bộ thu như nêu trên để làm nóng hoặc có thể là chỉ có mặt trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để làm nóng bởi bức xạ mặt trời được tập hợp và tập trung (ví dụ, trong tháp năng lượng). Do đó, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể bao gồm các bộ phận truyền nhiệt được dùng để truyền nhiệt từ chất lưu công tác theo chu kỳ mặt trời đến vật liệu khác hoặc chất lỏng, như dòng chứa CO_2 . Theo các phương án thực hiện này của sáng chế, thuật ngữ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể bao gồm cụm riêng biệt có chất lưu công tác theo chu kỳ mặt trời đi qua đó và được dùng để đưa dòng chứa CO_2 (là một ví dụ) qua đó trong mối quan hệ trao đổi nhiệt. Thuật ngữ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể còn bao gồm nhiều hệ thống mở rộng nhờ vậy mà chất lưu công tác theo chu kỳ mặt trời có thể được đi từ phần tập trung nhiệt đến phần truyền nhiệt mà tại đó nhiệt từ chất lưu công tác theo chu kỳ mặt trời có thể được đi đến vật liệu khác hoặc chất lỏng, như đã được mô tả trên đây.

Theo các phương án thực hiện khác nhau, phương pháp phát điện theo sáng chế có thể bao gồm việc đưa dòng chứa CO_2 từ buồng đốt sơ cấp qua tuabin để làm giãn nở dòng chứa CO_2 , phát điện, và tạo ra dòng khí xả tuabin chứa CO_2 . Dòng khí xả tuabin chứa CO_2 có thể được làm lạnh trong bộ trao đổi nhiệt để tạo ra dòng

khí xả tuabin đã được làm nguội. Phương pháp này có thể còn bao gồm việc nén CO_2 từ dòng khí xả tuabin đã được làm nguội để tạo ra dòng chứa CO_2 nén, và dòng này có thể được làm nóng trong bộ trao đổi nhiệt. Việc làm nóng lại, dòng chứa CO_2 nén có thể còn được làm nóng bằng bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời, chẳng hạn bằng cách đưa dòng chứa CO_2 nén qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời hoặc có thể có sự trao đổi nhiệt giữa dòng chứa CO_2 nén và chất lưu công tác theo chu trình nhiệt từ năng lượng mặt trời (ví dụ, chất lưu chứa muối nóng chảy hoặc dòng CO_2 tách biệt). Hơn nữa, phương pháp này có thể bao gồm việc đưa dòng chứa CO_2 được làm nóng bằng nhiệt từ năng lượng mặt trời và được nén đến buồng đốt sơ cấp.

Hệ thống phát điện theo sáng chế được thể hiện dưới dạng sơ đồ trên FIG.1. Trên hình vẽ này, nói chung, hệ thống này bao gồm bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 được nối thông chất lỏng với buồng đốt sơ cấp 10 mà lần lượt được nối thông chất lỏng với tuabin 20. Trong sử dụng, dòng nhiên liệu dạng khí 7 (hoặc dạng nhiên liệu khác còn được thể hiện dưới đây) được đưa đến buồng đốt sơ cấp cùng với dòng oxy 5 và dòng chứa CO_2 92. Nhiên liệu có thể được đốt cùng với oxy trong buồng đốt sơ cấp với sự có mặt của CO_2 như chất lưu công tác mà có thể được tuần hoàn qua hệ thống khép kín. Dòng đi ra khỏi buồng đốt 12 bao gồm CO_2 và các sản phẩm đốt bất kỳ và được nén có thể được đưa đến tuabin trong đó dòng đi ra khỏi buồng đốt được làm giãn nở để phát điện và tạo ra dòng khí xả tuabin 22. Tùy thuộc vào trạng thái tự nhiên của dòng khí xả tuabin, nó có thể còn được xử lý, như loại bỏ các sản phẩm đốt mà có thể có mặt – ví dụ, nước và/hoặc CO_2 dư thừa. Do đó, hệ thống theo sáng chế có thể bao gồm các bộ phận khác như được mô tả khác trong phần mô tả này. CO_2 từ dòng khí xả tuabin được xử lý thêm có thể được đưa vào bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 như dòng tuần hoàn CO_2 34. Do đó, dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 92 có thể hướng CO_2 trở lại buồng đốt như chất lưu công tác tuần hoàn.

Theo một số phương án thực hiện của sáng chế, buồng đốt 10 có thể được đóng hoàn toàn, như trong thời gian sản xuất nhiệt từ năng lượng mặt trời lúc cao điểm. Trong các trường hợp như vậy, nhiệt của dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 92 có thể đủ để phủ nhận nhu cầu về nhiệt đốt từ buồng đốt. Như

vậy, các dòng tuần hoàn có thể đủ giải phóng các tạp chất mà chu trình liên tục có thể được thực hiện mà không cần thiết phải làm lạnh và loại bỏ các sản phẩm đốt. Do đó, dòng khí xả tuabin 22 có thể được đưa trực tiếp đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 và do đó trở thành dòng tuần hoàn CO₂. Theo các phương án thực hiện khác, dòng khí xả tuabin có thể được đưa qua một hoặc nhiều bơm và/hoặc máy nén khí (ví dụ, xem FIG.2) để nén dòng khí xả tuabin trước khi đưa đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời như dòng tuần hoàn CO₂.

Mặc dù, nếu muốn, buồng đốt 10 có thể được đóng trong khi sản xuất nhiệt từ năng lượng mặt trời lúc cao điểm, song đó có thể là ưu điểm để vận hành hệ thống tích hợp với tất cả các bộ phận trong lúc vận hành liên tục. Nhiệt được cung cấp bởi hệ thống tập trung năng lượng mặt trời có thể thay đổi qua một chu kỳ mặt trời. Như được sử dụng trong bản mô tả này, một chu kỳ mặt trời được dùng để chỉ một ngày 24 giờ, có thể được đo từ thời điểm bất kỳ – ví dụ, từ nửa đêm hôm trước đến nửa đêm hôm sau hoặc trưa hôm trước đến trưa hôm sau. Trong các giờ có ánh sáng mặt trời, nhiệt từ năng lượng mặt trời sẽ có sẵn và thường sẽ tăng từ nắng lên các giờ có ánh sáng mặt trời lúc cao điểm và sau đó giảm khi hoàng hôn đến. Tùy thuộc vào đặc tính của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và khả năng lưu trữ nhiệt từ năng lượng mặt trời, mà nhiệt được sản xuất bởi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời sẽ tăng và giảm trên một chu kỳ mặt trời. Như vậy, lượng nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể thay đổi trên một chu kỳ mặt trời, như bằng 5% hoặc lớn hơn, 10% hoặc lớn hơn, 20% hoặc lớn hơn, 30% hoặc lớn hơn, hoặc 50% hoặc lớn hơn. Theo một số phương án thực hiện của sáng chế, lượng nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời trên một chu kỳ mặt trời có thể thay đổi trong khoảng từ 5% đến 75%, trong khoảng từ 10% đến 70%, hoặc trong khoảng từ 15% đến 60%. Tuy nhiên, nhiệt độ không đổi ở đầu vào của tuabin có thể được duy trì thông qua sự vận hành liên tục của hệ thống tích hợp đã được thể hiện trên đây.

Trong khoảng thời gian có sẵn năng lượng mặt trời lúc cao điểm, thì bức xạ mặt trời có thể được tập trung trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để cung cấp lên đến 100% nhiệt cần thiết cho việc tuần hoàn CO₂ qua hệ thống đến tuabin. Khi năng lượng mặt trời có sẵn giảm, thì lượng nhiên liệu và oxy đưa vào buồng

đốt có thể được tăng nếu cần để duy trì nhiệt độ mong muốn ở đầu vào của tuabin. Trong khoảng thời gian năng lượng mặt trời có sẵn là không đủ, nếu cần, hệ thống có thể được vận hành dựa vào mỗi nhiên liệu đốt. Hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể còn cho phép sử dụng nhiên liệu đốt trong khoảng thời gian tải trọng cao điểm và có thể trở lại chỉ dùng năng lượng mặt trời hoặc vận hành tải trên cơ sở năng lượng mặt trời là chính nếu đảm bảo các điều kiện. Lượng nhiên liệu đốt và oxy được cung cấp đến buồng đốt có thể được điều khiển sao cho nhiệt đốt trong buồng đốt sơ cấp tỷ lệ nghịch với nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để làm nóng dòng chứa CO_2 đi qua đó. Như mô tả nêu trên, điều này có thể được đưa ra cho việc duy trì nhiệt độ gần như không đổi tại điểm đi vào trong tuabin. Ví dụ, lượng nhiên liệu chứa cacbon và oxy được cung cấp đến buồng đốt có thể được điều khiển sao cho nhiệt độ của dòng chứa CO_2 đi đến tuabin có thể thay đổi nhỏ hơn 2% trên một chu kỳ mặt trời. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, nhiệt độ của dòng chứa CO_2 đi đến tuabin có thể thay đổi trên một chu kỳ mặt trời nhỏ hơn 5%, nhỏ hơn 10%, hoặc thấp hơn 15%. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, nhiệt độ của dòng chứa CO_2 đi đến tuabin có thể thay đổi trên một chu kỳ mặt trời nằm trong khoảng từ 2% đến 15%, nằm trong khoảng từ 3% đến 12%, hoặc nằm trong khoảng từ 5% đến 10%.

Sự vận hành của hệ thống theo sáng chế như mô tả nêu trên có thể là ưu điểm vì một số lý do. Ví dụ, hệ thống này có thể dễ dàng truyền đến phương pháp vận hành mà có thể tránh được các chu trình chuyển mạch phức tạp giữa bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và buồng đốt sơ cấp. Hơn nữa, hiệu suất của phương pháp và hệ thống đốt này có thể được tăng đáng kể. Như, trong hệ thống tích hợp khoảng 25% tổng năng lượng ra thu được từ năng lượng mặt trời (ví dụ, 1 giờ cao điểm của ánh sáng mặt trời trên ngày) và trong đó chu trình đốt có hiệu suất độc lập (bằng nhiên liệu khí tự nhiên) là khoảng 50%, sau đó hiệu suất trung bình cho khoảng thời gian 24 giờ định sẵn của hệ thống tích hợp sử dụng nhiên liệu khí tự nhiên có thể là khoảng 66%.

Hệ thống và phương pháp theo các phương án thực hiện nhất định của sáng chế được thể hiện dưới dạng sơ đồ trình tự trên FIG.2. Trên hình vẽ này, dòng nhiên liệu dạng khí 3 được bơm trong bơm 6 để tạo ra dòng nhiên liệu dạng khí nén

7 được hướng đến buồng đốt sơ cấp 10. Theo một ví dụ, nhiên liệu dạng khí có thể là khí tự nhiên; tuy nhiên, các nhiên liệu dạng khí khác cũng có thể được sử dụng, như khí đốt tổng hợp. Hơn nữa, các nhiên liệu lỏng cũng có thể được sử dụng. Theo các phương án thực hiện được thể hiện trên FIG.2, dòng oxy 5 từ thiết bị tách khí 110 còn được hướng đến buồng đốt. Thiết bị tách khí có thể được sử dụng để cung cấp oxy được làm sạch từ nguồn không khí 1. Ví dụ, dòng oxy này có thể bao gồm oxy có độ tinh khiết khoảng 95% phân tử hoặc lớn hơn, khoảng 97% phân tử hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 99% phân tử hoặc lớn hơn. Trong buồng đốt, nhiên liệu được đốt cháy cùng với oxy với sự có mặt của dòng tuần hoàn CO₂ để tạo ra dòng đi ra khỏi buồng đốt 12, theo phương án thực hiện này, dòng này bao gồm CO₂ lỏng đang hoạt động và các sản phẩm đốt bất kỳ, như nước và/hoặc CO₂.

Buồng đốt sơ cấp có thể là buồng đốt bất kỳ thích hợp cho việc đốt ở nhiệt độ và áp suất yêu cầu bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở buồng đốt làm lạnh thoát hơi nước. Dòng tuần hoàn CO₂ được đưa đến buồng đốt có thể được cung cấp ở áp suất khoảng 150 bar (15 MPa) hoặc lớn hơn, khoảng 200 bar (20 MPa) hoặc lớn hơn, khoảng 250 bar (25 MPa) hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 300 bar (30 MPa) hoặc lớn hơn. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, áp suất có thể nằm trong khoảng từ 150 bar (15 MPa) đến 400 bar (40 MPa), nằm trong khoảng từ 200 bar (20 MPa) đến 380 bar (38 MPa), hoặc nằm trong khoảng từ 250 bar (25 MPa) đến 350 bar (35 MPa). Việc đốt trong buồng đốt sơ cấp có thể được thực hiện ở nhiệt độ, ví dụ, khoảng 500°C hoặc lớn hơn, khoảng 600°C hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 700°C hoặc lớn hơn. Theo các phương án thực hiện khác, việc đốt có thể được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C đến 1800°C, nằm trong khoảng từ 550°C đến 1600 °C, hoặc nằm trong khoảng từ 600°C đến 1200°C. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, thậm chí các vùng nhiệt độ khác cũng có thể được sử dụng, như được mô tả khác dưới đây. Theo các phương án thực hiện khác nhau của sáng chế, CO₂ trong dòng đi ra khỏi buồng đốt 12 có thể ở trạng thái siêu tới hạn.

Dòng đi ra khỏi buồng đốt chứa CO₂ được đưa vào trong tuabin phát điện 20 để sản xuất điện năng qua máy phát điện 25. Phương pháp phát điện có thể có đặc điểm do tỷ số áp suất qua tuabin. Tỷ số giữa áp suất của dòng đi ra khỏi buồng đốt

(đi vào tuabin) và áp suất của dòng khí xả tuabin chứa CO_2 (đi ra khỏi tuabin) có thể là khoảng 12 hoặc thấp hơn, khoảng 10 hoặc thấp hơn, hoặc khoảng 8 hoặc thấp hơn. Hơn nữa, tỷ số áp suất có thể nằm trong khoảng từ 4 đến 12, nằm trong khoảng từ 5 đến 10, hoặc nằm trong khoảng từ 6 đến 10.

Dòng khí xả tuabin 22 đi ra khỏi tuabin 20 có thể được làm lạnh bằng cách đưa qua bộ trao đổi nhiệt 30 để giảm nhiệt độ của nó. Cụ thể, điều này có thể là có lợi nhằm cho phép tách các tạp chất bất kỳ (ví dụ, các sản phẩm đốt) từ dòng khí xả tuabin. Theo một số phương án thực hiện của sáng chế, bộ trao đổi nhiệt (có thể có đặc điểm như bộ trao đổi nhiệt của sản phẩm đốt theo một số phương án thực hiện của sáng chế) có thể là bộ trao đổi nhiệt nhiều tầng hoặc một dãy hai hoặc nhiều hơn, tốt hơn là ba, cụm trao đổi nhiệt nối tiếp. Trong dãy này, cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ nhất (đi từ đầu nóng đến đầu lạnh) có thể truyền nhiệt ở mức cao, vùng nhiệt độ rộng – ví dụ, từ nhiệt độ ở đầu ra của tuabin đến vùng nằm trong khoảng từ 150°C đến 200°C . Cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ hai có thể truyền nhiệt ở mức trung bình, vùng nhiệt độ hẹp hơn – ví dụ, từ nhiệt độ ở đầu ra của cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ nhất đến vùng nằm trong khoảng từ 80°C đến 140°C . Cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ ba có thể truyền nhiệt ở vùng nhiệt độ thấp – ví dụ, vùng nằm trong khoảng từ 20°C đến 75°C . Các vùng này có thể áp dụng cho các chất lỏng đi từ đầu lạnh đến đầu nóng của mỗi cụm trao đổi nhiệt trong dãy này. Dãy này có thể có lợi trong việc làm nóng bổ sung dòng tuần hoàn CO_2 đi từ đầu lạnh của cụm trao đổi nhiệt nối tiếp đến đầu nóng của cụm trao đổi nhiệt có thể được đưa vào ở điểm xác định. Ví dụ, dòng đi ra khỏi cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ ba và đi vào cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ hai có thể được tách ra, và một phân đoạn có thể đi vào cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ hai trong khi một phần khác được làm nóng từ nguồn bên ngoài, như nhiệt nén bị giữ lại bởi thiết bị tách khí. Sau đó, phân đoạn được làm nóng cao hơn có thể được kết hợp với dòng đi ra khỏi cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ hai và đi vào cụm trao đổi nhiệt nối tiếp thứ nhất. Nhiệt bổ sung này có thể có lợi để đưa nhiệt độ của dòng tuần hoàn CO_2 đến ngưỡng thích hợp tương ứng với nhiệt độ của dòng khí xả tuabin. Cụ thể, dòng tuần hoàn CO_2 có thể được làm nóng đến 50°C hoặc thấp hơn, 40°C hoặc thấp hơn, hoặc 30°C hoặc thấp hơn nhiệt độ của dòng khí xả tuabin.

Tốt hơn nếu, dòng khí xả tuabin đã được làm nguội 32 đi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt 30 chứa CO₂ ở trạng thái khí và có thể được đưa qua bộ làm lạnh nhiệt độ thấp 40 (ví dụ, bộ làm lạnh bằng nước), mà có thể có lợi để làm lạnh dòng khí xả tuabin đến gần nhiệt độ môi trường xung quanh. Theo các phương án thực hiện cụ thể của sáng chế, bộ làm lạnh nhiệt độ thấp có thể làm lạnh dòng CO₂ dạng khí đến nhiệt độ khoảng 50°C hoặc thấp hơn, khoảng 40°C hoặc thấp hơn, hoặc khoảng 30°C hoặc thấp hơn. Cụ thể, bộ phận của hệ thống này có thể là tùy ý. Dòng đầu ra nhiệt độ thấp 42 có thể được đưa vào trong thiết bị tách 50, thiết bị này, cụ thể theo phương án thực hiện sáng chế là thiết bị tách nước. Do đó, dòng nước 54 được rút ra khỏi đó, và dòng CO₂ khô 52 đi ra khỏi thiết bị tách này và có thể được đưa qua một hoặc nhiều bơm hoặc máy nén khí.

Như đã được thể hiện, dòng CO₂ khô 52 được đưa qua bơm 60, mà có thể có lợi để tăng áp suất của dòng CO₂ khô đến đủ áp suất sao cho CO₂ là ở trạng thái siêu tới hạn. Ví dụ, áp suất có thể được tăng đến khoảng 75 bar (7,5 MPa) hoặc lớn hơn hoặc khoảng 80 bar (8 MPa) hoặc lớn hơn. Dòng CO₂ xả của bơm sau cùng 62 có thể còn được làm lạnh trong bộ làm lạnh kiểu cô đặc 70, cụ thể, có thể có lợi để tăng tỷ trọng của CO₂ siêu tới hạn để giảm năng lượng cần thiết để nén dòng CO₂ đến áp suất có lợi để tuần hoàn đến buồng đốt 10. Cụ thể, dòng này có thể được làm đặc đến tỷ trọng khoảng 200kg/m³ hoặc lớn hơn, khoảng 400kg/m³ hoặc lớn hơn, khoảng 600kg/m³ hoặc lớn hơn, hoặc khoảng 800kg/m³ hoặc lớn hơn. Sau đó, dòng CO₂ xả của bộ làm lạnh kiểu cô đặc 72 có thể được đưa qua máy nén khí 80 để tăng áp suất của nó đến vùng mà tốt hơn là vùng được mô tả trên đây liên quan đến dòng tuần hoàn CO₂ để đưa vào buồng đốt. Dòng xả CO₂ nén 82 có thể được tách ra hoặc có thể được đưa trở lại trong toàn bộ chu trình đốt. Có lợi, nếu muốn, bất kỳ CO₂ dư thừa (ví dụ, CO₂ do đốt) có thể được rút ra như dòng CO₂ áp suất cao trong đường ống 84 – nghĩa là, dưới các điều kiện thích hợp để đưa vào đường ống. Bất kỳ mong muốn sử dụng CO₂ rút ra (ví dụ, thu hồi dầu tăng cường, càng hóa, v.v.) được bao hàm trong sáng chế này.

Dòng xả CO₂ nén (tuần hoàn một phần) 86 có thể được đưa trở lại qua bộ trao đổi nhiệt 30 để làm nóng dòng chứa CO₂ đến nhiệt độ ở hoặc gần nhiệt độ của dòng xả của tuabin. Theo các phương án thực hiện cụ thể của sáng chế, nhiệt độ

của dòng tuần hoàn CO_2 đi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt có thể không giống nhiệt độ của dòng xả của tuabin chỉ khoảng 50°C hoặc thấp hơn. Nếu muốn, nhiệt bổ sung có thể được đưa vào dòng chứa CO_2 trước hoặc trong khi đưa qua bộ trao đổi nhiệt. Ví dụ, nhiệt thu được từ sự nén đoạn nhiệt trong cụm tách khí 110 có thể được bổ sung vào dòng chứa CO_2 . Như đã được thể hiện, dòng truyền nhiệt 112 ở nhiệt độ cao có thể đi từ thiết bị tách khí đến cụm trao đổi nhiệt (ví dụ, đến dòng đưa vào trong bộ trao đổi nhiệt hoặc vào trong một hoặc nhiều cụm trao đổi nhiệt trong bộ trao đổi nhiệt nhiều tầng), và dòng truyền nhiệt 114 ở nhiệt độ thấp có thể đi từ bộ trao đổi nhiệt trở lại thiết bị tách khí.

Dòng đi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt 30 có thể có đặc điểm như là dòng tuần hoàn CO_2 . Do vậy, dòng tuần hoàn CO_2 34 có thể ở áp suất và/hoặc nhiệt độ thích hợp để đưa vào buồng đốt 10. Theo phương án thực hiện được thể hiện của sáng chế, đầu tiên, dòng tuần hoàn CO_2 được đưa đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 có thể là một cụm hoặc có thể là bộ phận của hệ thống CSP, như đã được mô tả trên đây. Như đã được thể hiện, các tia năng lượng mặt trời 222 phản chiếu từ bộ tập trung năng lượng mặt trời 220, và bức xạ mặt trời tập trung 224 được tập trung trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Dòng tuần hoàn CO_2 đi qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được thay đổi hoặc không được thay đổi tùy thuộc vào trạng thái của hệ thống CSP. Như đã được thể hiện, dòng chất lỏng được đưa trực tiếp qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để thu hồi nhiệt trực tiếp từ hệ thống tập trung. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, dòng chất lưu công tác (nghĩa là, dòng tuần hoàn CO_2) có thể phân cách với chất lưu công tác thứ cấp (ví dụ, chất lưu công tác theo chu kỳ mặt trời) trong mối quan hệ trao đổi nhiệt. Chất lưu công tác thứ cấp này có thể quay vòng theo chu kỳ qua hệ thống tập trung năng lượng mặt trời để làm nóng, như đã được mô tả trên đây liên quan đến các bộ thu nhiệt từ năng lượng mặt trời đã biết. Ví dụ, chất lưu công tác muối nóng chảy có thể được hợp nhất trong hệ thống tập trung năng lượng mặt trời, và dòng tuần hoàn CO_2 đi vào bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể tiếp nhận nhiệt từ chất lưu công tác muối nóng chảy.

Như mô tả trên đây, trong khoảng thời gian tập hợp đủ năng lượng mặt trời, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được làm nóng đến nhiệt độ trong đó

dòng tuần hoàn CO_2 đi qua đó được tăng nhiệt độ. Tại thời điểm tập hợp năng lượng mặt trời ít hơn, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể gần như bằng nhiệt độ của dòng tuần hoàn CO_2 đi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt, và dòng tuần hoàn CO_2 có thể không được làm nóng mà cũng không được làm lạnh. Tại thời điểm ít hoặc không có sự tập hợp năng lượng mặt trời, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được tăng nhiệt độ bằng cách đưa dòng tuần hoàn CO_2 qua đó. Như vậy có thể có lợi để bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được duy trì ở nhiệt độ gần như không đổi – ví dụ, trong khoảng 5%, trong khoảng 10%, trong khoảng 20%, hoặc trong khoảng 30% của nhiệt độ làm nóng lúc cao điểm của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Trong các hệ thống tập trung năng lượng mặt trời đã biết, bộ tiếp nhận thường quay vòng theo chu kỳ từ rất nóng sang rất lạnh trong mọi chu kỳ mặt trời. Chu trình nhiệt này đưa ra thách thức về thiết kế đối với bộ tiếp nhận và có thể khiến cho bộ tiếp nhận (nghĩa là, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời) bị hư hỏng do sự tích tụ của các ứng suất nhiệt từng ngày hoặc yêu cầu thiết kế của nó bị giới hạn về nhiệt độ, mà làm giới hạn tính năng. Theo các phương án thực hiện của sáng chế trong đó dòng CO_2 ở hoặc gần nhiệt độ vận hành của hệ thống chảy không đổi qua bộ tiếp nhận, nên có thể tránh được chu kỳ nhiệt độ hàng ngày. Do đó, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được đảm bảo hơn và có thể được xây dựng cho các nhiệt độ cao hơn, cho phép các hiệu suất cao hơn.

Ở một số thời điểm, dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 92 chứa CO_2 tuần hoàn có thể ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ đầu vào yêu cầu của buồng đốt sơ cấp 10. Do đó, theo một số phương án thực hiện sáng chế, bộ cấp nhiệt đốt 100 có thể được bố trí giữa đầu ra của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và đầu vào của buồng đốt sơ cấp. Ví dụ, bộ cấp nhiệt đốt có thể đốt cháy một phần dòng nhiên liệu dạng khí 7 hoặc dòng nhiên liệu tách biệt để tạo ra sự tăng nhiệt ở mức thấp cần thiết để tới gần nhiệt độ của chất lỏng tuần hoàn CO_2 . Do đó, dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt đốt 102 có thể ở nhiệt độ được yêu cầu để đưa vào buồng đốt sơ cấp và có thể được đưa trực tiếp vào trong buồng đốt sơ cấp. Như sẽ được đánh giá, bộ cấp nhiệt đốt có thể là tùy ý và, khi có mặt, có thể chỉ được đốt trong khoảng thời gian năng lượng mặt trời ngoài lúc cao điểm khi dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời thấp hơn ngưỡng nhiệt độ yêu cầu.

FIG.2 thể hiện hệ thống tích hợp theo sáng chế có thể bao gồm tấm chắn nhiệt có thể co lại 200. Tấm chắn nhiệt này có thể được triển khai trong khoảng thời gian năng lượng mặt trời ngoài lúc cao điểm để chống lại sự tổn thất nhiệt từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 trong khi bộ tập trung năng lượng mặt trời 220 đang cấp đủ nhiệt để duy trì yêu cầu nhiệt độ cao cho bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Tấm chắn nhiệt có thể là vật liệu bất kỳ mà có lợi để chống lại các sự tổn hao do bức xạ từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và/hoặc cung cấp nhiệt phản chiếu – nghĩa là, các sự tổn hao do bức xạ phản chiếu trở lại bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Tấm chắn nhiệt có thể được co lại để, trong khoảng thời gian năng lượng mặt trời lúc cao điểm, tất cả bức xạ mặt trời có sẵn có thể được hướng đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để tối đa nhiệt dung.

Hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể còn bao gồm việc lưu trữ nhiệt để tối đa nhiệt đưa vào từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Theo các phương án thực hiện nhất định của sáng chế, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và hệ thống tập trung kết hợp có thể cung cấp chỉ một phần của toàn bộ nhiệt yêu cầu cho phương pháp và hệ thống phát điện. Do đó, có thể có lợi để duy trì không đổi, lưu lượng nhỏ nhất của nhiên liệu đốt trong buồng đốt sơ cấp cho yêu cầu nhiệt tối thiểu cần thiết. Tuy nhiên, theo một số phương án thực hiện của sáng chế, bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và hệ thống tập trung kết hợp của nó có thể cung cấp nhiệt dư thừa ngoài nhu cầu theo các điều kiện vận hành của toàn bộ phương pháp và hệ thống phát điện. Theo các phương án thực hiện sáng chế, hệ thống và phương pháp được thể hiện có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ phận lưu trữ nhiệt, như chứa CO₂ làm nóng hoặc muối nóng chảy làm nóng. Sau đó, nhiệt lưu trữ (ví dụ, thùng lưu trữ CO₂ hoặc thùng lưu trữ muối nóng chảy) có thể được đưa lên trên trong khoảng thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời không phải lúc cao điểm để bổ sung thêm nhiệt từ buồng đốt sơ cấp và để bảo quản nhiệt dư thừa được sản xuất bởi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời trong khoảng thời gian năng lượng mặt trời lúc cao điểm. Các sự tính toán dựa trên tỷ lệ bức xạ ở vùng Tây Nam của nước Mỹ là khoảng 2.063 kWh/m², ví dụ, hệ thống đã được thể hiện theo các phương án thực hiện nhất định của sáng chế có thể vận hành ở khoảng thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời lúc cao điểm trên 100% nhiệt từ năng lượng mặt trời thu được, và toàn bộ

hiệu suất từ năng lượng mặt trời đưa vào hệ thống này có thể xấp xỉ 32,9% dung lượng hệ thống.

Mặc dù hệ thống và phương pháp tích hợp theo sáng chế thể hiện trên FIG.2 sử dụng nhiên liệu dạng khí hoặc lỏng, song phương pháp và hệ thống tích hợp này cũng có thể sử dụng các nhiên liệu rắn, như than, than linit, sinh chất, chất thải, và cốc dầu mỏ. Theo các phương án thực hiện này của sáng chế, có thể có lợi nếu có buồng đốt trước dùng cho nhiên liệu rắn để cung cấp dòng đầu ra của các sản phẩm có thể đốt mà có thể được đốt trong buồng đốt sơ cấp. Các phương án thực hiện làm ví dụ của sáng chế được thể hiện trên FIG.3 trong đó dòng oxy 5 có thể được tách ra, và dòng oxy POX 354 có thể được đưa vào buồng đốt oxy hóa một phần (Partial Oxidation - POX) 360 cùng với chất quánh nhiên liệu đặc thù được nén 332. Việc chuẩn bị chất quánh, dòng nhiên liệu rắn 305 (ví dụ, than) được nghiền trong máy nghiền 310 để tạo ra dòng nhiên liệu rắn đặc thù 312, được trộn trong máy trộn 320 được cấp điện bởi máy phát điện 321. Nhiên liệu rắn đặc thù được kết hợp với một phần chất quánh CO₂ 74 được rút ra từ dòng CO₂ xả của bộ làm lạnh kiểu cô đặc 72 trước khi nén qua máy nén khí 80. Tốt hơn nếu, CO₂ là siêu tới hạn ở thời điểm này, kết hợp với nhiên liệu rắn đặc thù để tạo ra chất quánh áp suất thấp 322, sau đó chất quánh này được đưa qua bơm chất quánh 330 để tạo ra chất quánh nhiên liệu đặc thù được nén 332 đưa đến buồng đốt POX. Tiếp tục đưa đến buồng đốt POX là phần POX của dòng tuần hoàn CO₂ 38, mà có thể giảm bớt dòng tuần hoàn CO₂ 34, như qua bộ chia 35. Ngoài ra, đi ra khỏi bộ chia là một phần dòng tuần hoàn CO₂ của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 36.

Việc đốt trong buồng đốt POX tạo ra dòng đốt POX 362, có thể bao gồm nhiều bộ phận. Theo các phương án thực hiện cụ thể của sáng chế, nhiên liệu rắn, O₂, và CO₂ có thể được cung cấp theo các tỷ lệ sao cho sự oxy hóa một phần của nhiên liệu rắn do dòng đốt chứa thành phần không cháy được, CO₂, và một hoặc nhiều H₂, CO, CH₄, H₂S, và NH₃. Dòng đốt POX có thể được đưa qua bộ phận lọc 370 loại bỏ bất kỳ các thành phần không cháy được, như tro. Dòng đốt POX được lọc 374 có thể được hướng đến buồng đốt sơ cấp 10 như nhiên liệu đốt và có thể bao gồm chủ yếu các nhiên liệu dạng khí hoặc lỏng. Dòng hạt lọc 372 có thể được rút ra từ bộ phận lọc để loại bỏ.

Kết hợp với sự mô tả trên đây, các phương án thực hiện được thể hiện trên FIG.3 gần như bao gồm các bộ phận của hệ thống được mô tả khác liên quan đến FIG.2 và phương pháp sử dụng chúng có thể được thực hiện theo cách như được thể hiện liên quan đến FIG.2. Cụ thể, dòng đi ra khỏi buồng đốt 12 có thể được làm giãn nở qua tuabin 20. Dòng khí xả tuabin 22 có thể được làm lạnh qua bộ trao đổi nhiệt 30. Dòng khí xả tuabin đã được làm nguội có thể còn được làm lạnh, nếu muốn, trong bộ làm lạnh nhiệt độ thấp 40, và dòng đầu ra nhiệt độ thấp 42 có thể có nước và các tạp chất khác bất kỳ được tách ra từ đó trong thiết bị tách 50 như dòng không tinh khiết 54. Dòng CO₂ khô 52 có thể được nén trong bơm 60, và dòng CO₂ xả của bơm 62 có thể được làm lạnh và được làm đặc trong bộ làm lạnh kiểu cô đặc 70. Dòng CO₂ xả của bộ làm lạnh kiểu cô đặc có thể được tách ra, như mô tả nêu trên, với một phần 74 được hướng đến máy trộn và phần còn lại 72 được nén trong máy nén khí 80. Dòng CO₂ xả CO₂ nén có thể được tách ra. Dòng xả CO₂ nén (một phần tuần hoàn) 86 có thể được đưa trở lại bộ trao đổi nhiệt, và dòng xả CO₂ nén (một phần qua bộ phận lọc) 88 có thể được đưa đến bộ phận lọc 370. Bất kỳ CO₂ áp suất cao còn lại trong đường ống có thể được rút ra như mô tả nêu trên. Dòng tuần hoàn CO₂ 34 đi ra khỏi đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt có thể được tách ra ở bộ chia 35 như mô tả trên đây, với các phản tương ứng tiếp tục qua hệ thống như được thể hiện trên FIG.3 trên đây.

Trở lại FIG.2, dòng tuần hoàn CO₂ 34 có thể được tạo kết cấu để đưa qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 và bộ cấp nhiệt đốt tùy ý 100 trước khi đưa vào trong buồng đốt sơ cấp 10. Theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, thông qua, như trên FIG.3, dòng tuần hoàn CO₂ có thể được chia một cách tùy ý. Trong khi, dòng CO₂ được chia để đưa vào buồng đốt POX trên FIG.3, việc chia này có thể được sử dụng để hướng dòng CO₂ đến các bộ phận khác của hệ thống. Ví dụ, như được thể hiện trên FIG.4, dòng tuần hoàn CO₂ đi ra khỏi đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt 30 có thể đi qua bộ chia CO₂ tuần hoàn để đốt 135 để tạo ra hai dòng ra. Dòng chia của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tuần hoàn CO₂ 136 có thể được hướng qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90, và dòng chia của buồng đốt sơ cấp tuần hoàn CO₂ 137 có thể đưa trực tiếp đến buồng đốt sơ cấp 10. Ví dụ, bộ chia CO₂ tuần hoàn để đốt có thể là bộ chia dòng đơn giản mà có thể có sự phân chia hệ

số cố định của dòng tuần hoàn CO₂ đi vào hoặc có thể có sự phân chia có thể thay đổi của dòng tuần hoàn CO₂ đi vào. Sự phân chia cố định có thể nằm trong phạm vi từ dòng của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời với dòng của buồng đốt sơ cấp là 10:90 thành dòng của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời với dòng của buồng đốt sơ cấp là 90:10 trên cơ sở lưu lượng. Các sự phân chia hệ số cố định khác (dòng của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời với dòng của buồng đốt sơ cấp) có thể là 20:80 thành 80:20, 30:70 thành 70:30, hoặc 40:60 thành 60:40, trên cơ sở lưu lượng. Theo các phương án thực hiện của sáng chế, sự phân chia có thể thay đổi được sử dụng, các tốc độ dòng chảy đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và buồng đốt sơ cấp có thể được thay đổi dựa trên tình trạng sản xuất nhiệt của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Ví dụ, ở khoảng thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời lúc cao điểm, 50% hoặc lớn hơn, 75% hoặc lớn hơn, 80% hoặc lớn hơn, hoặc 90% hoặc lớn hơn của lưu lượng có thể được hướng đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Trong khoảng thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời thấp hơn, phần lớn lưu lượng (ví dụ, các tỷ lệ lưu lượng giống như nêu trên) có thể được hướng đến buồng đốt sơ cấp. Việc điều khiển tự động của van điều chỉnh lưu lượng có thể thay đổi còn có thể được hoàn thiện. Cụ thể, nhiệt ở đầu ra từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời được giám sát liên tục hoặc không liên tục và được so sánh ngược với lịch trình dòng CO₂ xác định. Lưu lượng CO₂ qua bộ chia CO₂ tuần hoàn để đốt có thể được điều chỉnh một cách tự động như nhiệt ở đầu ra từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tăng và giảm qua chu kỳ mặt trời. Ví dụ, khi nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tăng, thì tỷ lệ phần trăm của lưu lượng CO₂ có thể được tăng một cách tự động và cân đối với việc chia của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tuần hoàn CO₂ và giảm đối với việc chia của buồng đốt sơ cấp tuần hoàn CO₂. Khi nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tăng, thì tỷ lệ phần trăm của lưu lượng CO₂ có thể được giảm một cách tự động và cân đối với việc chia của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tuần hoàn CO₂ và tăng đối với việc chia của buồng đốt sơ cấp tuần hoàn CO₂. Do đó, hệ thống theo sáng chế có thể bao gồm các bộ phận điều khiển được tự động hóa, có phần cứng và/hoặc phần mềm được dùng để đo nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và được dùng để mở và đóng

các van điều chỉnh lưu lượng khi cần để điều chỉnh dòng của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và dòng của buồng đốt sơ cấp của dòng tuần hoàn CO₂.

Tương tự việc chia của dòng tuần hoàn CO₂ có thể được đưa ra theo các phương án thực hiện trong đó sử dụng nhiên liệu rắn và buồng đốt oxy hóa một phần. Ví dụ, FIG.5 thể hiện hệ thống gần như tương tự với hệ thống được thể hiện trên FIG.3. Phân biệt với phương án thực hiện được thể hiện trên FIG.5 trong đó bộ chia 35 được tái bố trí và được tạo kết cấu để chia dòng tuần hoàn CO₂ 34 thành ba dòng tách biệt. Ngoài ra, một phần POX của dòng tuần hoàn CO₂ 38 đi trực tiếp đến buồng đốt POX 360. Tương tự, một phần dòng tuần hoàn CO₂ của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 36 đi trực tiếp đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90. Lúc này, một phần của buồng đốt sơ cấp tuần hoàn CO₂ chuyên dụng 37 được cung cấp trực tiếp đến buồng đốt sơ cấp 10. Liên quan đến FIG.5, bộ chia trên FIG.5 có thể được tạo kết cấu để phân chia hệ số cố định hoặc phân chia hệ số có thể thay đổi. Theo một số phương án thực hiện của sáng chế, phần lớn dòng tuần hoàn CO₂ chảy qua bộ chia (trên cơ sở lưu lượng) có thể được hướng đến một trong ba dòng. Nói cách khác, phần lớn dòng tuần hoàn CO₂ chảy qua bộ chia (trên cơ sở lưu lượng) có thể được hướng đến buồng đốt POX, hoặc phần lớn dòng tuần hoàn CO₂ chảy qua bộ chia (trên cơ sở lưu lượng) có thể được hướng đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời, hoặc phần lớn dòng tuần hoàn CO₂ chảy qua bộ chia (trên cơ sở lưu lượng) có thể được hướng đến buồng đốt sơ cấp.

Trở lại FIG.2, ngoài ra nếu muốn, dòng tuần hoàn CO₂ 34 có thể được hướng toàn bộ đến hoặc là bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 hoặc buồng đốt sơ cấp 10. Ví dụ, như được thể hiện trên FIG.6, hai vị trí của van điều chỉnh lưu lượng 235 có thể được bố trí trong đường của dòng tuần hoàn CO₂. Van điều chỉnh lưu lượng có thể được đặt trong vị trí của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để 100% dòng tuần hoàn CO₂ đưa đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 trong vòng của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tuần hoàn CO₂ 236. Kết cấu này có thể được sử dụng trong thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời lúc cao điểm để tất cả dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Cụ thể, theo các phương án thực hiện này của sáng chế, bộ cấp nhiệt đốt có thể vắng mặt nên không cần phải có nhiệt bổ sung của dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng

lượng mặt trời 92, và sau đó, dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được đưa trực tiếp đến buồng đốt sơ cấp. Theo cách khác, van điều chỉnh lưu lượng có thể được đặt trong vị trí của buồng đốt sơ cấp để 100% dòng tuần hoàn CO₂ đưa đến buồng đốt sơ cấp 10 trong vòng của buồng đốt sơ cấp tuần hoàn CO₂ 237. Kết cấu này có thể được sử dụng trong khoảng thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời không phải lúc cao điểm khi có thể không cung cấp đủ nhiệt trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để làm nóng dòng tuần hoàn CO₂ đến nhiệt độ cần thiết để đưa vào buồng đốt sơ cấp. Sau đó, toàn bộ dòng tuần hoàn CO₂ có thể được làm nóng trong buồng đốt sơ cấp đến nhiệt độ cần thiết.

Việc sử dụng hai vị trí của van điều chỉnh lưu lượng còn có thể được sử dụng trong các phương án thực hiện trong đó nhiên liệu rắn được đốt cháy trong buồng đốt POX trước khi đốt các sản phẩm được oxy hóa một phần trong buồng đốt sơ cấp. Ví dụ, dựa vào FIG.7, hai vị trí của van điều chỉnh lưu lượng 235 được bố trí trong đường của dòng tuần hoàn CO₂ 34. Van điều chỉnh lưu lượng này có thể được đặt trong vị trí của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để 100% dòng tuần hoàn CO₂ đưa đến bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 90 trong vòng của bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời tuần hoàn CO₂ 236. Kết cấu này có thể được sử dụng trong khoảng thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời lúc cao điểm để tất cả dòng tuần hoàn CO₂ được làm nóng trong bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời. Cụ thể, theo các phương án thực hiện của sáng chế, bộ cấp nhiệt đốt có thể vắng mặt nên không cần phải bổ sung nhiệt cho dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời 92, và sau đó, dòng đi ra khỏi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời có thể được đưa trực tiếp đến buồng đốt sơ cấp. Theo cách khác, van điều chỉnh lưu lượng có thể được đặt trong vị trí của các buồng đốt kết hợp để 100% dòng tuần hoàn CO₂ đưa đến hai buồng đốt trong vòng của các buồng đốt kết hợp tuần hoàn CO₂ 239. Cụ thể, vòng này có thể được tách ra trong bộ chia CO₂ tuần hoàn để đốt 135 trong đó một phần CO₂ tuần hoàn có thể được đưa đến buồng đốt POX 360 trong phần POX của dòng tuần hoàn CO₂ 38, và một phần CO₂ tuần hoàn có thể được đưa đến buồng đốt sơ cấp 10 trong phần buồng đốt sơ cấp tuần hoàn CO₂ 37.

Như đã được thể hiện trên đây, cụ thể, phương pháp và hệ thống tích hợp theo sáng chế có thể là có lợi để sử dụng tất cả nhiệt có sẵn từ hệ thống CSP để cải

thiện hiệu suất của phương pháp và hệ thống phát điện đốt. Điều này đã được thể hiện trên FIG.8, nhiệt liên quan từ các nguồn khác nhau trong phương pháp và hệ thống tích hợp sử dụng khí tự nhiên làm nhiên liệu. Các nguồn nhiệt này được vẽ lên bản đồ qua chu kỳ mặt trời làm ví dụ từ nửa đêm hôm trước đến nửa đêm hôm sau. Trên bản đồ này, trong khoảng thời gian không có ánh sáng ban ngày, buồng đốt sơ cấp được đốt sao cho thời gian đốt sơ cấp 401 mô tả hầu hết tất cả nhiệt trong hệ thống tích hợp. Khi nắng lên, thời gian đốt sơ cấp có thể dừng lại (mặc dù mức giảm dần hơn có thể xảy ra) trong thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời 403 tăng. Trong thời gian nhiệt từ năng lượng mặt trời đang tăng khi đầu ra năng lượng mặt trời lúc cao điểm đến gần, bộ cấp nhiệt đốt có thể được đốt để bổ sung nhiệt, và thời gian đốt của buồng đốt 405 có thể bắt đầu và giảm dần. Khi đầu ra năng lượng mặt trời lúc cao điểm bắt đầu suy yếu, thời gian đốt của buồng cấp nhiệt đốt có thể tăng trở lại đến điểm mà nhiệt từ năng lượng mặt trời là đủ thấp sao cho thời gian đốt sơ cấp bắt đầu và chi phối việc sản xuất nhiệt. Trong thời gian đốt sơ cấp, sự triển khai tấm chắn nhiệt 407 có thể được thực hiện để giảm sự tổn thất nhiệt từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời.

Các biến thể và các phương án thực hiện khác của sáng chế đưa ra trong bản mô tả này sẽ là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này mà lợi ích có gắn liền với sáng chế này đã được thể hiện trong phần mô tả nêu trên. Phải hiểu rằng các phương án thực hiện đã được bộc lộ không bị coi là giới hạn, và các biến thể và các phương án thực hiện khác sẽ nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ. Mặc dù các thuật ngữ cụ thể được sử dụng trong bản mô tả này, chúng được sử dụng chỉ có ý nghĩa khái quát và mô tả và không nhằm mục đích giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp phát điện, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

đưa dòng chứa CO₂ từ buồng đốt sơ cấp (10) qua tuabin (20) để làm giãn nở dòng chứa CO₂, phát điện, và tạo ra dòng khí xả tuabin chứa CO₂;

làm lạnh dòng khí xả tuabin chứa CO₂ trong bộ trao đổi nhiệt (30) để tạo ra dòng khí xả tuabin đã được làm nguội;

nén CO₂ từ dòng khí xả tuabin đã được làm nguội để tạo ra dòng chứa CO₂ nén;

làm nóng dòng chứa CO₂ nén trong bộ trao đổi nhiệt (30);

còn làm nóng dòng chứa CO₂ nén bằng bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90); và

đưa dòng chứa CO₂ được làm nóng bằng nhiệt từ năng lượng mặt trời và được nén đến buồng đốt sơ cấp (10).

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này bao gồm một hoặc nhiều bước trong số các bước sau:

dòng chứa CO₂ đi vào tuabin (20) ở áp suất khoảng 150 bar (15 MPa) hoặc lớn hơn;

dòng chứa CO₂ đi vào tuabin ở nhiệt độ khoảng 500°C hoặc lớn hơn;

tỷ số giữa áp suất của dòng chứa CO₂ đi vào tuabin với áp suất của dòng khí xả tuabin chứa CO₂ là khoảng 12 hoặc thấp hơn; và

bước nén dòng chứa CO₂ bao gồm việc đưa dòng này qua các giai đoạn nén, cụ thể là phương pháp này còn bao gồm bước nén dòng chứa CO₂ giữa hai giai đoạn nén.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó một phần dòng chứa CO₂ nén được làm nóng bằng nhiệt bổ sung sau bước nén và trước khi được làm nóng bởi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90), cụ thể trong đó nhiệt bổ sung bao gồm nhiệt nén từ thiết bị tách khí (110).

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng chứa CO_2 được làm nóng bằng nhiệt từ năng lượng mặt trời và được nén từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90) qua bộ cấp nhiệt đốt (100) trước khi đưa vào trong buồng đốt sơ cấp (10).

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm việc đốt nhiên liệu chứa cacbon trong buồng đốt sơ cấp (10) với sự có mặt của oxy và dòng chứa CO_2 sao cho dòng chứa CO_2 được làm nóng bằng nhiệt từ năng lượng mặt trời và được nén đi qua tuabin còn bao gồm một hoặc nhiều các sản phẩm đốt.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước làm sạch dòng khí xả tuabin đã được làm nguội từ bộ trao đổi nhiệt trong thiết bị tách (50) bằng cách tách một hoặc nhiều sản phẩm đốt từ CO_2 , hoặc trong đó nhiên liệu chứa cacbon là chất lỏng hoặc khí.

7. Phương pháp theo điểm 5, trong đó nhiên liệu bao gồm dòng của một phần các sản phẩm đốt được oxy hóa, cụ thể trong đó phương pháp này còn bao gồm việc đốt nhiên liệu rắn với sự có mặt của O_2 và CO_2 trong buồng đốt oxy hóa một phần (360), nhiên liệu rắn, O_2 , và CO_2 được cung cấp theo các tỷ lệ sao cho nhiên liệu rắn chỉ bị oxy hóa một phần để tạo ra dòng sản phẩm đốt được oxy hóa một phần bao gồm thành phần không cháy được, CO_2 , và một hoặc nhiều H_2 , CO , CH_4 , H_2S , và NH_3 , cụ thể trong đó nhiên liệu rắn, O_2 , và CO_2 được cung cấp theo các tỷ lệ sao cho nhiệt độ của dòng sản phẩm đốt được oxy hóa một phần là đủ thấp để tất cả thành phần không cháy được trong dòng này là ở dạng hạt rắn.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đưa dòng sản phẩm đốt được oxy hóa một phần qua một hoặc nhiều bộ lọc (370).

9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó nhiên liệu rắn bao gồm than, than linit, sinh chất, hoặc cốc dầu mỏ, cụ thể trong đó nhiên liệu rắn là ở dạng hạt và được trộn với CO_2 .

10. Phương pháp theo điểm 5, trong đó lượng nhiên liệu chứa cacbon và oxy được cung cấp đến buồng đốt sơ cấp (10) được điều khiển sao cho nhiệt đốt trong buồng đốt sơ cấp tỷ lệ nghịch với nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời để làm nóng dòng chứa CO_2 nén đi qua bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90), cụ thể trong đó lượng nhiệt có sẵn từ bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời thay đổi lớn hơn 10% trên một chu kỳ mặt trời, và cụ thể trong đó lượng nhiên liệu chứa cacbon và oxy được cung cấp đến buồng đốt được điều khiển sao cho nhiệt độ của dòng chứa CO_2 đi đến tuabin (20) thay đổi nhỏ hơn 10% trên một chu kỳ mặt trời.

11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chia dòng chứa CO_2 nén đi ra khỏi bộ trao đổi nhiệt (30) trước khi làm nóng bằng bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời sao cho phần thứ nhất của dòng chứa CO_2 nén tiếp tục đến bước nhiệt từ năng lượng mặt trời và phần thứ hai của dòng chứa CO_2 nén đưa đến buồng đốt sơ cấp (10) mà không theo phần thứ nhất được làm nóng bởi bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90).

12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời làm nóng dòng chứa CO_2 đến nhiệt độ khoảng 500°C hoặc lớn hơn; hoặc

trong đó bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời được làm nóng bởi dòng chứa CO_2 ; hoặc

trong đó việc phát điện đạt được với hiệu suất toàn phần trên năng suất tỏa nhiệt ròng ít nhất là 60%.

13. Hệ thống phát điện bao gồm:

thiết bị tách khí (110);

bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90);

buồng đốt sơ cấp (10) nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời;

tuabin sản xuất điện (20) nối thông chất lỏng với buồng đốt sơ cấp;

bộ trao đổi nhiệt (30) nối thông chất lỏng với tuabin sản xuất điện và bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời; và

ít nhất một máy nén khí (80) nối thông chất lỏng với bộ trao đổi nhiệt.

14. Hệ thống phát điện theo điểm 13, trong đó một hoặc nhiều trong số:

hệ thống phát điện này còn bao gồm bộ cấp nhiệt đốt (100) được bố trí giữa và nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90) và buồng đốt sơ cấp (10);

hệ thống phát điện này còn bao gồm thiết bị tách được bố trí giữa và nối thông chất lỏng với bộ trao đổi nhiệt (30) và ít nhất một máy nén khí (80);

thiết bị tách khí (110) là thiết bị tách khí ở nhiệt độ thấp bao gồm máy nén khí đoạn nhiệt chính và máy nén khí tăng áp; và

bộ trao đổi nhiệt bao gồm một dãy hai hoặc nhiều cụm trao đổi nhiệt.

15. Hệ thống theo điểm 13, trong đó hệ thống này còn bao gồm buồng đốt oxy hóa một phần (360) có đầu ra nối thông chất lỏng với đầu vào của buồng đốt sơ cấp (10), cụ thể là hệ thống này bao gồm một hoặc cả hai dấu hiệu trong số các dấu hiệu sau:

hệ thống này còn bao gồm bộ phận lọc (370) được bố trí giữa và nối thông chất lỏng với đầu ra của buồng đốt oxy hóa một phần và đầu vào của buồng đốt sơ cấp; và

hệ thống này còn bao gồm bộ chia (35) được bố trí phía sau từ và nối thông chất lỏng với đầu ra đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt (30), bộ chia này có đầu ra thứ nhất nối thông chất lỏng với buồng đốt oxy hóa một phần và đầu ra thứ hai nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90).

16. Hệ thống theo điểm 13, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ chia (135) được bố trí phía sau từ và nối thông chất lỏng với đầu ra đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt (30), bộ chia này có đầu ra thứ nhất nối thông chất lỏng với buồng đốt sơ cấp (10) và đầu ra thứ hai nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90).

17. Hệ thống theo điểm 13, trong đó hệ thống này còn bao gồm van điều chỉnh lưu lượng (235) được bố trí phía sau từ và nối thông chất lỏng với đầu ra đầu nóng của bộ trao đổi nhiệt (30), van điều chỉnh lưu lượng này có đầu ra thứ nhất nối thông chất lỏng với buồng đốt sơ cấp (10) và đầu ra thứ hai nối thông chất lỏng với bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời (90), van điều chỉnh lưu lượng này được dùng để luân phiên dòng giữa bộ cấp nhiệt từ năng lượng mặt trời và buồng đốt sơ cấp.

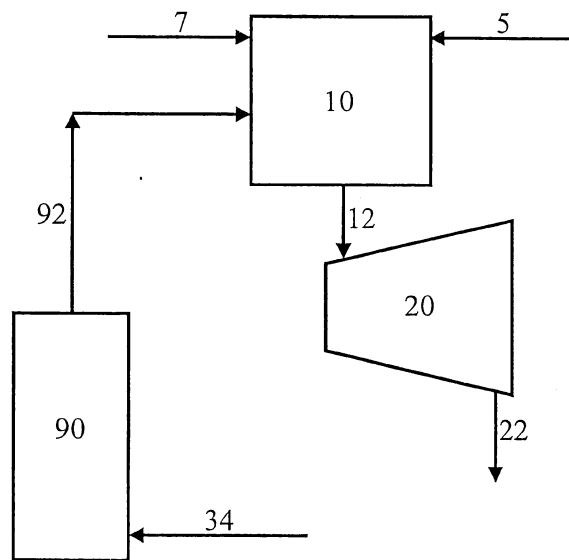


FIG. 1

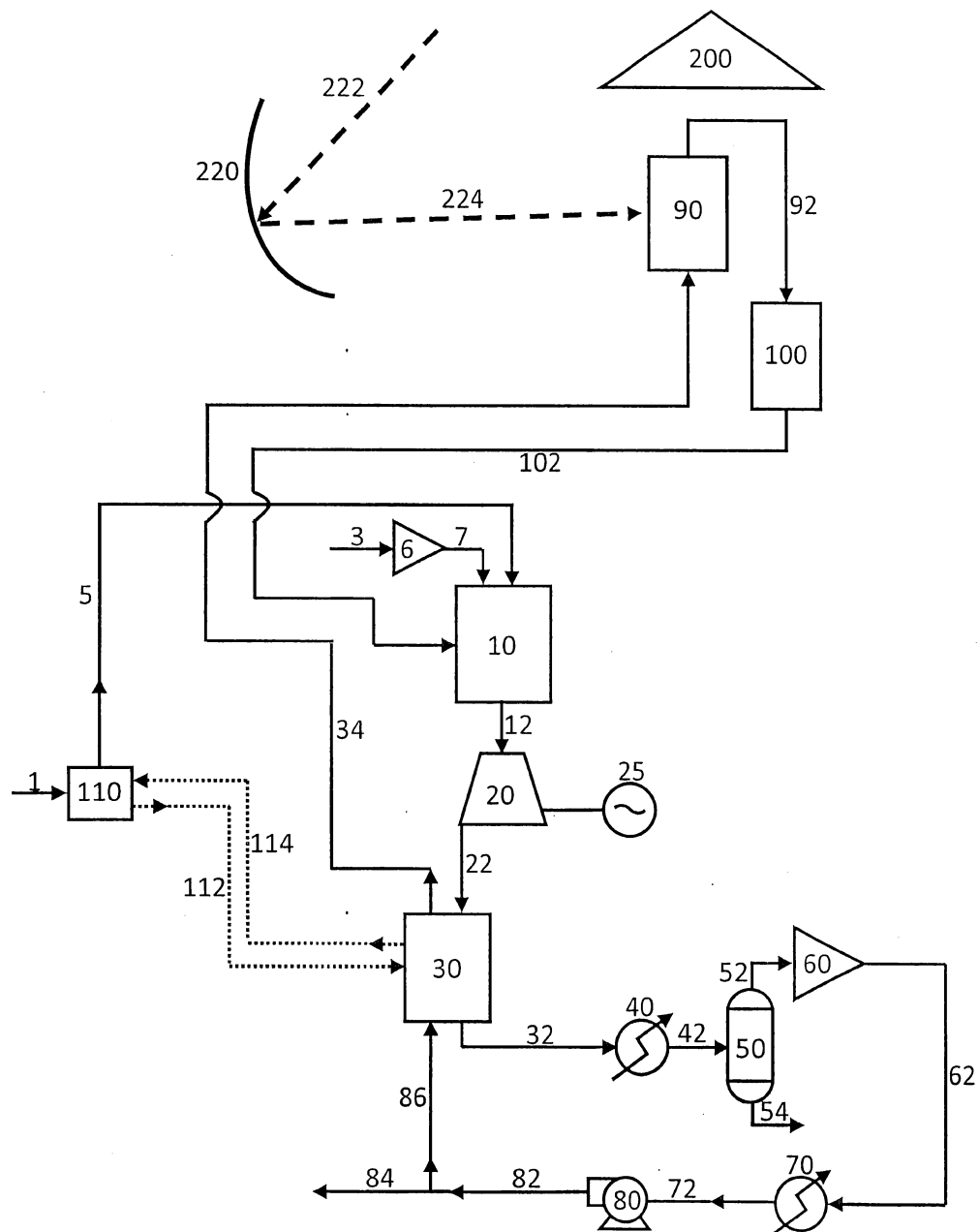


FIG. 2

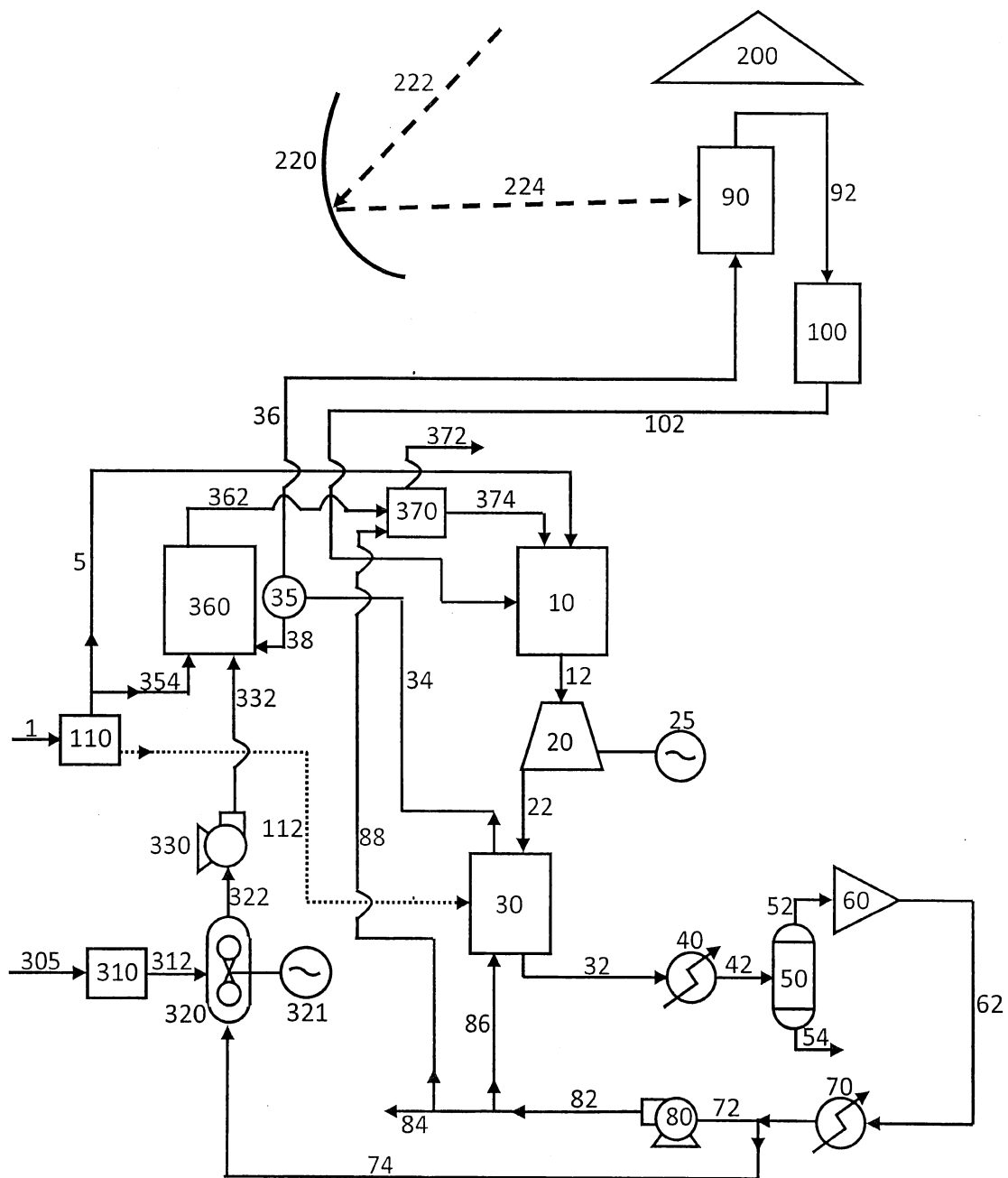


FIG. 3

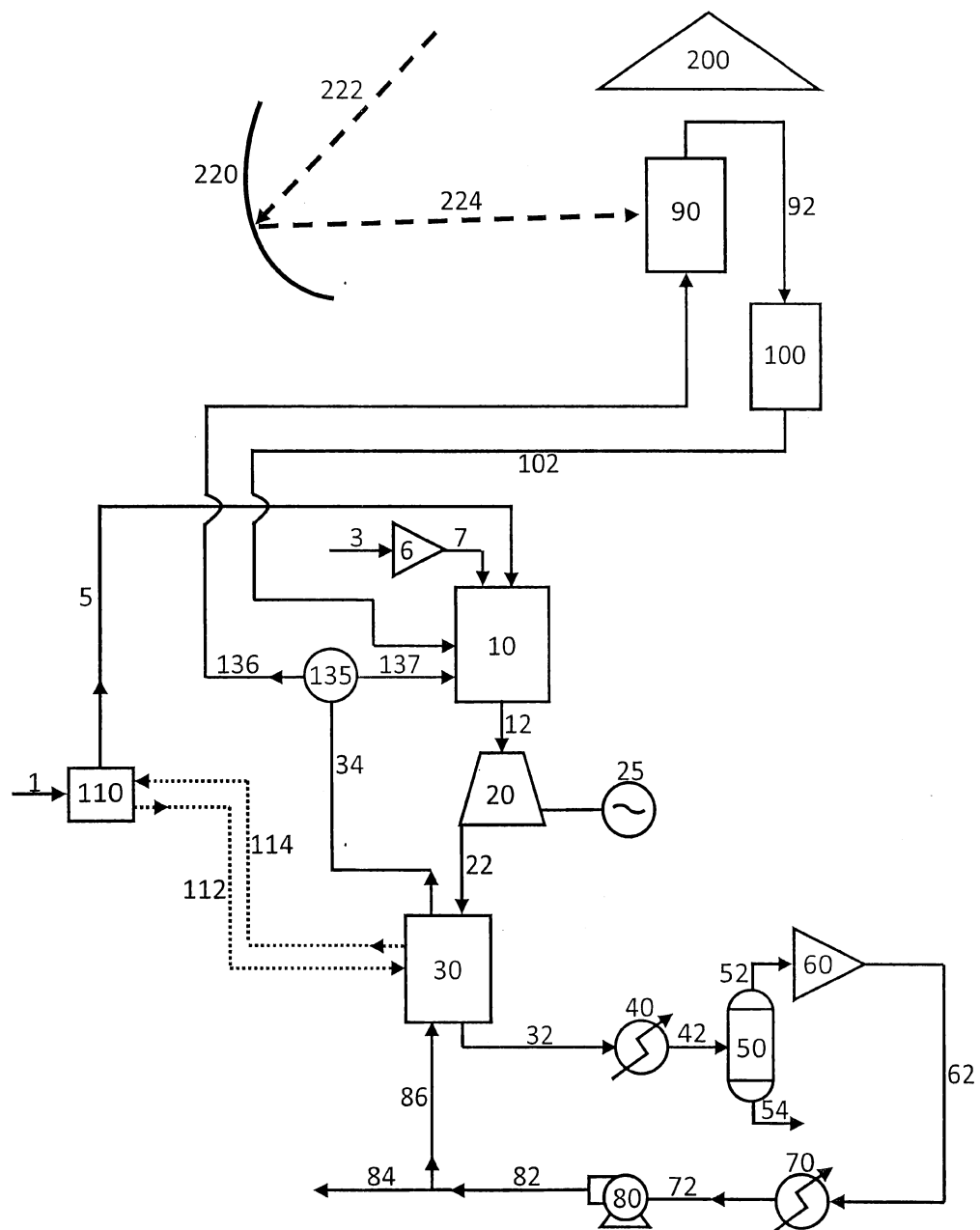


FIG. 4

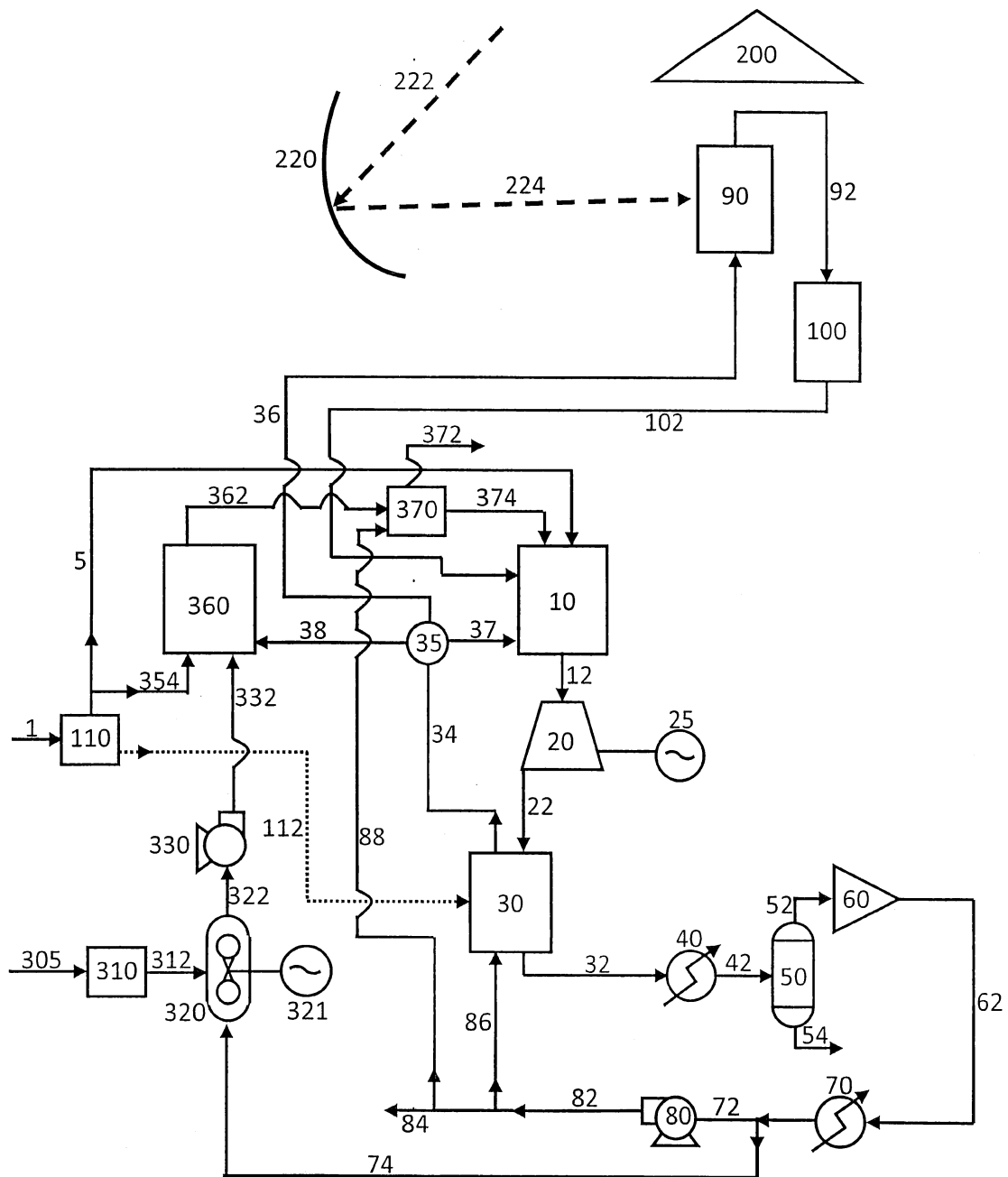


FIG. 5

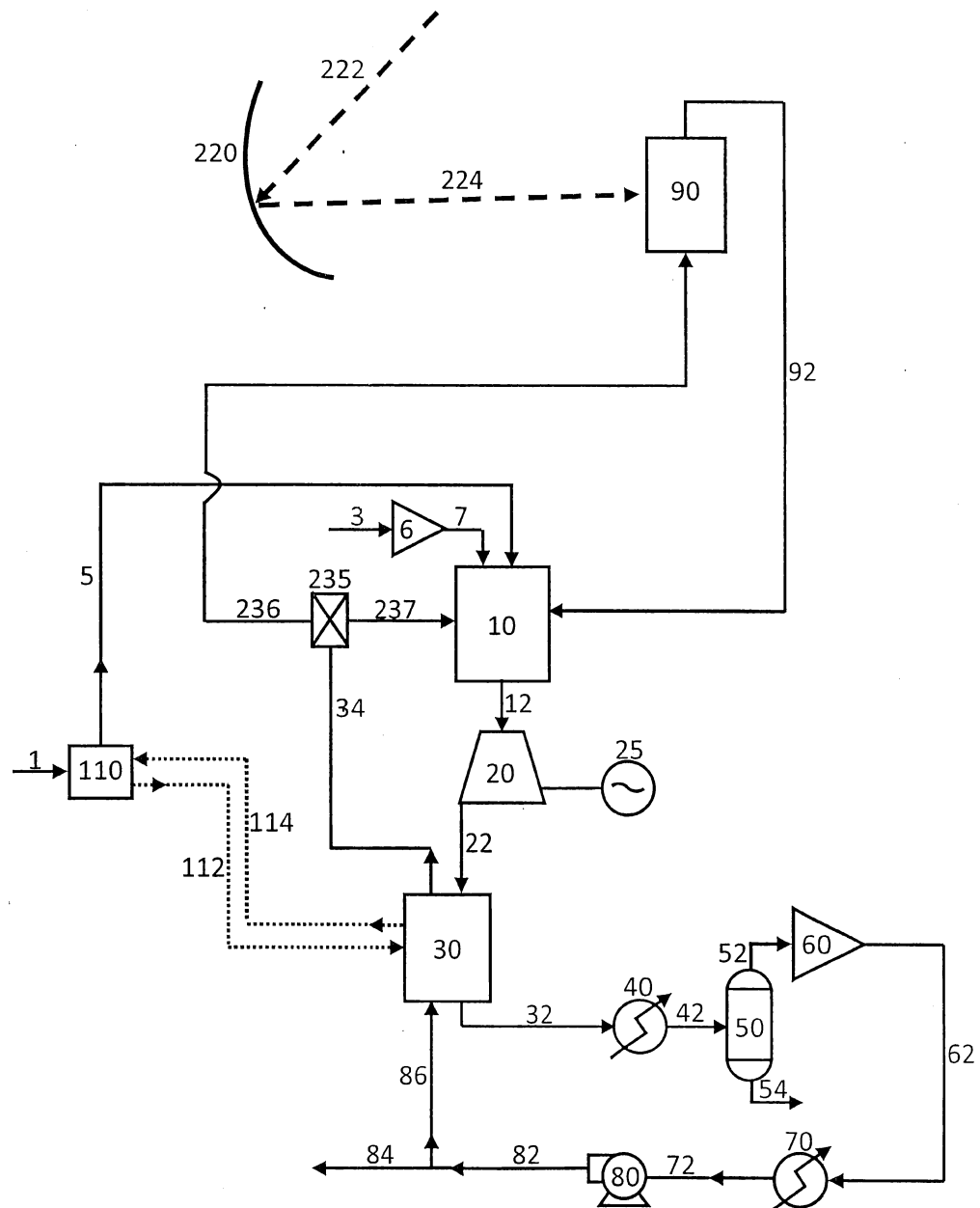


FIG. 6

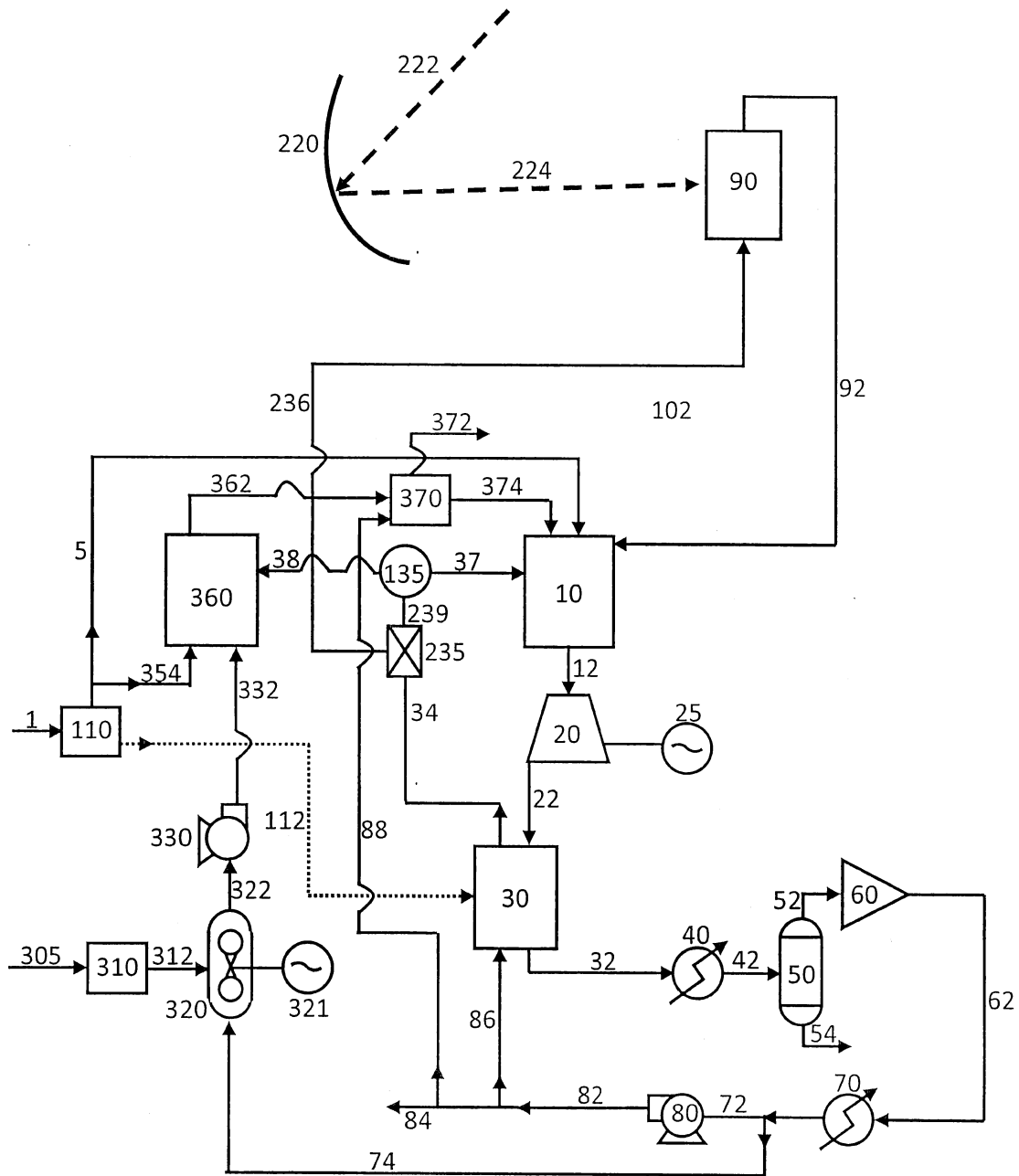


FIG. 7

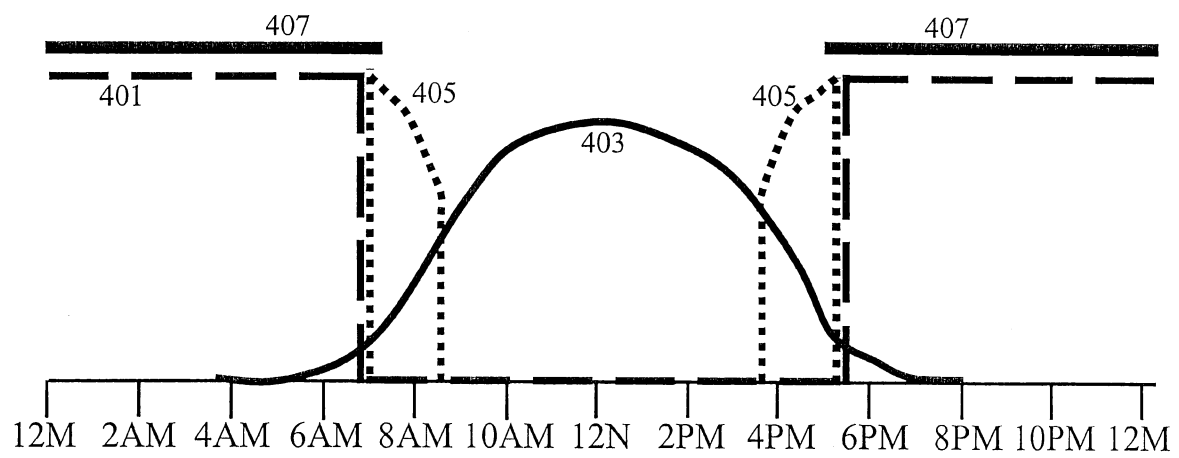


FIG. 8