



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

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

(11)



1-0023880

(51)⁷

F25J 3/00

(13) **B**

(21) 1-2011-03581

(22) 18/03/2011

(86) PCT/US2011/029034 18/03/2011

(87) WO2011/126710 13/10/2011

(30) 12/750,862 31/03/2010 US; PCT/US2010/029331 31/03/2010 US; 12/772,472
03/05/2010 US; PCT/US2010/033374 03/05/2010 US; 12/781,259 17/05/2010 US;

PCT/US2010/035121 17/05/2010 US; 13/048,315 15/03/2011 US;

PCT/US2011/028872 17/03/2011 US; 13/051,682 18/03/2011 US

(45) 25/06/2020 387

(43) 25/02/2013 299A

(73) 1. ORTLOFF ENGINEERS, LTD. (US)

415 W. Wall, Suite 2000, Midland, TX 79701, United States of America

2. S.M.E. PRODUCTS LP (US)

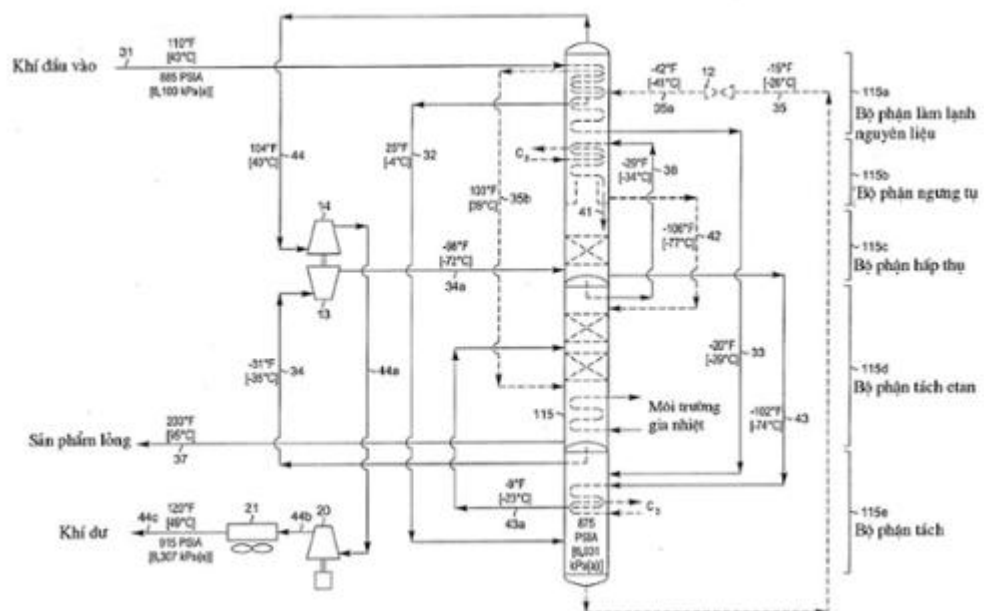
6715 Theall, Houston, Texas 77066, United States of America

(72) JOHNKE, Andrew, F. (US); LEWIS, W., Larry (US); HUDSON, Hank, M. (US);
CUELLAR, Kyle, T. (US); TYLER, L., Don (US); LYNCH, Joe, T. (US); WILKINSON,
John, D. (US)

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) QUY TRÌNH VÀ THIẾT BỊ TÁCH DÒNG KHÍ CHỨA HYDROCACBON

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình và thiết bị dùng cho hệ thống thiết bị xử lý gọn nhẹ để thu hồi propan, propylen và các thành phần hydrocacbon nặng hơn từ dòng khí hydrocacbon. Dòng khí này được làm lạnh, được làm giãn nở về áp suất thấp hơn, và cấp cho bộ phận hấp thụ. Dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đi ra khỏi bộ phận hấp thụ này được cấp cho bộ phận chuyển khối. Dòng hơi chung cất thứ nhất đi ra khỏi bộ phận chuyển khối này được làm lạnh để ngưng tụ nó một phần, tạo thành dòng hơi dư và dòng ngưng tụ. Dòng ngưng tụ này được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh cho bộ phận hấp thụ. Dòng hơi chung cất thứ hai đi ra từ bộ phận hấp thụ này được gia nhiệt bằng cách làm lạnh dòng hơi chung cất thứ nhất, được kết hợp với dòng hơi dư, và được gia nhiệt bằng cách làm lạnh dòng khí. Dòng chất lỏng chung cất thứ hai đi ra từ bộ phận chuyển khối được gia nhiệt trong bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối để cất ra các thành phần dễ bay hơi.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình và thiết bị dùng cho hệ thống thiết bị xử lý gọn nhẹ để thu hồi propan, propylen và các thành phần hydrocacbon nặng hơn từ dòng khí hydrocacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Propylen, propan, và/hoặc hydrocacbon nặng hơn có thể được thu hồi từ nhiều loại khí khác nhau như khí tự nhiên, khí nhà máy tinh luyện dầu và các dòng khí tổng hợp thu được từ các nguyên liệu hydrocacbon khác như than đá, dầu thô, naphtha, điệp thạch dầu, cát dính nhựa và lignit. Khí tự nhiên thường chứa phần lớn metan và etan, tức là metan và etan cùng chiếm ít nhất đến 50 phần trăm mol của khí. Khí này còn chứa một lượng ít hơn tương đối của hydrocacbon nặng hơn như propan, butan, pentan và các thành phần tương tự, kể cả hydro, nitơ, cacbon đioxit và các khí khác.

Nhìn chung, sáng chế đề cập đến sự thu hồi propylen, propan, và hydrocacbon nặng hơn từ các dòng khí. Phương pháp phân tích điển hình dòng khí được tiến hành theo sáng chế này cho kết quả là, tính theo giá trị xấp xỉ của phần trăm mol, 88,4% metan, 6,2% etan và các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon khác, 2,6% propan và các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon khác, 0,3% iso-butan, 0,6% butan mạch thẳng và hơn 0,8% pentan, phần còn lại là nitơ và cacbon đioxit. Đôi khi, các khí chứa lưu huỳnh cũng có mặt.

Sự thay đổi thất thường một cách có chu kỳ về giá của cả khí tự nhiên và thành phần khí tự nhiên dạng lỏng đôi khi làm giảm giá trị gia tăng của các thành phần propan, propylen và các thành phần nặng hơn để làm các sản phẩm lỏng. Điều này dẫn đến nhu cầu cần có các quy trình có thể cho phép thu hồi hiệu quả hơn các sản phẩm này và cho phép thu hồi hữu hiệu với vốn đầu tư thấp hơn. Các quy trình có thể dùng để tách các nguyên liệu này gồm có các quy trình dựa vào sự làm mát và làm lạnh khí, sự hấp thụ dầu và sự hấp thụ dầu lạnh. Hơn nữa, các quy trình làm lạnh trở nên phổ biến vì tính lợi ích của thiết bị về mặt kinh tế đó là tạo ra năng lượng khi đồng thời giãn nở nhiệt và thu hồi nhiệt từ khí đang được xử lý. Phụ

thuộc vào áp suất của nguồn khí, độ giàu (lượng etan, etylen và hydrocacbon nặng hơn) của khí và các sản phẩm cuối mong muốn, từng quy trình riêng lẻ hoặc sự phối hợp của các quy trình này có thể được sử dụng.

Ngày nay, quy trình giãn nở ở nhiệt độ thấp thường được ưu tiên để thu hồi các khí tự nhiên dạng lỏng bởi vì nó rất đơn giản, dễ dàng khởi động, linh hoạt trong vận hành, hiệu suất tốt, an toàn và độ tin cậy tốt. Các patent Mỹ số 3,292,380; 4,061,481; 4,140,504; 4,157,904; 4,171,964; 4,185,978; 4,251,249; 4,278,457; 4,519,824; 4,617,039; 4,687,499; 4,689,063; 4,690,702; 4,854,955; 4,869,740; 4,889,545; 5,275,005; 5,555,748; 5,566,554; 5,568,737; 5,771,712; 5,799,507; 5,881,569; 5,890,378; 5,983,664; 6,182,469; 6,578,379; 6,712,880; 6,915,662; 7,191,617; 7,219,513; patent Mỹ tái bản số 33,408; các đơn yêu cầu cấp patent Mỹ đang thẩm định số 11/430,412; 11/839,693; 11/971,491; 12/206,230; 12/689,616; 12/717,394; 12/750,862; 12/772,472; 12/781,259; 12/868,993; 12/869,007; 12/869,139; 12/979,563; và 13/048,315 đề cập đến các quy trình phù hợp (mặc dù phần mô tả của sáng chế này trong một số trường hợp là dựa vào các điều kiện xử lý khác nhau khác với các điều kiện được đề cập trong các patent Mỹ nêu trên).

Trong quy trình thu hồi bằng cách làm giãn nở ở nhiệt độ thấp điển hình, dòng khí nguyên liệu dưới áp suất được làm lạnh bằng sự trao đổi nhiệt với các dòng khác của quy trình và/hoặc các nguồn lạnh bên ngoài khác như hệ thống nén-lạnh propan. Khi khí được làm lạnh, các chất lỏng có thể ngưng tụ và được gom lại trong một hoặc nhiều thiết bị tách dưới dạng các chất lỏng cao áp chứa một số thành phần gồm nhiều hơn ba nguyên tử cacbon. Phụ thuộc vào độ giàu của khí và lượng chất lỏng được tạo thành, các chất lỏng cao áp có thể giãn nở đến áp suất thấp hơn và được cất phân đoạn. Sự bay hơi xảy ra trong quá trình giãn nở của các chất lỏng dẫn đến sự làm lạnh tiếp dòng chất lỏng. Dưới một số điều kiện, sự làm lạnh sơ bộ các chất lỏng cao áp trước khi giãn nở có thể là mong muốn để tiếp tục hạ thấp nhiệt độ phát sinh từ sự giãn nở. Dòng đã giãn nở chứa hỗn hợp của chất lỏng và hơi, được cất phân đoạn trong cột chưng cất (bộ phận tách etan). Trong cột này, (các) dòng đã giãn nở lạnh được chưng cất để tách metan, các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon, nitơ, các khí dễ bay hơi khác còn sót lại dưới dạng hơi cất đỉnh ra khỏi các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon mong muốn và các thành phần hydrocacbon nặng hơn dưới dạng sản phẩm lỏng phía dưới đáy.

Nếu khí nguyên liệu không ngưng tụ gần như hoàn toàn (thường là không), hơi sót lại từ quá trình ngưng tụ một phần có thể đi qua máy hoặc động cơ giãn nở hoặc van giãn nở, đến áp suất thấp hơn tại đó các chất lỏng khác nữa lại được ngưng tụ do kết quả của việc tiếp tục làm lạnh dòng. Dòng khí giãn nở sau đó đi vào bộ phận hấp thụ bên trong cột và được cho tiếp xúc với các chất lỏng lạnh để hấp thụ các thành phần C_3 và các thành phần nặng hơn từ phần hơi của dòng đã làm giãn nở. Các chất lỏng từ bộ phận hấp thụ sau đó được dẫn đến bộ phận tách etan của cột.

Dòng hơi chung cất được rút ra khỏi vùng trên của cột tách etan và được làm lạnh bằng cách trao đổi nhiệt với dòng khí tầng trên từ cột hấp thụ, ngưng tụ ít nhất một phần dòng hơi chung cất. Chất lỏng ngưng tụ được tách ra khỏi dòng hơi chung cất đã được làm lạnh để tạo thành dòng hồi lưu chất lỏng lạnh, dòng này được dẫn đến vùng trên của bộ phận hấp thụ, tại đó các chất lỏng lạnh có thể tiếp xúc với phần hơi của dòng giãn nở như đã được mô tả trước đó. Phần hơi (nếu có) của dòng hơi chung cất ngưng tụ và phần hơi tầng trên từ bộ phận hấp thụ kết hợp lại với nhau để tạo thành metan dư và sản phẩm khí thành phần gồm 2 nguyên tử cacbon

Quá trình tách xảy ra trong quy trình này (tạo khí dư đi ra khỏi quy trình chứa chủ yếu là toàn bộ metan và các thành phần gồm 2 nguyên tử cacbon trong khí nguyên liệu và gần như không chứa các thành phần gồm 3 nguyên tử cacbon và hydrocacbon nặng hơn, và phần cất ở đáy rời bộ phận tách etan về cơ bản chứa toàn bộ các thành phần gồm 3 nguyên tử cacbon và các thành phần hydrocacbon nặng hơn và gần như không chứa metan, các thành phần gồm 2 nguyên tử cacbon hoặc các thành phần dễ bay hơi hơn) tiêu thụ năng lượng để nạp khí làm lạnh, để đun sôi lại các bộ phận tách etan, để hồi lưu các bộ phận hấp thụ, và/hoặc tái nén khí dư.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế sử dụng các phương pháp mới để thực hiện các bước khác nhau đã được đề cập ở trên một cách hiệu quả hơn và sử dụng ít thiết bị hơn. Điều này đạt được bằng cách gộp những thiết bị riêng lẻ đã biết trong một thiết bị chung, nhờ đó giảm diện tích cần dùng cho nhà máy xử lý và giảm chi phí đầu tư cho các phương tiện. Bất ngờ là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng sự bố trí càng sát nhau còn làm giảm đáng kể sự tiêu thụ năng lượng cần để đạt được mức thu hồi đã định, do đó làm tăng hiệu quả xử lý và giảm giá thành hoạt động của phương tiện. Hơn nữa,

sự bố trí càng sát nhau còn hạn chế nhiều đường ống được dùng để nối các thiết bị riêng biệt trong các nhà máy truyền thống, làm giảm hơn nữa khoản tiền đầu tư và cũng làm giảm các mối nối ống có gờ kèm theo. Do các gờ nối ống là các nguồn rò rỉ tiềm năng đối với hydrocacbon (là các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi, VOCs, đóng góp vào các khí nhà kính và còn có thể là các tiền chất để tạo thành ozon khí quyển), hạn chế các gờ nối này giảm tiềm năng phát tán ra không khí mà có thể hủy hoại môi trường.

Theo sáng chế này, phát hiện ra rằng, sự thu hồi các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon vượt quá 99,6% có thể đạt được, trong khi về cơ bản có thể loại bỏ hoàn toàn các thành phần gồm 2 nguyên tử cacbon ra dòng khí dư. Hơn nữa, về cơ bản sáng chế cho phép có thể tách 100% các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon và các thành phần nhẹ hơn ra khỏi các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần nặng hơn với sự đòi hỏi về năng lượng ít hơn so với giải pháp kỹ thuật đã biết nhưng vẫn duy trì được mức thu hồi giống nhau. Sáng chế này, mặc dù có thể áp dụng ở áp suất thấp hơn và nhiệt độ ấm hơn, nhưng đặc biệt có lợi nếu tiến hành xử lý khí nguyên liệu ở phạm vi nằm trong khoảng từ 400 đến 1500 psia [2.758 đến 10.342 kPa(a)] hoặc cao hơn dưới các điều kiện nhiệt độ của phân cắt đỉnh cột thu hồi NGL vào khoảng -50°F [-46°C] hoặc lạnh hơn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để hiểu sáng chế rõ ràng hơn, có thể tham khảo các ví dụ thực hiện và hình vẽ kèm theo, trong đó:

FIG.1 là sơ đồ của nhà máy xử lý khí tự nhiên thuộc giải pháp kỹ thuật đã biết theo patent Mỹ số 5,799,507;

FIG.2 là sơ đồ của nhà máy xử lý khí tự nhiên theo sáng chế này; và

FIG.3 đến FIG.21 là các sơ đồ minh họa các phương án thay thế trong việc ứng dụng sáng chế cho dòng khí tự nhiên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần giải thích các hình vẽ dưới đây, các bảng trình bày tóm tắt tốc độ dòng được tính toán đối với các điều kiện xử lý điển hình. Trên các bảng xuất hiện ở đây, các giá trị về tốc độ dòng (mol trên giờ) được làm tròn đến số nguyên gần

nhất để cho thuận tiện. Tốc độ dòng tổng được thể hiện trong các bảng bao gồm cả các thành phần không-hydrocacbon và do đó thường lớn hơn tổng các tốc độ dòng của các thành phần hydrocacbon. Nhiệt độ được thể hiện là các giá trị gần đúng được làm tròn đến nhiệt độ gần nhất. Cần phải lưu ý rằng những phép tính toán cho quy trình xử lý được thực hiện với mục đích so sánh các quy trình được thể hiện trên các hình vẽ là dựa trên giả thiết rằng không có sự rò rỉ nhiệt từ (hoặc ra) xung quanh đến (hoặc từ) quy trình. Chất lượng của các nguyên liệu cách nhiệt có bán trên thị trường làm cho giả thiết này trở nên rất hợp lý và rằng nó thường được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này.

Để tiện lợi, các thông số của quy trình được ghi lại theo cả đơn vị đo Anh truyền thống và theo cả đơn vị đo của *Système International d'Unités* (SI). Tốc độ chảy theo mol được thể hiện trên các bảng có thể được hiểu là cả pao mol trên giờ hoặc kilogam mol trên giờ. Sự tiêu thụ năng lượng được thể hiện dưới dạng mã lực (HP) và/hoặc nghìn British Thermal Units trên giờ (MBTU/giờ) tương ứng với tốc độ chảy theo mol tính theo pao mol trên giờ. Sự tiêu thụ năng lượng được thể hiện dưới dạng kilooat (kW) tương ứng với tốc độ chảy theo mol tính theo kilogam mol trên giờ.

Mô tả giải pháp kỹ thuật đã biết

FIG. 1 là sơ đồ xử lý thể hiện mô hình thiết kế của nhà máy xử lý để thu hồi các thành phần có nhiều hơn ba nguyên tử cacbon từ khí tự nhiên sử dụng quy trình theo patent Mỹ số 5,799,507. Theo sự mô phỏng của quy trình này, khí đầu vào đi vào nhà máy ở 110°F [43°C] và 885 psia [6.100 kPa(a)] dưới dạng dòng **31**. Nếu khí đầu vào chứa các hợp chất lưu huỳnh là hợp chất ngăn cản các dòng sản phẩm đạt được các đặc tính kỹ thuật, thì các hợp chất lưu huỳnh này được loại bỏ bằng cách xử lý sơ bộ phù hợp với khí nguyên liệu (không được thể hiện). Hơn nữa, dòng nguyên liệu thường được loại hydrat để ngăn sự tạo thành hydrat (nước đá) dưới các điều kiện làm lạnh. Chất làm khô dạng rắn thường được sử dụng cho mục đích này.

Dòng nguyên liệu **31** được làm lạnh trong bộ phận trao đổi nhiệt **10** bằng cách trao đổi nhiệt với dòng khí dư lạnh (dòng **44**), các chất lỏng tách giãn nở nhanh (dòng **35a**), và các chất lỏng chung cất tại -105°F [-76°C] (dòng **43**). Dòng được làm lạnh **31a** đi vào bộ phận tách **11** ở -34°F [-36°C] và 875 psia.

[6.031 kPa(a)], tại đó hơi (dòng **34**) được tách ra khỏi chất lỏng ngưng tụ (dòng **35**). Chất lỏng tách (dòng **35**) được giãn nở đến trên áp suất vận hành (khoảng 375 psia [2.583 kPa(a)]) của tháp phân đoạn **15** một chút bằng van giãn nở **12**, có tác dụng làm lạnh dòng **35a** về -65°F [-54°C]. Dòng **35a** đi vào bộ phận trao đổi nhiệt **10** để làm lạnh khí nguyên liệu như đã được mô tả từ trước, làm nóng dòng **35b** đến 105°F [41°C] trước khi cung cấp cho tháp phân đoạn **15** tại điểm nạp liệu giữa cột vị trí thấp hơn.

Hơi (dòng **34**) từ bộ phận tách **11** đi vào máy giãn nở công **13** trong đó công cơ học thu được từ phần nguyên liệu cao áp. Máy **13** làm giãn nở hơi gần như là đẳng entropy đến áp suất vận hành của tháp cất phân đoạn **15**, với việc làm giãn nở này làm nguội dòng đã được giãn nở **34a** về nhiệt độ xấp xỉ -100°F [-74°C]. Các bộ giãn nở điển hình có bán trên thị trường có khả năng thu hồi với mức 80-85% công về mặt lý thuyết theo sự giãn nở đẳng entropy lý tưởng. Chẳng hạn, công được thu hồi thường được dùng để dẫn động máy nén ly tâm (như cơ cấu **14**) là thiết bị được dùng để tái nén khí dư đã được gia nhiệt (dòng **44a**). Sau đó, dòng đã được giãn nở ngưng tụ một phần **34a** được cấp dưới dạng nguyên liệu vào tháp cất phân đoạn **15** tại điểm nạp nguyên liệu giữa cột ở vị trí trên.

Bộ phận tách etan trong tháp **15** là một cột chưng cất truyền thống chứa nhiều đĩa chưng cất đặt cách nhau theo phương thẳng đứng, một hoặc nhiều tầng vật liệu đệm, hoặc sự phối hợp của đĩa chưng cất với vật liệu đệm. Tháp tách etan gồm có 2 phần: phần hấp thụ nằm trên (tinh chế) gồm các đĩa chưng cất và/hoặc vật liệu đệm để cung cấp sự tiếp xúc cần thiết giữa phần hơi của dòng giãn nở **34a** đi lên và chất lỏng lạnh chảy xuống để ngưng tụ và hấp thụ các thành phần gồm 3 nguyên tử cacbon và các thành phần nặng hơn; và phần cất nhẹ nằm dưới **15b** chứa các đĩa chưng cất và/hoặc tầng vật liệu đệm để cung cấp sự tiếp xúc cần thiết giữa chất lỏng chảy xuống và hơi bay lên. Bộ phận tách etan **15b** cũng bao gồm ít nhất một nồi đun sôi lại (ví dụ nồi đun sôi lại **16**) có tác dụng đun nóng và hoá hơi một phần chất lỏng chảy xuống cột để cung cấp hơi cất nhẹ đi lên trên cột để cất các sản phẩm lỏng, dòng **37**, của metan, các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon, và các thành phần nhẹ hơn. Dòng **34a** đi vào bộ phận tách etan **15** tại điểm nạp liệu giữa cột nằm ở vùng dưới của bộ phận hấp thụ **15a** của bộ phận tách etan **15**. Phần lỏng của dòng giãn nở **34a** phối trộn với các chất lỏng chảy xuống từ bộ phận hấp thụ **15a** và hỗn

hợp chất lỏng tiếp tục chảy xuống đi vào phần cất hơi nhẹ **15b** của bộ phận tách etan **15**. Phần hơi của dòng giãn nở **34a** bay lên qua bộ phận hấp thụ **15a** và được tiếp xúc với chất lỏng lạnh chảy xuống để ngưng tụ và hấp thụ các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần nặng hơn.

Một phần hơi chung cất (dòng **38**) được rút ra từ vùng trên của bộ phận cất **15b**. Sau đó dòng này được làm lạnh và ngưng tụ một phần (dòng **38a**) trong bộ phận trao đổi **17** bằng cách trao đổi nhiệt với dòng **36** tách etan lạnh tầng trên, dòng này đi ra khỏi đỉnh của bộ phận tách etan **15** ở -109°F [-79°C]. Dòng tách etan lạnh tầng trên được gia nhiệt đến khoảng -33°F [-66°C] (dòng **36a**) khi nó làm lạnh dòng **38** từ -30°F [-35°C] về -103°F [-75°C] (dòng **38a**).

Áp suất làm việc trong bộ tách hồi lưu **18** được duy trì cao hơn áp suất vận hành của bộ phận tách etan **15** một chút. Sự chênh lệch áp suất này tạo động lực cho dòng hơi chung cất **38** chảy qua bộ trao đổi nhiệt **17** và sau đó chảy vào bộ tách hồi lưu **18**, tại đó chất lỏng ngưng tụ (dòng **40**) được tách ra khỏi hơi không ngưng tụ (dòng **39**). Dòng hơi không ngưng tụ **39** kết hợp với dòng tách etan ấm tầng trên **36a** đi ra từ bộ trao đổi nhiệt **17** để tạo thành dòng khí dư lạnh **44** ở -37°F [-38°C].

Dòng chất lỏng **40** đi ra từ bộ tách hồi lưu **18** được bơm bằng bơm **19** đến áp suất cao hơn áp suất vận hành của bộ phận tách etan **15** một chút. Sau đó dòng thu được **40a** được chia thành 2 phần. Phần đầu tiên (dòng **41**) được cấp làm dòng nguyên liệu (hồi lưu) lạnh đầu cột vào vùng trên của bộ phận hấp thụ **15a** của bộ phận tách etan **15**. Chất lỏng lạnh này có thể gây ra hiệu ứng làm lạnh hấp thụ xảy ra bên trong bộ phận hấp thụ (tinh chế) **15**, tại đó sự bão hoà của hơi bay lên qua tháp do sự bay hơi của metan và etan lỏng chứa trong dòng **41** có tác dụng giữ lạnh cho bộ phận này. Lưu ý rằng, cả hơi đi ra khỏi vùng trên (dòng tầng trên **36**) và hơi đi ra khỏi vùng dưới, (dòng chất lỏng chung cất **43**) của bộ phận hấp thụ **15a** đều lạnh hơn một trong các dòng nguyên liệu (dòng **41** và dòng **34a**) đi vào bộ phận hấp thụ **15a**. Hiệu ứng làm lạnh hấp thụ này cho phép phần trên của tháp (dòng **36**) cung cấp sự làm lạnh cần thiết trong bộ trao đổi nhiệt **17** để ngưng tụ một phần dòng hơi chung cất (dòng **38**) mà không cần vận hành bộ cất **15b** tại áp suất cao hơn nhiều áp suất của bộ phận hấp thụ **15a**. Hiệu ứng làm lạnh hấp thụ này cũng tạo điều kiện để ngưng tụ dòng hồi lưu **41** và hấp thụ các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và

các thành phần nặng hơn trong hơi chung cất chảy lên trên qua bộ phận hấp thụ **15a**. Phần thứ hai (dòng **42**) của dòng được bơm **40a** được cấp cho vùng trên của bộ cất hơi nhẹ **15b** của bộ phận tách etan **15**, tại đó chất lỏng lạnh đóng vai trò như dòng hồi lưu để hấp thụ và ngưng tụ các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần nặng hơn chảy từ dưới lên trên sao cho dòng hơi chung cất **38** chứa lượng nhỏ nhất của các thành phần này.

Dòng chất lỏng chung cất **43** từ bộ phận tách etan **15** được rút ra từ vùng dưới của bộ phận hấp thụ **15a** và được dẫn đến bộ trao đổi nhiệt **10**, tại đó chất lỏng sẽ được gia nhiệt khi nó làm lạnh khí nguyên liệu đầu vào như đã được mô tả từ trước. Có thể có được dòng chất lỏng này thông qua tuần hoàn siphông nhiệt, nhưng cũng có thể sử dụng bơm. Dòng chất lỏng được gia nhiệt đến -4°F [-20°C], làm bay hơi một phần dòng **43a** trước khi quay lại làm nguyên liệu giữa cột đi vào bộ phận tách etan **15**, tại vùng giữa của bộ cất hơi nhẹ **15b**.

Trong bộ cất hơi nhẹ **15b** của bộ phận tách etan **15**, dòng nguyên liệu được cất ra khỏi các thành phần metan và các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon. Dòng sản phẩm lỏng thu được **37** đi ra khỏi đáy của tháp ở 201°F [94°C] dựa trên đặc điểm đặc thù của tỉ lệ etan/propan là 0,048:1 theo tỷ lệ mol trong sản phẩm đáy. Khí lạnh dư (dòng **44**) đi ngược chiều với dòng khí nguyên liệu đi vào bộ trao đổi nhiệt **10** tại đó nó được gia nhiệt đến 98°F [37°C] (dòng **44a**). Sau đó khí dư được nén lại theo 2 giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên là máy nén **14** được dẫn động bởi máy giãn nở **13**. Giai đoạn thứ hai là máy nén **20** được dẫn động bằng nguồn năng lượng bổ sung có tác dụng nén khí dư (dòng **44c**) đến áp suất đường ống chứa sản phẩm. Sau khi được làm lạnh về 120°F [49°C] trong bộ phận làm lạnh khí thoát ra **21**, dòng khí dư **44d** chảy đến đường ống dẫn khí thành phẩm tại áp suất 915 psia [6.307 kPa(a)], đủ để thỏa mãn các yêu cầu của đường ống (thường là áp suất đầu vào).

Tóm tắt về tốc độ dòng và sự tiêu thụ năng lượng cho quy trình được minh họa trên FIG. 1 được thể hiện trên bảng sau:

Bảng I					
(FIG. 1)					
Tóm tắt dòng chảy - Lb. Mol/giờ [kg mol/giờ]					
<u>Dòng</u>	<u>Metan</u>	<u>Etan</u>	<u>Propan</u>	<u>Butan+</u>	<u>Tổng</u>
31	19.419	1.355	565	387	21.961
34	18.742	1.149	360	98	20.573
35	677	206	205	289	1.388
36	18.400	1.242	3	0	19.869
38	2.759	1.758	15	0	4.602
39	1.019	86	0	0	1.116
40	1.740	1.672	15	0	3.486
41	1.044	1.003	9	0	2.092
42	696	669	6	0	1.394
43	1.388	911	365	98	2.796
44	19.419	1.328	3	0	20.985
37	0	27	562	387	976

Độ thu hồi*

Propan	99,56%
Butan+	100,00%

Năng lượng

Nén khí dư	9.868 HP	[16.223 kW]
Bơm hồi lưu	19 HP	[31 kW]
Tổng	9.887 HP	[16.254 kW]

* (dựa trên các tốc độ dòng không làm tròn số)

Mô tả các phương án thực hiện sáng chế

FIG. 2 minh họa sơ đồ quy trình xử lý theo sáng chế này. Thành phần khí nguyên liệu và các điều kiện được sử dụng trong quy trình được thể hiện trên FIG. 2 là giống như được đề xuất cho quy trình được thể hiện trên FIG. 1. Vì vậy, quy trình trên FIG. 2 có thể được so sánh với quy trình được thể hiện trên FIG. 1 để chứng minh các ưu điểm của sáng chế này.

Theo sự mô phỏng của quy trình thể hiện trên FIG. 2, khí đầu vào đi vào nhà máy dưới dạng dòng **31** và đi vào các bộ trao đổi nhiệt nằm trong bộ phận làm lạnh nguyên liệu **115a** nằm trong thiết bị xử lý **115**. Các bộ trao đổi nhiệt này có thể bao

gồm bộ trao đổi nhiệt dạng lá tản nhiệt hoặc dạng ống, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, bộ trao đổi nhiệt dạng nhôm tráng đồng, hoặc các dạng cơ cấu truyền nhiệt khác, gồm có bộ trao đổi nhiệt nhiều rãnh và/hoặc bộ trao đổi nhiệt đa ứng dụng. Các bộ trao đổi nhiệt được cấu hình để tạo ra sự trao đổi nhiệt giữa dòng **31** chảy qua một rãnh của các bộ trao đổi nhiệt và các chất lỏng tách giãn nở nhanh (dòng **35a**) và dòng khí dư từ bộ phận ngưng tụ **115b** bên trong thiết bị xử lý **115**. Dòng **31** được làm lạnh trong quá trình gia nhiệt các chất lỏng tách giãn nở nhanh và dòng khí dư. Phần thứ nhất (dòng **32**) của dòng **31** được rút ra từ các phần trao đổi nhiệt sau khi dòng **31** được làm nguội một phần về 25°F [-4°C], trong khi phần thứ hai còn lại (dòng **33**) được tiếp tục làm nguội sao cho nó đi ra khỏi phần trao đổi nhiệt ở -20°F [-29°C].

Bộ phận tách **115e** có đầu trong hoặc các chi tiết khác để tách biệt nó ra khỏi bộ phận tách etan **115d**, sao cho hai phần bên trong thiết bị xử lý **115** có thể hoạt động ở các áp suất khác nhau. Phần thứ nhất (dòng **32**) của dòng **31** đi vào vùng dưới của bộ phận tách **115e** ở áp suất 875 psia [6.031 kPa(a)] tại đó chất lỏng ngưng tụ bất kỳ sẽ được tách khỏi phần hơi trước khi phần hơi được dẫn vào các bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bên trong bộ phận tách **115e**. Các bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối này có thể gồm có bộ trao đổi nhiệt dạng lá tản nhiệt và dạng ống, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, bộ trao đổi nhiệt dạng nhôm tráng đồng, hoặc các dạng khác của cơ cấu truyền nhiệt, bao gồm các bộ trao đổi nhiệt nhiều rãnh và/hoặc bộ trao đổi nhiệt đa ứng dụng. Các bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối được thiết kế để cung cấp sự trao đổi nhiệt giữa phần hơi của dòng **32** chuyển động lên qua một rãnh của bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối và dòng chất lỏng chung cất **43** chảy xuống từ phần hấp thụ **115c** nằm bên trong thiết bị xử lý **115**, sao cho phần hơi được làm lạnh trong quá trình gia nhiệt dòng chất lỏng chung cất. Khi dòng hơi được làm lạnh, một phần của nó có thể bị ngưng tụ và rơi xuống trong khi phần hơi còn lại tiếp tục chuyển động lên qua bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối. Bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối cung cấp sự tiếp xúc liên tục giữa chất lỏng ngưng tụ và phần hơi sao cho bản thân nó cũng có chức năng cung cấp sự chuyển khối giữa pha hơi và pha lỏng để tinh chế một phần pha hơi.

Phần thứ hai (dòng **33**) của dòng **31** đi vào bộ phận tách **115e** bên trong thiết bị xử lý **115** nằm trên bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối. Một chất lỏng ngưng tụ

bất kỳ sẽ được tách ra khỏi phần hơi và hòa lẫn với chất lỏng bất kỳ ngưng tụ từ phần hơi của dòng **32** chuyển động lên qua bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối. Phần hơi của dòng **33** kết hợp với phần hơi đi ra từ bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối để tạo thành dòng **34**, dòng này đi ra khỏi bộ phận tách **115e** ở -31°F [-35°C]. Phần lỏng (nếu có) của dòng **32** và **33** và chất lỏng bất kỳ ngưng tụ từ phần hơi của dòng **32** trong bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối phối trộn với nhau để tạo dòng **35**, dòng này đi ra khỏi bộ phận tách **115e** ở -15°F [-26°C]. Dòng này được giãn nở đến áp suất cao hơn một chút so với áp suất vận hành (xấp xỉ 383 psia [2.639 kPa(a)]) của bộ phận tách etan **115d** bên trong thiết bị xử lý **115** nhờ van giãn nở **12**, làm nguội dòng **35a** về -42°F [-41°C]. Dòng **35a** đi vào bộ phận trao đổi nhiệt trong bộ phận làm nguội nguyên liệu **115a** để làm nguội khí nguyên liệu như đã được mô tả từ trước, đồng thời gia nhiệt dòng **35b** lên 103°F [39°C] trước khi nó được cung cấp cho bộ phận tách etan **115d** bên trong thiết bị xử lý **115** tại điểm nạp liệu giữa cột vị trí dưới.

Dòng hơi (dòng **34**) từ bộ phận tách **115e** đi vào máy giãn nở công trong đó năng lượng cơ học được lấy ra từ phần nguyên liệu cao áp. Máy **13** làm giãn nở hơi về cơ bản là đẳng entropi đến áp suất vận hành (xấp xỉ 380 psia [2.618 kPa(a)]) của bộ phận hấp thụ **115c**, với công giãn nở làm nguội dòng khí giãn nở **34a** về nhiệt độ xấp xỉ -98°F [-72°C]. Dòng giãn nở ngưng tụ một phần **34a** sau đó được cấp làm nguyên liệu cho vùng dưới của bộ phận hấp thụ **115c** nằm bên trong thiết bị xử lý **115**.

Bộ phận hấp thụ **115c** chứa bộ phận hấp thụ bao gồm các đĩa chưng cất đặt cách nhau theo phương thẳng đứng, một hoặc nhiều tầng vật liệu đệm, hoặc sự phối hợp của đĩa chưng cất với vật liệu đệm. Các đĩa chưng cất và/hoặc vật liệu đệm trong bộ phận hấp thụ **115c** cung cấp sự tiếp xúc cần thiết giữa hơi đi lên và chất lỏng lạnh đi xuống. Phần hơi của dòng giãn nở **34a** đi lên qua bộ phận hấp thụ trong bộ phận hấp thụ **115c** được cho tiếp xúc với chất lỏng lạnh chảy xuống để ngưng tụ và hấp thụ phần lớn các thành phần gồm ba nguyên tố và các thành phần nặng hơn từ các hơi này. Phần lỏng của dòng giãn nở **34a** hòa lẫn với chất lỏng chảy xuống từ bộ phận hấp thụ trong bộ phận hấp thụ **115c** để tạo thành dòng chất lỏng chưng cất **43**, dòng này được rút ra từ vùng dưới của bộ phận hấp thụ **115c** ở -102°F [-74°C]. Chất lỏng chưng cất được gia nhiệt đến -9°F [-23°C] khi nó gia nhiệt phần hơi của

dòng **32** trong bộ phận tách **115e** như được mô tả từ trước, dòng chất lỏng chung cất đã được gia nhiệt **43a** sau đó được cấp cho bộ phận tách etan **115d** nằm bên trong thiết bị xử lý **115** tại điểm nạp liệu giữa cột trên. Thông thường, có thể tạo dòng chảy của chất lỏng từ bộ phận hấp thụ **115c** qua bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối trong bộ phận tách **115e** thông qua đối lưu siphông nhiệt, nhưng cũng có thể sử dụng bơm.

Bộ phận hấp thụ **115c** có đầu trong hoặc các bộ phận khác để tách biệt nó khỏi bộ phận tách etan **115d**, sao cho hai phần bên trong thiết bị xử lý **115** có thể hoạt động với áp suất của bộ phận tách etan **115d** cao hơn một chút so với áp suất của bộ phận hấp thụ **115c**. Sự chênh lệch áp suất này tạo động lực để rút dòng hơi chung cất thứ nhất (dòng **38**) ra khỏi vùng trên của bộ phận tách etan **115d** và dẫn đến bộ phận trao đổi nhiệt trong bộ phận ngưng tụ **115b** bên trong thiết bị xử lý **115**. Các bộ phận trao đổi nhiệt có thể gồm có bộ trao đổi nhiệt dạng lá tản nhiệt và dạng ống, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, bộ trao đổi nhiệt dạng nhôm tráng đồng, hoặc các dạng khác của cơ cấu truyền nhiệt, bao gồm các bộ trao đổi nhiệt nhiều rãnh và/hoặc bộ trao đổi nhiệt đa ứng dụng. Các bộ phận trao đổi nhiệt được thiết kế để cung cấp sự trao đổi nhiệt giữa dòng hơi chung cất thứ nhất **38** qua một rãnh của bộ phận trao đổi nhiệt và dòng hơi chung cất thứ hai đi ra từ bộ phận hấp thụ **115c** bên trong thiết bị xử lý **115**. Dòng hơi chung cất thứ hai được gia nhiệt khi nó làm lạnh và làm ngưng tụ một phần dòng **38**, sau đó dòng này sẽ đi ra khỏi bộ phận trao đổi nhiệt và được tách thành các pha hơi và lỏng tương ứng. Pha hơi (nếu có), sẽ kết hợp với dòng hơi chung cất thứ hai đã được gia nhiệt đi ra khỏi các bộ phận trao đổi nhiệt, để tạo thành dòng khí dư có vai trò làm lạnh bộ phận làm lạnh nguyên liệu **115a** như đã được mô tả từ trước. Pha lỏng được chia thành hai phần, dòng **41** và **42**.

Phần thứ nhất (dòng **41**) được cấp với vai trò nguyên liệu lạnh đầu cột (hồi lưu) cho vùng trên của bộ phận hấp thụ **115c** bên trong thiết bị xử lý **115** nhờ dòng trọng lực. Chất lỏng lạnh này tạo hiệu ứng làm lạnh hấp thụ xảy ra bên trong bộ phận hấp thụ (tinh chế) **115a**, tại đó sự bão hòa của các hơi chảy lên qua tháp do sự bay hơi của metan và etan lỏng có trong dòng **41** sẽ cung cấp sự làm lạnh cho bộ phận hấp thụ. Hiệu ứng làm lạnh hấp thụ này cho phép dòng hơi chung cất thứ hai cung cấp sự làm lạnh cần thiết trong bộ phận trao đổi nhiệt trong bộ phận ngưng tụ

115b để ngưng tụ một phần dòng hơi chung cất thứ nhất (dòng **38**) mà không phải chạy bộ phận tách etan **115d** ở áp suất trên áp suất của bộ phận hấp thụ **115c** một chút. Hiệu ứng làm lạnh hấp thụ này cũng tạo điều kiện ngưng tụ dòng hồi lưu **41** và hấp thụ các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần nặng hơn trong hơi chung cất chảy ngược lên qua bộ phận hấp thụ **115c**. Phần thứ hai (dòng **42**) của pha lỏng tách ra trong bộ phận ngưng tụ **115b** được cấp làm nguyên liệu đầu cột lạnh (hồi lưu) cho vùng trên của bộ phận tách etan **115d** bên trong thiết bị xử lý **115** nhờ dòng trọng lực, chất lỏng lạnh sẽ đóng vai trò như dòng hồi lưu để hấp thụ và ngưng tụ các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần nặng hơn chảy từ dưới lên sao cho dòng hơi chung cất **38** chứa lượng tối thiểu của các thành phần này.

Bộ phận tách etan **115d** bên trong thiết bị xử lý **115** chứa bộ phận chuyển khối gồm rất nhiều đĩa chưng cất đặt cách quãng theo phương thẳng đứng, một hoặc nhiều tầng vật liệu đệm, hoặc sự phối hợp của đĩa chưng cất với vật liệu đệm. Các đĩa chưng cất và/hoặc vật liệu đệm trong bộ phận tách etan **115d** cung cấp sự tiếp xúc cần thiết giữa các hơi đi lên và chất lỏng lạnh chảy xuống. Bộ phận tách etan **115d** cũng bao gồm bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bên dưới bộ phận chuyển khối. Các bộ phận trao đổi nhiệt này có thể gồm có bộ trao đổi nhiệt dạng lá tản nhiệt và dạng ống, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, bộ trao đổi nhiệt dạng nhôm tráng đồng, hoặc các dạng khác của cơ cấu truyền nhiệt, bao gồm các bộ trao đổi nhiệt nhiều rãnh và/hoặc bộ trao đổi nhiệt đa ứng dụng. Bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối được thiết kế để cung cấp sự trao đổi nhiệt giữa dòng trung bình được gia nhiệt chảy qua một rãnh của bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối và dòng chất lỏng chưng cất chảy xuống từ bộ phận chuyển khối trong bộ phận tách etan **115d**, sao cho dòng chất lỏng chưng cất được gia nhiệt. Khi dòng chất lỏng chưng cất được gia nhiệt, một phần của nó bay hơi tạo thành hơi cất nhẹ bay lên trong khi phần chất lỏng còn lại sẽ tiếp tục chảy xuống qua bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối. Bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối cung cấp sự tiếp xúc thường xuyên giữa hơi cất nhẹ và dòng chất lỏng chưng cất và cũng có chức năng cung cấp sự chuyển khối giữa pha hơi và pha lỏng để cất dòng chất lỏng sản phẩm **37** gồm metan, các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon, và các thành phần nhẹ hơn. Sản phẩm lỏng thu

được (dòng 37) đi ra khỏi vùng dưới của bộ phận tách etan **115d** và đi ra khỏi thiết bị xử lý **115** ở 203°F [95°C].

Dòng hơi chung cất thứ hai đi ra từ bộ phận hấp thụ **115c** được gia nhiệt trong bộ phận ngưng tụ **115b** khi nó làm lạnh dòng **38** như đã được mô tả từ trước. Dòng hơi chung cất đã được gia nhiệt thứ hai kết hợp với hơi bất kỳ được tách ra từ dòng hơi chung cất thứ nhất được làm nguội **38** như đã được mô tả từ trước. Dòng khí dư thu được được gia nhiệt trong bộ phận làm nguội nguyên liệu **115a** khi nó làm lạnh dòng **31** như đã được mô tả từ trước, tại đây dòng khí dư **44** đi ra khỏi thiết bị xử lý **115** ở 104°F [40°C]. Dòng khí dư sau đó được nén lại theo 2 giai đoạn, bộ phận nén **14** dẫn động bởi máy giãn nở **13** và bộ phận nén **20** bằng nguồn năng lượng bổ sung. Sau khi làm lạnh về 120°F [49°C] trong bộ phận làm lạnh khí thoát ra **21**, dòng khí dư **44c** chảy vào đường ống khí thành phẩm tại áp suất 915 psia [6.307 kPa(a)], đủ đáp ứng yêu cầu của đường ống (thường theo áp suất đầu vào).

Tóm tắt về tốc độ dòng và năng lượng tiêu thụ của quá trình minh họa trong FIG. 2 được đưa ra trong bảng sau:

Bảng II					
(FIG. 2)					
Tóm tắt lưu lượng dòng - Lb. Mol/giờ [kg mol/giờ]					
<u>Dòng</u>	<u>Metan</u>	<u>Etan</u>	<u>Propan</u>	<u>Butan+</u>	<u>Tổng</u>
31	19.419	1.355	565	387	21.961
32	4.855	339	141	97	5.490
33	14.564	1.016	424	290	16.471
34	18.870	1.135	348	104	20.683
35	549	220	217	283	1.278
38	2.398	1.544	13	0	4.015
41	1.018	868	8	0	1.924
42	737	628	5	0	1.394
43	1.112	723	353	104	2.320
44	19.419	1.328	3	0	20.984
37	0	27	562	387	977

Thu hồi*

Propan 99,63%

Butan+ 100,00%

Năng lượng

Nén khí dư 9.363 HP [15.393 kW]

* (dựa trên tốc độ dòng chưa làm tròn số)

So sánh Bảng I và II cho thấy sáng chế vẫn giữ được độ thu hồi như các giải pháp kỹ thuật đã biết. Tuy nhiên, so sánh tiếp các bảng I và II cho thấy rằng hiệu suất sản phẩm đạt được bằng cách sử dụng ít năng lượng hơn nhiều so với giải pháp kỹ thuật đã biết. Xét về hiệu suất thu hồi (được xác định bằng lượng propan thu hồi trên đơn vị năng lượng), sáng chế cải thiện hơn 5% so với quy trình của giải pháp kỹ thuật đã biết được thể hiện trên FIG. 1.

Sự cải thiện về hiệu suất thu hồi của sáng chế so với quy trình thuộc giải pháp kỹ thuật đã biết được thể hiện trên FIG. 1 chủ yếu là do ba yếu tố. Thứ nhất, sự bố trí sát nhau của các bộ trao đổi nhiệt trong bộ phận làm lạnh nguyên liệu **115a** và bộ phận ngưng tụ **115b** trong thiết bị xử lý **115** loại trừ sự tụt áp do đường ống nối trong các nhà máy xử lý thông thường. Kết quả là, phần khí dư đi vào máy làm giãn nở **14** là có áp suất cao hơn trong sáng chế này so với giải pháp kỹ thuật đã biết, vì thế khí dư đi vào máy làm giãn nở **20** tại áp suất cao hơn đáng kể, nhờ vậy làm giảm năng lượng cần thiết để đưa khí dư về áp suất đường ống.

Thứ hai, bằng việc sử dụng các bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối trong bộ phận tách etan **115d** để đồng thời gia nhiệt chất lỏng chung cất rời khỏi bộ phận chuyển khối trong bộ phận tách etan **115d** trong khi cho phép các hơi tạo thành được tiếp xúc với chất lỏng và cất các thành phần dễ bay hơi của nó là hiệu quả hơn khi sử dụng cột chưng cất thông thường với các nồi đun sôi lại bên ngoài. Các thành phần dễ bay hơi được cất khỏi chất lỏng này một cách liên tục, làm giảm nồng độ của các thành phần dễ bay hơi trong các hơi cất phần nhẹ một cách nhanh hơn và do đó cải thiện hiệu suất cất phần nhẹ đối với sáng chế.

Thứ ba, sử dụng bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối trong bộ phận tách **115e** để làm lạnh đồng thời phần hơi của dòng **32** khi ngưng tụ các thành phần hydrocarbon nặng hơn từ pha hơi giúp tinh chế một phần dòng **34** trước khi nó tiếp tục giãn nở và được cấp làm nguyên liệu cho bộ phận hấp thụ **115c**. Kết quả là, sẽ

phải sử dụng ít dòng hồi lưu (dòng **41**) hơn để tinh chế dòng đã được giãn nở **34a** nhằm loại bỏ các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần hydrocacbon nặng hơn khỏi dòng đã được giãn nở, như có thể thấy khi so sánh tốc độ dòng **41** trong Bảng I và II.

Sáng chế có hai ưu điểm khác nữa so với giải pháp kỹ thuật đã biết ngoài việc làm tăng hiệu suất xử lý. Thứ nhất, sự bố trí sát nhau của thiết bị xử lý **115** theo sáng chế thay thế sáu thiết bị tách biệt trong giải pháp kỹ thuật đã biết (các bộ trao đổi nhiệt **10**, **17**; bộ phận tách **11**; và thiết bị tách hồi lưu **18**, bơm hồi lưu **19** và tháp cất phân đoạn **15** trên FIG. 1) bằng một thiết bị duy nhất (thiết bị xử lý **115** trên FIG.2). Điều này làm giảm diện tích cần thiết và hạn chế đường ống kết nối, năng lượng tiêu thụ bởi bơm hồi lưu, giảm chi phí đầu tư và vận hành của nhà máy xử lý sử dụng sáng chế này so với giải pháp kỹ thuật đã biết. Thứ hai, việc hạn chế đường ống kết nối có nghĩa là nhà máy xử lý sử dụng sáng chế có ít các mối nối hơn so với giải pháp kỹ thuật đã biết, giảm lượng nhiên liệu rò rỉ tiềm tàng trong nhà máy. Hydrocacbon là các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOCs), một số trong chúng được phân loại là các khí nhà kính và một số khác có thể là các tiền chất để tạo ra ozon khí quyển, điều đó có nghĩa là sáng chế làm giảm sự phát thải vào khí quyển mà có thể hủy hoại môi trường.

Các phương án khác

Một số trường hợp có thể ưu tiên loại bỏ bộ phận làm lạnh nguyên liệu **115a** và bộ phận ngưng tụ **115b** ra khỏi thiết bị xử lý **115**, và sử dụng một hoặc nhiều bộ trao đổi nhiệt bên ngoài thiết bị xử lý để làm lạnh nguyên liệu và ngưng tụ hồi lưu, ví dụ như bộ trao đổi nhiệt **23** và **17** được thể hiện trên các FIG. 14 đến 21. Với sự bố trí này cho phép thiết bị xử lý **115** nhỏ hơn, có thể giảm tổng chi phí cho nhà máy và/hoặc rút ngắn quy trình sản xuất trong một số trường hợp. Lưu ý rằng, trong mọi trường hợp bộ trao đổi **23** và **17** là đại diện cho vô số bộ trao đổi nhiệt riêng lẻ hoặc bộ trao đổi nhiệt có nhiều rãnh, hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. Mỗi bộ trao đổi nhiệt này có thể là bộ trao đổi nhiệt dạng lá tản nhiệt và dạng ống, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, bộ trao đổi nhiệt dạng nhôm tráng đồng, hoặc các dạng khác của cơ cấu truyền nhiệt, kể cả bộ trao đổi nhiệt nhiều rãnh hoặc bộ trao đổi nhiệt đa ứng dụng. Một số trường hợp có thể ưu tiên sự kết hợp việc làm lạnh nguyên liệu và

ngưng tụ dòng hơi lưu trong một thiết bị trao đổi nhiệt đa ứng dụng. Với bộ phận trao đổi nhiệt **17** đặt ngoài thiết bị xử lý, thường cần bộ phận tách hơi lưu **18** và bơm **19** để tách dòng chất lỏng ngưng tụ **40** và chuyển ít nhất một phần chất lỏng vào bộ phận hấp thụ **115c** làm dòng hơi lưu.

Như đã mô tả ở trên theo phương án của sáng chế được thể hiện trong FIG. 2, dòng hơi chung cất thứ nhất **38** được ngưng tụ một phần và phần ngưng tụ thu được được sử dụng để hấp thụ các thành phần có giá trị là các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần nặng hơn từ hơi đi ra khỏi máy làm giãn nở. Tuy nhiên, sáng chế này không chỉ giới hạn ở phương án này. Có thể là thuận tiện hơn, ví dụ, để xử lý chỉ một phần của khí hơi đi ra từ máy làm giãn nở theo phương thức này, hoặc để sử dụng chỉ một phần của phần ngưng tụ làm chất hấp thụ, nếu các thiết kế khác chỉ ra phần trăm của khí đầu ra của máy làm giãn nở hay phần ngưng tụ nên đi qua bộ phận hấp thụ **115c** của thiết bị xử lý **115**. Các điều kiện của khí nguyên liệu, tầm cỡ nhà máy, các thiết bị sẵn có, hoặc các yếu tố khác có thể chỉ cho thấy việc không cần dùng đến máy làm giãn nở **13**, hoặc có thể thay thế bằng một thiết bị giãn nở khác (ví dụ như van giãn nở), hoặc sự ngưng tụ tổng (chứ không phải ngưng tụ 1 phần) của dòng hơi chung cất thứ nhất **38** trong bộ phận ngưng tụ **115b** bên trong thiết bị xử lý **115** (FIG. 2 đến 13) hoặc bộ phận trao đổi nhiệt **17** (FIG. 14 đến 21) là có thể hoặc được ưu tiên. Cũng cần lưu ý rằng, tùy thuộc vào thành phần của dòng khí nguyên liệu, sẽ thuận lợi hơn nếu sử dụng sự làm lạnh bên ngoài để làm lạnh một phần dòng hơi chung cất thứ nhất **38** trong bộ phận ngưng tụ **115b** (FIG. 2 đến 13) hoặc bộ phận trao đổi nhiệt **17** (FIG. 14 đến 21).

Trong một số trường hợp, có thể có lợi khi sử dụng thùng tách bên ngoài để tách các phần đã được làm lạnh **32** và **33** hoặc dòng nguyên liệu đã được làm lạnh **31a** hơn là có bộ phận tách **115e** trong thiết bị xử lý **115**. Như được thể hiện trên các FIG. 8 và 18, bộ phận chuyển khối trong bộ phận tách **11** có thể được sử dụng để tách các phần đã được làm lạnh **32** và **33** thành dòng hơi **34** và dòng chất lỏng **35**. Tương tự, như được thể hiện trên các FIG. 9 đến 13 và 19 đến 21, bộ phận tách **11** có thể được sử dụng để tách dòng nguyên liệu đã được làm lạnh **31a** thành dòng hơi **34** và dòng chất lỏng **35**.

Đối với mỗi ứng dụng cụ thể, cần đánh giá việc sử dụng và phân bố dòng chất lỏng **35** từ bộ phận tách **115e** hoặc bộ phận tách **11** và dòng chất lỏng chung cất **43** từ bộ phận hấp thụ **115c** cho quá trình trao đổi nhiệt, việc sắp xếp cụ thể các bộ phận trao đổi nhiệt để làm lạnh khí nguyên liệu (các dòng **31** và/hoặc **32**) và dòng hơi chung cất thứ nhất **38**, và việc lựa chọn dòng xử lý cho các ứng dụng trao đổi nhiệt cụ thể. Ví dụ, FIG. 4 đến 6, 10 đến 12, 16, và 20 chỉ ra việc sử dụng dòng chất lỏng chung cất **43** để cung cấp một phần làm lạnh cho dòng hơi chung cất thứ nhất **38** trong bộ phận ngưng tụ **115b** (FIG. 4, 5, 10, và 11), bộ phận trao đổi nhiệt **10** (FIG. 6 và 12), hoặc bộ phận trao đổi nhiệt **17** (FIG. 16 và 20). Trong những trường hợp này, có thể không cần đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối trong bộ phận tách **115e** (FIG. 4 đến 6 và 16) hoặc bộ phận tách **11** (các FIG. 10 đến 12 và 20). Theo phương án được thể hiện trong FIG. 4 và 10, bơm **22** được sử dụng để vận chuyển dòng chất lỏng chung cất **43** đến bộ phận trao đổi nhiệt trong bộ phận ngưng tụ **115b**. Theo phương án được thể hiện trong FIG. 5 và 11, bộ phận ngưng tụ **115b** được đặt dưới bộ phận hấp thụ **115c** trong thiết bị xử lý **115** sao cho dòng chất lỏng chung cất **43** chảy nhờ hồi lưu siphông nhiệt. Theo các phương án được thể hiện trong các FIG. 6 và 12, sử dụng bộ phận trao đổi nhiệt **10** đặt ngoài thiết bị xử lý **115** và bộ phận làm nguội nguyên liệu **115a** được đặt dưới bộ phận hấp thụ **115c** trong thiết bị xử lý **115** sao cho dòng chất lỏng chung cất **43** chảy nhờ hồi lưu siphông nhiệt. (Các phương án được thể hiện trong các FIG. 5, 6, 11, và 12 sử dụng bơm hồi lưu **19** để cung cấp dòng hồi lưu cho các vị trí nằm phía trên vị trí thu gom pha lỏng ngưng tụ từ dòng trong thiết bị xử lý **115**.) Theo các phương án được thể hiện trong FIG. 16 và 20, sự hồi lưu siphông nhiệt có thể là đủ để cho phép dòng chất lỏng chung cất **43** chảy qua bộ phận trao đổi nhiệt **17**, hoặc có thể phải cần đến bơm **22** để hồi lưu dòng **43**. Một số trường hợp có thể ưu tiên sử dụng dòng chất lỏng chung cất **43** để làm nguội dòng **32** trong bộ phận trao đổi nhiệt đặt ngoài thiết bị xử lý **115**, ví dụ như bộ phận trao đổi nhiệt **10** mô tả trong FIG. 3, 9, 15, và 19. Một số trường hợp khác lại không ưu tiên việc gia nhiệt cho dòng chất lỏng chung cất **43**, và thay vì đó dùng dòng chất lỏng chung cất **43** làm dòng hồi lưu đến vùng trên của bộ phận tách etan **115d** như được thể hiện trong các FIG. 7, 13, 17, và 21. (Đối với phương án được thể hiện trong FIG. 13 và 21, có thể cần đến bơm **22** do có thể không đạt được dòng trọng lực của dòng **43**)

Tùy thuộc vào lượng hydrocacbon nặng hơn có trong khí nguyên liệu và áp suất khí nguyên liệu, các phần được làm nguội thứ nhất và thứ hai **32** và **33** đi vào bộ phận tách **115e** trong các FIG. 2 và 14 hoặc bộ phận tách **11** trong các FIG. 8 và 18 (hoặc dòng nguyên liệu được làm nguội **31a** đi vào bộ phận tách **115e** trong các FIG. 3 đến 7 và 15 đến 17 hoặc bộ phận tách **11** trong FIG. 9 đến 13 và 19 đến 21) có thể không chứa chất lỏng nào (do nằm trên điểm sương, hoặc do nằm trên áp suất tới hạn). Trong những trường hợp này, không có chất lỏng trong dòng **35** (như được chỉ ra bằng đường nét đứt). Khi đó, có thể không cần đến bộ phận tách **115e** trong thiết bị xử lý **115** (FIG. 2 đến 7 và 14 đến 17) hoặc bộ phận tách **11** (các FIG. 8 đến 13 và 18 đến 21).

Theo sáng chế này, việc sử dụng sự làm lạnh bên ngoài để bổ sung sự làm lạnh có thể có cho khí đầu vào và/hoặc dòng hơi chung cất thứ nhất thoát ra từ dòng hơi chung cất thứ hai và dòng chất lỏng chung cất có thể được sử dụng, đặc biệt trong trường hợp khí đầu vào giàu. Trong những trường hợp như vậy, khi cần bổ sung làm lạnh khí đầu vào, các phương tiện truyền nhiệt và chuyển khối có thể được đưa vào trong bộ phận tách **115e** (hoặc các phương tiện thu gom khí trong những trường hợp mà các phần đã được làm lạnh thứ nhất và thứ hai **32** và **33** hoặc dòng nguyên liệu đã được làm lạnh **31a** không chứa chất lỏng) như được thể hiện bằng các đường nét đứt trên các FIG. 3 đến 7 và 15 đến 17, hoặc các phương tiện truyền nhiệt và chuyển khối có thể được đưa vào trong bộ phận tách **11** như được thể hiện bằng các đường nét đứt trên các FIG. 9 đến 13 và 19 đến 21. Các phương tiện truyền nhiệt và chuyển khối này có thể gồm có bộ trao đổi nhiệt dạng lá tản nhiệt và dạng ống, bộ trao đổi nhiệt dạng tấm, bộ trao đổi nhiệt dạng nhôm tráng đồng, hoặc các dạng khác của cơ cấu truyền nhiệt, kể cả bộ trao đổi nhiệt nhiều rãnh và/hoặc đa ứng dụng. Các cơ cấu truyền nhiệt và chuyển khối được thiết kế để tạo ra sự trao đổi nhiệt giữa dòng chất làm lạnh (ví dụ, propan) chảy lên qua một rãnh của các cơ cấu truyền nhiệt và chuyển khối và phần hơi của dòng **31a**, sao cho chất làm lạnh sẽ làm lạnh tiếp hơi và ngưng tụ thêm chất lỏng, là chất rơi xuống dưới để trở thành một phần của chất lỏng lấy ra trong dòng **35**. Như được chỉ ra bằng các đường nét đứt trong FIG. 2, 8, 14, và 18, bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối trong bộ phận tách **115e** (FIG. 2 và 14) hoặc bộ phận tách **11** (FIG. 8 và 18) có thể bao gồm cả việc cung cấp thêm phần làm lạnh bổ sung với chất làm lạnh. Một cách khác, có thể

sử dụng các chất làm lạnh dạng khí thông thường để làm nguội dòng **32**, dòng **33**, và/hoặc dòng **31a** trước khi các dòng **32** và **33** đi vào bộ phận tách **115e** (FIG. 2 và 14) hoặc bộ phận tách **11** (FIG. 8 và 18) hoặc dòng **31a** đi vào bộ phận tách **115e** (các FIG. 3 đến 7 và 15 đến 17) hoặc bộ phận tách **11** (FIG. 9 đến 13 và 19 đến 21). Trong những trường hợp cần làm lạnh thêm cho dòng hơi chung cất thứ nhất, thì bộ phận trao đổi nhiệt trong bộ phận ngưng tụ **115b** của thiết bị xử lý **115** (FIG. 2 đến 5, 7 đến 11, và 13), bộ phận trao đổi nhiệt **10** (FIG. 6 và 12), hoặc bộ phận trao đổi nhiệt **17** (FIG. 14 đến 21) có thể cung cấp bổ sung sự làm lạnh phụ bằng chất làm lạnh như được chỉ ra bằng các đường nét đứt.

Phụ thuộc vào loại thiết bị truyền nhiệt được chọn cho các bộ trao đổi nhiệt trong bộ phận làm lạnh nguyên liệu **115a** và bộ phận ngưng tụ **115b** (FIG. 2 đến 5, 7 đến 11, và 13, có thể kết hợp các bộ trao đổi nhiệt này trong một bộ phận truyền nhiệt nhiều rãnh duy nhất và/hoặc bộ phận truyền nhiệt đa ứng dụng. Trong những trường hợp như vậy, bộ truyền nhiệt nhiều rãnh và/hoặc bộ phận truyền nhiệt đa ứng dụng sẽ bao gồm các phương tiện phù hợp để phân phối, phân đoạn, và thu gom dòng **31**, dòng **32**, dòng **33**, dòng hơi chung cất thứ nhất **38**, hơi bất kỳ được tách ra từ dòng đã được làm lạnh **38** và dòng hơi chung cất thứ hai để hoàn thành việc làm lạnh và gia nhiệt mong muốn.

Cũng sẽ nhận thấy rằng lượng tương đối của chất lỏng ngưng tụ được chia giữa các dòng **41** và **42** trong các FIG. 2 đến 6, 8 đến 12, 14 đến 16, và 18 đến 20 sẽ phụ thuộc vào một số yếu tố, bao gồm áp suất khí, thành phần khí nguyên liệu, và công suất sẵn có. Thường không thể đoán trước được sự chia dòng tối ưu nếu không đánh giá các trường hợp cụ thể cho từng ứng dụng cụ thể của sáng chế. Một số trường hợp có thể sẽ ưu tiên hơn nếu cung cấp toàn bộ chất lỏng ngưng tụ cho vùng trên của bộ phận hấp thụ **115c** trong dòng **41** và không cung cấp chút nào cho vùng trên của bộ phận tách etan **115d** trong dòng **42**, như được thể hiện bằng các đường nét đứt cho dòng **42**. Trong những trường hợp này, có thể cung cấp dòng chất lỏng chung cất đã được gia nhiệt **43a** cho vùng trên của bộ phận tách etan **115d** để làm dòng hồi lưu.

Sáng chế cho phép thu hồi cải thiện hơn các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon, và các thành phần hydrocacbon nặng hơn trên tổng mức tiêu thụ hữu ích

cần để vận hành quy trình. Sự cải thiện về sự tiêu thụ hữu ích cần thiết để vận hành quy trình có thể xuất hiện dưới dạng những nhu cầu về năng lượng giảm để nén hoặc nén lại, những nhu cầu về năng lượng giảm đối với sự làm lạnh bên ngoài, những yêu cầu về năng lượng giảm đối với sự đun sôi lại trong tháp, hoặc sự phối hợp của các yếu tố này.

Trong khi ở đây mô tả các phương án được cho là các phương án được ưu tiên của sáng chế, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu được rằng những biến đổi hoặc cải biến khác là có thể có, ví dụ làm cho sáng chế thích ứng với các điều kiện khác nhau, các dạng nguyên liệu hoặc các yêu cầu khác nhau mà không chệch khỏi phạm vi bảo hộ của sáng chế được xác định trong các điểm yêu cầu bảo hộ dưới đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình tách dòng khí (31) chứa metan, các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon, các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon, và các thành phần hydrocacbon nặng hơn thành phần đoạn khí dư dễ bay hơi (44d) và phân đoạn tương đối ít bay hơi (37) chứa chủ yếu các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần hydrocacbon nặng hơn, trong đó:

(1) dòng khí (31) được làm lạnh trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23);

(2) dòng khí đã được làm lạnh (31a, 34) được giãn nở về áp suất thấp hơn, nhờ đó nó được tiếp tục làm lạnh;

(3) dòng khí đã được làm lạnh và giãn nở (34a) được cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận hấp thụ (115c) lắp trong thiết bị xử lý (115);

(4) dòng chất lỏng chung cất thứ nhất (43) được thu từ vùng dưới của bộ phận hấp thụ (115c) và được cung cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh (43a) cho bộ phận chuyển khối (115d) được lắp trong thiết bị xử lý (115);

(5) dòng hơi chung cất thứ nhất (38) được thu từ vùng trên của bộ phận chuyển khối (115d) và được làm lạnh đủ để ngưng tụ ít nhất một phần trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17);

(6) dòng hơi chung cất thứ nhất đã được ngưng tụ ít nhất một phần (38a) được cấp cho bộ phận tách (18) và được tách ở đó, nhờ đó tạo thành dòng ngưng tụ (40) và dòng hơi dư (39) chứa hơi chưa được ngưng tụ bất kỳ còn lại sau khi dòng hơi chung cất thứ nhất được làm lạnh;

(7) ít nhất một phần của dòng ngưng tụ (40a) được cấp dưới dạng nguyên liệu nạp trên đỉnh cho bộ phận hấp thụ (115c).

(8) dòng hơi chung cất thứ hai (36) được thu từ vùng trên của bộ phận hấp thụ (115c) và được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17), theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (5);

(9) dòng hơi chung cất thứ hai đã được gia nhiệt (36a) được kết hợp với dòng hơi dư bất kỳ (39) để tạo thành dòng hơi hỗn hợp (44);

(10) dòng hơi hỗn hợp (44) được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23), theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (1), và sau đó tháo dòng hơi hỗn hợp đã được gia nhiệt (44a) ra dưới dạng phân đoạn khí dư dễ bay hơi (44d);

(11) dòng chất lỏng chung cất thứ hai được thu từ vùng dưới của bộ phận chuyển khối và được gia nhiệt trong bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối (115d) được lắp trong thiết bị xử lý (115), theo đó cất đồng thời các thành phần dễ bay hơi hơn từ dòng chất lỏng chung cất thứ hai, và sau đó tháo dòng chất lỏng chung cất thứ hai đã được gia nhiệt và đã được cất từ thiết bị xử lý dưới dạng phân đoạn tương đối ít bay hơi hơn (37); và

(12) hàm lượng và nhiệt độ của dòng nguyên liệu (34a, 40a) cấp cho bộ phận hấp thụ (115c) là hữu hiệu để duy trì nhiệt độ vùng trên của bộ phận hấp thụ (115c) ở nhiệt độ mà tại đó có thể thu hồi được các phân chủ yếu của các thành phần trong phân đoạn tương đối ít bay hơi hơn (37).

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó:

(a) dòng khí (31) được làm lạnh đủ để ngưng tụ một phần nó trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23);

(b) dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a) được cấp cho bộ phận tách khác (11, 115e) và được tách ở đó, tạo thành dòng hơi (34) và ít nhất một dòng chất lỏng (35);

(c) dòng hơi (34) được giãn nở (13) về áp suất thấp hơn nhờ đó nó được tiếp tục làm lạnh;

(d) dòng hơi đã được giãn nở và làm lạnh (34a) được cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận hấp thụ (115c);

(e) ít nhất một dòng chất lỏng (35) được giãn nở (12) về áp suất thấp hơn; và

(f) ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở (35a) được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23), theo đó góp ít nhất một phần vào sự làm lạnh ở bước (a), và sau đó cấp ít nhất một dòng chất lỏng đã được làm giãn nở và gia nhiệt (35b) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận chuyển khối (115d).

3. Quy trình theo điểm 1, trong đó:

(a) dòng chất lỏng chung cất thứ nhất (43) được thu từ vùng dưới của bộ phận hấp thụ (115c) và được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17), với dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43b) sau đó được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh cho bộ phận chuyển khối (115d); và

(b) dòng hơi chung cất thứ nhất (38) được thu từ vùng trên của bộ phận chuyển khối (115d) và được làm lạnh đủ để ngưng tụ ít nhất một phần nó trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17), nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc gia nhiệt ở bước (a).

4. Quy trình theo điểm 3, trong đó:

(i) dòng khí (31) được làm lạnh đủ để ngưng tụ một phần nó trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23);

(ii) dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a) được cung cấp cho bộ phận tách khác (11, 115e) và được tách ở đó để tạo thành dòng hơi (34) và ít nhất một dòng chất lỏng (35);

(iii) dòng hơi (34) được giãn nở (13) về áp suất thấp hơn nhờ đó nó sẽ tiếp tục được làm lạnh;

(iv) dòng hơi giãn nở đã được làm lạnh (34a) được cung cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận hấp thụ (115c);

(v) ít nhất một dòng chất lỏng (35) được giãn nở (12) về áp suất thấp hơn nêu trên; và

(vi) ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở này được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất, nhờ đó góp ít nhất một phần vào sự làm lạnh ở bước (i), và sau đó cấp ít nhất một dòng chất lỏng đã được giãn nở và được gia nhiệt này dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận chuyển khối.

5. Quy trình theo điểm 1, trong đó:

(a) dòng khí (31) được làm lạnh một phần trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23);

(b) dòng khí đã được làm lạnh một phần (32) được chia thành phần thứ nhất (32) và phần thứ hai (33);

(c) phần thứ nhất (32) được làm lạnh tiếp trong bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác được lắp trong bộ phận tách khác (11, 115e), theo đó ngưng tụ đồng thời các thành phần ít bay hơi hơn bất kỳ (35) từ phần thứ nhất này;

(d) phần thứ hai (33) được làm lạnh tiếp trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23);

(e) phần thứ nhất (32) và phần thứ hai (33) đã được làm lạnh tiếp này được kết hợp với nhau tạo thành dòng khí được làm lạnh (34);

(f) dòng chất lỏng chung cất thứ nhất (43) được thu từ vùng dưới của bộ phận hấp thụ (115c) và được gia nhiệt trong bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác (11, 115e), theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (c), với dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43a) sau đó được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh cho bộ phận chuyển khối (115d); và

(g) dòng hơi hỗn hợp (44) được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23), theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở các bước (a) và (d), và sau đó tháo dòng hơi hỗn hợp đã được gia nhiệt (44a) dưới dạng phân đoạn khí dư để bay hơi (44d).

6. Quy trình theo điểm 5, trong đó:

(a) phần thứ hai đã được làm lạnh tiếp (33) được dẫn vào bộ phận tách khác (11, 115e) để các chất lỏng bất kỳ được ngưng tụ khi phần thứ nhất và phần thứ hai được làm lạnh tiếp được hòa trộn với nhau tạo thành ít nhất một dòng chất lỏng (35), với phần còn lại của phần thứ nhất được làm lạnh tiếp này và phần thứ hai được làm lạnh tiếp này tạo thành dòng hơi (34);

(b) dòng hơi (34) được giãn nở (13) về áp suất thấp hơn, tại đó nó sẽ được tiếp tục làm lạnh;

(c) dòng hơi giãn nở đã được làm lạnh (34a) được cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận hấp thụ (115c);

(d) ít nhất một dòng chất lỏng (35) được giãn nở (12) về áp suất thấp hơn; và

(e) ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở này được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất, theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh một phần ở bước

(1), và sau đó cấp ít nhất một dòng chất lỏng đã được làm giãn nở và gia nhiệt này dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận chuyển khối (115d).

7. Quy trình theo điểm 5, trong đó:

(i) phần thứ nhất (32) được làm lạnh tiếp trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (10); và

(ii) dòng chất lỏng chung cất thứ nhất (43) được thu từ vùng dưới của bộ phận hấp thụ (115c) và được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (10), theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (i), với dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43a) sau đó được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh cho bộ phận chuyển khối (115d).

8. Quy trình theo điểm 7, trong đó:

(a) phần thứ nhất đã được làm lạnh tiếp (32a) và phần thứ hai đã được làm lạnh tiếp (33) được trộn với nhau để tạo thành dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a);

(b) dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a) được cấp cho bộ phận tách khác (11, 115e) và được tách ở đó để tạo ra dòng hơi (34) và ít nhất một dòng chất lỏng (35);

(c) dòng hơi (34) được giãn nở (13) về áp suất thấp hơn, nhờ đó nó sẽ được tiếp tục làm lạnh;

(d) dòng hơi giãn nở đã được làm lạnh (34a) được cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận hấp thụ (115c);

(e) ít nhất một dòng chất lỏng (35) được giãn nở (12) về áp suất thấp hơn; và

(f) ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở này được gia nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất, theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh một phần ở bước (1), và sau đó cấp ít nhất một dòng chất lỏng đã được làm giãn nở và gia nhiệt này dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận chuyển khối (115d).

9. Quy trình theo điểm 2, 4, 5, 6 hoặc 8, trong đó bộ phận tách khác nêu trên được lắp trong thiết bị xử lý.

10. Quy trình theo điểm 3, 4, 5, 6, 7 hoặc 8, trong đó:

(1) dòng chất lỏng chung cất thứ nhất được gia nhiệt (43a) được cấp cho bộ phận chuyển khối (115d) ở điểm nạp liệu trung gian;

(2) dòng ngưng tụ được phân chia thành ít nhất dòng hồi lưu thứ nhất (41) và dòng hồi lưu thứ hai (42);

(3) dòng hồi lưu thứ nhất (41) được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh cho bộ phận hấp thụ (115c); và

(4) dòng hồi lưu thứ nhất hai (42) được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh cho bộ phận chuyển khối (115d).

11. Quy trình theo điểm 9, trong đó:

(1) dòng chất lỏng chung cất thứ nhất được gia nhiệt (43a) được cấp cho bộ phận chuyển khối (115d) ở vị trí nạp liệu trung gian;

(2) dòng ngưng tụ được phân chia thành ít nhất dòng hồi lưu thứ nhất (41) và dòng hồi lưu thứ hai (42);

(3) dòng hồi lưu thứ nhất (41) được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh đến bộ phận hấp thụ (115c); và

(4) dòng hồi lưu thứ hai (42) được cấp dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh đến bộ phận chuyển khối (115d).

12. Quy trình theo điểm 1, 3 hoặc 7, trong đó:

(1) bộ phận thu khí (115e) được lắp trong thiết bị xử lý (115);

(2) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận thu khí (115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(3) dòng khí đã được làm lạnh (31) được cấp cho bộ phận thu khí và được dẫn đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung để tiếp tục được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài; và

(4) dòng khí đã được làm lạnh tiếp (34) được giãn nở (13) về áp suất thấp hơn và sau đó được cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận hấp thụ (115c).

13. Quy trình theo điểm 10, trong đó:

(1) bộ phận thu khí (115e) được lắp trong thiết bị xử lý (115);

(2) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận thu khí (115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(3) dòng khí được làm lạnh (31) được cung cấp cho bộ phận thu khí và được dẫn đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung để tiếp tục được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài; và

(4) dòng khí đã được làm lạnh tiếp (34) được giãn nở (13) về áp suất thấp hơn và sau đó được cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy cho bộ phận hấp thụ (115c).

14. Quy trình theo điểm 11, trong đó:

(1) bộ phận thu khí (115e) được lắp trong bộ xử lý;

(2) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt ở bên trong bộ phận thu khí (115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(3) dòng khí đã được làm lạnh (31) được cấp cho bộ phận thu khí và được dẫn đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung để tiếp tục được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài này; và

(4) dòng khí đã được làm lạnh tiếp (34) được giãn nở (13) đến áp suất thấp hơn và sau đó được cấp dưới dạng nguyên liệu dưới đáy đến bộ phận hấp thụ (115c).

15. Quy trình theo điểm 2, 4 hoặc 8, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi (34) được dẫn vào bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ra ở đó.

16. Quy trình theo điểm 9, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi (34) được dẫn vào bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ra ở đó.

17. Quy trình theo điểm 10, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi (34) được dẫn vào bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ra ở đó.

18. Quy trình theo điểm 11, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi (34) được dẫn vào bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ra ở đó.

19. Thiết bị để tách dòng khí (31) chứa metan, các thành phần gồm hai nguyên tử cacbon, các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần hydrocacbon nặng hơn thành phân đoạn khí dư dễ bay hơi (44d) và phân đoạn tương đối ít bay hơi hơn (37) chứa chủ yếu là các thành phần gồm ba nguyên tử cacbon và các thành phần hydrocacbon nặng hơn, thiết bị này bao gồm:

(1) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để làm lạnh dòng khí (31);

(2) bộ phận giãn nở (13) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh (31a, 34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn;

(3) bộ phận hấp thụ (115c) được lắp trong thiết bị xử lý (115) và được nối với bộ phận giãn nở (13) để tiếp nhận dòng khí được làm lạnh và được giãn nở (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy vào đó;

(4) bộ phận thu chất lỏng thứ nhất được lắp trong thiết bị xử lý (115) và được nối với bộ phận hấp thụ (115c) để tiếp nhận dòng chất lỏng chưng cất thứ nhất (43) từ vùng dưới của bộ phận hấp thụ;

(5) bộ phận chuyển khối (115d) được lắp trong thiết bị xử lý (115) và được nối với bộ phận thu chất lỏng thứ nhất để tiếp nhận dòng chất lỏng chưng cất thứ nhất (43) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh;

(6) bộ phận thu hơi thứ nhất được lắp trong thiết bị xử lý (115) và được nối với bộ phận chuyển khối (115d) để tiếp nhận dòng hơi chưng cất thứ nhất (38) từ vùng trên của bộ phận chuyển khối (115d);

(7) bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) được nối với bộ phận thu hơi thứ nhất này để tiếp nhận dòng hơi chưng cất thứ nhất (38) và làm lạnh nó đủ để ngưng tụ ít nhất một phần;

(8) bộ phận tách (18) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) để tiếp nhận ít nhất dòng hơi chưng cất thứ nhất đã được ngưng tụ một phần (38a) và tách

nó thành dòng ngưng tụ (40) và dòng hơi dư (39) chứa hơi không ngưng tụ bất kỳ còn lại sau khi dòng hơi chung cất thứ nhất (38) được làm lạnh;

(9) bộ phận hấp thụ (115c) còn được nối với bộ phận tách (18) để tiếp nhận ít nhất một phần của dòng ngưng tụ (40a) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh;

(10) bộ phận thu hơi thứ hai được lắp trong thiết bị xử lý (115) và được nối với bộ phận hấp thụ (115c) để tiếp nhận dòng hơi chung cất thứ hai (36) từ vùng trên của bộ phận hấp thụ (115c);

(11) bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) còn được nối với bộ phận thu hơi thứ hai này để tiếp nhận dòng hơi chung cất thứ hai (36) và gia nhiệt nó, nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (7);

(12) bộ phận kết hợp được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) và bộ phận tách (18) để tiếp nhận dòng hơi chung cất thứ hai đã được gia nhiệt (36) và dòng hơi dư bất kỳ (39) và tạo thành dòng hơi hỗn hợp (44);

(13) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận kết hợp này để tiếp nhận dòng hơi hỗn hợp (44) và gia nhiệt nó, nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (1), và sau đó tháo dòng hơi hỗn hợp đã được gia nhiệt (44a) dưới dạng phân đoạn khí dư để bay hơi (44d);

(14) bộ phận thu chất lỏng thứ hai được lắp trong thiết bị xử lý (115) và được nối với bộ phận chuyển khối (115d) để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cất thứ hai từ vùng dưới của bộ phận chuyển khối này;

(15) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối (115d) được lắp trong thiết bị xử lý (115) và được nối với bộ phận thu chất lỏng thứ hai để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cất thứ hai này và gia nhiệt nó, nhờ đó cất đồng thời các thành phần dễ bay hơi hơn từ dòng chất lỏng chung cất thứ hai, và sau đó tháo dòng chất lỏng chung cất thứ hai đã được gia nhiệt và cất này ra khỏi thiết bị xử lý dưới dạng phân đoạn tương đối ít bay hơi hơn (37); và

(16) bộ phận điều khiển được làm thích ứng để điều khiển hàm lượng và nhiệt độ của các dòng nguyên liệu (34a, 40a) đi vào bộ phận hấp thụ (115c) để duy trì nhiệt độ vùng trên của bộ phận hấp thụ (115c) ở nhiệt độ mà tại đó có thể thu hồi

được các phần chủ yếu của các thành phần có trong phân đoạn tương đối ít bay hơi hơn (37).

20. Thiết bị theo điểm 19, trong đó:

(a) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để làm lạnh dòng khí (31) đủ để ngưng tụ một phần dòng khí này;

(b) bộ phận tách khác (11, 115e) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a) và tách nó thành dòng hơi (34) và ít nhất một dòng chất lỏng (35);

(c) bộ phận giãn nở (13) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận dòng hơi (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn mà tại đó nó sẽ tiếp tục được làm lạnh;

(d) bộ phận hấp thụ (115c) được nối với bộ phận giãn nở (13) để tiếp nhận dòng hơi đã được làm giãn nở và làm lạnh (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy;

(e) bộ phận giãn nở khác (12) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng (35) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn; và

(f) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận giãn nở khác (12) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở (35a) và gia nhiệt nó, nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (a), bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận chuyển khối (115d) để cung cấp ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở đã được gia nhiệt (35b) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

21. Thiết bị theo điểm 19, trong đó:

(a) bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) còn được nối với bộ phận thu chất lỏng thứ nhất để tiếp nhận dòng chất lỏng chưng cất thứ nhất (43) và gia nhiệt nó, theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh dòng hơi chưng cất thứ nhất; và

(b) bộ phận chuyển khối (115d) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) để tiếp nhận dòng chất lỏng chưng cất thứ nhất (43a) đã được gia nhiệt dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(c) bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) còn được nối với bộ phận thu hơi thứ nhất để tiếp nhận dòng hơi chung cất thứ nhất (38) và làm lạnh nó đủ để ngưng tụ ít nhất một phần của nó, theo đó góp ít nhất một phần vào việc gia nhiệt ở bước (a).

22. Thiết bị theo điểm 19, trong đó:

(i) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) được làm thích hợp để làm lạnh dòng khí (31) đủ để ngưng tụ một phần nó;

(ii) bộ phận tách khác (11, 115e) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a) và tách nó thành dòng hơi (34) và ít nhất một dòng chất lỏng (35);

(iii) bộ phận giãn nở (13) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận dòng hơi (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn, nhờ đó nó sẽ tiếp tục được làm lạnh;

(iv) bộ phận hấp thụ (115c) được nối với bộ phận giãn nở (13) để tiếp nhận dòng hơi đã được giãn nở và làm lạnh (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy;

(v) bộ phận giãn nở khác (12) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng (35) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn; và

(vi) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận giãn nở khác (12) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở (35a) và gia nhiệt nó, nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (i), bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận chuyển khối (115d) để cung cấp ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở đã được gia nhiệt (35b) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

23. Thiết bị theo điểm 19, trong đó:

(a) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) được làm thích ứng để làm lạnh một phần dòng khí (31);

(b) bộ phận phân chia được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh một phần này và chia nó thành phần thứ nhất (32) và phần thứ hai (33);

(c) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác được lắp trong bộ phận tách khác và nối với bộ phận phân chia để tiếp nhận phần thứ nhất này và tiếp tục làm

lạnh nó, nhờ đó ngưng tụ đồng thời các thành phần ít bay hơi hơn bất kỳ (35) từ phần thứ nhất này;

(d) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận phân chia để tiếp nhận phần thứ hai (33) và tiếp tục làm lạnh nó;

(e) bộ phận kết hợp khác được nối với bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác (23) và bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất để tiếp nhận phần thứ nhất đã được làm lạnh tiếp (32) và phần thứ hai đã được làm lạnh tiếp (33) và tạo thành dòng khí được làm lạnh (34);

(f) bộ phận giãn nở (13) được nối với bộ phận kết hợp khác để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh (34) và giãn nở về áp suất thấp hơn;

(g) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác còn được nối với bộ phận thu chất lỏng thứ nhất để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cất thứ nhất (43) và gia nhiệt nó, nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (c);

(h) bộ phận chuyển khối (115d) được nối với bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác này để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43a) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(i) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận kết hợp nêu trên để tiếp nhận dòng hơi hỗn hợp (44) và gia nhiệt nó, nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở các bước (a) và (d), và sau đó tháo dòng hơi hỗn hợp đã được gia nhiệt (44a) dưới dạng phân đoạn khí dư dễ bay hơi (44d).

24. Thiết bị theo điểm 23, trong đó:

(a) bộ phận tách khác (11, 115e) còn được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận phần thứ hai đã được làm lạnh tiếp (33) sao cho các chất lỏng bất kỳ được ngưng tụ khi phần thứ nhất (32) tiếp tục được làm lạnh và khi phần thứ hai (33) tiếp tục được làm lạnh được kết hợp để tạo ra ít nhất một dòng chất lỏng (35), với phần còn lại của phần thứ nhất đã được làm lạnh tiếp (32) và phần thứ hai đã được làm lạnh tiếp (33) tạo ra dòng hơi (34);

(b) bộ phận giãn nở (13) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận dòng hơi (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn, theo đó nó được làm lạnh tiếp;

(c) bộ phận hấp thụ (115c) được nối với bộ phận giãn nở (13) để tiếp nhận dòng hơi đã được giãn nở và làm lạnh dưới dạng nguyên liệu dưới đáy;

(d) bộ phận giãn nở khác (12) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng (35) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn; và

(e) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận giãn nở khác (12) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng giãn nở (35a) và gia nhiệt nó, theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh một phần ở bước (1), bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận chuyển khối (115d) để cung cấp ít nhất một dòng chất lỏng đã được giãn nở và gia nhiệt (35b) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

25. Thiết bị theo điểm 23, trong đó:

(i) bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (10) được nối với bộ phận phân chia để tiếp nhận phần thứ nhất (32) và tiếp tục làm lạnh nó;

(ii) bộ phận kết hợp khác được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (10) và bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận phần thứ nhất được làm lạnh tiếp (32a) và phần thứ hai được làm lạnh tiếp (33) và tạo thành dòng khí được làm lạnh (31a);

(iii) bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (10) còn được nối với bộ phận thu chất lỏng thứ nhất để nhận dòng chất lỏng chưng cất thứ nhất (43) và gia nhiệt nó, theo đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh ở bước (i); và

(iv) bộ phận chuyển khối (115d) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (10) để tiếp nhận dòng chất lỏng chưng cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43a) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh.

26. Thiết bị theo điểm 25, trong đó:

(a) bộ phận kết hợp khác được làm thích ứng để tiếp nhận phần thứ nhất và thứ hai đã được làm lạnh tiếp (32a, 33) và tạo thành dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a);

(b) bộ phận tách khác (11, 115e) được nối với bộ phận kết hợp khác này để tiếp nhận dòng khí đã được ngưng tụ một phần (31a) và tách nó thành dòng hơi (34) và ít nhất một dòng chất lỏng (35);

(c) bộ phận giãn nở (13) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận dòng hơi (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn, nhờ đó nó được tiếp tục làm lạnh;

(d) bộ phận hấp thụ (115c) được nối với bộ phận giãn nở này để tiếp nhận dòng hơi đã được giãn nở và làm lạnh (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy;

(e) bộ phận giãn nở khác (12) được nối với bộ phận tách khác (11, 115e) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng (35) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn; và

(f) bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận giãn nở khác (12) để tiếp nhận ít nhất một dòng chất lỏng đã được giãn nở (35a) và gia nhiệt nó, nhờ đó góp ít nhất một phần vào việc làm lạnh một phần ở bước (1), bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) còn được nối với bộ phận chuyển khối (115d) để cung cấp ít nhất một dòng chất lỏng đã được giãn nở và gia nhiệt (35b) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

27. Thiết bị theo điểm 20, 22, 23, 24 hoặc 26, trong đó bộ phận tách khác (115e) được lắp trong thiết bị xử lý (115).

28. Thiết bị theo điểm 21 hoặc 22, trong đó:

(1) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43) tại điểm nạp liệu trung gian;

(2) bộ phận phân chia được nối với bộ phận tách (18) để tiếp nhận dòng ngưng tụ (40, 40a) và chia nó thành ít nhất là các dòng hồi lưu thứ nhất (41) và thứ hai (42);

(3) bộ phận hấp thụ (115c) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ nhất (41) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(4) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ hai (42) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh.

29. Thiết bị theo điểm 27, trong đó:

(1) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ hai (17) để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cát thứ nhất đã được gia nhiệt (43) tại điểm nạp liệu trung gian;

(2) bộ phận phân chia được nối với bộ phận tách (18) để tiếp nhận dòng ngưng tụ (40, 40a) và chia nó thành ít nhất các dòng hồi lưu thứ nhất (41) và thứ hai (42);

(3) bộ phận hấp thụ (115c) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ nhất (41) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(4) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ hai (42) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh.

30. Thiết bị theo điểm 25 hoặc 26, trong đó:

(1) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (17) để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cát thứ nhất đã được gia nhiệt (43) tại điểm nạp liệu trung gian;

(2) bộ phận phân chia bổ sung được nối với bộ phận tách (18) để tiếp nhận dòng ngưng tụ (40, 40a) và chia nó thành ít nhất là các dòng hồi lưu thứ nhất (41) và thứ hai (42);

(3) bộ phận hấp thụ (115c) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia bổ sung này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ nhất (41) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(4) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia bổ sung này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ hai (42) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh.

31. Thiết bị theo điểm 27, trong đó:

(1) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ ba (10) để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cát thứ nhất đã được gia nhiệt (43) tại điểm nạp liệu trung gian;

(2) bộ phận phân chia bổ sung được nối với bộ phận tách (18) để tiếp nhận dòng ngưng tụ (40, 40a) và chia nó thành ít nhất là các dòng hồi lưu thứ nhất (41) và thứ hai (42);

(3) bộ phận hấp thụ (115c) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia bổ sung này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ hai (41) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(4) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để được nối với bộ phận phân chia bổ sung này để nhận dòng hồi lưu thứ hai (42) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh.

32. Thiết bị theo điểm 23 hoặc 24, trong đó:

(1) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43) tại điểm nạp liệu trung gian;

(2) bộ phận phân chia bổ sung được nối với bộ phận tách (18) để tiếp nhận dòng ngưng tụ (40, 40a) và chia nó thành ít nhất là các dòng hồi lưu thứ nhất (41) và thứ hai (42);

(3) bộ phận hấp thụ (115c) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia bổ sung này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ nhất (41) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(4) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia bổ sung này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ hai (42) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh.

33. Thiết bị theo điểm 27, trong đó:

(1) bộ phận chuyển khối (115) được làm thích ứng để nối với bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối khác để tiếp nhận dòng chất lỏng chung cất thứ nhất đã được gia nhiệt (43a) tại điểm nạp liệu trung gian;

(2) bộ phận phân chia bổ sung được nối với bộ phận tách (18) để tiếp nhận dòng ngưng tụ (40, 40a) và chia nó thành ít nhất là các dòng hồi lưu thứ nhất và thứ hai (41, 42);

(3) bộ phận hấp thụ (115c) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia bổ sung này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ nhất (41) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh; và

(4) bộ phận chuyển khối (115d) được làm thích ứng để nối với bộ phận phân chia bổ sung này để tiếp nhận dòng hồi lưu thứ hai (42) dưới dạng nguyên liệu trên đỉnh.

34. Thiết bị theo điểm 19 hoặc 21, trong đó:

(1) bộ phận thu khí (115e) được lắp trong thiết bị xử lý;

(2) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận thu khí (115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(3) bộ phận thu khí (115e) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh (31a) và dẫn nó đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung để tiếp tục được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài; và

(4) bộ phận giãn nở (13) được làm thích ứng để nối với bộ phận thu khí (115e) để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh tiếp (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn, bộ phận giãn nở (13) còn được nối với bộ phận hấp thụ (115c) để cấp dòng khí đã được làm lạnh tiếp và giãn nở (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

35. Thiết bị theo điểm 28, trong đó:

(1) bộ phận thu khí (115e) được lắp trong thiết bị xử lý (115);

(2) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận thu khí (115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(3) bộ phận thu khí (115e) được nối với bộ phận trao đổi nhiệt thứ nhất (23) để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh (31a) và dẫn nó đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung để tiếp tục được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài; và

(4) bộ phận giãn nở (13) được làm thích ứng để nối với bộ phận thu khí (115e) để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh tiếp (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn, bộ phận giãn nở (13) còn được nối với bộ phận hấp thụ (115c) để cấp dòng khí đã được làm lạnh tiếp và giãn nở (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

36. Thiết bị theo điểm 25, trong đó:

(1) bộ phận thu khí (115e) được lắp trong thiết bị xử lý (115);

(2) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận thu khí (115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(3) bộ phận thu khí (115e) được nối với bộ phận kết hợp khác để tiếp nhận dòng khí được làm lạnh (31a) và dẫn nó đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung để tiếp tục được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài; và

(4) bộ phận giãn nở (13) được làm thích ứng để được nối với bộ phận thu khí (115e) để tiếp nhận dòng khí được làm lạnh tiếp (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn, bộ phận giãn nở (13) còn được nối với bộ phận hấp thụ (115c) để cung cấp dòng khí đã được làm lạnh tiếp và giãn nở (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

37. Thiết bị theo điểm 30, trong đó:

(1) bộ phận thu khí (115e) được lắp trong thiết bị xử lý;

(2) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được lắp ở bên trong bộ phận thu khí (115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(3) bộ phận thu khí (115e) được nối với bộ phận kết hợp khác để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh (31a) và dẫn nó đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung để tiếp tục được làm lạnh bởi môi trường làm lạnh bên ngoài; và

(4) bộ phận giãn nở (13) được làm thích ứng để được nối với bộ phận thu khí (115e) để tiếp nhận dòng khí đã được làm lạnh tiếp (34) và giãn nở nó về áp suất thấp hơn, bộ phận giãn nở (13) còn được nối với bộ phận hấp thụ (115c) để cung cấp dòng khí đã được làm lạnh tiếp và giãn nở (34a) dưới dạng nguyên liệu dưới đáy.

38. Thiết bị theo điểm 20, 22 hoặc 26, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi được dẫn đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bằng môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ở đó.

39. Thiết bị theo điểm 27, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi được dẫn đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bằng môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ở đó.

40. Thiết bị tách theo điểm 30, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi được dẫn đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bằng môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ở đó.

41. Thiết bị theo điểm 32, trong đó:

(1) bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung được đặt bên trong bộ phận tách khác (11, 115e), bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này bao gồm một hoặc nhiều đường rãnh cho môi trường làm lạnh bên ngoài;

(2) dòng hơi được dẫn đến bộ phận truyền nhiệt và chuyển khối bổ sung này để được làm lạnh bằng môi trường làm lạnh bên ngoài để tạo thành phần ngưng tụ bổ sung; và

(3) phần ngưng tụ này trở thành một phần của ít nhất một dòng chất lỏng (35) được tách ở đó.

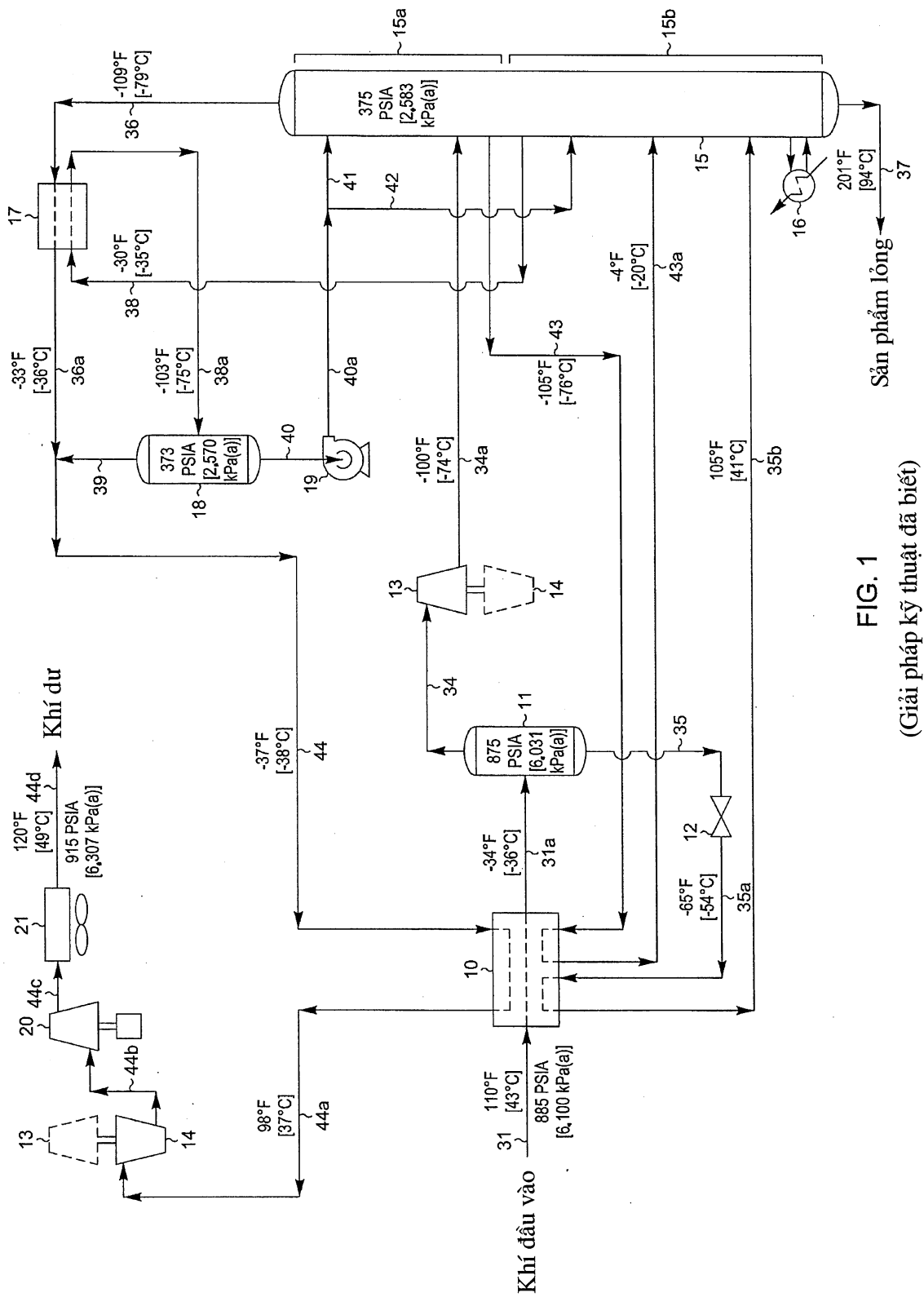
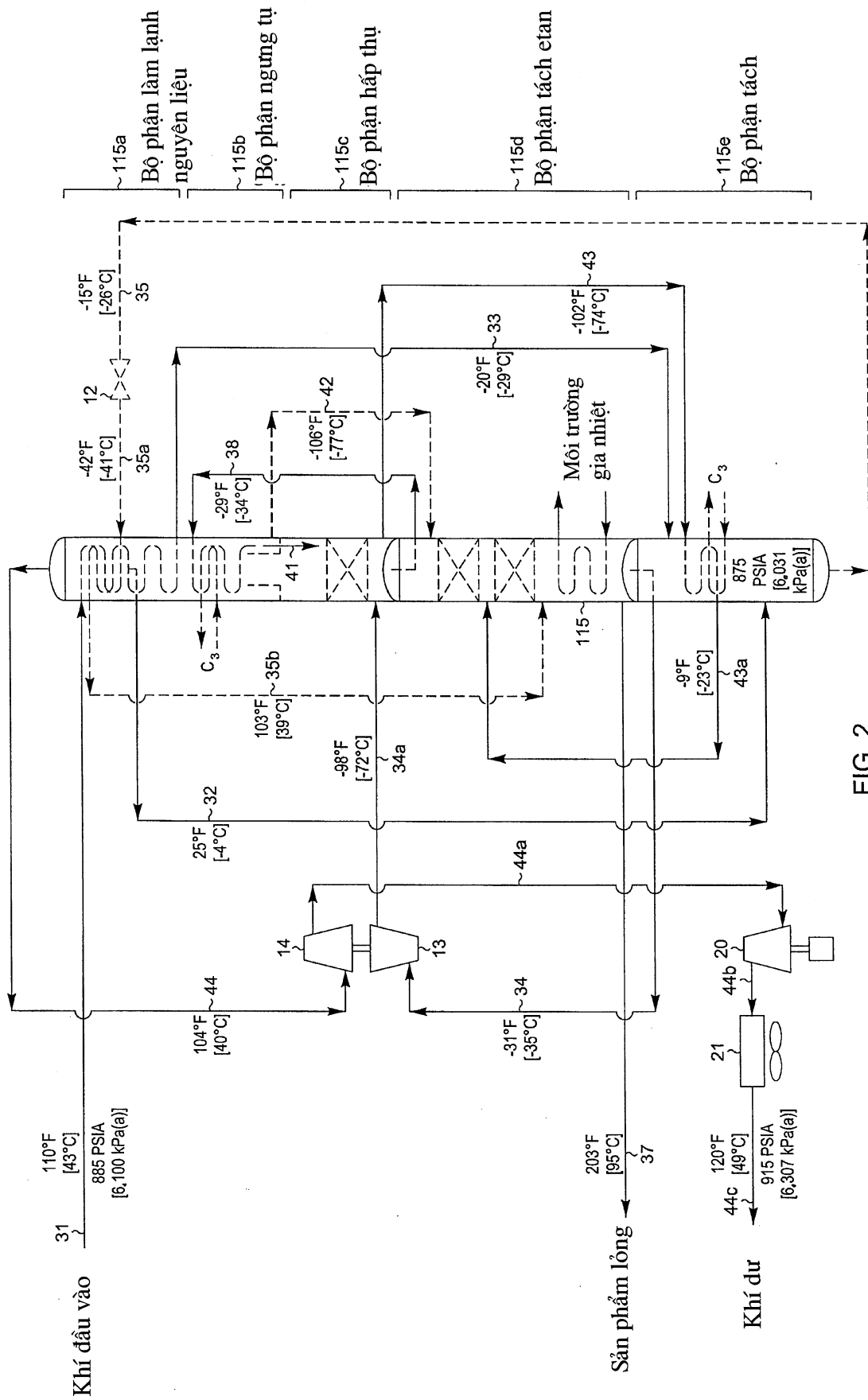


FIG. 1

(Giải pháp kỹ thuật đã biết)



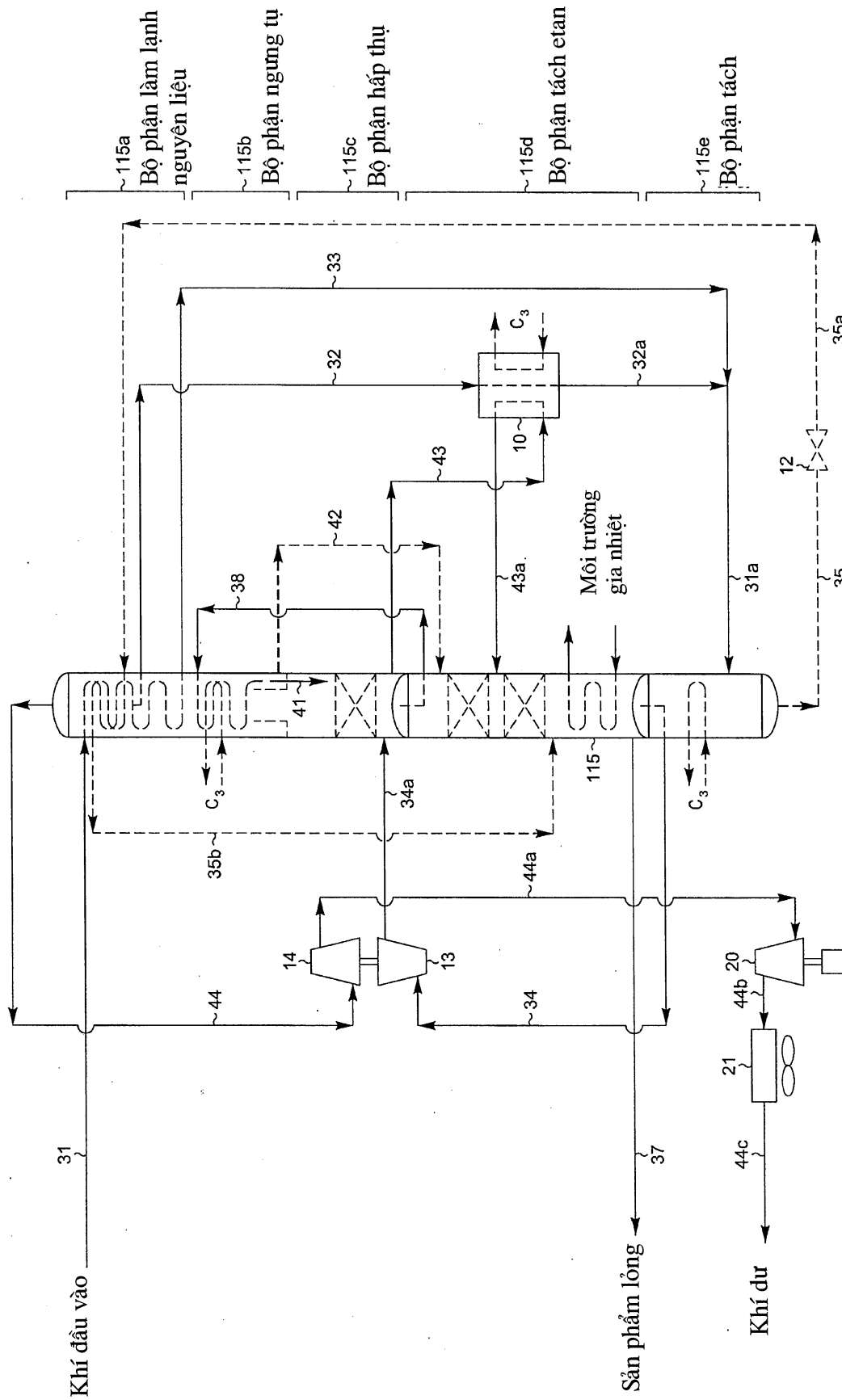


FIG. 3

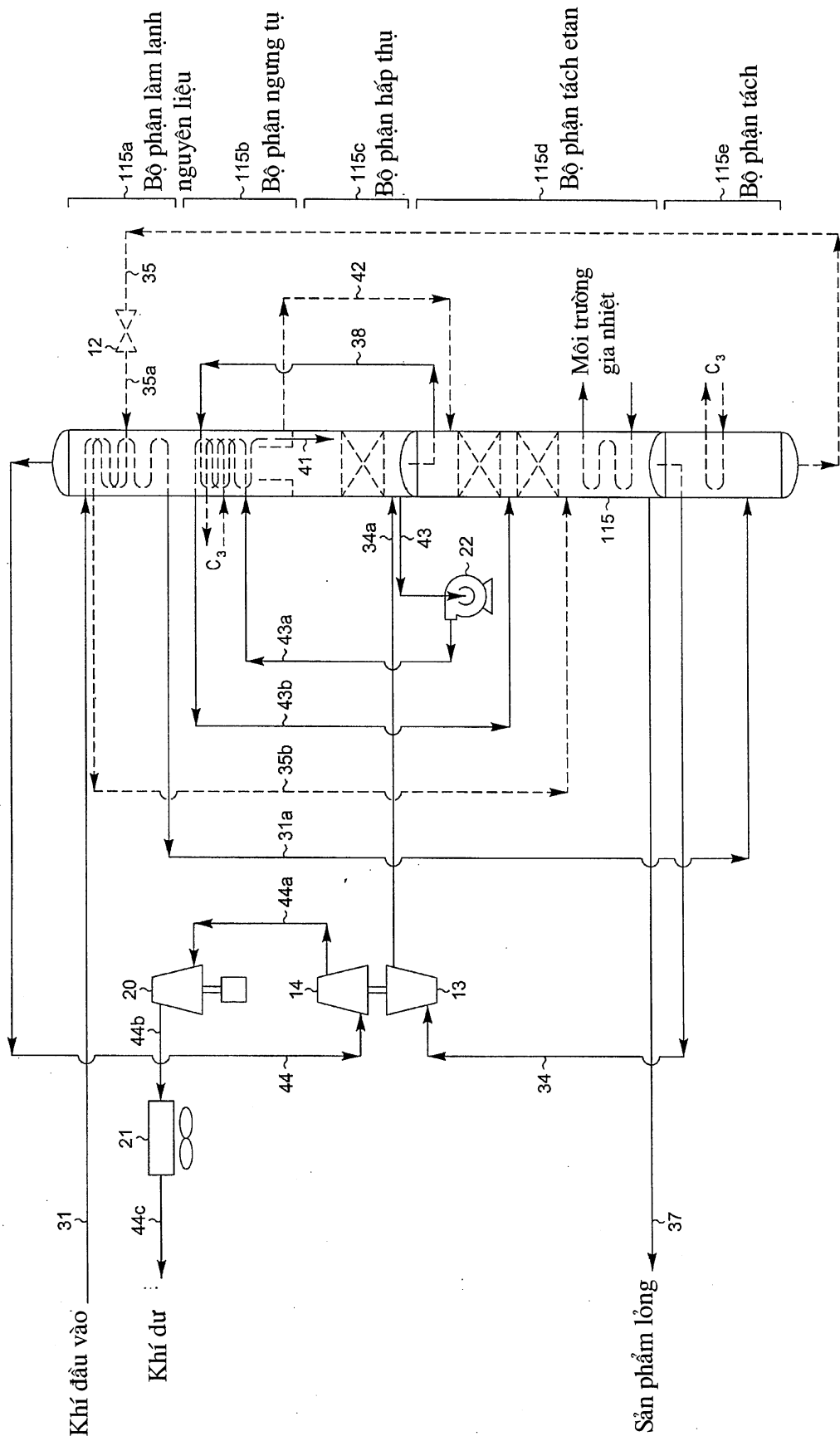


FIG. 4

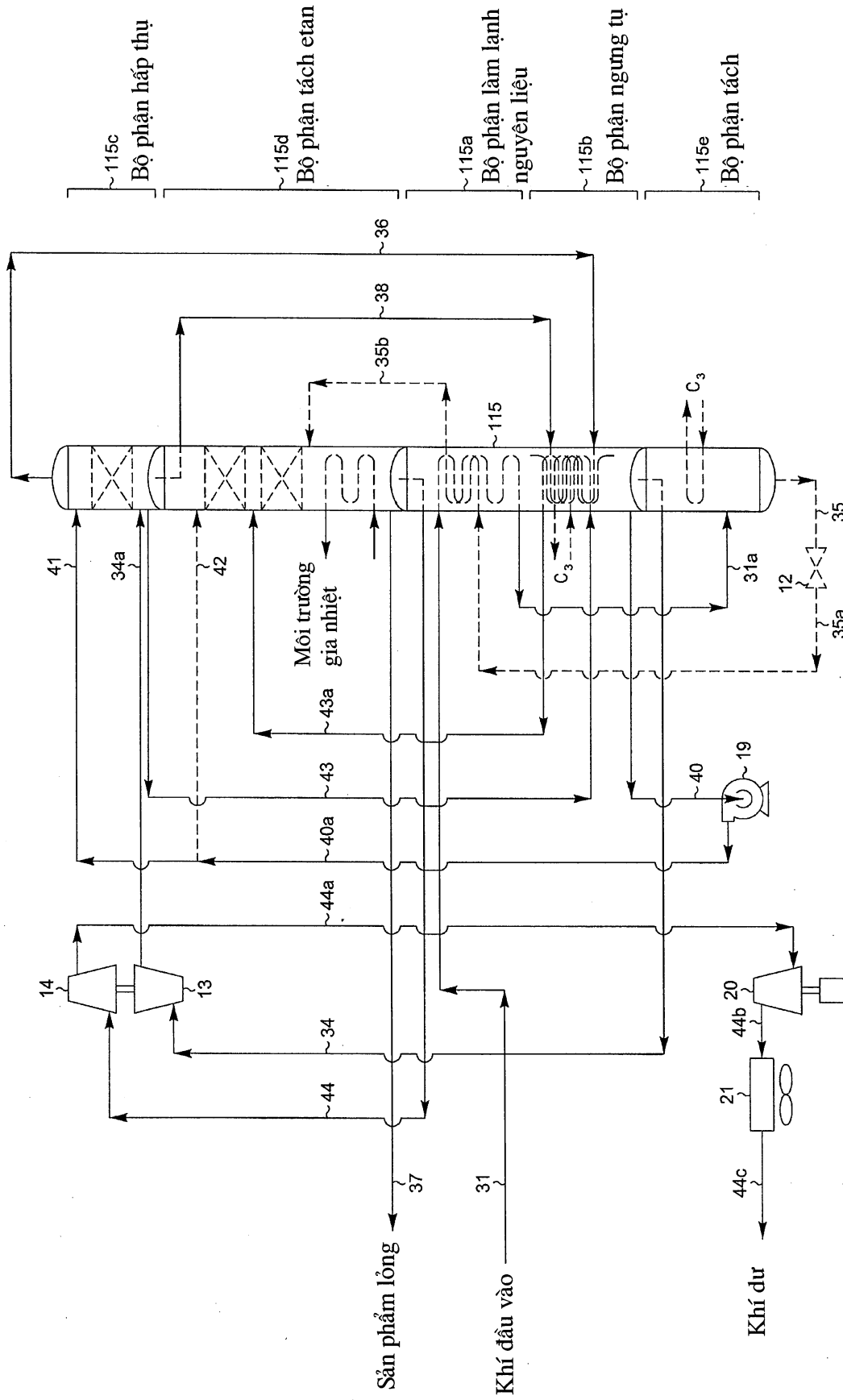


FIG. 5

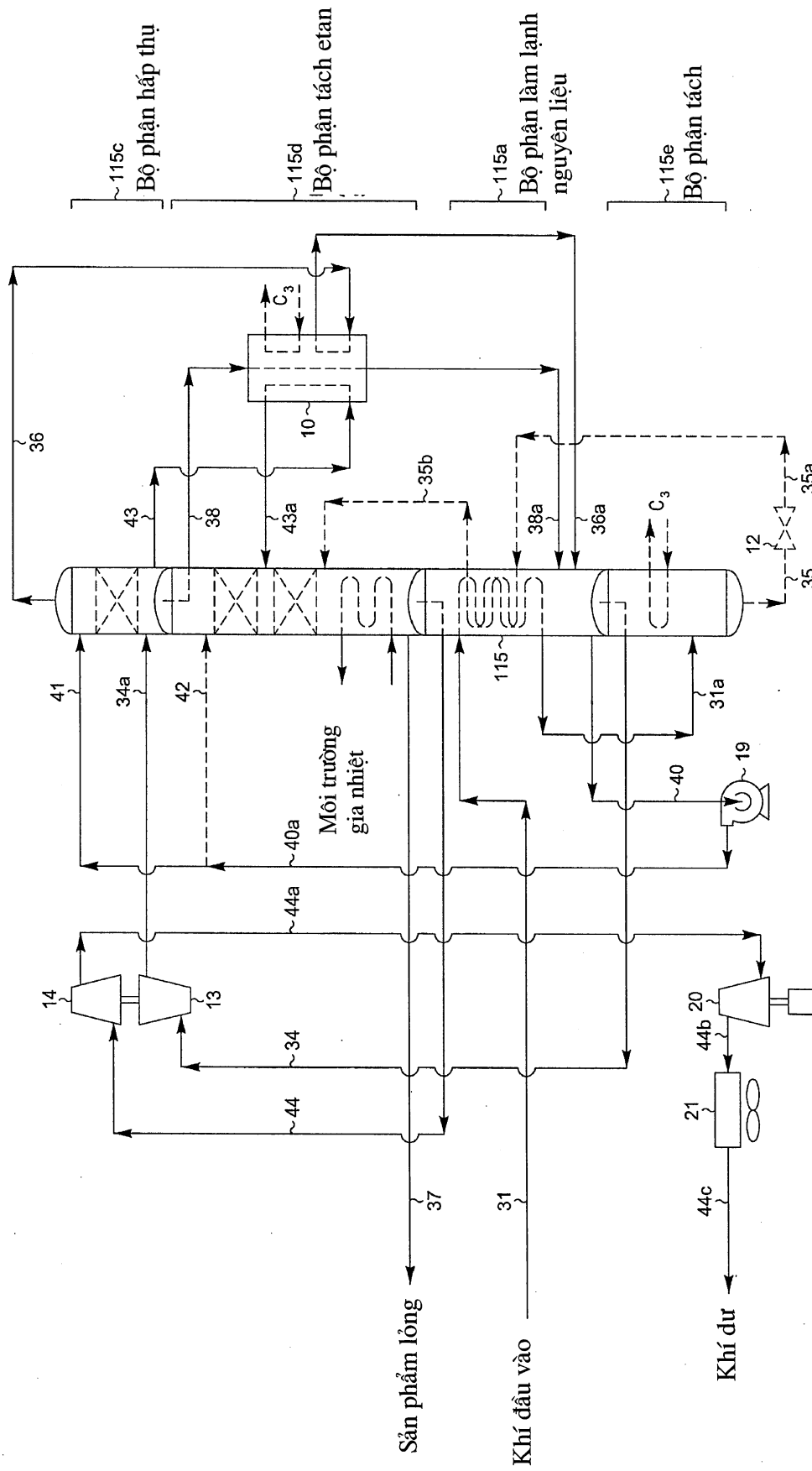


FIG. 6

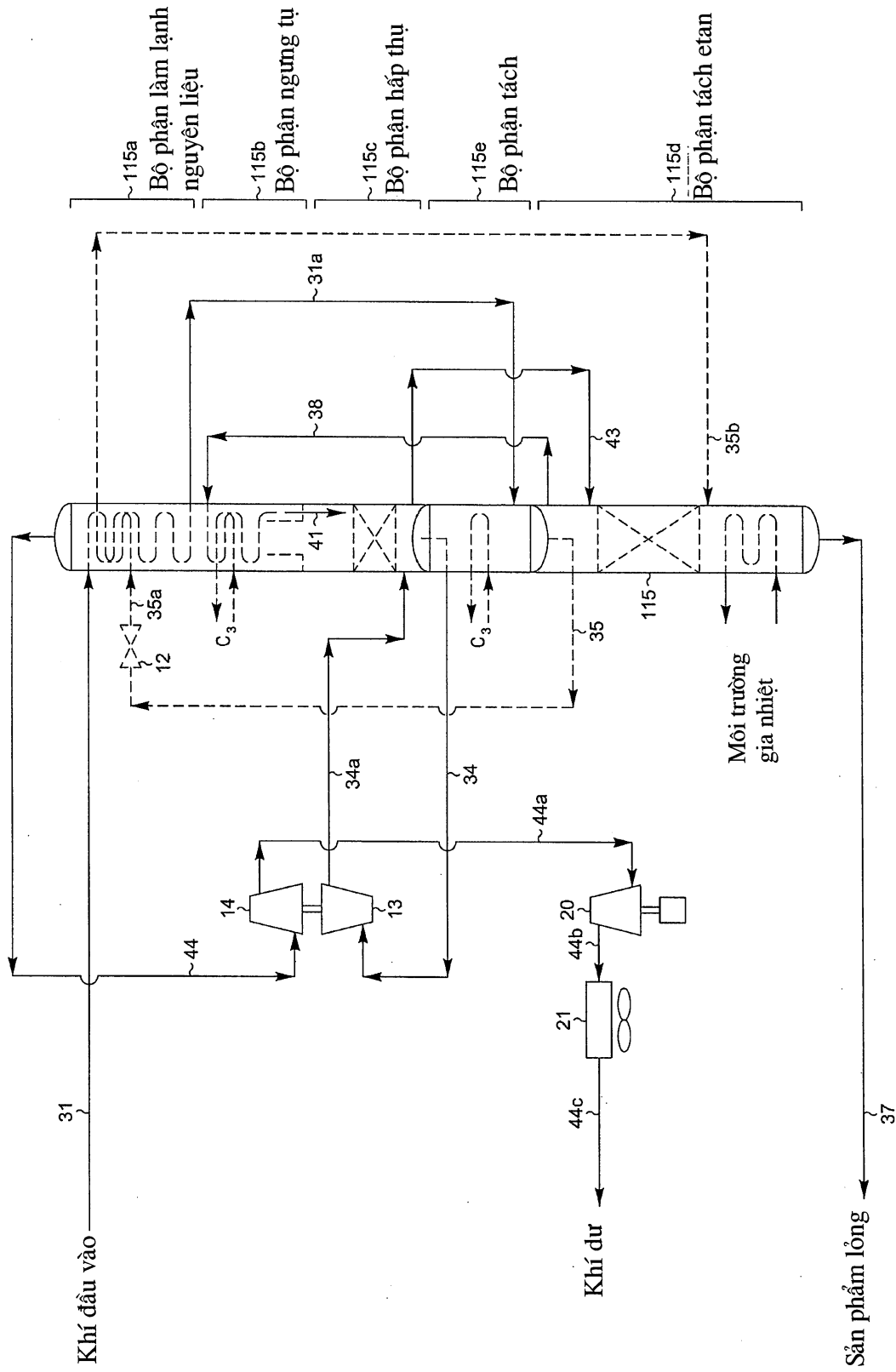
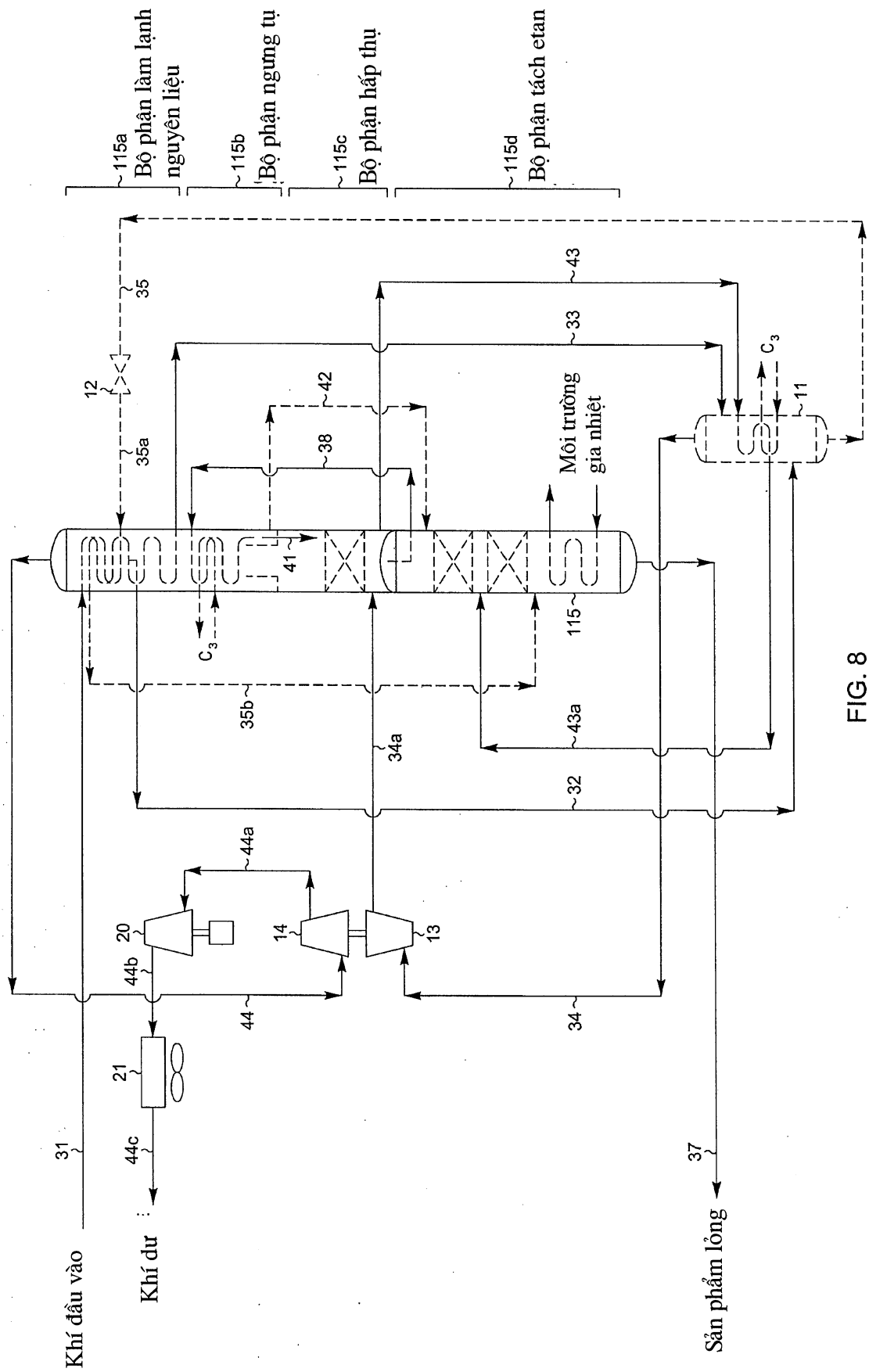


FIG. 7



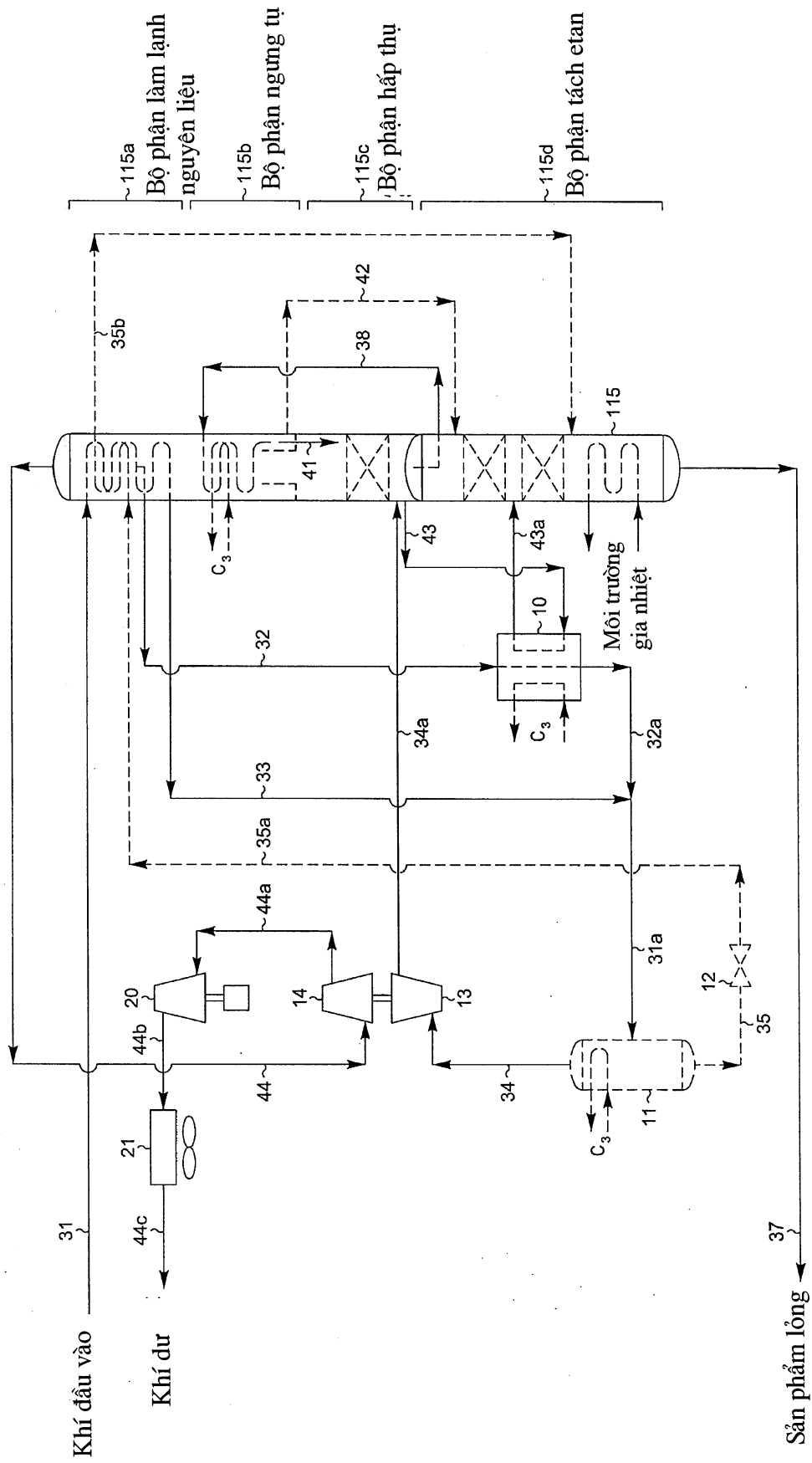


FIG. 9

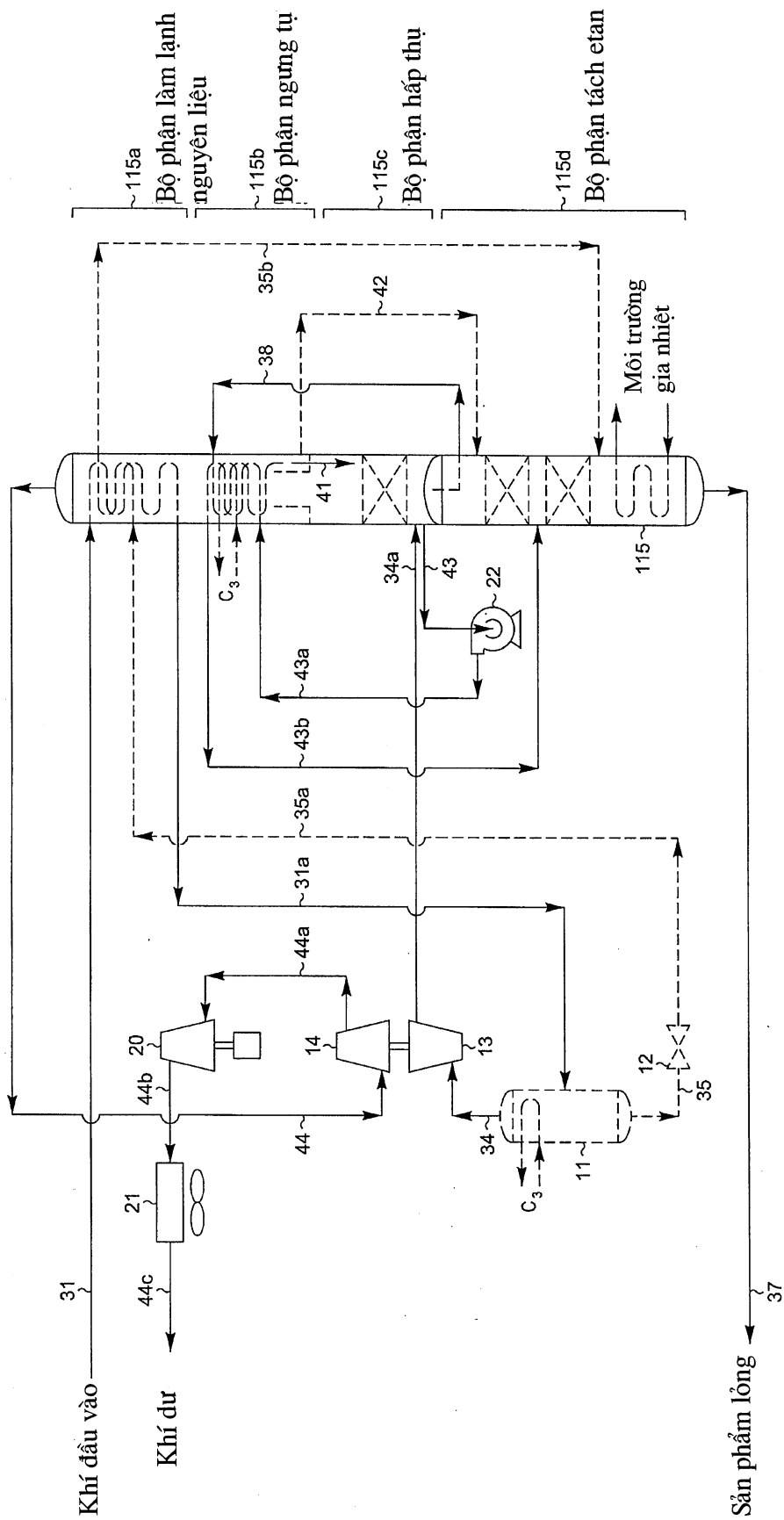


FIG. 10

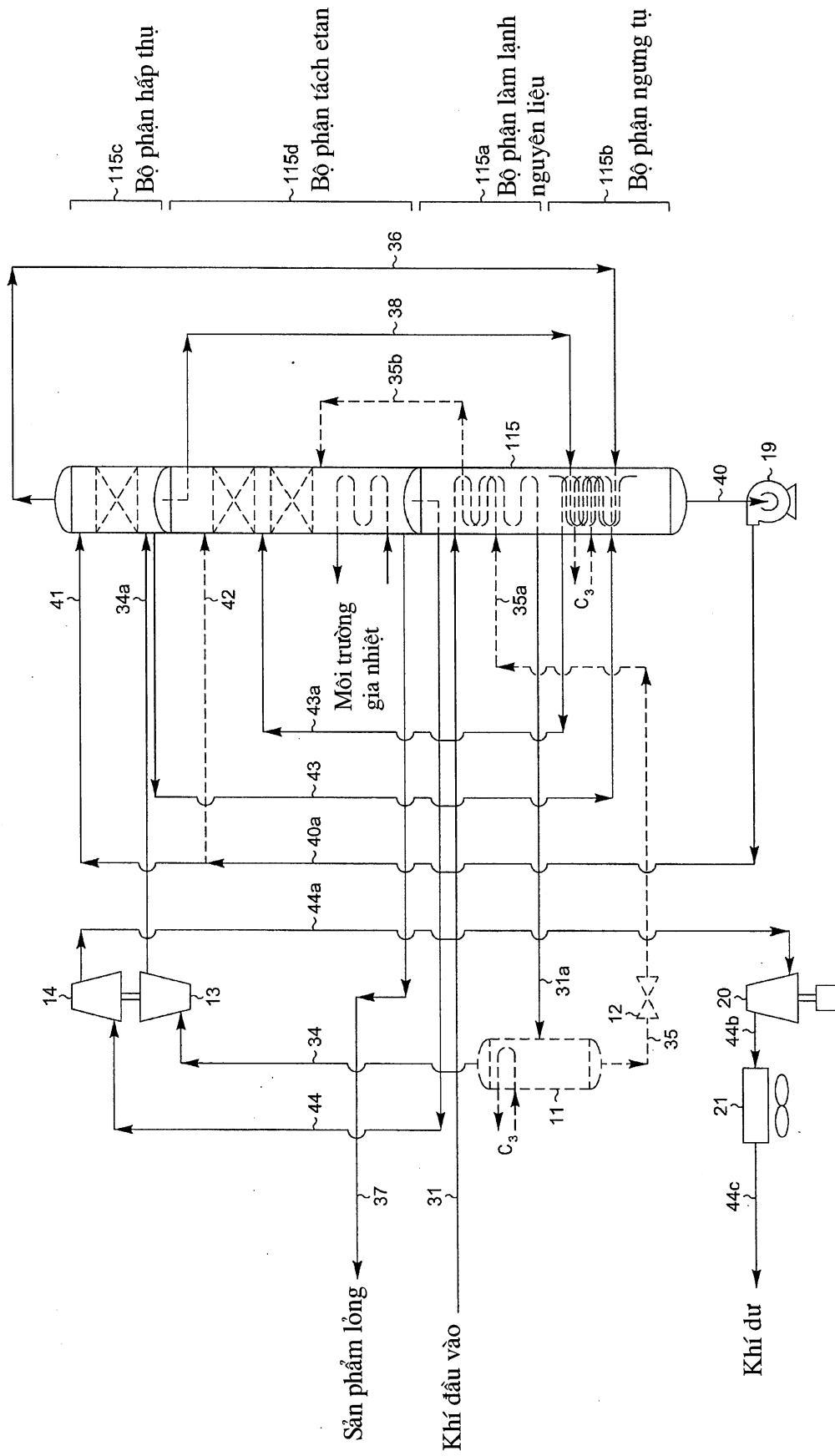


FIG. 11

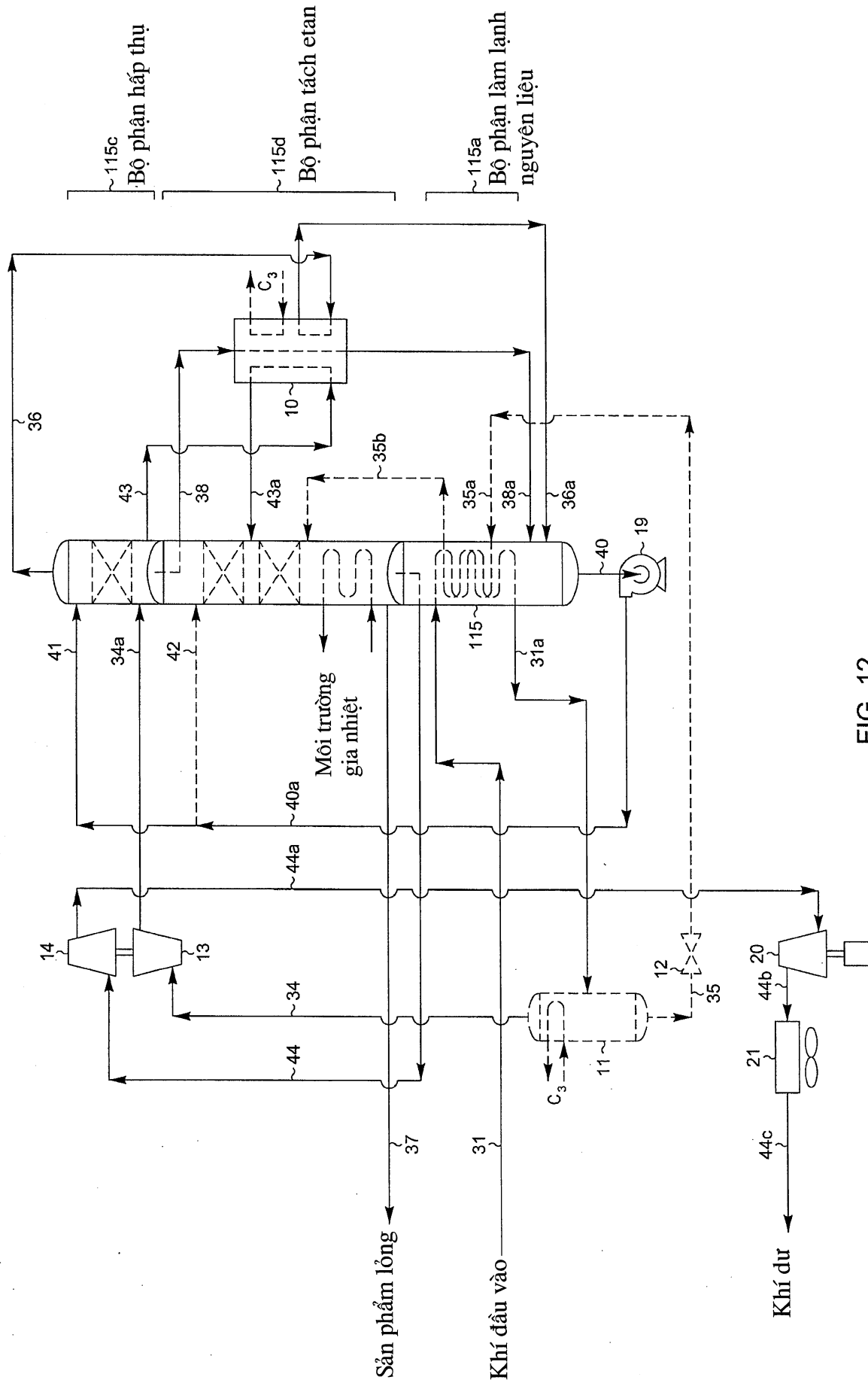


FIG. 12

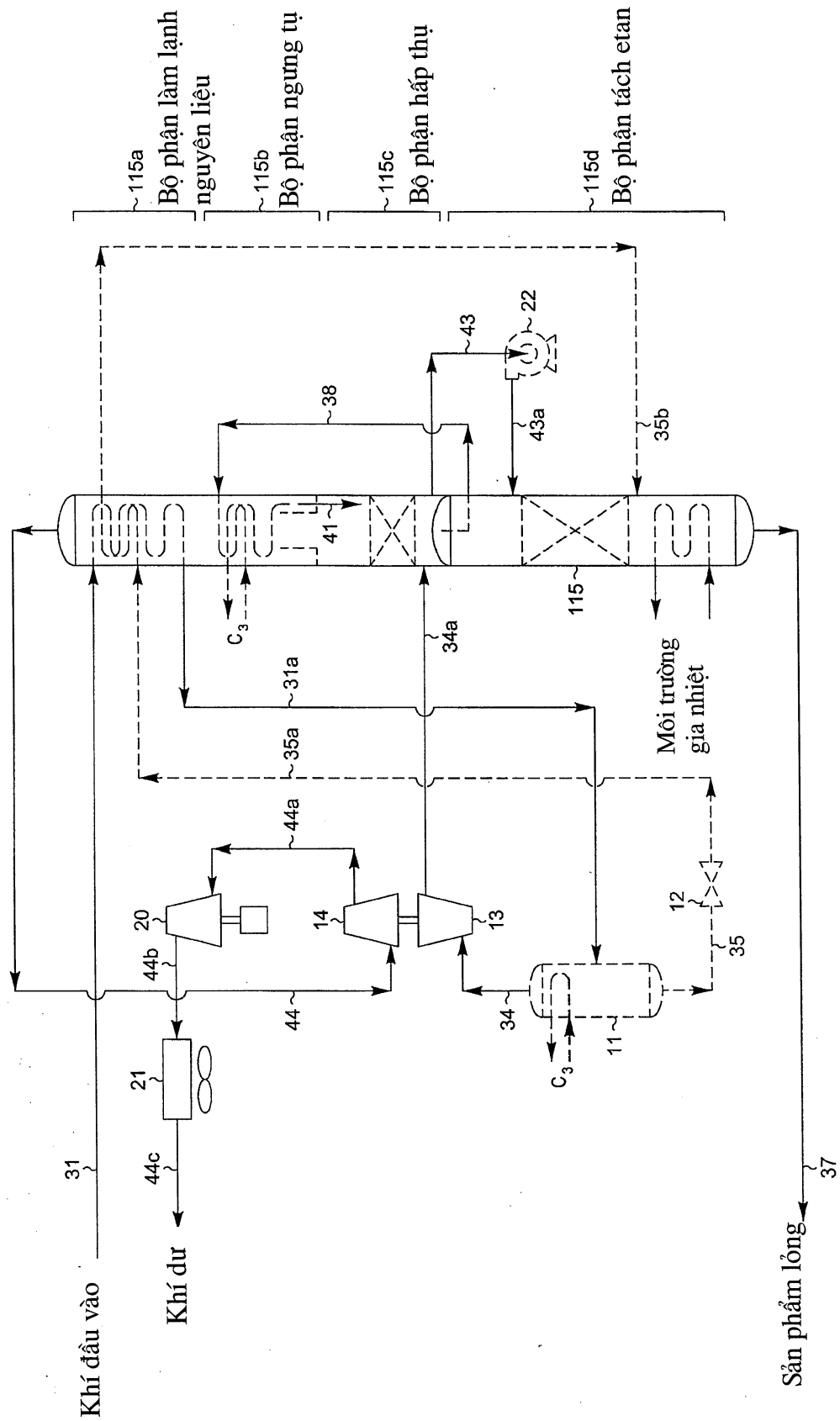


FIG. 13

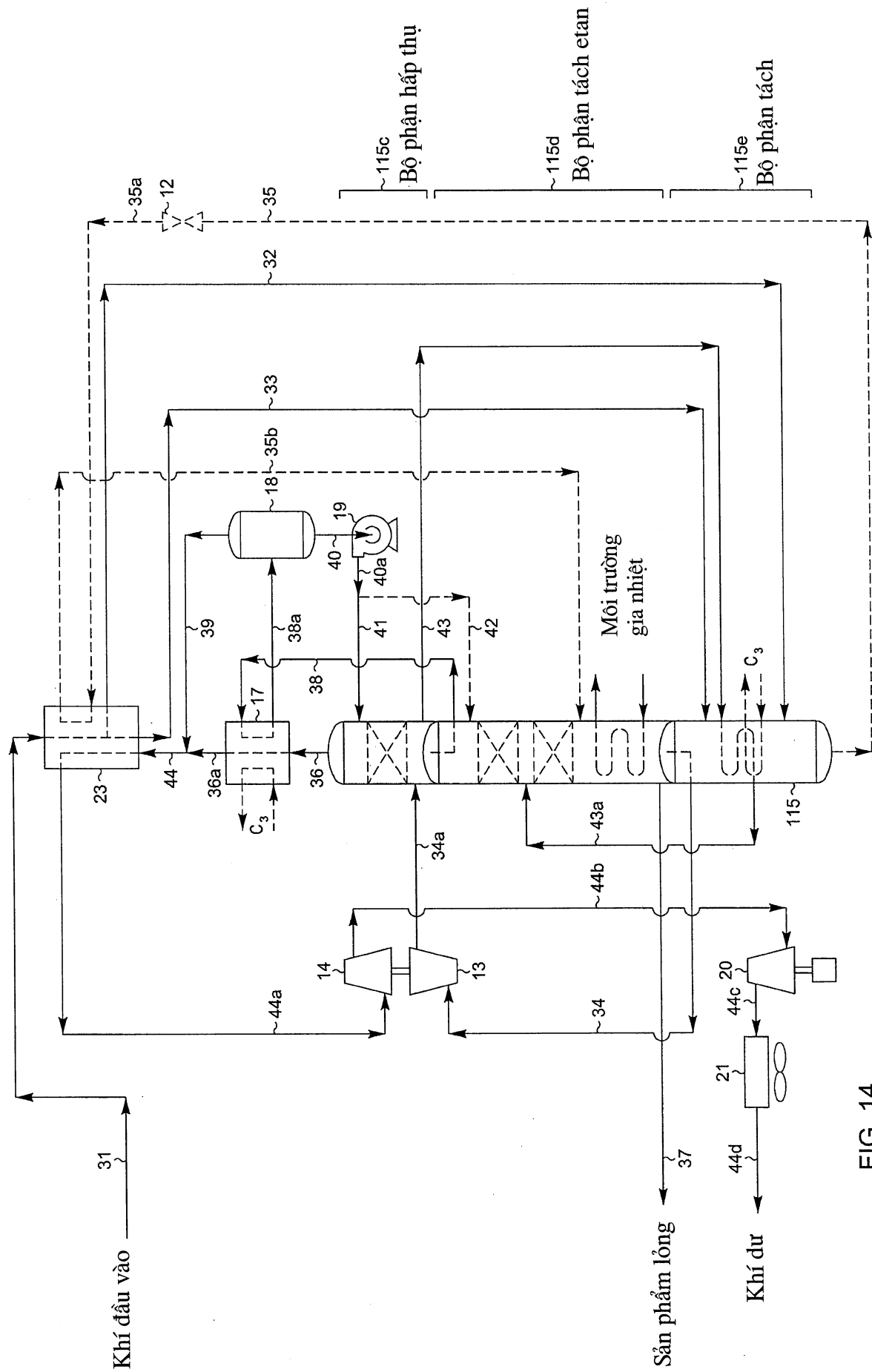


FIG. 14

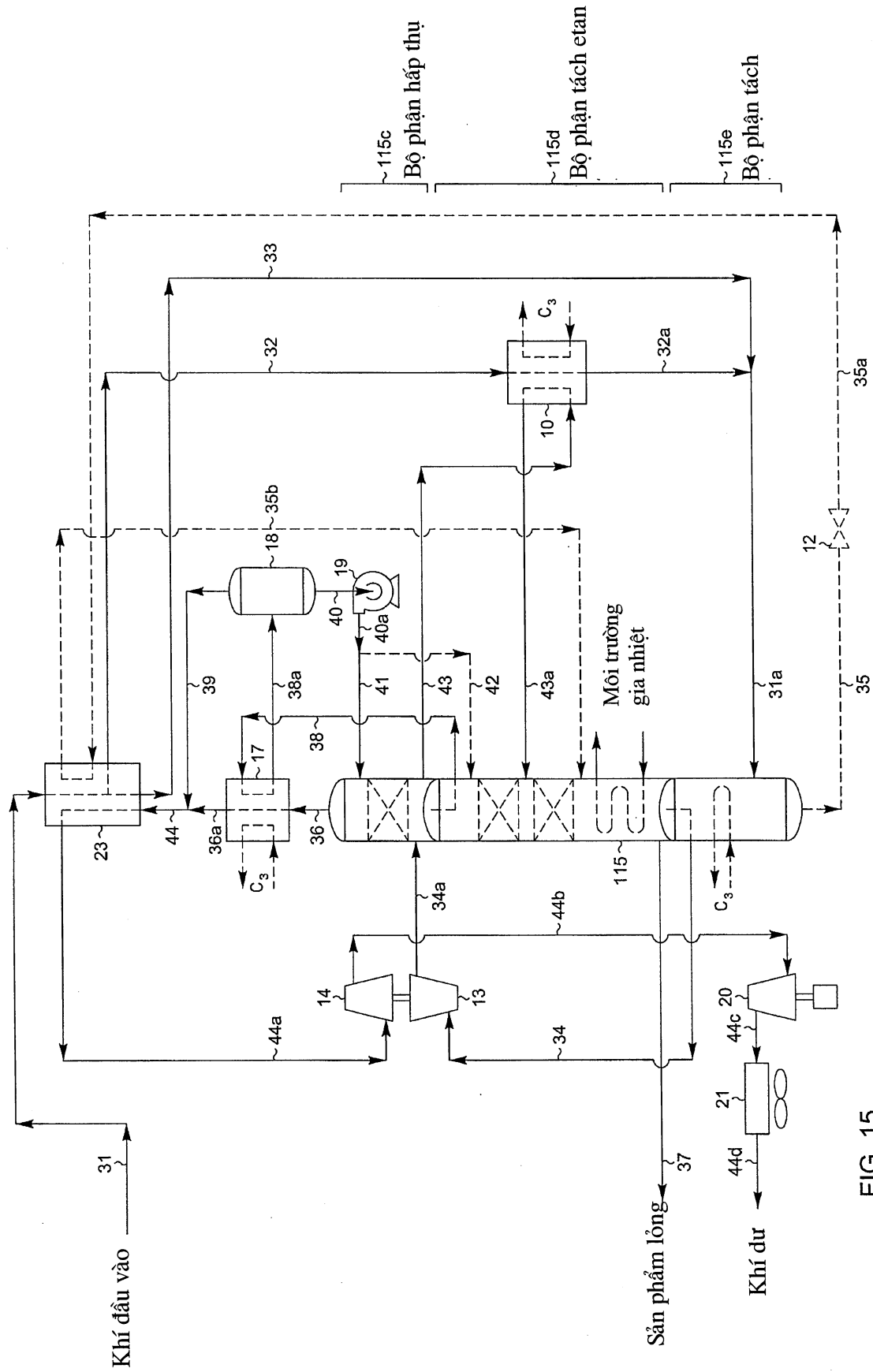


FIG. 15

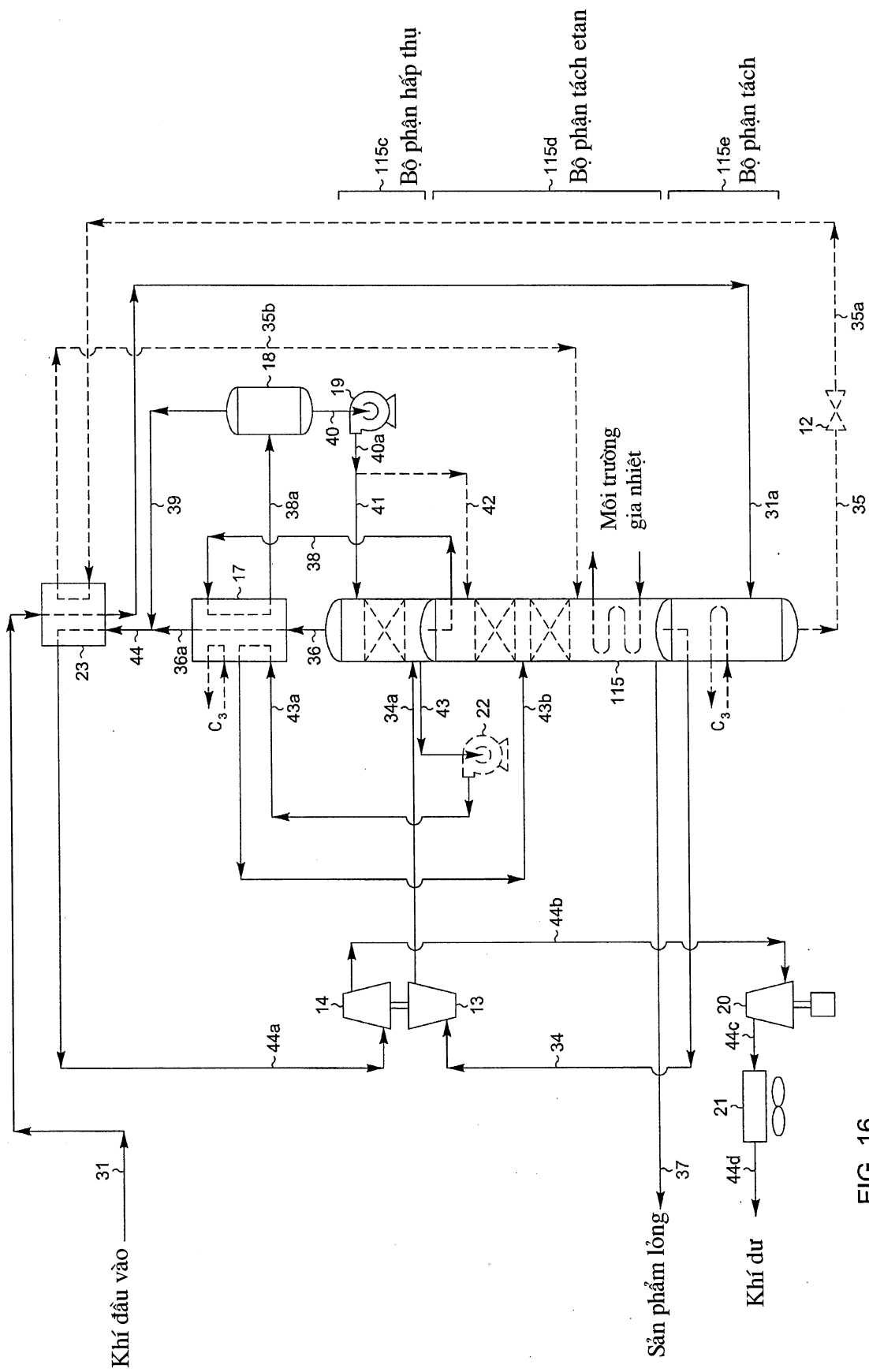
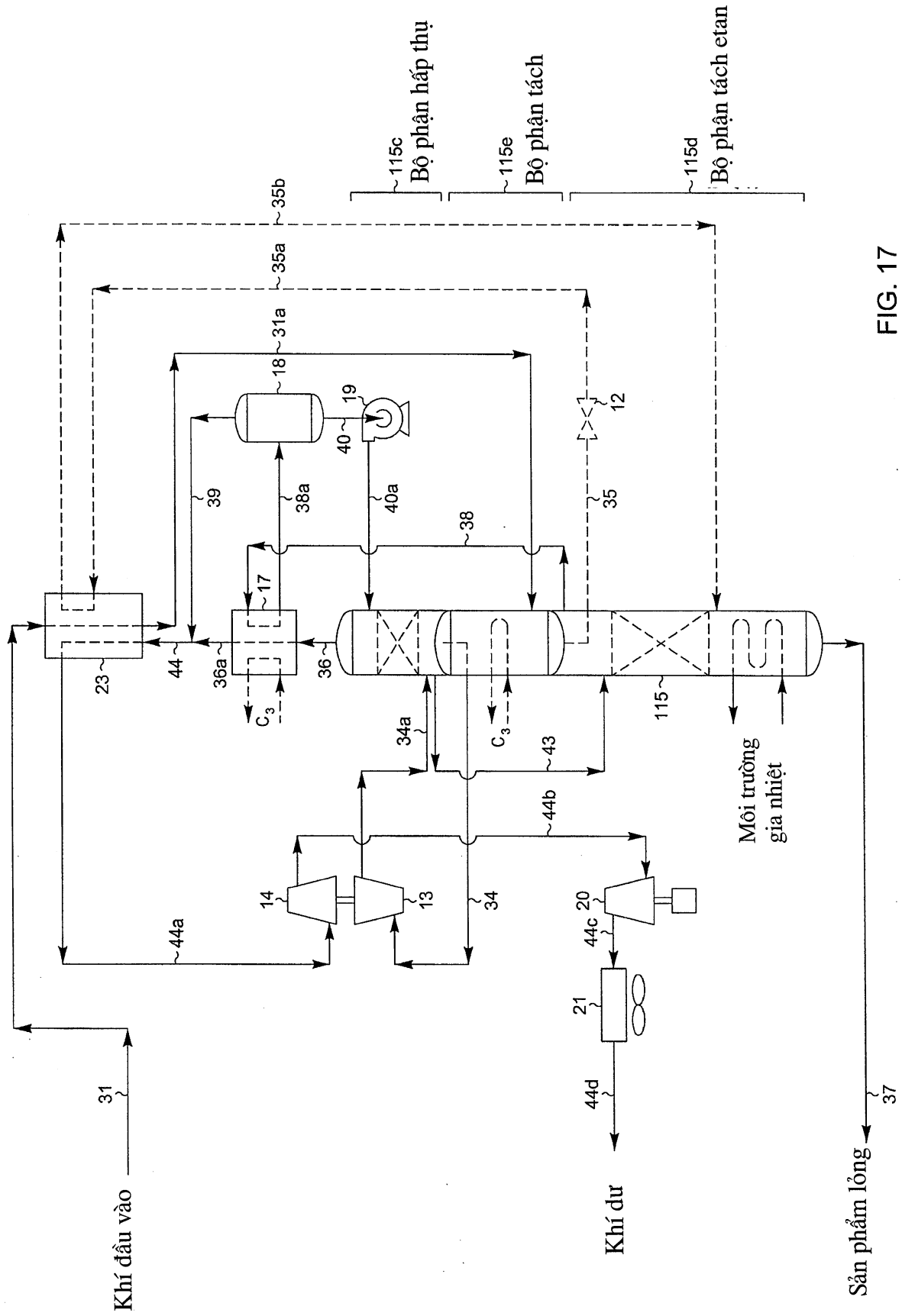


FIG. 16



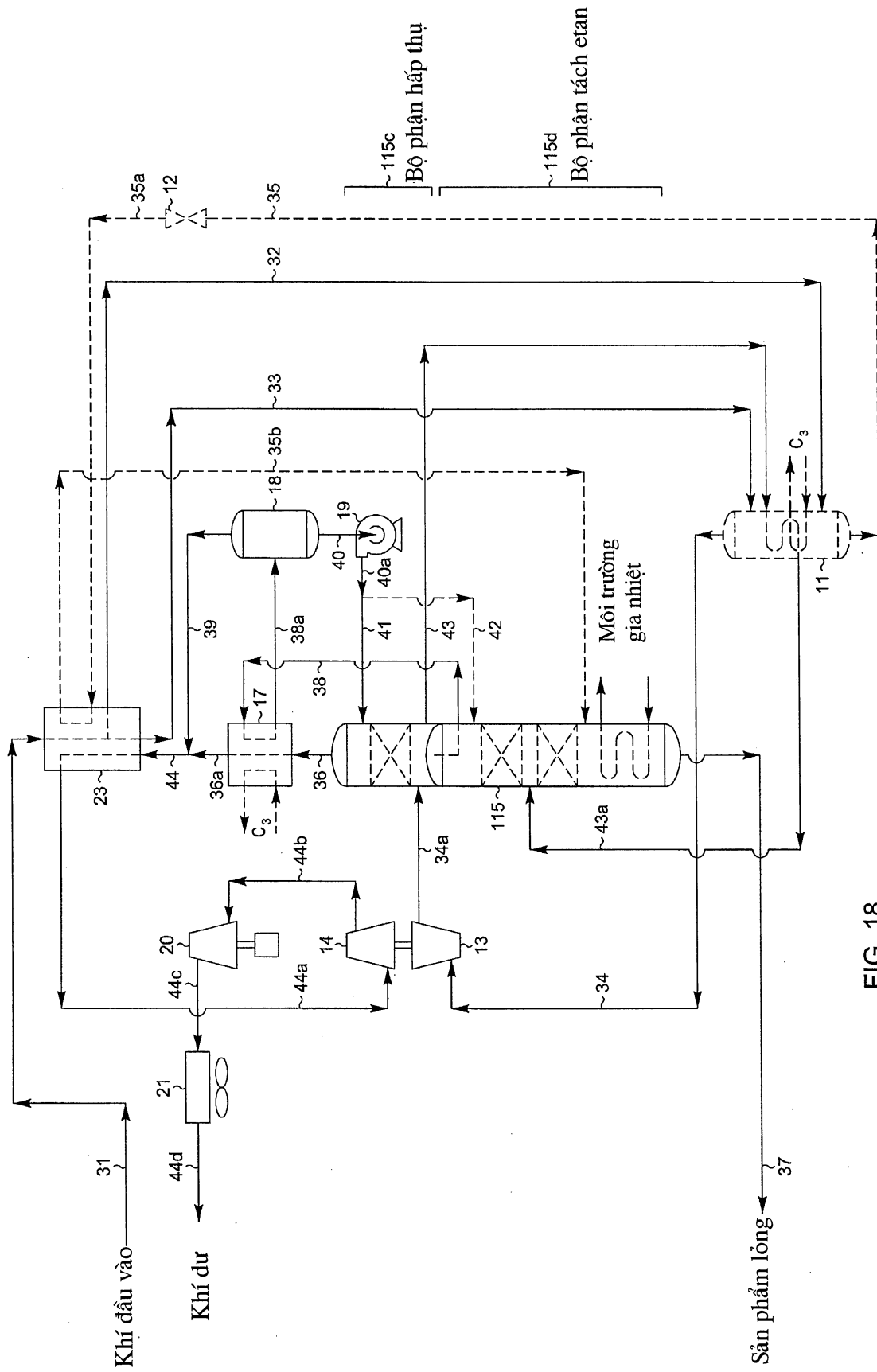


FIG. 18

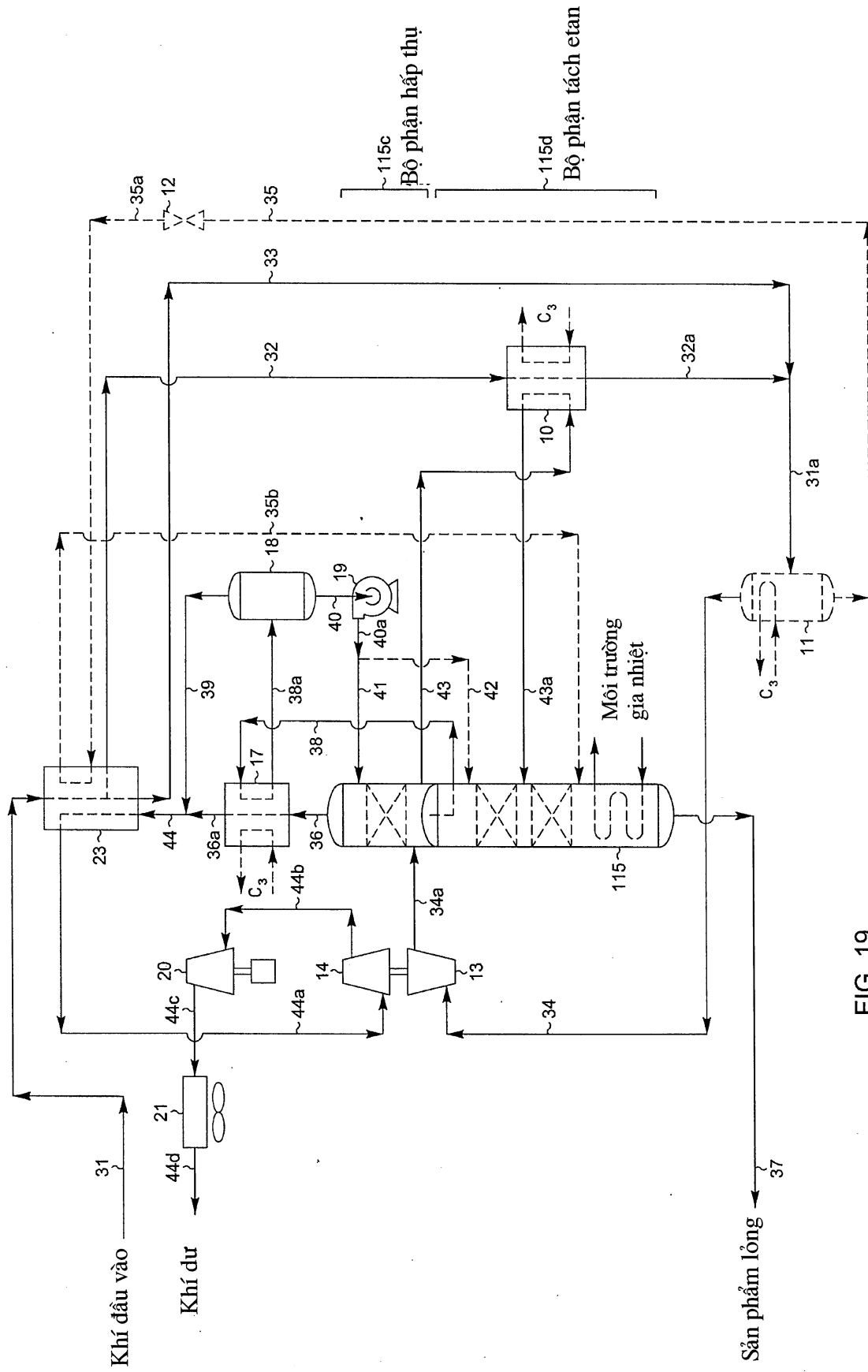


FIG. 19

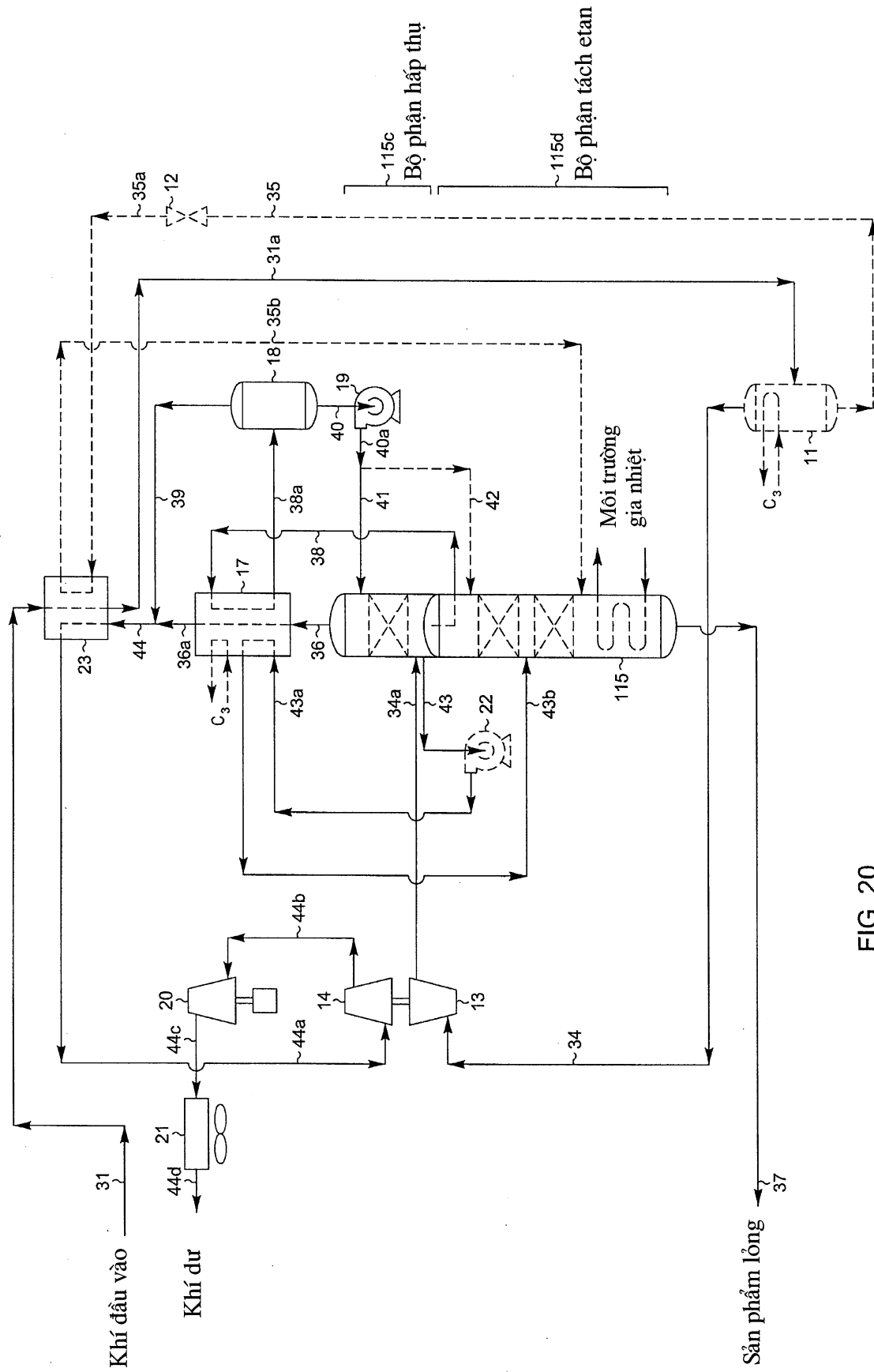


FIG. 20

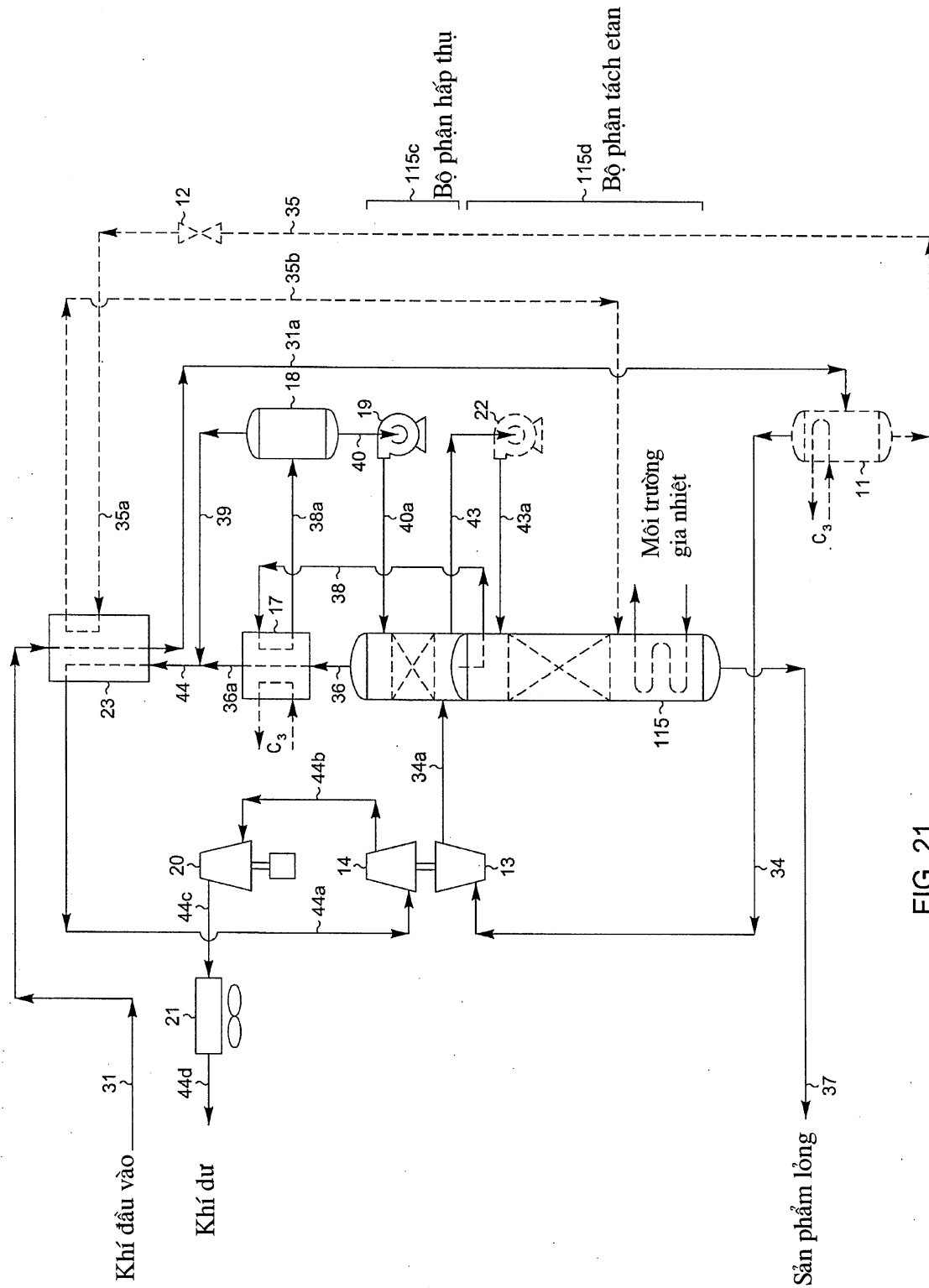


FIG. 21