



المملكة العربية السعودية  
Kingdom of Saudi Arabia



الهيئة السعودية للملكية الفكرية  
Saudi Authority for Intellectual Property

## براءة اختراع

إن الرئيس التنفيذي للهيئة السعودية للملكية الفكرية و بموجب أحكام نظام براءات الاختراع و التصميمات التخطيطة للدارات المتكاملة و الأصناف النباتية و النماذج الصناعية الصادر بالمرسوم الملكي الكريم رقم م/27 وتاريخ 1425/05/29هـ و المعدل بقرار مجلس الوزراء رقم 536 و تاريخ 1439/10/19هـ ، و لأئحته التنفيذية. يقرر منح :

شيودا كوربوريشن  
CHIYODA CORPORATION

بتاريخ : 1442/09/02 هـ  
الموافق : 2021/04/14 م

براءة اختراع رقم : SA 7864

### عن الاختراع المسمى :

نظام وطريقة لإسالة الغاز الطبيعي

System and Method for Liquefaction of Natural Gas

وفق ما هو موضح في وصف الاختراع المرفق، ولمالك البراءة الحق في الانتفاع بكامل الحقوق النظامية في المملكة العربية السعودية خلال فترة سريان الحماية.

الرئيس التنفيذي

د. عبدالعزيز بن محمد السويلم

[19] الهيئة السعودية للملكية الفكرية

[11] رقم البراءة: SA 7864 B1

[12] براءة اختراع

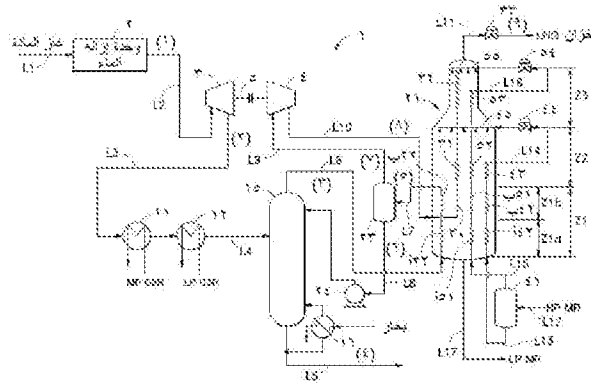
[45] تاريخ المنح: 1442/09/02 هـ

الموافق: 2021/04/14 م

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>[86] رقم الطلب الدولي: PCT/JP2014/006501</p> <p>تاريخ إيداع الطلب الدولي: 2014/12/26 م</p> <p>[87] رقم النشر الدولي: WO 2015/098124 A1</p> <p>تاريخ النشر الدولي: 2015/07/02 م</p> <p>[51] التصنيف الدولي (IPC<sup>3</sup>):</p> <p>F25J 001/000, F25J 003/002</p> <p>F25J 003/006, F25J 005/000</p> <p>[56] المراجع:</p> <p>JP 5472203, JP 5981483</p> <p>JP 4445917</p> <p>الفاحص: عبدالله بن حسين الغامدي</p> | <p>[21] رقم الطلب: 516371407</p> <p>[22] تاريخ دخول المرحلة الوطنية: 1437/09/19 هـ</p> <p>الموافق: 2016/06/24 م</p> <p>[30] بيانات الأسبقية:</p> <p>JP 2014-050786 2014/03/13 م</p> <p>JP 2013-270011 2013/12/26 م</p> <p>[72] اسم المخترع: يوهيتسوجي كيكوا، كويشيرو ساكايج</p> <p>[73] مالك البراءة: شيودا كوربوريشن</p> <p>عنوانه: 4-6-2، ميناتوميرا، نيشي-كو، يوكوهاما-شي، كاناجاوا 2208765، اليابان</p> <p>جنسيته: يابانية</p> <p>[74] الوكيل: مكتب المحامي سليمان ابراهيم العمار</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

الحراري exchanging heat باستخدام مادة تبريد  
refrigerant. الشكل (1)

عدد عناصر الحماية (9)، عدد الأشكال (22)



[54] اسم الاختراع: نظام وطريقة لإسالة الغاز الطبيعي

System and Method for Liquefaction of Natural Gas

[57] الملخص: يتعلق الاختراع الحالي بنظام وطريقة لإسالة

الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas حيث إنه باستخدام القدرة الناتجة باستخدام ممدد عن طريق تمديد غاز المادة، يزداد ضغط المخرج لضغط، ويقل الطلب على قدرة التبريد للمبرد. يشتمل نظام الإسالة liquefaction system (1) للغاز الطبيعي على ممدد expander أول (3) لإنتاج قدرة عن طريق استخدام الغاز الطبيعي تحت ضغط مثل غاز المادة؛ وحدة تبريد cooling unit أولى (11، 12) لتبريد غاز المادة منزوع الضغط عن طريق التمدد في الممدد الأول؛ وحدة التقطير distillation unit (15) للحد من أو للتخلص من مكون ثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة المبرد عن طريق وحدة التبريد الأولى؛ ضاغط compressor أول (4) لضغط غاز المادة حيث تم تقليل أو الحد من المكون الثقيل عن طريق وحدة التقطير عن طريق استخدام القدرة الناتجة في الممدد الأول؛ ووحدة إسالة liquefaction unit (21) لإسالة غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول عن طريق التبادل

## نظام وطريقة لإسالة الغاز الطبيعي

### System and Method for Liquefaction of Natural Gas

#### الوصف الكامل

#### خلفية الاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بنظام وطريقة لإسالة الغاز الطبيعي لإنتاج غاز طبيعي مُسال عن طريق تبريد غاز طبيعي.

5 تتم إسالة الغاز الطبيعي الذي تم الحصول عليه من حقول الغاز في وحدة إسالة بحيث يمكن تخزين الغاز ونقله في صورة سائل. بتبريده إلى حوالي -162 درجة مئوية، يكون للغاز الطبيعي السائل بدرجة كبيرة حجم منخفض مقارنةً بالغاز الطبيعي الغازي، وليس من المطلوب أن يتم تخزينه تحت ضغط مرتفع. تزيل عملية إسالة الغاز الطبيعي عند نفس الزمن الشوائب مثل، الماء، غازات الحمض، والزيئق الموجود في الغاز الطبيعي المعدن، وبعد أن يكون للمكونات الأثقل نقاط تجمد مرتفعة نسبياً (C5 + هيدروكربونات مثل بنزين، بنتان، وهيدروكربونات أثقل أخرى تتم إزالتها، وتتم إسالة الغاز الطبيعي).

10

تم تطوير مختلف التقنيات لإسالة الغاز الطبيعي، بما في ذلك تلك التي أساسها عمليات الإمتداد باستخدام صمامات الإمتداد والتوربينات وعمليات التبادل الحراري باستخدام مواد تبريد ذات نقطة غليان منخفضة (مثل، هيدروكربونات خفيفة مثل الميثان، الإيثان، والبروبان). على سبيل المثال، يشتمل نظام إسالة غاز طبيعي معروف محدد (انظر البراءة الأمريكية رقم 4.065.278) على وحدة تبريد لتبريد غاز طبيعي حيث تتم إزالة الشوائب منه، ووحدة الإمتداد لإمتداد متساوي القصور الحراري للغاز الطبيعي المبرد، وحدة تقطير لتقطير الغاز الطبيعي منزوع الضغط عن طريق وحدة الإمتداد عند ضغط أقل من الضغوط الحرجة للميثان والمحتويات الأثقل، ضاغط لضغط الغاز المقطر من وحدة التقطير عن طريق استخدام خرج العمود من الممدد، ووحدة الإسالة لإسالة الغاز المقطر المضغوط باستخدام الضاغط بواسطة التبادل الحراري مع مبرد مختلط.

15

كما تتعلق البراءة اليابانية رقم 5472203 بنظام توليد مشترك يمكنه استخدام القدرة الكامنة بكفاءة عالية، حيث يتم تبخير الوقود المسال عالي الضغط عند جزء تبخير ويتم توفير الوقود المُتبخّر لمحرك من جزء توليد القدرة لتشغيل مولد القدرة أثناء تجميع الحرارة المهدرة من المحرك إلى ممر دوران مياه التبريد لاستخدامه في تسخين إمداد الماء الساخن.

5 وتعلق البراءة اليابانية رقم 5981483 بطريقة إنتاج عضو ألف للماء.

وتتعلق البراءة الأمريكية رقم 4445917 بعملية تنقية وإسالة تيار تغذية الغاز الطبيعي لتكوين غاز طبيعي مسال مُنقّى.

### الوصف العام للاختراع

المهمة المراد إنجازها عن طريق الاختراع الحالي

10 في أنظمة الإسالة التقليدية للغاز الطبيعي مثل ذلك الذي تم الكشف عنه في وثيقة براءة الاختراع 1، يكون ضغط المخرج للضاغط (أو ضغط غاز التغذية الرجعية المراد إدخاله في وحدة الإسالة) أن يكون مرتفعاً لتقليل الحمل على وحدة الإسالة (على وجه التحديد، التبادل الحراري الرئيسي منها) وزيادة فاعلية عملية الإسالة إلى الحد الأقصى.

15 لزيادة ضغط المخرج للضاغط، تكون قدرة كبيرة بصورة مناظرة مطلوبة. على الرغم من ذلك، في الترتيب التقليدي حيث يتم إمداد غاز التغذية الرجعية المبرد باستخدام وحدة تبريد عن طريق ممدد، يتم تحديد القدرة الناتجة من الممدد، ويكون غير كافياً لزيادة ضغط المخرج للضاغط للمستوى المطلوب.

20 في الترتيب التقليدي، لأن غاز التغذية الرجعية مطلوباً ليتم تبريده قبل إمداده في الممدد، وتكون القدرة الكبيرة نسبياً مطلوبة لوحدة التبريد، ويزيد هذا من التكاليف الأولية وتكاليف التشغيل لوحدة التبريد.

في الترتيب التقليدي، لأن تبريد غاز خام التغذية سوف يتسبب في الحصول على نواتج التكثيف، من اللازم توفير فاصل غاز-سائل لفصل (لإزالة) نواتج التكثيف عن غاز خام التغذية قبل إدخال غاز خام التغذية من وحدة التبريد إلى الممدد. علاوة على ذلك، لأن درجة حرارة غاز خام التغذية

عند نهاية المخرج للضاغط تكون مرتفعة، ينشأ اختلاف مميز لدرجة الحرارة بين نقطة المدخل المتوسطة لوحدة الإسالة والمبرد بحيث تكون القدرة المرتفعة بصورة مناظرة مطلوبة لوحدة التبريد. بالنظر إلى هذه المشكلات من الفن السابق، يتمثل الهدف الأولي من الاختراع الحالي في توفير نظام وطريقة لإسالة الغاز الطبيعي الذي يمكن أن يزيد من الضغط عند طرف المخرج للضاغط عن طريق استخدام القدرة الناتجة في الممدد عن طريق امتداد غاز خام التغذية، وتقليل قدرة التبريد إلى الحد الأدنى المطلوبة لوحدة التبريد.

وسيلة لإنجاز المهمة:

يوفر جانب أول من الاختراع الحالي نظام (1) لإسالة الغاز الطبيعي الذي يبرد الغاز الطبيعي لإنتاج غاز طبيعي مُسال، يشتمل على: ممدد أول (3) لإنتاج قدرة عن طريق إمتداد الغاز الطبيعي تحت ضغط مثل غاز المادة؛ وحدة تبريد أولى (11، 12) لتبريد غاز المادة منزوعة الضغط عن طريق الامتداد في الممدد الأول؛ وحدة التقطير (15) لتقليل أو للحد من مكون ثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة المبرد عن طريق وحدة التبريد الأولى؛ ضاغط أول (4) لضغط غاز المادة حيث يتم تقليل المكون الثقيل أو الحد منه عن طريق وحدة التقطير عن طريق استخدام القدرة الناتجة في الممدد الأول؛ ووحدة إسالة (21) لإسالة غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول عن طريق التبادل الحراري باستخدام مبرد.

وفقاً للجانب الأول من الاختراع الحالي، يسمح النظام المخصص لإسالة الغاز الطبيعي لضغط المخرج من الضاغط الأول أن يزيد ولقدرة التبريد المطلوبة لوحدة التبريد الأولى أن تقل عن طريق استخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول بفضل امتداد غاز المادة قبل تبريده عن طريق وحدة التبريد الأولى.

[12] يشتمل جانب ثانٍ من الاختراع الحالي كذلك على وحدة تبريد ثانية (85) تم وضعها بين الضاغط الأول ووحدة الإسالة لتبريد غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول.

[13] وفقاً للجانب الثاني من الاختراع الحالي، عن طريق زيادة ضغط غاز المادة التي تم إدخالها في وحدة الإسالة، حتى عندما يتجاوز مستوى درجة حرارة غاز المادة المدى الملائم، بفضل التبريد في وحدة التبريد الثانية، يمكن ضبط مستوى درجة الحرارة لغاز المادة لمستوى قريب من مستوى

درجة الحرارة عند نقطة الإدخال في وحدة الإسالة بحيث يمكن تقليل الحمل على وحدة الإسالة ويمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة.

يوفر جانب ثالث من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث تشتمل وحدة الإسالة على مبادل حراري محزم بملف، يتم إدخال غاز المادة الخارج من الضاغط الأول في منطقة دافئة (Z1) من المبادل الحراري المحزم بملف الموجود على جانب ساخن من المبادل الحراري المحزم بملف.

وفقاً للجانب الثالث من الاختراع الحالي، إذا كانت درجة حرارة غاز المادة تزداد بفضل الزيادة في ضغط المخرج من الضاغط الأول، عن طريق إدخال غاز المادة من جانب المنطقة الدافئة (Z1) من المبادل الحراري المحزم بملف لجعل مستوى درجة الحرارة من غاز المادة أقرب من درجة الحرارة في وحدة الإسالة، يمكن أن يتم تقليل الحمل على وحدة الإسالة، ويمكن زيادة الفاعلية لعملية الإسالة.

يوفر جانب آخر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل على ضاغط ثانٍ (75) تم وضعه بين الضاغط الأول ووحدة الإسالة لضغط غاز المادة الخارج من الضاغط الأول.

وفقاً للجانب الرابع من الاختراع الحالي، يمكن زيادة ضغط غاز المادة الداخل إلى وحدة الإسالة أكثر من ذلك بحيث يمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة التي تم اجراؤها في وحدة الإسالة.

يوفر جانب خامس من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على محرك كهربائي أول (81) يُدار بقدرة كهربائية خارجية ويتم التحكم فيها بالاعتماد على قيمة ضغط غاز المادة الداخلة إلى وحدة الإسالة، ويتم تشغيل الضاغط الثاني باستخدام المحرك الكهربائي الأول.

وفقاً للجانب الخامس من الاختراع الحالي، يمكن زيادة ضغط غاز المادة الداخل إلى وحدة الإسالة بطريقة ثابتة بحيث يمكن الحفاظ على درجة حرارة غاز المادة داخل نطاق ملائم ويمكن اجراء عملية الإسالة في وحدة الإسالة بطريقة فعالة وثابتة.

يوفر جانب سادس من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث تشتمل كذلك على وحدة تبريد ثنائية (85) تم وضعها بين الضاغط الثاني ووحدة الإسالة لتبريد غاز المادة.

وفقاً للجانب السادس من الاختراع الحالي، عن طريق زيادة ضغط غاز المادة الداخل إلى وحدة الإسالة، حتى عندما يتجاوز مستوى درجة الحرارة لغاز المادة النطاق الملائم، بفضل التبريد في وحدة التبريد الثنائية، يمكن أن يتم ضبط مستوى درجة الحرارة لغاز المادة لمستوى قريب من مستوى درجة الحرارة عند نقطة الإدخال في وحدة الإسالة بحيث يمكن تقليل الحمل على وحدة الإسالة، ويمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة.

يوفر جانب سابع من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على وحدة مولد كهربائي (87) لتحويل القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول إلى قدرة كهربائية ومحرك كهربائي ثانٍ (84) لتشغيل الضاغط الأول، والمحرك الكهربائي الثاني الذي يُدار بالقدرة الكهربائية الناتجة عن طريق وحدة المولد الكهربائي.

وفقاً للجانب السابع من الاختراع الحالي، يتم توصيل الممدد الأول والضاغط الأول كهربياً ببعضه البعض حيث يمكن زيادة ضغط المخرج للضاغط الأول عن طريق استغلال القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول. في نفس الوقت، يمكن زيادة الحرية في نمط التشغيل مقارنةً بالحالة حيث يتم توصيل الممدد الأول والضاغط الأول ميكانيكياً ببعضه البعض.

يوفر جانب ثامن من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على محرك كهربائي ثانٍ (84) يقوم ميكانيكياً بإقران الممدد الأول والضاغط الأول ببعضهما البعض ويُدار بالقدرة الكهربائية الخارجية، حيث يتم تصميم الضاغط الأول لضغط غاز المادة عن طريق استخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول والقدرة الناتجة عن طريقة المحرك الكهربائي الثاني.

وفقاً للجانب الثامن من الاختراع الحالي، يمكن استخدام القدرة المقدمة عن طريق المحرك الكهربائي الثاني لزيادة القدرة المقدمة عن طريق الممدد الأول عند تشغيل الضاغط الأول بحيث يمكن زيادة ضغط المخرج من الضاغط الأول بطريقة فعالة وثابتة.

يوفر جانب تاسع من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث إن المادة التي يتم تقليل المكون الثقيل منها أو الحد منه عن طريق وحدة التقطير يتم إدخالها مباشرةً في الضاغط الأول،

ويشتمل النظام كذلك على وعاء فصل غاز-سائل أول (23) لاستقبال غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول عن طريق وحدة الإسالة؛ وحيث يتم إدخال مكون طور غاز من غاز المادة المنفصلة في وعاء فصل الغاز-السائل الأول في وحدة الإسالة مرة أخرى، ويتم إعادة تدوير مكون الطور السائل من غاز المادة إلى وحدة التقطير.

5 وفقاً للجانب التاسع من الاختراع الحالي، يمكن أن يتم الحد من الحاجة لمضخة لإعادة تدوير غاز المادة من وعاء فصل الغاز-السائل الأول لوحدة التقطير، ويساهم في تبسيط النظام.

يوفر جانب عاشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على وحدة تبريد ثنائية (85) تم وضعها بين الضاغط الأول ووعاء الفصل الغاز-السائل الأول لتبريد غاز المادة.

10 وفقاً للجانب العاشر من الاختراع الحالي، حتى عندما يتجاوز مستوى درجة حرارة غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول مدى ملائم، بفضل التبريد في وحدة التبريد الثانية، يمكن ضبط مستوى درجة الحرارة لغاز المادة لمستوى قريب من مستوى درجة الحرارة عند نقطة الإدخال في وحدة الإسالة بحيث يمكن تقليل الحمل على وحدة الإسالة، ويمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة.

يوفر جانب حادي عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على ممدد ثانٍ (3ب) تم وضعه بين الممدد الأول (3أ) ووحدة التقطير لإنتاج قدرة عن طريق امتداد غاز المادة، وضاغط ثالث (4ب) تم وضعه بين وحدة التقطير والضاغط الأول (4أ) لضغط غاز المادة المقطرة عن طريق وحدة التقطير باستخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الثاني.

وفقاً للجانب الحادي عشر من الاختراع الحالي، عن طريق امتداد غاز المادة بشكل مميز في الممددات الأولى والثانية، يمكن تقليل قدرة التبريد المطلوبة لوحدة التبريد الأولى، وعن طريق استخدام الضواغط الأولى والثانية التي تستخدم القدرة الناتجة عن طريق الممددات الأولى والثانية، يمكن زيادة ضغط غاز المادة التي تم إدخالها في وحدة الإسالة بفاعلية.

يوفر جانب ثاني عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على ممدد ثانٍ (3ب) تم وضعه موازياً للممدد الأول (3أ) لإنتاج قدرة عن طريق امتداد غاز المادة،

- وضاغط ثالث (4ب) تم وضعه بين وحدة التقطير والضاغط الأول (4أ) لضغط غاز المادة المقطرة عن طريق وحدة التقطير باستخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الثاني.
- وفقاً للجانب الثاني عشر من الاختراع الحالي، حتى عندما ينبغي أن يزيد حجم غاز المادة الذي تم إدخاله في نظام الإسالة، يمكن إجراء عملية الإسالة في وحدة الإسالة بطريقة ثابتة.
- 5 يوفر جانب ثالث عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث تشتمل وحدة الإسالة على مبادل حراري ذو زعانف صفائحية.
- وفقاً للجانب الثالث عشر من الاختراع الحالي، حتى عندما ينبغي زيادة مستوى درجة الحرارة لغاز المادة الذي تم ضغطه عن طريق الضاغط الأول مع الزيادة في ضغطه، يمكن تغيير نقطة الإدخال في وحدة الإسالة (مستوى درجة الحرارة على جانب وحدة الإسالة) استجابةً للزيادة في درجة حرارة غاز المادة بسهولة.
- 10 يوفر الجانب الرابع عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يكون لغاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول ضغط أعلى من 5171 كيلوباسكال .
- يوفر الجانب الخامس عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يكون لغاز المادة المضغوط عن طريق الممدد الثاني ضغط أعلى من 5171 كيلوباسكال .
- 15 وفقاً للجانب الرابع عشر أو الخامس عشر من الاختراع الحالي، عن طريق رفع ضغط غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة لقيمة ملائمة، يمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة في وحدة الإسالة.
- يوفر الجانب السادس عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على مبادل حراري (69) لتبادل الحرارة بين غاز المادة الداخل في وحدة التقطير وجزء علوي من وحدة التقطير .
- 20 وفقاً للجانب السادس عشر من الاختراع الحالي، حتى عندما تكون درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة أقل من نطاق ملائم، ويمكن جعل درجة حرارة غاز المادة قريباً من درجة حرارة طرف المدخل لوحدة الإسالة عن طريق تسخين الجزء العلوي من وحدة التقطير عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة التقطير .

يوفر الجانب السابع عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على وعاء فصل غاز-سائل أول (23) لاستقبال جزء علوي من وحدة التقطير، ووحدة تبريد ثالثة (86) تم وضعها بين وحدة التقطير ووعاء فصل الغاز-السائل الأول لتبريد الجزء العلوي من وحدة التبريد.

5 وفقاً للجانب السابع عشر من الاختراع الحالي، يتم الحد من الحاجة إلى تبريد غاز المادة المراد إدخاله في وعاء فصل الغاز-السائل الأول عن طريق استخدام وحدة الإسالة بحيث يتم تقليل الحمل على وحدة الإسالة.

يوفر جانب ثامن عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على مبادل حراري ثانٍ (79) للتبادل الحراري بين غاز المادة المراد إدخاله في الضاغط الأول وغاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول. 10

وفقاً للجانب الثامن عشر من الاختراع الحالي، حتى عندما تكون درجة حرارة غاز المادة الذي تم ضغطه عن طريق الضاغط الأول وإدخاله في وحدة الإسالة أكبر من نطاق ملائم، ويمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من درجة الحرارة عند طرف المدخل لوحدة الإسالة عن طريق تبريد غاز المادة من الضاغط الأول عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي تم إدخاله في الضاغط الأول. 15

وفر الجانب التاسع عشر من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل على وحدة تبريد خامسة (80) لتبريد غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول عند نقطة علوية من المبادل الحراري الثاني عن طريق استخدام الماء، الهواء، أو مادة تبريد بالبروبان.

وفقاً للجانب التاسع عشر من الاختراع الحالي، حتى عندما تكون درجة حرارة من غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول وإدخاله في وحدة الإسالة أكبر من نطاق ملائم، يمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من درجة الحرارة عند طرف المدخل لوحدة الإسالة عن طريق تبريد غاز المادة من الضاغط الأول عن طريق استخدام وحدة التبريد الخامسة. على وجه التحديد، عن طريق تبريد غاز المادة بالبروبان الذي له قدرة تبريد مرتفعة نسبياً، يمكن أن يتم تعزيز الحرية في تشغيل عملية ضغط غاز المادة باستخدام الضاغط الأول. 20

يوفر الجانب العشرين من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على مبادل حراري ثالث (100) للتبادل الحراري بين غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول والجزء العلوي من وحدة التبريد.

5 وفقاً للجانب العشرين من الاختراع الحالي، حتى عندما تكون درجة حرارة غاز المادة المضغوط باستخدام الضاغط الأول والذي تم إدخاله في وحدة الإسالة أكبر من مدى ملائم، يمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من درجة الحرارة عند طرف المدخل لوحدة الإسالة عن طريق تبريد غاز المادة من الضاغط الأول عن طريق التبادل الحراري مع الجزء العلوي من وحدة التقطير.

10 يوفر الجانب الواحد والعشرين من الاختراع الحالي نظاماً (1) لإسالة الغاز الطبيعي الذي يقوم بتبريد الغاز الطبيعي لإنتاج غاز طبيعي مسال، حيث يشتمل على: ممدد أول (3) لإنتاج قدرة عن طريق امتداد الغاز الطبيعي تحت ضغط على صورة غاز مادة؛ وحدة تقطير (15) لتقليل أو للحد من المكون الثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة منزوع الضغط عن طريق الامتداد في الممدد الأول؛ ضاغط أول (4) لضغط غاز المادة حيث يتم تقليل أو الحد من المكون الثقيل عن طريق وحدة التقطير باستخدام القدرة الناتجة في الممدد الأول؛ ووحدة إسالة (21) لإسالة غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول بالتبادل الحراري مع مادة تبريد.

15 وفقاً للجانب الواحد والعشرين من الاختراع الحالي، وبالاتصال بإسالة غاز المادة عند ضغط مرتفع نسبياً (10 ميجا باسكال أو أعلى، على سبيل المثال)، يمكن استخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول بفضل امتداد غاز المادة لزيادة ضغط المخرج من الضاغط الأول.

20 يوفر الجانب الثاني والعشرين من الاختراع الحالي نظاماً (1) لإسالة الغاز الطبيعي الذي يقوم بتبريد الغاز الطبيعي لإنتاج غاز طبيعي مُسال، حيث يشتمل على: ممدد أول (3) لإنتاج قدرة عن طريق امتداد الغاز الطبيعي تحت ضغط على صورة غاز مادة؛ وحدة تبريد أولى (10، 11، 12) لتبريد غاز المادة على الأقل عند نقطة أعلى أو أسفل الممدد الأول؛ وحدة التقطير (15) لتقليل أو للحد من مكون ثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة المبرد عن طريق وحدة التبريد الأولى؛ ضاغط أول (4) لضغط غاز المادة حيث يتم تقليل المكون الثقيل أو الحد منه باستخدام

وحدة التقطير؛ ووحدة إسالة (21) لإسالة مكون طور الغاز المنفصل من غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول باستخدام التبادل الحراري مع المادة المبردة.

وفقاً للجانب الثاني والعشرين من الاختراع الحالي، يتم منع غاز المادة المضغوط باستخدام الضاغط والذي تم إدخاله في وحدة الإسالة من الارتفاع بصورة زائدة من حيث درجة الحرارة، ويمكن ضبط درجة حرارة غاز المادة لتكون قريبة من درجة الحرارة عند طرف المدخل لوحدة الإسالة بسهولة.

5

يوفر الجانب الثالث والعشرين من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على وعاء فصل غاز-سائل أول (23) لاستقبال غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول ووحدة تبريد ثنائية (85) تم توفيرها بين الضاغط الأول ووعاء فصل الغاز - السائل الأول لتبريد الغاز المضغوط الخارج من الضاغط الأول.

10

وفقاً للجانب الثالث والعشرين من الاختراع الأول، لا يعد غاز المادة المراد إدخاله في وعاء فصل الغاز-السائل الأول من المطلوب أن يتم تبريده عن طريق وحدة الإسالة بحيث يمكن تقليل الحمل على وحدة الإسالة.

يوفر الجانب الرابع والعشرين من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على وعاء فصل غاز-سائل ثانٍ (25) لاستقبال جزء من الغاز المضغوط الذي تم ضغطه وفصله بالضاغط الأول، ويتم إعادة تدوير مكون ذو طور سائل تم فصله باستخدام وعاء فصل الغاز - السائل الثاني لوحدة التقطير.

15

وفقاً للجانب الرابع والعشرين من الاختراع الحالي، حتى عندما يكون الضغط الحرج لغاز المادة منخفضاً نسبياً، وضغط غاز المادة المراد معالجته عن طريق نظام الإسالة مرتفعاً عن الضغط الحرج، يمكن تقليل حمل الإسالة لوحدة الإسالة، ويمكن تعزيز ثبات العملية من وحدة التقطير.

20

يوفر الجانب الخامس والعشرين من الاختراع الحالي نظاماً لإسالة الغاز الطبيعي، حيث يشتمل كذلك على مبادل حراري (69) للتبادل الحراري بين غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة التقطير وجزء علوي من وحدة التقطير.

وفقاً للجانب الخامس والعشرين من الاختراع الحالي، حتى عندما تكون درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة أقل من نطاق ملائم، يمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من درجة الحرارة عند طرف المدخل من وحدة الإسالة (21) عن طريق تدفئة الجزء العلوي من وحدة التقطير باستخدام التبادل الحراري مع غاز المادة المراد إدخاله في وحدة التقطير.

- 5 يوفر الجانب السادس والعشرين من الاختراع الحالي طريقة لإسالة الغاز الطبيعي عن طريق تبريد الغاز الطبيعي لإنتاج غاز طبيعي مُسال، حيث تشتمل على: خطوة امتداد أولى لإنتاج قدرة باستخدام الغاز الطبيعي تحت ضغط مثل غاز المادة؛ خطوة تبريد أولى لتبريد غاز المادة منزوع الضغط عن طريق الامتداد في خطوة الامتداد الأولى؛ خطوة التقطير لتقليل أو للحد من مكون ثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة المبرد في خطوة التبريد الأولى؛ وخطوة ضغط أولى لضغط غاز المادة حيث يتم تقليل أو الحد من المكون الثقيل في خطوة التقطير باستخدام القدرة الناتجة في خطوة الامتداد الأولى؛ وخطوة الإسالة لإسالة غاز المادة المضغوط في خطوة الضغط الأولى عن طريق التبادل الحراري مع المادة المبردة.
- 10

- يوفر الجانب السابع والعشرين من الاختراع الحالي طريقة لإسالة من الغاز الطبيعي عن طريق تبريد الغاز الطبيعي لإنتاج الغاز الطبيعي المُسال، حيث يشتمل على: خطوة امتداد أولى لإنتاج قدرة عن طريق امتداد الغاز الطبيعي تحت ضغط على صورة غاز مادة؛ خطوة تبريد أولى لتبريد غاز المادة على الأقل قبل أو بعد خطوة الامتداد الأولى؛ خطوة تقطير لتقليل أو للحد من مكون ثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة المبرد في خطوة التبريد الأولى؛ وخطوة أولى لضغط غاز المادة حيث يتم تقليل أو الحد من المكون الثقيل في خطوة التقطير؛ وخطوة إسالة لإسالة مكون ذو طور غاز منفصل عن غاز المادة المضغوط في خطوة الضغط الأول عن التبادل الحراري مع مادة تبريد.
- 15
- 20

تأثير الاختراع الحالي:

كما يمكن إدراكه مما سبق، يسمح نظام الإسالة لإسالة الغاز الطبيعي وفقاً للاختراع الحالي بضغط مخرج الضاغط ليمت زيادته باستخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد بفضل امتداد غاز المادة، وقدرة التبريد المطلوبة لوحدة التبريد المراد تقليلها.

شرح مختصر للرسومات

شكل 1 عبارة عن رسم تخطيطي يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج أول من الاختراع الحالي؛

شكل 2 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام تقليدي لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كمثال أول للمقارنة؛ 5

شكل 3 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام تقليدي لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كمثال ثانٍ للمقارنة؛

شكل 4 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل أول من النموذج الأول؛

شكل 5 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثانٍ من النموذج الأول؛ 10

شكل 6 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثالث من النموذج الأول؛

شكل 7 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل رابع من النموذج الأول؛ 15

شكل 8 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل خامس من النموذج الأول؛

شكل 9 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل سادس من النموذج الأول؛

شكل 10 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل سابع من النموذج الأول؛ 20

شكل 11 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج ثانٍ من الاختراع الحالي؛

شكل 12 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج ثالث من الاختراع الحالي؛

5 شكل 13 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل من النموذج الثالث؛

شكل 14 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج رابع من الاختراع الحالي؛

شكل 15 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم 10 كنموذج خامس من الاختراع الحالي؛

شكل 16 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج سادس من الاختراع الحالي؛

شكل 17 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل أول من النموذج السادس؛

15 شكل 18 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثانٍ من النموذج السادس؛

شكل 19 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثالث من النموذج السادس؛

شكل 20 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم 20 كتعديل رابع من النموذج السادس؛

شكل 21 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج سابع من الاختراع الحالي؛

شكل 22 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج ثامن من الاختراع الحالي؛

شكل 23 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل أول من النموذج الثامن؛

5 شكل 24 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثانٍ من النموذج الثامن؛

شكل 25 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج تاسع من الاختراع الحالي؛

10 شكل 26 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل من النموذج التاسع؛

شكل 27 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج عاشر من الاختراع الحالي؛

شكل 28 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل أول من النموذج العاشر؛

15 شكل 29 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثانٍ من النموذج العاشر؛

شكل 30 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج حادي عشر من الاختراع الحالي؛

20 شكل 31 عبارة عن مخطط يوضح اختلاف أول لترتيبية توصيل بين الممدد والضاغظ في النظام المخصص لإسالة الغاز الطبيعي وفقاً للاختراع الحالي؛

شكل 32 عبارة عن مخطط يوضح اختلاف ثانٍ لترتيبية توصيل بين الممدد والضاغظ في النظام المخصص لإسالة الغاز الطبيعي وفقاً للاختراع الحالي؛

شكل 33 عبارة عن مخطط يوضح سير الإسالة في النظام المخصص لإسالة الغاز الطبيعي وفقاً لتعديل ثامن من النموذج الأول.

#### الوصف التفصيلي:

تم وصف نماذج مفضلة من الاختراع الحالي فيما يلي بالإشارة إلى الأشكال المصاحبة.

#### 5 (نموذج أول)

شكل 1 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج

أول من الاختراع الحالي. جدول 1 الذي سيتم توضيحه هنا فيما بعد يقوم بإدراج نتائج محاكاة عملية الإسالة في النظام المخصص لإسالة الغاز الطبيعي. وبشكل مماثل نفس الشيء في الجداول من 2 إلى 12. يوضح جدول 1 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيب المولارية من الغاز

الطبيعي المراد إسالتها عند كل من النقاط المختلفة في نظام الإسالة من النموذج الأول. في 10

الجدول 1، توضح الأعمدة من (1) إلى (9) القيم عند النقاط ذات الصلة في نظام الإسالة 1 المشار إليه بالأرقام الرومانية المناظرة (1) إلى (9) في الشكل 1.

يتم استخدام الغاز الطبيعي الذي يحتوي على حوالي 80 إلى 98% بالمول من الميثان كغاز المادة أو كغاز خام التغذية. يحتوي غاز المادة أيضاً على الأقل على C5+ هيدروكربونات بمقدار 15 على الأقل 0.1% بالمول أو BTX (بنزين، تولين، زيلين) بمقدار على الأقل 1 جزء في المليون كمحتويات أقل. تم توضيح محتويات غاز المادة بخلاف الميثان في العمود (1) من الجدول 1. لا يتطلب التعبير "غاز المادة" كما هو مستخدم في هذه المواصفة بالضرورة أن يكون في صورة غازية، ولكن يمكن أيضاً أن يكون في صورة سائلة وفقاً لمختلف مراحل الإسالة.

في هذا النظام للإسالة 1، يتم توفير غاز المادة لوحدة إزالة الماء 2 عن طريق خط L1، وتم

تحريره من الرطوبة لتجنب المشكلات نتيجة للتثليج. يكون لغاز المادة الذي تم توفيره لوحدة إزالة 20

الماء 2 درجة حرارة تبلغ حوالي 20 درجة مئوية، ضغط يبلغ حوالي 5830 كيلوباسكال ومعدل تدفق يبلغ حوالي 720000 كجم/ساعة. يمكن أن تتكون وحدة إزالة الماء 2 من برجين تم تعبئتهما بمجفف (مثل، منخل جزيئي)، ويمكن أن تقلل محتوى الماء من غاز المادة لأقل من 0.1 جزء في

المليون بالمول. يمكن أن تتكون وحدة إزالة الماء 2 من أي وحدة معروفة أخرى قادرة على إزالة الماء من غاز المادة أدنى مستوى مطلوب.

- 5 على الرغم من المناقشة التفصيلية تم حذفها هنا، يمكن أن يستخدم نظام الإزالة 1 وسائل معروفة إضافية لإجراء خطوات عملية تمهيدية سابقة لخطوة العملية في وحدة إزالة الماء 2، مثل، وحدة الفصل لإزالة ناتج تكثيف الغاز الطبيعي، وحدة إزالة غاز الحمض لإزالة غازات الحمض، مثل، ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ووحدة إزالة الزئبق لإزالة الزئبق. وبشكل نمطي، تستقبل وحدة إزالة الماء 2 غاز المادة حيث تتم إزالة الشوائب منها عن طريق استخدام هذه الوسائل. تتم معالجة غاز المادة الذي تم توفيره في وحدة إزالة الماء 2 بشكل مسبق بحيث يكون محتوى ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) أقل من 50 جزء في المليون بالمول، ويكون محتوى كبريتيد الهيدروجين ( $H_2S$ ) أقل من 4 جزء في المليون بالمول، ويكون محتوى الكبريت أقل من 20 مجم/نيوتن م3، ويكون محتوى الزئبق أقل من 10 نانوجم/نيوتن م3.
- 10

- لا يمكن أن يتم تقييد مصدر غاز المادة على أي مصدر محدد، ولكن يمكن أن يتم الحصول عليه، ليس بشكل حصري، من غاز الطفل، رمال كتيمة الغاز، وميثان قمة الفحم في حالة مكيفة الضغط. يمكن أن يتم توفير غاز المادة ليس فقط من المصدر مثل حقل غاز عن طريق مجموعة أنابيب ولكن أيضاً من صهاريج التخزين.
- 15

- يتم تقديم غاز المادة الذي تم إزالة الماء منه في وحدة إزالة الماء 2 إلى ممدد أو 3 عن طريق الخط L2. يتكون الممدد الأول 3 من توربين لتقليل ضغط الغاز الطبيعي المقدم إليه، والحصول على قدرة (أو طاقة) من امتداد الغاز الطبيعي تحت ظروف متساوية القصور الحرارية. بفضل خطوة الامتداد (خطوة امتداد أولى) في الممدد الأول 3، يتم تقليل الضغط ودرجة حرارة المادة. يتم تزويد الممدد الأول 3 بعمود مشترك 5 لضغط أول 4 (سوف تتم مناقشته هنا فيما بعد) بحيث يمكن استخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول 3 لإدارة الضاغط الأول 4. إذا كانت السرعة الدوارة من الممدد الأول 3 أقل منه من الضاغط الأول 4، يمكن أن يتم وضع وحدة ترس متدرجة مناسبة بين الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4. يقلل الممدد الأول 3 درجة حرارة وضغط غاز المادة إلى حوالي 8,3 درجة مئوية، ضغط غاز المادة الخارج من الممدد الأول 3 في النطاق الذي يتراوح من 3000 كيلوباسكال أمبير إلى 5500 كيلوباسكال أمبير (3 ميغا باسكال إلى 5.5 ميغا
- 20
- 25

باسكال، أو وبشكل أكثر تفضيلاً في النطاق الذي يتراوح من 3500 كيلوباسكال أمبير إلى 5000 كيلوباسكال أمبير .

يقدم غاز المادة من الممدد الأول 3 مبرد 11 عن طريق الخط L3. يتم تشكيل وحدة تبريد (وحدة تبريد أولى) عن طريق توصيل مبرد آخر بالطرف السفلي للمبرد 11. يتم تبريد غاز المادة عن طريق التبادل الحراري مع المواد المبردة (خطوة تبريد أولى) في وحدة التبريد الأولى 11، 12 في المراحل. تكون درجة حرارة غاز المادة الذي تم تبريده عن طريق وحدة التبريد الأولى 11، 12 في النطاق من - 20 إلى - 50 درجة مئوية، أو بشكل أكثر تفضيلاً في النطاق من - 25 إلى - 35 درجة مئوية. إذا كانت غاز المادة الذي تم إدخاله إلى نظام الإسالة 1 مرتفعاً نسبياً (أعلى من 10 ميجا باسكال، على سبيل المثال)، يمكن أن يتم إزالة وحدة التبريد الأولى 11، 12 باعتبار أن درجة حرارة غاز المادة عند مخرج الممدد الأول 3 منخفضة نسبياً (-30 درجة مئوية، على سبيل المثال). تطبق إمكانية إزالة وحدة التبريد على الجانب العلوي من وحدة التقطير 15 بصورة متساوية على النماذج التي تم توضيحها في الأشكال 4 إلى 26، 30 و 33 التي سيتم مناقشتها هنا فيما بعد.

في النموذج الحالي، يتم استخدام نظام C3-MR (مادة تبريد مختلطة تم تبريدها بصورة مسبقة بالبروبان (C3)). يتم تبريد غاز المادة بصورة مسبقة في وحدة التبريد الأولى 11، 12 عن طريق استخدام البروبان على صورة مادة تبريد، ويتم تبريده بصورة فائقة لاحقاً حتى درجة حرارة منخفضة للغاية لإسالة غاز المادة في دورة التبريد باستخدام مواد تبريد مختلطة كما سيتم مناقشتها هنا فيما بعد. يتم استخدام مواد تبريد بالبروبان (C3R) لضغط متوسط (MP) وضغط منخفض (LP) لتبريد غاز المادة في مجموعة من المراحل (في مرحلتين في النموذج الموضح) في وحدة التبريد الأولى 11، 12. على الرغم من عدم توضيحها في الأشكال، تشكل وحدة التبريد الأولى 11، 12 جزء من دورة تبريد معروفة في حد ذاتها تتضمن الضواغط والمكثفات لمواد تبريد بالبروبان.

لا يعد نظام الإسالة 1 مطلوباً بالضرورة ليعتمد عليه نظام C3-MR، ولكن يمكن أن يستخدم نظام متعاقب حيث يتم تشكيل مجموعة من دورات التبريد الفردية عن طريق استخدام مواد تبريد مناظرة (مثل، الميثان، الإيثان، والبروبان) ذات نقاط غليان مختلفة، نظام DMR (مادة تبريد مختلطة مزدوجة) باستخدام وسط مختلط مثل خليط من الإيثان والبروبان لعملية تبريد تمهيدية،

وMFC (نظام متعاقب لمائع مختلط) باستخدام مواد تبريد مختلطة مختلفة بصورة منفصلة للدورات الفردية للتبريد التمهيدي، الإسالة والتبريد الفائق، من بين احتمالات أخرى.

يتم تقديم غاز المادة من المبرد 12 لوحدة التقطير 15 عن طريق خط L4. ينبغي أن يكون ضغط غاز المادة عند هذه النقطة أدنى من الضغوط الحرجة للميثان والمكونات الأثقل باستخدام الامتداد في الممدد الأول 3 وعمليات اختيارية أخرى. وتتكون وحدة التقطير 15 بشكل أساسي من برج

تقطير بشكل داخل تم تزويده بمجموعة من الأرفف لإزالة محتويات أثقل في غاز المادة (خطوة التقطير). يتم طرد السائل الذي يتكون من المكونات الأثقل عن طريق خط L5 المتصل بالطرف السفلي من برج التقطير لوحدة التقطير 15. ويكون للسائل الذي يتكون من المحتويات الأثقل الذي تم طرده من وحدة التقطير 15 عن طريق الخط L5 درجة حرارة تتراوح من حوالي 177 درجة

مئوية ومعدل تدفق يتراوح من حوالي 20000 كجم/ساعة. يشير التعبير "محتويات أثقل" إلى مكونات مثل البنزين ذات نقاط تجميد مرتفعة ومكونات ذات نقاط غليان منخفضة مثل

هيدروكربونات C5+. يتضمن الخط L5 وحدة إعادة التدوير بما في ذلك مرجل إعادة الغلي 16 لتسخين جزء من السائل الخارج من الجزء السفلي لبرج التقطير من وحدة التقطير 15 عن طريق التبادل الحراري مع البخار (أو النفط) المزود بمرجل إعادة الغلي 16 من الخارج، وإعادة تدوير السائل الذي تم تسخينه مرة أخرى لوحدة التقطير 15.

يتكون الجزء العلوي من وحدة التقطير 15 المكونة من المكونات الأخف من غاز المادة بصورة أولية من ميثان ذو نقطة غليان منخفضة، ويتم إدخال غاز المادة هذا في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L6 المراد تبريده في أنظمة مجموعة الأنابيب 22أ و22ب. ويكون لغاز المادة المقدم للخط L5 درجة حرارة تبلغ حوالي -45,6 درجة مئوية وضغط يبلغ حوالي 4700 كيلو باسكال

ألمبير. يحتوي غاز المادة الذي تم تحريره من المكونات الأثقل في وحدة التقطير 15 على أقل من 0.1% بالمول من C5+ وأقل من 1 جزء في المليون بالمول من BTX (بنزين، تولين، وزيلين). عن طريق التدفق خلال أنظمة مجموعة الأنابيب 22أ و22ب، يتم تبريد غاز المادة إلى حوالي -65,2 درجة مئوية، وبعد ذلك يتم تقديمه من وحدة الإسالة 21 إلى وعاء فصل غاز سائل أول 23 عن طريق خط L7.

- كما سيتم مناقشته هنا فيما بعد، تتكون وحدة الإسالة 21 بشكل أساسي من مبادل حراري رئيسي في نظام الإسالة 1، ويتكون هذا المبادل الحراري من مبادل حراري من نوع ذو لفات حلزونية بما في ذلك غلاف وملفات من أنابيب التحويل الحراري لتوصيل غاز المادة والمادة المبردة. تحدد وحدة الإسالة 21 منطقة دافئة Z1 تم تحديد موضعها في الجزء السفلي منها لاستقبال مادة التبريد
- 5 المختلطة ولها درجة حرارة (نطاق) أعلى، منطقة متوسطة Z2 تم تحديد موضعها في الجزء المتوسط منها ولها درجة حرارة أقل من المنطقة الدافئة Z1 ومنطقة باردة تم تحديد موضعها في الجزء العلوي منها لطرد غاز المادة المُسال ولها درجة حرارة أقل. في النموذج الأول، تتكون المنطقة الدافئة Z1 من منطقة دافئة مرتفعة Z1a على جانب ذو درجة حرارة مرتفعة ومنطقة دافئة منخفضة Z1b على جانب ذو درجة حرارة منخفضة. يتم تشكيل أنظمة مجموعة الأنابيب 22
- 10 و22ب، وكذلك أنظمة من مجموعة الأنابيب 42أ، 51أ، و42ب و51ب التي تم توصيل مادة التبريد المختلطة من خلالها، عن طريق مجموعة أنابيب تم توفيرها في المنطقة الدافئة المرتفعة Z1a والمنطقة الدافئة المنخفضة Z1b على جانب ذو درجة حرارة منخفضة. يتم تشكيل أنظمة مجموعة الأنابيب 22أ و22ب، وكذلك أنظمة مجموعة الأنابيب 42أ، 51أ، و42ب و51ب حيث تم توصيل مادة التبريد المختلطة من خلالها، عن طريق مجموعات الأنابيب في المنطقة الدافئة المرتفعة Z1a والمنطقة الدافئة المنخفضة Z1b، على الترتيب. في النموذج الموضح، تبلغ درجة حرارة المنطقة الدافئة المرتفعة Z1a حوالي -35 درجة مئوية على الجانب العلوي (جانب المدخل) من غاز المادة المراد تبريده، وحوالي -50 درجة مئوية على الجانب السفلي (جانب المخرج) من غاز المادة. تبلغ درجة حرارة المنطقة الدافئة المنخفضة Z1b حوالي -50 درجة مئوية على الجانب العلوي من غاز المادة، وحوالي -135 درجة مئوية على الجانب السفلي من غاز المادة.
- 20 وتبلغ درجة حرارة المنطقة المتوسطة Z2 حوالي -65 درجة مئوية على الجانب العلوي من غاز المادة، وحوالي -135 درجة مئوية على الجانب السفلي من غاز المادة. تبلغ درجة حرارة المنطقة الباردة Z3 حوالي -135 درجة مئوية على الجانب العلوي من غاز المادة، وحوالي -155 درجة مئوية على الجانب السفلي من غاز المادة. لا تعد درجة الحرارة على الجانب العلوي والجانب السفلي لكل منطقة مقيدة بالقيمة المذكورة هنا، ويمكن أن تتباين درجة الحرارة في كل من هذه الأجزاء خلال النطاق المحدد ( $\pm 5$  درجة مئوية، على سبيل المثال).
- 25

- يفصل وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 المكون ذو الطور السائل (ناتج التكثيف) من غاز المادة، ويتم إعادة تدوير هذا السائل الذي يتكون بشكل أساسي من الهيدروكربونات مرة أخرى في وحدة التقطير 15 عن طريق مضخة إعادة التدوير 24 التي تم توفيرها في خط L8. يتم تقديم المكون ذو الطور الغازي من غاز المادة التي تم الحصول عليها في وعاء فصل الغاز-السائل الأول 23 ويتكون بشكل رئيسي من الميثان لضغط أول 4 عن طريق خط L9. يتم تمرير غاز المادة من خلال الخط L8 عند معدل تدفق يبلغ حوالي 83500 كجم/ساعة، ويتم تمريره من خلال الخط L6 عند معدل التدفق الذي يبلغ حوالي 780000 كجم/ساعة. يمكن أيضاً أن يتم تبريد وعاء فصل الغاز-السائل الأول 23 عن طريق استخدام مادة تبريد مختلطة أو مادة تبريد بالإيثيلين.
- 10 يتكون الضاغط الأول 4 من ضاغط طرد مركزي أحادي المرحلة ذو شفرات توربين لضغط غاز المادة، تم تركيبه على عمود 5 مشترك مع الممدد الأول 3. يتم إدخال غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول 4 (خطوة ضغط أولى) في وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L10. يكون لغاز المادة الذي تم وضعه عن طريق الضاغط الأول 4 على الخط L10 درجة حرارة تبلغ حوالي - 51 درجة مئوية وضغط يبلغ حوالي 5500 كيلوباسكال أمبير. يتم ضغط غاز المادة الداخل إلى وحدة الإسالة 21 باستخدام الضاغط الأول 4 بشكل مفضل لضغط يتجاوز على الأقل 5171 كيلوباسكال أمبير.
- 15 يتم توصيل خط L10 بنظام مجموعة أنابيب 30 تم وضعها في المنطقة الدافئة Z1b من وحدة الإسالة 21، ويتم توصيل الطرف العلوي من هذا النظام لمجموعة الأنابيب 30 بنظام لمجموعة أنابيب 31 في المنطقة المتوسطة Z2، وبعد ذلك، بنظام لمجموعة أنابيب 32 تم وضعها في المنطقة الباردة Z3. بعد إسالتها وتبريدها بشكل فائق عن طريق التدفق من خلال أنظمة مجموعة أنابيب 31 و32، يتم تقديم الغاز الطبيعي لخزان LNG لغرض التخزين غير الموضح في الأشكال عن طريق صمام امتداد 33 تم توفيرها في خط L11. يكتسب غاز المادة الخاضع لخطوة الإسالة درجة حرارة تبلغ حوال - 162 درجة مئوية وضغط يبلغ حوالي 120 كيلو أمبير في الطرف السفلي لصمام الامتداد 33.

يتم تبريد غاز المادة الذي يتدفق من خلال وحدة الإسالة 21 عن طريق دورة التبريد باستخدام مواد تبريد مختلطة. في النموذج الموضح، يمكن أن تحتوي كل من مواد التبريد المختلطة على نيتروجين بالإضافة إلى خليط من الهيدروكربونات بما في ذلك الميثان، الإيثان، والبروبان، ولكن يمكن أيضاً أن يكون لها تركيبات معروفة أخرى في حد ذاتها طالما أنه يمكن تحقيق قدرة التبريد المطلوبة. 5

في وحدة الإسالة 21، يتم توفير مادة تبريد مختلطة (MR) مرتفعة الضغط (HP) لفواصل مبرد 41 عن طريق خط L12. يتم إدخال مادة التبريد المختلطة التي تُشكّل المكون ذو الطور السائل في الفاصل المبرد 41 داخل وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L13، وبعد ذلك تتدفق للأعلى في وحدة الإسالة 21 من خلال أنظمة مجموعة الأنابيب 42 و 42ب التي تم وضعها في المناطق الدافئة Z1a و Z1b، على الترتيب، ونظام مجموعة الأنابيب 43 الذي تم وضعه في المنطقة المتوسطة Z2. بعد ذلك، تمتد مادة التبريد المختلطة في صمام الامتداد 44 الذي تم توفيره في خط L14، ويتم تبخيرها وميضياً بشكل جزئي. 10

بعد المرور من خلال صمام الامتداد 44، يتم طرد مادة التبريد المختلطة للأسفل (وذلك ليقابل تدفق غاز المادة في وحدة الإسالة 21) من أنبوب صاعد للرش 45 تم توفيره في جزء علوي من المنطقة المتوسطة Z2. تتدفق مادة التبريد المختلطة الخارجة من الأنبوب الصاعد للرش 45 للأسفل أثناء التبادل الحراري باستخدام مجموعة أنابيب متوسطة تم تشكيلها باستخدام أنظمة لمجموعة أنابيب 31، 43، و 52 (سوف يتم مناقشة نظام مجموعة الأنابيب الأخير هنا فيما بعد) تم وضعها في المنطقة المتوسطة Z2، ومجموعة أنابيب منخفضة تم تشكيلها باستخدام أنظمة لمجموعة أنابيب 22أ، 22ب، 30، 42أ، 42ب، 51أ، و 51ب (سوف تتم مناقشة أنظمة لمجموعة الأنابيب الثانية الأخيرة هنا فيما بعد) تم وضعها في المنطقة الدافئة Z1. 15 20

يتم إدخال مادة التبريد المختلطة التي تُشكّل الطور الغازي من فاصل مادة التبريد 41 في وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L15، وبعد ذلك تتدفق للأعلى في وحدة الإسالة 21 عن طريق التدفق من خلال أنظمة مجموعة الأنابيب 51أ و 51ب تم وضعها في المناطق الدافئة Z1a و Z1b، ونظام مجموعة الأنابيب 52 في المنطقة المتوسطة Z2 ونظام لمجموعة الأنابيب 53 تم وضعه

في المنطقة الباردة Z3. بعد ذلك، تمتد مادة التبريد المختلطة في صمام الامتداد 54 الذي تم توفيره في خط L16، ويتم تبخيره وميضياً بشكل جزئي.

يتم بالفعل تبريد مادة التبريد المختلطة التي تمر من خلال صمام الامتداد 54 لدرجة حرارة أقل من نقطة غليان الميثان (حوالي -167 درجة مئوية في هذه الحالة)، ويتم طردها للأسفل من أنبوب

5 صاعد للرش 55 تم وضعه في جزء علوي من المنطقة الباردة Z3 (أو تتدفق في اتجاه مقابل

لتدفق غاز المادة في وحدة الإسالة 21). تتدفق مادة التبريد المختلطة الخارجة من الأنابيب

الصاعد للرش 55 للأسفل أثناء التبادل الحراري باستخدام مجموعة أنابيب علوية تم تشكيلها

باستخدام أنظمة مجموعة أنابيب 32 و 53 تم وضعها في المنطقة الباردة Z3، وبعد الخلط مع

مادة التبريد المختلطة الخارجة من الأنابيب الصاعد للرش 45 تم وضعه أدناه، تتدفق للأسفل أثناء

10 التبادل الحراري مع مجموعة الأنابيب المتوسطة التي تم تشكيلها باستخدام أنظمة مجموعة الأنابيب

31، 43، و 52 تم وضعها في المنطقة المتوسطة Z2، ومجموعة الأنابيب المنخفضة التي تم

تشكيلها باستخدام أنظمة مجموعة الأنابيب 22، 22ب، 30، 42، 42ب، 51أ، و 51ب تم

وضعها في المنطقة الدافئة Z1.

بشكل نهائي، يتم طرد مادة التبريد المختلطة الخارجة من الأنابيب الصاعدة للرش 45 و 55 عن

15 طريق خط L17 المتصل بالطرف السفلي من وحدة الإسالة 21 على صورة غاز مادة تبريد

مختلطة (MP) منخفضة الضغط (LP). تشكل الوسائل المخصصة لمادة التبريد المختلطة التي تم

توفيرها في وحدة الإسالة 21 (مثل، الفاصل المبرد 41) جزء من دورة التبريد المعروفة في حد

ذاتها لمادة التبريد المختلطة، وتتم إعادة تدوير مادة التبريد المختلطة التي تم وضعها على الخط

L17 للفاصل المبرد 41 عن طريق الخط L12 بعد المرور من خلال الضواغط والمكثفات.

20 كما تم مناقشته أعلاه، تتم بفاعلية إسالة غاز المادة الذي تم إدخاله في نظام الإسالة 1 بعد

معالجته في خطوة الامتداد، خطوة التبريد، خطوة التقطير، خطوة الضغط وخطوة الإسالة. يمكن أن

يتم استخدام نظام الإسالة هذا، على سبيل المثال، على وحدة إسالة حمل قاعدية لإنتاج غاز

طبيعي مُسال (LNG) يتكون بصورة رئيسية من الميثان من غاز مادة تم تعدينه من حقل غاز.

جدول 1

| رقم                                          | (1)             | (2)         | (3)         | (4)                 | (5)         | (6)         | (7)         | (8)             | (9)             |
|----------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| جزء ذو<br>طور بخاري                          | 00.1            | 00.1        | 00.1        | 00.0                | 93.0        | 00.0        | 00.1        | 0.1<br>0        | 00.0            |
| درجة حرارة<br>[م]                            | 08.20           | 32.8        | -           | 1.177<br>9          | -           | 2.65<br>4   | 2.65<br>4   | -               | -               |
| ضغط<br>[كيلوباسكال]                          | 0.5830<br>0     | .4850<br>00 | .4700<br>00 | .4705<br>00         | 440<br>00.0 | 440<br>00.0 | 440<br>00.0 | 548<br>0.3<br>0 | 00.120          |
| معدل التدفق<br>المولاري<br>[كجم<br>مول/ساعة] | 42000           | 4200<br>0   | 45020       | 313                 | 450<br>20   | 333<br>4    | 416<br>86   | 416<br>86       | 41700           |
| معدل تدفق<br>الكتلة<br>[كجم/ساعة]            | 71961<br>9      | 7196<br>19  | 78350<br>4  | 19764               | 783<br>504  | 835<br>48   | 699<br>948  | 699<br>948      | 69873<br>3      |
| جزء مولاري                                   |                 |             |             |                     |             |             |             |                 |                 |
| النيتروجين                                   | 0081.0<br>99590 |             |             | 000.0<br>03362<br>6 |             |             |             |                 | 0082.0<br>60844 |

|                 |  |  |  |  |                     |  |  |                 |          |
|-----------------|--|--|--|--|---------------------|--|--|-----------------|----------|
| 9566.0<br>67221 |  |  |  |  | 043.0<br>50887<br>1 |  |  | 9499.0<br>52502 | الميثان  |
| 0249.0<br>31118 |  |  |  |  | 032.0<br>33955<br>0 |  |  | 0249.0<br>98750 | الإيثان  |
| 0090.0<br>76200 |  |  |  |  | 143.0<br>65459<br>5 |  |  | 0099.0<br>99500 | البروبان |
| 0007.0<br>93571 |  |  |  |  | 165.0<br>14986<br>5 |  |  | 0019.0<br>99900 | البوتان  |
| 0.0002<br>68518 |  |  |  |  | 232.0<br>83546<br>8 |  |  | 0019.0<br>99900 | n-بوتان  |
| 0000.0<br>01710 |  |  |  |  | 066.0<br>89183<br>1 |  |  | 0004.0<br>99975 | i-بنتان  |
| 0000.0<br>00817 |  |  |  |  | 067.0<br>09392<br>8 |  |  | 0004.0<br>99975 | n-بنتان  |

|        |  |  |  |  |       |  |  |        |          |
|--------|--|--|--|--|-------|--|--|--------|----------|
| 0      |  |  |  |  | 080.0 |  |  | 0005.0 | n-هيكسان |
| 00000  |  |  |  |  | 59189 |  |  | 99970  |          |
| 0000   |  |  |  |  | 3     |  |  |        |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 067.0 |  |  | 0004.0 | البنزين  |
| 00000  |  |  |  |  | 15978 |  |  | 99975  |          |
|        |  |  |  |  | 6     |  |  |        |          |
| 0      |  |  |  |  | 013.0 |  |  | 0000.0 | التولين  |
| 00000  |  |  |  |  | 43207 |  |  | 99995  |          |
| 0000   |  |  |  |  | 8     |  |  |        |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 006.0 |  |  | 0000.0 | p-زيلين  |
| 00000  |  |  |  |  | 71604 |  |  | 49998  |          |
|        |  |  |  |  | 0     |  |  |        |          |
| 0      |  |  |  |  | 067.0 |  |  | 0004.0 | n-هبتان  |
| 00000  |  |  |  |  | 16039 |  |  | 99975  |          |
| 0000   |  |  |  |  | 1     |  |  |        |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 013.0 |  |  | 0000.0 | n-أوكتان |
| 00000  |  |  |  |  | 43207 |  |  | 99995  |          |
|        |  |  |  |  | 9     |  |  |        |          |

(الأمثلة الأولى والثانية للمقارنة)

تعد الأشكال 2 و3 عبارة عن مخططات توضح سير عملية الإسالة في أنظمة تقليدية لإسالة الغاز الطبيعي المقدمة كمثال أول وثانٍ للمقارنة مع النموذج الأول من الاختراع الحالي. في أنظمة الإسالة التقليدية 101 و201 للغاز الطبيعي، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة من النموذج الأول بالأرقام المماثلة. توضح الجداول 2 و3 درجة الحرارة، الضغط،

- معدل التدفق والأجزاء المولارية من غاز المادة في أنظمة الإسالة من الأمثلة الأولى والثانية للمقارنة، على الترتيب. ينبغي ملاحظة أن نظام الإسالة 201 من المثال الثاني للمقارنة يعتمد على الفن السابق الذي تم الكشف عنه في وثيقة البراءة 1 (البراءة الأمريكية رقم 4.065.278).
- كما هو موضح في الشكل 2، لم يتم تزويد نظام الإسالة 101 من المثال الأول للمقارنة بالممدد الأول 3 والضاغط الأول 4 المستخدم في نظام الإسالة 1 من النموذج الأول، ويتم تقديم غاز المادة الخارج من وحدة إزالة الماء 2 لمبرد 110 عن طريق خط L101. يتم تشكيل وحدة المبرد عن طريق توصيل مبرد 11 ومبرد 12 بالطرف السفلي من المبرد 110 في اتصال تسلسلي بحيث يتم تبريد غاز المادة بصورة متتالية عن طريق التبادل الحراري في المبردات الثلاثة 110، 11، و12 التي تستخدم مادة تبريد بالبروبان مرتفعة الضغط (HP)، ومتوسطة الضغط (MP) ومنخفضة الضغط (LP)، على الترتيب. يكون لغاز المادة الخارج من المبرد 12 في الطرف السفلي درجة حرارة تبلغ حوالي -34.5 درجة مئوية وضغط يبلغ حوالي 5680 كيلوباسكال أمبير. بعد ذلك، يتم تكييف غاز المادة عن طريق الامتداد في صمام امتداد 113 في خط L4، وبعد ذلك يتم إدخاله في وحدة تقطير 15.
- في نظام الإسالة 101، يتم إدخال غاز المادة الذي يُشكل في مكون ذو طور غازي في وعاء فصل الغاز-السائل الأول 23 ويتكون بشكل أساسي من الميثان في نظام مجموعة الأنابيب 31 الذي تم وضعه في المنطقة المتوسطة Z2 من وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L102. يكون غاز المادة الذي تم وضعه خارج وعاء الفصل الغاز-السائل الأول 23 لخط L12 درجة حرارة تبلغ حوالي -65.3 درجة مئوية وضغط يبلغ حوالي 4400 كيلوباسكال أمبير.

## جدول 2

| رقم              | (1)  | (2)  | (3)  | (4)  | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| جزء ذو طور بخاري | 00.1 | 99.0 | 00.1 | 00.0 | 93.0 | 00.0 | 00.1 | 00.0 |

|         |      |      |      |         |      |      |         |                                           |
|---------|------|------|------|---------|------|------|---------|-------------------------------------------|
| 56.161- | -    | -    | -    | 73.176  | -    | -    | 08.20   | درجة حرارة [م]                            |
|         | 2.65 | 2.65 | 2.65 |         | 5.42 | 5.34 |         |                                           |
|         | 5    | 5    | 5    |         | 8    | 0    |         |                                           |
| 00.120  | 4400 | 440  | 440  | 00.4705 | 4700 | 568  | 00.5830 | ضغط [كيلوباسكال]                          |
|         | 00.  | 00.0 | 00.0 |         | 00.  | 00.0 |         |                                           |
| 41700   | 4168 | 333  | 450  | 314     | 4502 | 420  | 42000   | معدل التدفق<br>المولاري [كجم<br>مول/ساعة] |
|         | 6    | 4    | 20   |         | 0    | 00   |         |                                           |
| 63 9 6  | 6999 | 834  | 783  | 524(19  | 7834 | 719  | 719619  | معدل تدفق الكتلة<br>[كجم/ساعة]            |
| 43      | 51   | 95   | 454  |         | 88   | 619  |         |                                           |
|         |      |      |      |         |      |      |         | جزء مولاري                                |
| 00826.0 |      |      |      | 00007.0 |      |      | 00819.0 | النيتروجين                                |
| 0784    |      |      |      | 2318    |      |      | 9590    |                                           |
| 095662  |      |      |      | 06405.0 |      |      | 94995.0 | الميثان                                   |
| 2861    |      |      |      | 1796    |      |      | 2502    |                                           |
| 0       |      |      |      | 03184.0 |      |      | 02499.0 | الإيثان                                   |
| 024947  |      |      |      | 1875    |      |      | 8750    |                                           |
| 225     |      |      |      |         |      |      |         |                                           |
| 00910.0 |      |      |      | 12942.0 |      |      | 00999.0 | البروبان                                  |
| 0267    |      |      |      | 8030    |      |      | 9500    |                                           |

|         |  |  |  |         |  |  |         |          |
|---------|--|--|--|---------|--|--|---------|----------|
| 0       |  |  |  | 16181.0 |  |  | 00199.0 | البوتان  |
| 000796  |  |  |  | 6482    |  |  | 9900    |          |
| 567     |  |  |  |         |  |  |         |          |
| 000027  |  |  |  | 23173.0 |  |  | 00199.0 | n-بوتان  |
| 0095    |  |  |  | 8008    |  |  | 9900    |          |
| 00000.0 |  |  |  | 06666.0 |  |  | 00049.0 | i-بنتان  |
| 1771    |  |  |  | 7173    |  |  | 9975    |          |
| 000000  |  |  |  | 06684.0 |  |  | 00049.0 | n-بنتان  |
| 0423    |  |  |  | 6201    |  |  | 9975    |          |
| 00000.0 |  |  |  | 08028.0 |  |  | 00059.0 | n-هيكسان |
| 0003    |  |  |  | 2498    |  |  | 9970    |          |
| 000000  |  |  |  | 06690.0 |  |  | 00049.0 | البنزين  |
| 0003    |  |  |  | 1980    |  |  | 9975    |          |
| 00000.0 |  |  |  | 01338.0 |  |  | 00009.0 | التولين  |
| 0000    |  |  |  | 0485    |  |  | 9995    |          |
| 000000  |  |  |  | 00669.0 |  |  | 00004.0 | p-زيلين  |
| 0000    |  |  |  | 0243    |  |  | 9998    |          |
| 00000.0 |  |  |  | 06690.0 |  |  | 00049.0 | n-هبتان  |
| 0000    |  |  |  | 2427    |  |  | 9975    |          |
| 00000.0 |  |  |  | 01338.0 |  |  | 00009.0 | n-أوكتان |
| 0000    |  |  |  | 0486    |  |  | 9995    |          |

كما هو موضح في الشكل 3، يمثل نظام الإسالة 201 من المثال الثاني للمقارنة عبارة عن تحسناً لنظام الإسالة 101 من المثال الأول للمقارنة، ويتم تزويده بممدد أول 3 وضغط أول 4. على الرغم من ذلك، بصورة مقابلة للممدد الأول 3 المستخدم في نظام الإسالة 1 من النموذج الأول، يتم وضع الممدد 3 على الجانب السفلي لوحدة التبريد (التي تتكون من المبردات 110، 11، و 12 في هذه الحالة). في نظام الإسالة 201، يتم تقديم غاز المادة الخارج من المبرد 12 إلى فاصل 213 المراد فصله داخل مكونات الغاز والسائل. يتم تقديم غاز المادة الذي يُشكّل المكون ذو الطور الغازي في الفاصل 213 إلى الممدد 3 المراد مده داخله، وبعد ذلك يتم تقديمه إلى وحدة التقطير 15 عن طريق خط L204. يتم وضع جزء من غاز المادة الذي يُشكل المكون السائل في الفاصل 213 للخط L205 مع تزويده بصمام امتداد 214. بعد ذلك، يتم تقديم السائل الذي تم إمداده في صمام الامتداد 214 إلى وحدة التقطير 15 عن طريق الخط L204 مع غاز المادة من الممدد 3.

يعد نظام الإسالة 201 مماثلاً لذلك النظام وفقاً للنموذج الأول طالما أن الأمر يتعلق بجزء منه أسفل وحدة التقطير 15، ويكون لغاز المادة الذي تم وضعه خارج الخط L10 عن طريق الضاغط 4 درجة حرارة تبلغ حوالي -54.7 درجة مئوية وضغط يبلغ حوالي 5120 كيلوباسكال أمبير.

جدول 3

| رقم              | (1)    | (2)   | (3)               | (4)    | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  | (9)    |
|------------------|--------|-------|-------------------|--------|------|------|------|------|--------|
| جزء ذو طور بخاري | 00.1   | 00.1  | 00.1              | 00.0   | 94.0 | 00.0 | 00.1 | 00.1 | 00.0   |
| درجة حرارة [م]   | 08.20  | -     | 83.4 <sup>^</sup> | 13.208 | -    | -    | -    | -    | -      |
|                  |        | 4536  |                   |        | 5.64 | 5.64 | 5.64 | 7.54 | 59.161 |
|                  |        |       |                   |        | 6    | 6    | 6    | 4    |        |
| ضغط [كيلوباسكال] | 0.5830 | .4705 | .4700             | 0.4705 | 4400 | 440  | 440  | 512  | 00.120 |
|                  | 0      | 00    | 00                | 0      | 00.  | 00.0 | 00.0 | 00.0 |        |

|                 |            |            |           |            |                     |            |            |                 |                                           |
|-----------------|------------|------------|-----------|------------|---------------------|------------|------------|-----------------|-------------------------------------------|
| 41700           | 417<br>00  | 417<br>00  | 250<br>0  | 4420<br>0  | 302                 | 44200      | 4178<br>3  | 42000           | معدل التدفق<br>المولاري [كجم<br>مول/ساعة] |
| 69467<br>4      | 700<br>471 | 700<br>471 | 638<br>61 | 7643<br>42 | 19107               | 76434<br>2 | 7090<br>09 | 71961<br>9      | معدل تدفق<br>الكتلة<br>[كجم/ساعة]         |
|                 |            |            |           |            |                     |            |            |                 | جزء مولاري                                |
| 2S00.0<br>59333 |            |            |           |            | 0000.0<br>51871     |            |            | 0081.0<br>99590 | النيتروجين                                |
| 9565.0<br>09212 |            |            |           |            | 0533.0<br>98407     |            |            | 9499.0<br>52502 | الميثان                                   |
| 0249.0<br>27984 |            |            |           |            | 0320.0<br>75932     |            |            | 0249.0<br>98750 | الإيثان                                   |
| 0090.0<br>66826 |            |            |           |            | 1337.0<br>50785     |            |            | 0099.0<br>99500 | البروبان                                  |
| 0008.0<br>93180 |            |            |           |            | 153.0<br>4308S<br>4 |            |            | 0019.0<br>99900 | البوتان                                   |
| 0003.0<br>40430 |            |            |           |            | 2308.0<br>05233     |            |            | 0019.0<br>99900 | n-بوتان                                   |
| 0000.0<br>02448 |            |            |           |            | 0692.0<br>19794     |            |            | 0004.0<br>99975 | i-بنتان                                   |

|        |  |  |  |  |        |  |  |        |          |
|--------|--|--|--|--|--------|--|--|--------|----------|
| 0000.0 |  |  |  |  | 0694.0 |  |  | 0004.0 | n-بنتان  |
| 00589  |  |  |  |  | 80324  |  |  | 99975  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0834.0 |  |  | 0005.0 | n-هيكسان |
| 00000  |  |  |  |  | 72642  |  |  | 99970  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0695.0 |  |  | 0004.0 | البنزين  |
| 00000  |  |  |  |  | 60398  |  |  | 99975  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0139.0 |  |  | 0000.0 | التولين  |
| 00000  |  |  |  |  | 12204  |  |  | 99995  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0069.0 |  |  | 0000.0 | p-زيلين  |
| 00000  |  |  |  |  | 56102  |  |  | 49998  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0695.0 |  |  | 0004.0 | n-هبتان  |
| 00000  |  |  |  |  | 61020  |  |  | 99975  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0139.0 |  |  | 0000.0 | n-أوكتان |
| 00000  |  |  |  |  | 12205  |  |  | 99995  |          |

كما يمكن إدراكه عن طريق مقارنة الأمثلة الأولى والثانية للمقارنة مع الاختراع الحالي، يسمح نظام الإسالة 1 وفقاً للاختراع الحالي بقدرة أكبر المراد إنتاجها عن طريق امتداد غاز المادة ذو درجة حرارة مرتفعة وضغط عالٍ لأن الممدد الأول 3 يتم وضعه على الجزء العلوي من وحدة التبريد الأولى 11، و12، مقارنةً بنظام الإسالة 201 من المثال الثاني حيث يكون هناك الممدد 3 الذي تم وضعه على الجزء السفلي من وحدة التبريد 110، 11، و12. نتيجة لذلك، يمكن أن يتم تشغيل الضاغط الأول 4 بقدرة متزايدة (أو يمكن زيادة ضغط المخرج من الضاغط الأول 4) بحيث يمكن زيادة ضغط غاز المادة الداخل إلى وحدة الإسالة 21، وبشكل مميز يمكن زيادة الفاعلية لعملية الإسالة في وحدة الإسالة 21.

يوفر نظام الإسالة 1 من النموذج الموضح ميزة إضافية تتمثل في تقليل قدرة التبريد المطلوبة لوحدة التبريد (مما يسمح للمبرد 110 في المثال الثاني للمقارنة بأن يتم حذفه) لأن درجة حرارة غاز المادة تنخفض عن طريق امتداد غاز المادة في الممدد الأول 3 بفضل تحديد موضع الممدد الأول 3 على الجانب العلوي من وحدة التبريد الأولي 11، و12. في نظام الإسالة 1 من النموذج 5 الموضح، يمكن أن يتم حذف وعاء فصل الغاز-السائل (فاصل 213) لإزالة ناتج التكثيف من غاز المادة الذي تم وضعه بين وحدة التبريد والممدد 3.

(تعديل أول من النموذج الأول)

شكل 4 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام ما لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل أول من النموذج الأول. في نظام الإسالة الموضح في شكل 4، تشير الأجزاء المناظرة لتلك اجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة 10 باستثناء الأمور التي ستتم مناقشتها فيما يلي.

في نظام الإسالة من النموذج الأول، يتم استخدام نظام تبريد تعاقبي باستخدام الميثان والإيثيلين لمواد التبريد. يتم تشكيل المبادل الحراري الرئيسي باستخدام مبادل حراري بالميثان 21 ومبادل حراري بالإيثيلين 21ب حيث يتكون كل منهما من مبادل حراري من نوع ذو زعانف صفائحية، بدلاً 15 من المبادل الحراري ذو اللفات الحلزونية (وحدة إسالة 21) من النموذج الأول.

يحدد المبادل الحراري بالميثان 21أ منطقة دافئة ذات وحدة تحويل حرارية أولي 61 تستقبل مادة تبريد بالميثان (C1R) ذات ضغط مرتفع (HP)، منطقة متوسطة ذات وحدة تحويل حراري ثانية 62 تستقبل مادة تبريد بالميثان ذات ضغط متوسط (MP) ومنطقة باردة ذات وحدة تحويل حراري 63 تستقبل مادة تبريد بالميثان ذات ضغط منخفض (LP).

يحدد المبادل الحراري بالإيثيلين 21ب منطقة دافئة لها وحدة تحويل حراري رابعة 64 تستقبل مادة تبريد بالإيثيلين (C2R) ذات ضغط مرتفع (HP)، منطقة متوسطة ذات وحدة تحويل حراري 65 تستقبل مادة تبريد بالإيثيلين ذات ضغط متوسط (MP) ومنطقة باردة ذات وحدة تحويل حراري 66 تستقبل مادة تبريد بالإيثيلين ذات ضغط منخفض (LP).

- يتم إدخال غاز المادة الذي تم فصله على صورة الجزء العلوي في وحدة التقطير 15 في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L6، وتبريده باستخدام وحدة تحويل حراري سابعة 22 تم وضعها على المنطقة الدافئة والمنطقة المتوسطة في المبادل الحراري بالإيثيلين 21ب. يتم تقديم غاز المادة المضغوط بالضاغط الأول 4 في المبادل الحراري بالإيثيلين 21ب عن طريق الخط L10. يتم إدخال غاز المادة الذي يتدفق في الخط L10 في وحدة تحويل حراري ثامنة 67 تم وضعها على المنطقة المتوسطة والمنطقة الباردة من المبادل الحراري بالإيثيلين 21ب في مرحلتين. يتم إدخال غاز المادة الذي تم طرده من المبادل الحراري بالإيثيلين 21ب في وحدة تحويل حراري تاسعة 68 تمتد من المنطقة الدافئة إلى المنطقة الباردة من المبادل الحراري بالإيثان 21أ المراد تبريدها في المنطقة الدافئة، المنطقة المتوسطة والمنطقة الباردة في ثلاث مراحل.
- 10 في نظام الإسالة 1 من التعديل الأول من النموذج الأول من الاختراع الحالي، يمكن الحصول على ميزة في وسيلة تغير نقطة خط الاتصال L10 للمبادل الحراري الرئيسي (نقطة إدخال غاز المادة في المبادل الحراري بالإيثيلين 21ب) بفضل استخدام المبادل الحراري ذو الزعانف الصفائحية باعتباره المبادل الحراري الرئيسي. وبالتالي، حتى عندما يرتفع مستوى درجة الحرارة لغاز المادة الذي يتدفق خلال الخط L10 مع الضغط الخاص به، عن طريق تغيير نقطة إدخال غاز المادة في المبادل الحراري اعتماداً على مستوى درجة حرارة غاز المادة (أو عن طريق جعل درجة الحرارة للمادة قريبة من درجة الحرارة عند نقطة الإدخال في المبادل الحراري)، يمكن تقليل الحمل الحراري على المبادل الحراري، ويمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة.
- (تعديل ثانٍ، وثالث، ورابع للنموذج الأول)
- الأشكال 5، 6، و7 عبارة عن مخططات توضح سير عملية الإسالة في أنظمة مخصصة لإسالة الغاز الطبيعي المقدم باعتباره تعديل ثانٍ، وثالث، ورابع من النموذج الأول، على الترتيب. في أنظمة الإسالة الموضحة في الأشكال 5، 6، و7، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول (وكذلك التعديلات الأخرى) بالأرقام المماثلة وتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

- كما هو موضح في الشكل 5، في نظام الإسالة 1 من التعديل الثاني، يتم تقديم المبادل الحراري 69 بين الخط L4 والخط L9. وهكذا، يتم تسخين غاز المادة الذي تم فصله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 على صورة مكون ذو طور غازي ويتدفق من خلال الخط L9 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق من وحدة التبريد 12 إلى وحدة التقطير 15 عن طريق الخط L4، قبل إدخاله في الضاغط الأول 4. يتم إدخال غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول 4 في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L10. يتم توصيل الطرف السفلي من الخط L10 بنظام مجموعة الأنابيب 30 الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 التي تظهر أعلى درجة حرارة في وحدة الإسالة 21. يشكل نظام مجموعة الأنابيب 30 مجموعة أنابيب تم وضعها في المنطقة الدافئة Z1 بصورة متصلة مع نظام مجموعة الأنابيب 22 حيث يتم إدخال الجزء العلوي من وحدة التقطير 15، ونظام مجموعة الأنابيب 42 ونظام مجموعة الأنابيب 51 حيث تتدفق مادة تبريد مختلطة من خلاله.
- بفضل هذا الترتيب، في التعديل الثاني من النموذج الأول، حتى عندما ينبغي أن يكون مستوى درجة الحرارة لغاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L10 أقل من النطاق الملائم، يمكن أن ترتفع درجة حرارة غاز المادة إلى مستوى ملائم عن طريق التبادل الحراري في المبادل الحراري 69. بمعنى آخر، في التعديل الآخر من النموذج الأول، يمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة في الخط L10 بعد الضغط قريبة من درجة الحرارة عند نقطة الإدخال (نظام مجموعة الأنابيب 30) في وحدة الإسالة 21 (وبشكل مفضل مع انحراف أقل من 10 درجات مئوية) بحيث يمكن تقليل الحمل الحراري على وحدة الإسالة 21 (أو يمكن تقليل إنتاج الاجهاد الحراري إلى الحد الأدنى).
- يمكن أن يتم بحرية تغيير ترتيب المبادل الحراري 69 في التعديل الثاني طالما أن درجة حرارة غاز المادة في الخط L10 بعد الضغط يمكن جعلها قريبة من درجة الحرارة عند نقطة الإدخال لوحدة الإسالة 21. على سبيل المثال، في نظام الإسالة 1 من التعديل الثالث الموضح في الشكل 6، يتم توفير المبادل الحراري 69 بين الخط L4 والخط L10. يتم تبريد غاز المادة المضغوط بالضاغط الأول 4 ويتدفق خلال الخط L10 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة المتدفق خلال الخط L4 قبل إدخاله في وحدة الإسالة 21. في التعديل الثالث، لأن غاز المادة الذي تم تسخينه

- بالمبادل الحراري 69 تم إدخاله في وحدة الإساءة 21 دون تدخل وسيلة مثل الضاغط الأول 4، يمكن التحكم في درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإساءة 1 بسهولة.
- كما هو موضح في الشكل 7، في نظام الإساءة من التعديل الرابع، يتم توفير المبادل الحراري 69 بين الخط L4 والخط L6. وبالتالي، يتم تسخين غاز المادة الذي تم فصله كجزء علوي من وحدة التقطير 15 ويتدفق من خلال الخط L6 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق خلال الخط L4، قبل إدخاله في وحدة الإساءة 21 (نظام مجموعة الأنابيب 22). على وجه التحديد، في التعديل الرابع، حتى عندما يتكون غاز المادة من الغاز الطبيعي (غاز ضعيف) يحتوي على مستوى منخفض نسبياً من مكونات أثقل (هيدروكربونات أعلى) كما هو موضح في الجدول 1، ويمكن أن تقع درجة حرارة غاز المادة الذي يتدفق خلال الخط L6 بعد خطوة التقطير أدنى النطاق الملائم، يمكن أن يتم رفع درجة حرارة غاز المادة إلى مستوى ملائم عن طريق التبادل الحراري في المبادل الحراري 69.

(تعديل خامس من النموذج الأول)

- شكل 8 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إساءة في نظام لإساءة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل خامس من النموذج الأول. في نظام الإساءة الموضح في الشكل 8، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإساءة 1 من النموذج الأول (بما في ذلك تعديلات منه) بالأرقام المناظرة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.
- يعد التعديل الخامس مماثلاً للتعديل الرابع، ولكنه يتضمن أيضاً مبادل حراري 79 تم تقديمه بين الخط L9 والخط L10. بعد تقديم مبرد خامس 80 باستخدام مادة تبريد بالبروبان (C3R) منخفضة الضغط (LP) أيضاً في الخط L10. نتيجة لذلك، يتم تبريد غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق خلال الخط L9 قبل إدخاله في وحدة الإساءة 21. يتم توصيل الطرف السفلي من الخط L10 بنظام مجموعة الأنابيب 31 الذي تم وضعه في المنطقة المتوسطة Z2.

في التعديل الخامس، يمكن أن يتم إدخال غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 في المنطقة المتوسطة Z2. وبالتالي، يمكن أن تتكون مجموعة الأنابيب في المنطقة الدافئة Z1 باستخدام ثلاثة

- أنظمة لمجموعة الأنابيب 22، 42 و 51، ويمكن أن تتكون مجموعة الأنابيب في المنطقة المتوسطة Z2 باستخدام ثلاثة أنظمة لمجموعة الأنابيب 31، 43، و 52. نتيجة لذلك، في التعديل الخامس، عند تشكيل وحدة الإسالة 21 باستخدام المبادل الحراري ذو اللفات الحلزونية، يمكن أن يتم تحسين ترتيب أنظمة مجموعة الأنابيب في المنطقة الدافئة Z1 والمناطق المتوسطة Z2 (عن طريق نشر أنظمة مجموعة الأنابيب بصورة منتظمة بين المناطق المختلفة) مقارنةً بالترتيب من التعديل الرابع بحيث يتم منع حجم وحدة الإسالة 21 من أن يصبح كبيراً بصورة مفرطة. يستخدم المبرد الخامس 80 مادة تبريد بالبروبان بصورة مماثلة للمبردات الأولى والثانية 11 و 12 في النموذج الموضح، ولكن يمكن أن يستخدم أيضاً أشكال أخرى من مبردات بالهواء المبرد أو الماء المبرد.
- 10 (تعديل سادس من النموذج الأول)
- شكل 9 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل سادس من النموذج الأول من الاختراع الحالي. يوضح الجدول 4 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيب المولارية من الغاز الطبيعي المراد إسالته عند كل من النقاط المختلفة في نظام الإسالة من التعديل السادس على سبيل المثال. يوضح جدول 5 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيب من مادة التبريد في دورة التبريد لمادة التبريد المختلطة المستخدمة في نظام الإسالة على سبيل المثال. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 9، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول (بما في ذلك تعديلات منه) بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي ستتم مناقشتها فيما يلي.
- كما هو موضح في الشكل 9، يعد نظام الإسالة 1 من التعديل السادس مماثلاً لذلك النظام من التعديلات الثانية إلى الرابعة باستثناء الاختلاف في تركيبة غاز المادة ووجود (أو غياب) المبادل الحراري 69. يتم توصيل الخط L10 في هذه الحالة بنظام مجموعة الأنابيب 31 تم وضعها في المنطقة المتوسطة Z2 من وحدة الإسالة 21. يوضح شكل 9 أيضاً هيكل نظام دورة تبريد 70 باستخدام مواد تبريد مختلطة تم توفيرها في نظام الإسالة 1. يتكون غاز المادة في هذه الحالة من الغاز الطبيعي (غاز غني) ذو مستويات مرتفعة نسبياً من المحتويات الأثقل (هيدروكربونات أعلى) كما هو موضح في الجدول 4. عن طريق ضبط امتداد غاز المادة بصورة ملائمة في الممدد الأول
- 20
- 25

3، يمكن أن يكون الجزء العلوي من وحدة التقطير 15 ضغط منخفض نسبياً (حوالي 3300 كيلوباسكال أمبير) مقارنةً بالنموذج الأول. نتيجة لذلك، مقارنةً بعملية الإسالة للغاز الضعيف مثل الذي تم مناقشته بالاتصال بالنموذج الأول، يمكن أن يتم استخلاص سائل الغاز الطبيعي عند فاعلية مرتفعة نسبياً (حوالي 89% من البروبان، وحوالي 100% من البوتان، على سبيل المثال) عن طريق الخط L5 المتصل بالطرف السفلي من وحدة التقطير 15.

5

في نظام دورة التبريد 70، يتم ضغط مادة التبريد المختلطة ذات الضغط المنخفض نسبياً (حوالي 320 كيلوباسكال أمبير) الخارجة من وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L17 (مرحلة أولى) عن طريق ضاغط مادة تبريد أولى 17، تم تبريدها بمبرد بيني أول 27، تم ضغطها (مرحلة ثانية) عن طريق ضاغط مادة تبريد ثانٍ 18، تم تبريدها بمبرد بيني ثانٍ 28، تم ضغطها (مرحلة ثالثة) عن طريق ضاغط مادة تبريد ثالث 19، وتم تبريدها بمبرد بيني ثالث 29. بعد ذلك، يتم أيضاً تبريد مادة التبريد المختلطة بمجموعة من المبردات بما في ذلك مبردات مادة التبريد الأولى إلى الرابعة 34 إلى 37، ويتم إدخالها في فاصل مادة التبريد 41 عن طريق الخط L12. تقوم مبردات مادة التبريد الأولى إلى الرابعة 34 إلى 37 بتبريد مادة التبريد المختلطة بمراحل عن طريق التبادل الحراري مع مواد التبريد بالبروبان مرتفعة الضغط بصورة فائقة (HHP)، مرتفعة الضغط (HP)، متوسطة الضغط (MP) ومنخفضة الضغط (LP).

10

15

كما تم مناقشته أعلاه، يتم تزويد نظام دورة التبريد 70 بوسائل تبريد مسبق بالبروبان (غير موضحة في الأشكال) لتبريد غاز المادة قبل إدخاله في وحدة الإسالة 21، ويتم استخدام مادة التبريد بالبروبان لتحقيق هذا الغرض. يمكن أيضاً أن يتم استخدام دورة التبريد هذه 70 مع النماذج الأخرى (بما في ذلك تعديلاته).

20 جدول 4

| رقم              | (1)  | (2)  | (3)  | (4)  | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  | (9)  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| جزء ذو طور بخاري | 00.1 | 97.0 | 00.1 | 00.0 | 86.0 | 00.0 | 00.1 | 00.1 | 00.0 |

|                                           |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| درجة حرارة [م]                            | 0.20 | -    | -    | .101 | -    | -    | -    | -    | -     |
|                                           | 2.15 | 3.49 | 7    | 6.71 | 6.71 | 6.71 | 6.71 | 1.27 | 1590  |
| ضغط<br>[كيلوباسكال]                       | 7000 | 3470 | 3300 | 3310 | 3000 | 3000 | 3000 | 5752 | 120   |
| معدل التدفق<br>المولاري [كجم<br>مول/ساعة] | 4200 | 4200 | 4570 | 2601 | 4570 | 4    | 4    | 3939 | 3939  |
|                                           | 0    | 0    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 9    | 9     |
| معدل تدفق<br>الكتلة<br>[كجم/ساعة]         | 8036 | 8036 | 8226 | 1341 | 8226 | 38   | 38   | 6695 | 6695  |
|                                           | 79   | 79   | 38   | 05   | 38   | 64   | 64   | 74   | 74    |
| جزء مولاري                                |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
| النيتروجين                                | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 001.0 |
|                                           | 1000 | 1000 | 0940 | 0000 | 0940 | 0152 | 0152 | 1066 | 066   |
| الميثان                                   | 87.0 | 87.0 | 88.0 | 00.0 | 88.0 | 53.0 | 53.0 | 93.0 | 935.0 |
|                                           | 7900 | 7900 | 0344 | 1278 | 0344 | 3997 | 3997 | 5775 | 775   |
| الإيثان                                   | 06.0 | 06.0 | 09.0 | 08.0 | 09.0 | 34.0 | 34.0 | 05.0 | 059.0 |
|                                           | 0900 | 0900 | 8820 | 4051 | 8820 | 5301 | 5301 | 9372 | 372   |
| البروبان                                  | 03.0 | 03.0 | 01.0 | 48.0 | 01.0 | 12.0 | 12.0 | 00.0 | 003.0 |
|                                           | 3600 | 3600 | 9856 | 5204 | 9856 | 0269 | 0269 | 3785 | 785   |
| البوتان                                   | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 10.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 000.0 |
|                                           | 6500 | 6500 | 0034 | 4921 | 0034 | 0231 | 0231 | 0002 | 002   |

|       |      |      |      |      |      |      |      |      |          |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 18.0 | 00.0 | 01.0 | 01.0 | n-بوتان  |
| 000   | 0000 | 0000 | 0051 | 0007 | 5684 | 0007 | 1500 | 1500 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 05.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | i-بنتان  |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 4899 | 0000 | 3400 | 3400 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 03.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | n-بنتان  |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 3908 | 0000 | 2100 | 2100 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 05.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | n-هيكسان |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0055 | 0000 | 3100 | 3100 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | البنزين  |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | التولين  |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | p-زيلين  |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | n-هبتان  |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |          |
| 000.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | n-أوكتان |
| 000   | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 | 0000 |          |

جدول 5

|                  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| رقم              | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) |
| جزء ذو طور بخاري | 29.0 | 00.1 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.0 | 00.1 |

|              |            |            |             |             |              |              |              |                                           |
|--------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------------------|
| -            | -          | -          | -           | -           | 5.34-        | 5.34-        | 5.34-        | درجة حرارة [م]                            |
| 0.37         | .167<br>0  | .160<br>9  | .139<br>5   | 0.135       |              |              |              |                                           |
| 320          | 375        | 4570       | 365         | 5020        | 5950         | 5950         | 5950         | ضغط [كيلوباسكال]                          |
| 6491<br>2    | 1884<br>5  | 1884<br>5  | 4606<br>7   | 4606<br>7   | 4606<br>7    | 1884<br>5    | 6491<br>2    | معدل التدفق<br>المولاري [كجم<br>مول/ساعة] |
| 1688<br>828  | 4009<br>27 | 4009<br>27 | 1287<br>901 | 1287<br>901 | 1287<br>901  | 4009<br>27   | 1688<br>828  | معدل تدفق الكتلة<br>[كجم/ساعة]            |
|              |            |            |             |             |              |              |              | جزء مولاري                                |
| 09.0<br>5000 |            |            |             |             | 048.0<br>433 | 208.0<br>834 | 095.0<br>000 | النيتروجين                                |
| 44.0<br>5000 |            |            |             |             | 370.0<br>959 | 625.0<br>994 | 445.0<br>000 | الميثان                                   |
| 29.0<br>0000 |            |            |             |             | 353.0<br>177 | 135.0<br>564 | 290.0<br>000 | الإيثان                                   |
| 17.0<br>0000 |            |            |             |             | 227.0<br>432 | 029.0<br>607 | 170.0<br>000 | البروبان                                  |
| 00.0<br>0000 |            |            |             |             | 000.0<br>000 | 000.0<br>000 | 000.0<br>000 | البوتان                                   |

|      |  |  |  |  |       |       |       |          |
|------|--|--|--|--|-------|-------|-------|----------|
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-بوتان  |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | i-بنتان  |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-بنتان  |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-هيكسان |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | البنزين  |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | التولين  |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | p-زيلين  |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-هبتان  |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 |  |  |  |  | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-أوكتان |
| 0000 |  |  |  |  | 000   | 000   | 000   |          |

(تعديل سابع من النموذج الأول)

يعد شكل 10 عبارة مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل سابع من النموذج الأول من الاختراع الحالي. يوضح جدول 6 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيب المولارية من الغاز الطبيعي المراد إسالته عند كل من النقاط المختلفة في نظام

الإسالة من التعديل السابع على سبيل المثال. في نظام الإسالة الموضحة في الشكل 10، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول (بما في ذلك تعديلات منه) بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

- 5 في التعديل السابع، يتم استخدام الغاز الغني كغاز المادة بشكل مماثل كما في التعديل السادس، ويعد هذا التعديل مميزاً عندما يتكون غاز المادة بحيث يكون الضغط الحرج منه مرتفعاً نسبياً. في نظام الإسالة 1، يتم توفير مبرد ثالث 86 باستخدام مادة تبريد بالبروبان (C3R) منخفض الضغط (LP) في خط L6 الذي يقوم بتوصيل وحدة التقطير 15 بوعاء فصل الغاز - السائل الأول 23، ويتم توفير مبرد ثانٍ 85 باستخدام مادة تبريد بالبروبان منخفضة الضغط مماثلة في خط L10 الذي يقوم بتوصيل الضاغط الأول 4 بوحدة الإسالة 21. وهكذا، يتم تبريد غاز المادة الخارج من وحدة التقطير 15 للخط L6 باستخدام المبرد الثالث 86، ويتم إدخاله في وعاء الفصل الغاز - السائل الأول 23. وبالتالي، في التعديل السابع، لا يعد غاز المادة المراد إدخاله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 مطلوباً أن يتم تبريده باستخدام وحدة الإسالة 21 (نظام مجموعة الأنابيب 22) المقابل للتعديلات الأخرى مثل التعديل السادس بحيث يمكن تقليل الحمل على عملية الإسالة لوحدة الإسالة 21.
- 15

- يتم تبريد غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 للخط L10 باستخدام المبرد الثاني 85، وبعد ذلك يتم إدخاله في وحدة الإسالة 21. في هذه الحالة، يتم توصيل الطرف السفلي من الخط L10 بنظام مجموعة الأنابيب 30 الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 أو الجزء الأكثر دفئاً من وحدة الإسالة 21. وهكذا، في التعديل السابع، حتى عندما ينبغي أن يتجاوز مستوى درجة الحرارة من غاز المادة نطاق ملائم بفل ضغط غاز المادة، يمكن أن يجعل التبريد في المبرد الثاني 85 درجة حرارة غاز المادة قريبة من مستوى درجة الحرارة للمنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21 بحيث يمكن تقليل الحمل الحراري (الاجهادات الحرارية) على وحدة الإسالة 21.
- 20

#### جدول 6

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| رقم | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|           |           |           |           |           |           |           |           |           |                                     |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| 00.0      | 00.1      | 00.1      | 00.0      | 96.0      | 00.0      | 00.1      | 00.1      | 00.1      | جزء ذو طور بخاري                    |
| - 9.160   | 5.34-     | 6.32-     | 6.32-     | 6.19-     | 8.79      | 6.19-     | 3.10      | 0.20      | درجة حرارة [م]                      |
| 120       | 7601      | 6600      | 6600      | 6670      | 6680      | 6670      | 6830      | 8000      | ضغط [كيلوباسكال]                    |
| 4017 8    | 4017 8    | 4017 8    | 1767      | 4194 5    | 1822      | 4194 5    | 4200 0    | 4200 0    | معدل التدفق المولاري [كجم مول/ساعة] |
| 7244 00   | 7244 00   | 7244 00   | 5159 2    | 7759 92   | 8359 9    | 7759 92   | 8079 98   | 8079 98   | معدل تدفق الكتلة [كجم/ساعة]         |
|           |           |           |           |           |           |           |           |           | جزء مولاري                          |
| 007.0 316 | 007.0 316 | 007.0 316 | 001.0 845 | 007.0 086 | 000.0 025 | 007.0 086 | 007.0 000 | 007.0 000 | النيتروجين                          |
| 901.0 446 | 901.0 446 | 901.0 446 | 551.0 125 | 886.0 689 | 208.0 770 | 886.0 689 | 871.0 400 | 871.0 400 | الميثان                             |
| 056.0 958 | 056.0 958 | 056.0 958 | 135.0 468 | 060.0 265 | 147.0 847 | 0060 265  | 060.0 900 | 0060 900  | الإيثان                             |
| 025.0 140 | 025.0 140 | 025.0 140 | 159.0 919 | 030.0 817 | 220.0 181 | 030.0 817 | 033.0 600 | 033.0 600 | البروبان                            |

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 003.0 | 003.0 | 003.0 | 043.0 | 005.0 | 073.0 | 005.0 | 006.0 | 006.0 | البوتان  |
| 481   | 481   | 481   | 703   | 176   | 071   | 176   | 500   | 500   |          |
| 004.0 | 004.0 | 004.0 | 082.0 | 008.0 | 156.0 | 008.0 | 011.0 | 011.0 | n-بوتان  |
| 925   | 925   | 925   | 213   | 181   | 499   | 181   | 500   | 500   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 018.0 | 001.0 | 066.0 | 001.0 | 003.0 | 003.0 | i-بنتان  |
| 555   | 555   | 555   | 010   | 290   | 143   | 290   | 400   | 400   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 007.0 | 000.0 | 044.0 | 000.0 | 002.0 | 002.0 | n-بنتان  |
| 174   | 174   | 174   | 251   | 472   | 574   | 472   | 100   | 100   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 071.0 | 000.0 | 003.0 | 003.0 | n-هيكسان |
| 004   | 004   | 004   | 412   | 021   | 376   | 021   | 100   | 100   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 011.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | البنزين  |
| 001   | 001   | 001   | 054   | 003   | 515   | 003   | 500   | 500   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | التولين  |
| 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | p-زيلين  |
| 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-هبتان  |
| 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |
| 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-أوكتان |
| 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |

(تعديل ثامن من النموذج الأول)

شكل 33 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثامن من النموذج الأول من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 33، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول (بما في ذلك تعديلاته) بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

5

يعد التعديل الثامن مماثلاً للتعديل الخامس الذي تم مناقشته أعلاه، ولكن تم حذف المبرد الخامس 80 من التعديل الخامس، وتتم إضافة مبادل حراري 100 بين الخط L6 المؤدي من وحدة التقطير 15 والخط L10 المؤدي من الضاغط الأول 4. نتيجة لذلك، يتم تبريد غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 إلى الخط L10 باستخدام غاز المادة (جزء علوي) تم طرده من وحدة التقطير 15 إلى الخط L6، بدلاً من كونه مبرداً باستخدام المبرد الخامس 80، ويتم إدخاله إلى مبادل حراري 79 بشكل مماثل لذلك المبادل من التعديل الخامس. في هذه الأثناء، يتم إدخال غاز المادة الخارج من وحدة التقطير 15 في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L6 بعد التبادل الحراري، وبعد ذلك، يتم تبريده بنظام مجموعة الأنابيب 22. بفضل هذا الترتيب، في التعديل الثامن، يمكن أن يزيد تبريد غاز المادة باستخدام المبرد الخامس 80 كما في النموذج الخامس أو يستبدل بالتبادل الحراري في المبادل الحراري 100. في النموذج الثامن، يتم إزالة المبادل الحراري 69 المستخدم في النموذج الخامس، ولكن من الممكن أيضاً ترتيبه بحيث يتم إدخال غاز المادة الخارج من وحدة التقطير 15 للخط L6 في المبادل الحراري 100 عن طريق المبادل الحراري 69.

10

15

(نموذج ثانٍ)

يعد شكل 11 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج ثانٍ من الاختراع الحالي. يوضح جدول 7 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيب المولارية للغاز الطبيعي المراد إسالته عند كل من النقاط المختلفة في نظام الإسالة من النموذج الثاني على سبيل المثال. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 11، تتم الإشارة للأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول بالأرقام المرجعية ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي ستتم مناقشتها فيما يلي.

20

يتضمن نظام الإسالة 1 من النموذج الثاني كذلك ضاغط رابع 71 لإمداد الغاز ومبرد رابع 72 على الطرف العلوي من الخط L1 لإمداد غاز المادة إلى وحدة إزالة الماء 2. في نظام الإسالة هذا 1، يتم ضغط غاز المادة الذي تم توفيره من الخط L18 باستخدام الضاغط الرابع 71 لإمداد الغاز، وتم تبريده باستخدام المبرد الرابع 72 المتصل بالطرف السفلي منه قبل توفيره في وحدة إزالة الماء 2. 5

في نظام الإسالة هذا 1 من النموذج الثاني، حتى عندما يكون ضغط غاز المادة الذي تم توفيره في نظام الإسالة 1 منخفضاً نسبياً، يمكن أن يتم ضغط غاز المادة إلى ضغط مفضل باستخدام الضاغط الرابع 71 لإمداد الغاز بحيث يمكن أن يتم الحفاظ على غاز المادة الذي تم توفيره من الضاغط الأول 4 لوحدة الإسالة 21 عند مستوى ضغط مرتفع نسبياً (حوالي 6800 كيلوباسكال أمبير في هذه الحالة). على وجه التحديد، يعد نظام الإسالة هذا 1 مناسباً لمعالجة غاز المادة من مصدر ضغط منخفض نسبياً مثل غاز طفلي. 10

أيضاً، لأن نظام الإسالة 1 من النموذج الثاني يمكن أن يحافظ على درجة حرارة غاز المادة الذي تم توفيره من الضاغط الأول 4 لوحدة الإسالة 21 عند مستوى مرتفع نسبياً، بفضل وجود الضاغط الرابع 71 لإمداد الغاز، يمكن أن يتم توصيل الخط L10 بنظام مجموعة الأنابيب 30 الذي تم وضعه في جزء دافئ أو المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21 (نقطة إدخال مادة التبريد المختلطة التي لها نفس مستوى درجة الحرارة إلى حد كبير مثل غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21). وبعد ذلك، يتسبب هذا في جعل غاز المادة يتدفق من نظام مجموعة الأنابيب 30 إلى نظام مجموعة الأنابيب 31 الذي تم وضعه في المنطقة المتوسطة Z2 ومن ثم إلى نظام مجموعة الأنابيب 32 الذي تم وضعه في المنطقة الباردة Z3 المراد إسالته وتبريده بصورة فائقة. 15

وهكذا، في نظام الإسالة 1 من النموذج الثاني، حتى عندما ينبغي أن ترتفع درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21، لأن غاز المادة الذي تم إدخاله في المنطقة الدافئة Z1 (جانب درجة الحرارة المرتفعة) من وحدة الإسالة 21 له مستوى درجة حرارة مماثل، ويمكن تقليل الحمل الحراري (الاجهادات الحرارية) على وحدة الإسالة 21، ويمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة. يمكن أن يتم تصميم نظام الإسالة 1 بحيث يتم إدخال غاز المادة في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21، دون الأخذ في الاعتبار وجود الضاغط الرابع 71 لإمداد الغاز، اعتماداً على مستوى 25

الضغط لغاز المادة. إذا كان غاز المادة مرتفعاً للغاية بحيث تكون درجة حرارة غاز المادة أعلى من المنطقة الدافئة Z1 (جانب درجة حرارة مرتفعة) من وحدة الإسالة 21، يمكن أن يتم تقليل الحمل على وحدة الإسالة 21 عن طريق توفير المبرد الثاني 85 بشكل مماثل كما في النموذج الموضح في الشكل 10.

5 جدول 7

| رقم                                 | (1)             | (2)            | (3)            | (4)             | (5)          | (6)         | (7)         | (8)         | (9)             |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| جزء ذو طور بخاري                    | 00.1            | 999.0<br>26814 | 999.0<br>99155 | 00.0            | 92.0<br>6255 | 00.0        | 00.1        | 00.1        | 00.0            |
| درجة حرارة [م]                      | 14.20           | 64.4-          | 58.42          | 78 175          | -            | 1.65<br>9   | 1.65<br>9   | 38-<br>31   | -<br>55.161     |
| ضغط [كيلوباسكال]                    | 0.7180<br>0     | .4850<br>00    | .4700<br>00    | 0.4705<br>0     | 4400<br>00.  | 4400<br>00. | 440<br>00.0 | 679<br>08.9 | 00.120          |
| معدل التدفق المولاري [كجم/مول/ساعة] | 42000           | 42000          | 45020          | 58.312<br>4899  | 4502<br>0    | 3320        | 417<br>00   | 417<br>00   | 41700           |
| معدل تدفق الكتلة [كجم/ساعة]         | 719619          | 71961<br>9     | 78349<br>5     | 19781           | 7834<br>95   | 8326<br>2   | 700<br>225  | 698<br>733  | 69873<br>3      |
| جزء مولاري                          |                 |                |                |                 |              |             |             |             |                 |
| النيتروجين                          | 0081.0<br>99590 |                |                | 0000.0<br>31631 |              |             |             |             | 0082.0<br>52582 |

|                 |  |  |  |  |                      |  |  |                 |          |
|-----------------|--|--|--|--|----------------------|--|--|-----------------|----------|
| 9566.0<br>25333 |  |  |  |  | 0418.0<br>64778      |  |  | 9499.0<br>52502 | الميثان  |
| 0249.0<br>55530 |  |  |  |  | 0320.0<br>36256      |  |  | 0249.0<br>98750 | الإيثان  |
| 0090.0<br>98899 |  |  |  |  | 1443.0<br>39655      |  |  | 0099.0<br>99500 | البروبان |
| 0007.0<br>95603 |  |  |  |  | 1658.0<br>84716      |  |  | 0019.0<br>99900 | البوتان  |
| 0002.0<br>69470 |  |  |  |  | 2332.0<br>58825      |  |  | 0019.0<br>99900 | n-بوتان  |
| 0000.0<br>01763 |  |  |  |  | 0669.0<br>12683      |  |  | 0004.0<br>99975 | i-بنتان  |
| 0000.0<br>00820 |  |  |  |  | 0671.0<br>12604      |  |  | 0004.0<br>99975 | n-بنتان  |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0806.0<br>13490      |  |  | 0005.0<br>99970 | n-هيكسان |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 57(0.0<br>17778<br>4 |  |  | 0004.0<br>99975 | البنزين  |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0134.0<br>35677      |  |  | 0000.0<br>99995 | التولين  |

|        |  |  |  |  |        |  |  |        |          |
|--------|--|--|--|--|--------|--|--|--------|----------|
| 0000.0 |  |  |  |  | 0067.0 |  |  | 0000.0 | p-زليلين |
| 00000  |  |  |  |  | 17839  |  |  | 49998  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0671.0 |  |  | 0004.0 | n-هبتان  |
| 00000  |  |  |  |  | 78385  |  |  | 99975  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0134.0 |  |  | 0000.0 | n-أوكتان |
| 00000  |  |  |  |  | 35678  |  |  | 99995  |          |

(نموذج ثالث)

شكل 12 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج ثالث من الاختراع الحالي. يوضح جدول 8 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيب المولارية للغاز الطبيعي المراد إسالته عند كل من النقاط المختلفة في نظام الإسالة من النموذج الثالث على سبيل المثال. في نظام الإسالة الموضح في شكل 12، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من أنظمة الإسالة 1 من النماذج الأولى والثانية بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي ستتم مناقشتها فيما يلي.

5

يتضمن نظام الإسالة 1 من النموذج الثالث كذلك ضاغط ثانٍ 75 للضغط الإضافي المتصل بالطرف السفلي من الضاغط الأول 4 بحيث يتم تقديم غاز المادة الذي تم ضغطه باستخدام الضاغط الأول 4 إلى الضاغط الثاني 75 عن طريق خط L10a، وبعد ضغطه أيضاً (إلى حوالي 7000 كيلوباسكال أمبير في هذه الحالة) في الضاغط الثاني 75، يتم تقديمه في وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L10b. يعد الهيكل الداخلي لوحدة الإسالة 21 مماثلاً لذلك الهيكل من النموذج الثاني، ويعد الخط L10b متصلاً بنظام مجموعة أنابيب 30 تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21.

10

في نظام الإسالة 1 من النموذج الثالث، لأن الضاغط الثاني 75 تتم إضافته إلى الطرف السفلي من الضاغط الأول 4، يمكن زيادة ضغط غاز المادة الذي تم تقديمه من الضاغط الثاني 75 إلى وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L10b حتى إلى (ما يصل إلى 7000 إلى 10000 كيلوباسكال أمبير، على سبيل المثال) بحيث يمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة أكثر من ذلك.

15

جدول 8

| رقم                                 | (1)             | (2)         | (3)            | (4)             | (5)          | (6)         | (7)         | (8)         | (9)             |
|-------------------------------------|-----------------|-------------|----------------|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| جزء ذو طور بخاري                    | 00.1            | 00.1        | 999.0<br>98949 | 000             | 92.0<br>5944 | 00.0        | 00.1        | 00.1        | 00.0            |
| درجة حرارة [م]                      | 08.20           | 32.8        | 58.42          | 19.177          | 65-<br>24    | -           | -           | -           | -<br>55.161     |
| ضغط [كيلوباسكال]                    | 0.5830<br>0     | .4850<br>00 | .4700<br>00    | 0.4705<br>0     | 4400<br>00.  | 440<br>00.0 | 440<br>00.0 | 700<br>00.0 | 00.120          |
| معدل التدفق المولاري [كجم مول/ساعة] | 42000           | 42000       | 45020          | 66.312<br>86486 | 4502<br>0    | 333<br>4    | 416<br>86   | 416<br>86   | 41700           |
| معدل تدفق الكتلة [كجم/ساعة]         | 71961<br>9      | 71961<br>9  | 78350<br>4     | 19764           | 7835<br>04   | 835<br>48   | 699<br>948  | 699<br>948  | 69873<br>3      |
| جزء مولاري                          |                 |             |                |                 |              |             |             |             |                 |
| النيتروجين                          | 0081.0<br>99590 |             |                | 0000.0<br>33626 |              |             |             |             | 0082.0<br>60844 |
| الميثان                             | 9499.0<br>52502 |             |                | 0435.0<br>08871 |              |             |             |             | 9566.0<br>67221 |

|                  |  |  |  |  |                 |  |  |                 |          |
|------------------|--|--|--|--|-----------------|--|--|-----------------|----------|
| 0249.0<br>18 311 |  |  |  |  | 0323.0<br>39550 |  |  | 0249.0<br>98750 | الإيثان  |
| 0090.0<br>76200  |  |  |  |  | 1436.0<br>54595 |  |  | 0099.0<br>99500 | البروبان |
| 0007.0<br>93571  |  |  |  |  | 1651.0<br>49865 |  |  | 0019.0<br>99900 | البوتان  |
| 0002.0<br>68518  |  |  |  |  | 2328.0<br>35468 |  |  | 0019.0<br>99900 | n-بوتان  |
| 0000.0<br>01710  |  |  |  |  | 0668.0<br>91831 |  |  | 0004.0<br>99975 | i-بنتان  |
| 0000.0<br>00817  |  |  |  |  | 0670.0<br>93928 |  |  | 0004.0<br>99975 | n-بنتان  |
| 0000.0<br>00000  |  |  |  |  | 0805.0<br>91893 |  |  | 0005.0<br>99970 | n-هيكسان |
| 0000.0<br>00000  |  |  |  |  | 0671.0<br>59786 |  |  | 0004.0<br>99975 | البنزين  |
| 0000.0<br>00000  |  |  |  |  | 0134.0<br>32078 |  |  | 0000.0<br>99995 | التولين  |
| 0000.0<br>00000  |  |  |  |  | 0067.0<br>16040 |  |  | 0000.0<br>49998 | p-زيلين  |

|        |  |  |  |  |        |  |  |        |          |
|--------|--|--|--|--|--------|--|--|--------|----------|
| 0000.0 |  |  |  |  | 0671.0 |  |  | 0004.0 | n-هبتان  |
| 00000  |  |  |  |  | 60391  |  |  | 99975  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0134.0 |  |  | 0000.0 | n-أوكتان |
| 00000  |  |  |  |  | 32079  |  |  | 99995  |          |

(تعديل النموذج الثالث)

شكل 13 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل من النموذج الثالث من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 13، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى الثالث بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي ستتم مناقشتها فيما يلي.

5

في نظام الإسالة من هذا التعديل، تتم إدارة الضاغط الثاني 75 باستخدام محرك كهربائي (محرك كهربائي أول) 81، ويتم التحكم في سرعة المحرك الكهربائي 81 بوحدة تحكم 82 تم تصميمها لإدارة تردد متغير. يستقبل المحرك الكهربائي 81 إمداد خارجي بقدرة كهربائية. يتم التحكم في سرعة المحرك الكهربائي 81 (أو تشغيل الضاغط الثاني 75) وفقاً لقيمة الضغط التي تم الكشف عنها بمقياس الضغط 83 الذي تم توفيره في الخط L10b بحيث يتم الحفاظ على ضغط غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21 عند قيمة ثابتة (أو خلال نطاق ثابت). نتيجة لذلك، يمكن زيادة ضغط غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21 باستخدام الضاغط الثاني 75 بطريقة ثابتة بحيث يتم الحفاظ على درجة حرارة غاز المادة أيضاً خلال نطاق ملائم، ويمكن إجراء عملية الإسالة في وحدة الإسالة 21 بطريقة فعالة وثابتة.

10

(نموذج رابع)

15

شكل 14 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل رابع من الاختراع الحالي. يوضح جدول 9 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيب المولارية من الغاز الطبيعي المراد إسالته عند كل من النقاط المختلفة في نظام الإسالة من النموذج الرابع على سبيل المثال. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 14، تتم الإشارة إلى الأجزاء

المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى الثالث بالأرقام المماثلة وتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي ستتم مناقشتها فيما يلي.

- يتضمن نظام الإسالة 1 من النموذج الرابع كذلك مبرد ثانٍ 85 باستخدام مادة تبريد بالبروبان (C3R) ذات ضغط منخفض (LP) تم توفيرها على الطرف السفلي من الضاغط الثاني 75 من النموذج الثالث الموضح في الشكل 12. يتم ضغط غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 إلى الخط L10a باستخدام الضاغط الثاني 75، ويتم تقديمه إلى المبرد الثاني 85 المراد تبريده به، ويتم إدخاله إلى وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L10c. يعد الهيكل الداخلي من وحدة الإسالة 21 مماثلاً لذلك الهيكل من النموذج الثالث، ويتم توصيل الخط L10c بنظام لمجموعة أنابيب 30 تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21.
- 10 في نظام الإسالة 1 من النموذج الرابع، بفضل ضغط غاز المادة عن طريق الضاغط الثاني 75، حتى عندما ينبغي أن تتجاوز درجة حرارة غاز المادة نطاق ملائم، عن طريق تبريد غاز المادة في المبرد الثاني 85 الذي تم توفيره أسفل الضاغط الثاني 75 باستخدام مادة تبريد بالبروبان ذات ضغط منخفض، يمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من مستوى درجة حرارة المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21 بحيث يمكن أن يتم تقليل الحمل الحراري على وحدة الإسالة 21، ويمكن زيادة فاعلية عملية الإسالة. إذا تم استخدام المبرد الثاني 85 (باستخدام مادة تبريد بالبروبان 15 تظهر قدرة تبريد أعلى من الماء أو الهواء) لتبريد غاز المادة في عملية إعادة التدوير عند زمن تشغيل الضاغط الأول 4، يمكن تحقيق أداء تبريد مُحسّن (أقل من صفر درجة مئوية).

#### جدول 9

| رقم              | (1)  | (2)  | (3)   | (4)  | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  | (9)  |
|------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| جزء ذو طور بخاري | 00.1 | 00.1 | 999.0 | 00 0 | 92.0 | 00.0 | 00 1 | 00.1 | 00.0 |
|                  |      |      | 98949 |      | 5944 |      |      |      |      |

|                  |         |         |         |         |                 |        |        |                 |                                           |
|------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|--------|--------|-----------------|-------------------------------------------|
| 55.161           | 5.340   | 2.654   | 2.654   | 65-24   | 19.177          | 58.42  | 32.8   | 08.20           | درجة حرارة<br>[م]                         |
| 00.120           | 80000.0 | 44000.0 | 44000.0 | 44000.0 | 0.47050         | .47000 | .48500 | 0.58300         | ضغط<br>[كيلوباسكال]                       |
| 41700            | 41686   | 41686   | 3334    | 45020   | 66.31286486     | 45020  | 42000  | 42000           | معدل التدفق<br>المولاري [كجم<br>مول/ساعة] |
| 698733           | 699948  | 699948  | 83548   | 783504  | 19764           | 783504 | 719619 | 719619          | معدل تدفق<br>الكتلة<br>[كجم/ساعة]         |
|                  |         |         |         |         |                 |        |        |                 | جزء مولاري                                |
| 0082.0<br>60844  |         |         |         |         | 0000.0<br>33626 |        |        | 0081.0<br>99590 | النيتروجين                                |
| 9566.0<br>67221  |         |         |         |         | 00435<br>08871  |        |        | 9499.0<br>52502 | الميثان                                   |
| 0249.0<br>18 311 |         |         |         |         | 0323.0<br>39550 |        |        | 0249.0<br>98750 | الإيثان                                   |
| 0090.0<br>76200  |         |         |         |         | 1436.0<br>54595 |        |        | 0099.0<br>99500 | البروبان                                  |
| 0007.0<br>93571  |         |         |         |         | 1651.0<br>49865 |        |        | 0019.0<br>99900 | البوتان                                   |

|                 |  |  |  |  |                 |  |  |                 |          |
|-----------------|--|--|--|--|-----------------|--|--|-----------------|----------|
| 0002.0<br>68518 |  |  |  |  | 02328<br>35468  |  |  | 0019.0<br>99900 | n-بوتان  |
| 0000.0<br>01710 |  |  |  |  | 0668.0<br>91831 |  |  | 0004.0<br>99975 | i-بنتان  |
| 0000.0<br>00817 |  |  |  |  | 0670.0<br>93928 |  |  | 0004.0<br>99975 | n-بنتان  |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0805.0<br>91893 |  |  | 0005.0<br>99970 | n-هيكسان |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0671.0<br>59786 |  |  | 0004.0<br>99975 | البنزين  |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0134.0<br>32078 |  |  | 0000.0<br>99995 | التولين  |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0067.0<br>16040 |  |  | 0000.0<br>49998 | p-زيلين  |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0671.0<br>60391 |  |  | 0004.0<br>99975 | n-هبتان  |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0134.0<br>32079 |  |  | 0000.0<br>99995 | n-أوكتان |

يقارن جدول 10 متطلبات القدرة للمضواغط المختلفة في النموذج الأول إلى الرابع، والأمثلة الأولى والثانية للمقارنة. كما هو موضح في الجدول 10، تعد متطلبات القدرة الإجمالية والقدرات الخاصة من النموذج الأول إلى الرابع أقل من تلك المتطلبات من الأمثلة الأولى والثانية للمقارنة (الفن السابق).

جدول 10

| نموذج رابع | نموذج ثالث | نموذج ثانٍ | نموذج أول | مثال 2 للمقارنة | مثال 1 للمقارنة |                                      |
|------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|
| 3616       | 3616       | 7267       | 3616      | 2493            |                 | ضاغط أول [كيلو<br>وات]               |
| 7099       | 4402       |            |           |                 |                 | ضاغط ثانٍ [كيلو<br>وات]              |
|            |            | 7561       |           |                 |                 | ضاغط رابع [كيلو<br>وات]              |
| 143590     | 148940     | 150350     | 153620    | 155260          | 161680          | ضاغط مادة تبريد<br>مختلطة [كيلو وات] |
| 72769      | 70756      | 68689      | 72247     | 74827           | 76651           | ضاغط بالبروبان<br>[كيلو وات]         |
| 223458     | 224098     | 226600     | 225867    | 233057          | 238331          | الإجمالي [بالكيلو<br>وات]            |
| 8.698      | 8.698      | 8.698      | 8.698     | 7.694           | 698.8           | LNG<br>[طن/ساعة]                     |
| 320        | 321        | 324        | 323       | 335             | 341             | قدرة محددة [كيلو<br>وات/طن]          |

(نموذج خامس)

شكل 15 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل خامس من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 15، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من أنظمة الإسالة 1 من النموذج الأول إلى الرابع بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

5 في نظام الإسالة 1 من النموذج الخامس، بشكل مقابل للنموذج الأول إلى الرابع، لم يتم توصيل الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4 ميكانيكياً بعضها البعض، ولكن يتم توصيله كهربياً ببعضها البعض. يتم توصيل الممدد الأول 3 بمولد كهربى 87 بحيث يتم تحويل القدرة الناتجة عن طريق الممدد 3 إلى قدرة كهربية باستخدام المولد الكهربى 87. يتم إمداد القدرة الكهربائية الناتجة باستخدام المولد الكهربى 87 للمحرك الكهربى 84 لإدارة الضاغط الأول 4. بمعنى آخر، يتم استخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول 3 عن طريق الضاغط الأول 4. يمكن أن تكون القدرة الكهربائية التي تم توفيرها عن طريق المولد الكهربى 87 عبارة عن جزء على الأقل من القدرة الكهربائية المستخدمة لإدارة المحرك الكهربى 84، وعندما يكون هناك نقص في القدرة الكهربائية، يمكن أن يتم استخدام مصدر القدرة الخارجية لزيادة نقص القدرة الكهربائية.

15 في نظام الإسالة 1 من النموذج الخامس، لأنه تم توصيل الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4 كهربياً ببعضها البعض، يمكن زيادة الحرية في نمط تشغيل الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4 عند زمن التشغيل و/أو الإيقاف (هكذا يمكن تشغيل الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4 بشكل فردي، على سبيل المثال).

(نموذج سادس)

شكل 16 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل سادس من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 16، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى الخامس بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

في نظام الإسالة 1 من النموذج السادس، يتم استخدام غاز غني يحتوي على 88% بالمول من الميثان على صورة غاز المادة (بشكل مماثل للتعديل من النموذج السادس، والنموذج السابع

والثامن). في نظام الإسالة هذا، يتم بشكل مباشر إدخال غاز المادة الذي تم فصله كجزء علوي في وحدة التقطير 15 في الضاغط الأول 4 المراد ضغطه بالتالي عن طريق خط L19. بعد ذلك، يتم تبريد غاز المادة بشكل مسبق في نظام مجموعة الأنابيب 22 في المنطقة الدافئة Z1، ويتم تقديمه في وعاء فصل الغاز-السائل الأول 23 عن طريق خط L21.

- 5 يفصل وعاء فصل الغاز-السائل الأول 23 مكون ذو طور سائل (ناتج تكثيف) من غاز المادة، ويتم إعادة تدوير الهيدروكربونات في صورة سائلة تُشكّل مكون ذو الطور السائل في وحدة التقطير 15 عن طريق صمام امتداد 89 تم توفيره في خط L22. في هذه الأثناء، يتم تقديم غاز المادة الذي يتكون بصورة رئيسية من الميثان ويُشكّل مكون ذو الطور السائل في وعاء فصل الغاز-السائل الأول 23 في نظام مجموعة الأنابيب 31 في وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L23.
- 10 في نظام الإسالة 1 من النموذج السادس، لأن وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 تم توفيره على الجانب السفلي من الضاغط الأول 4، ويتم إدخال غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 عن طريق نظام مجموعة الأنابيب 22 الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1، يمكن جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من مستوى درجة حرارة المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21. علاوة على ذلك، لأن غاز المادة تم تبريده في المنطقة الدافئة
- 15 Z1 (نظام مجموعة الأنابيب 22) من وحدة الإسالة 21، وتم إدخال المكون ذو الطور الغازي الخارج من وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 في المنطقة المتوسطة Z2 (نظام مجموعة أنابيب 31)، يمكن جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من مستوى درجة حرارة المنطقة المتوسطة Z2 من وحدة الإسالة 21 بسهولة. أيضاً، لأن غاز المادة الخارج من وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 يمكن وضعه تحت ضغط باستخدام الضاغط الأول 4، يمكن حذف مضخة إعادة التدوير 24 التي تم توفيرها في خط إعادة التدوير (خط L21) الذي يمتد من وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 إلى وحدة التقطير 15 في بعض من النماذج التي تتضمن النموذج الأول.
- 20 عند إسالة غاز المادة في وحدة الإسالة 21، تعد زيادة ضغط المخرج من الضاغط 4 (أو زيادة ضغط غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21) مميزة. على الرغم من ذلك، عند تبريد الجزء العلوي من وحدة التقطير 15 في وحدة الإسالة 21، وفصله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23، ويتم ضغط المكون ذو الطور الغازي المنفصل باستخدام الضاغط الأول 4 قبل إدخاله
- 25

- في وحدة الإسالة 21 كما هي الحالة مع النموذج الأول، لأن درجة حرارة غاز المادة تزداد باستخدام الضاغط الأول 4 السابق لوحدة الإسالة 21، اعتماداً على الظروف المصاحبة للتركيبية، الضغط ومعدل التغذية من غاز المادة، يمكن أن ينحرف مستوى درجة حرارة غاز المادة عن نطاق مناسب للإدخال في وحدة الإسالة 21 بحيث يمكن أن يصبح الحمل الحراري على وحدة الإسالة 21 مفرطاً. يمكن أن يتم حل هذه المشكلة عن طريق تغيير نقطة إدخال غاز المادة في وحدة الإسالة 21، لكن عندما يتكون المبادل الحراري الرئيسي من نوع مثل المبادل الحراري ذو ملفات حلزونية الذي لا يسمح لنقطة الإدخال أن تتغير بسهولة، يمكن ألا تكون هذه هي الحالة. وهكذا، إذا تم تقديم غاز المادة المنفصل باعتباره الجزء العلوي في وحدة التقطير 15 مباشرة إلى الضاغط الأول 4 عن طريق الخط L19 المراد ضغطه، يتم تبريد غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول 4 في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21، ويتم فصل غاز المادة المبرد في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23، ويتم إدخال المكون ذو الطور الغازي المنفصل من غاز المادة في المنطقة المتوسطة Z2 (أسفل المنطقة الدافئة Z1) من وحدة الإسالة 21، كما هي الحالة مع النموذج الحالي، يمكن الحفاظ على درجة حرارة غاز المادة خلال نطاق ملائم (أو يمكن جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من مستوى درجة الحرارة عند نقطة الإدخال من وحدة الإسالة 21).
- 15 (تعديل أول من النموذج السادس)
- شكل 17 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل من النموذج السادس من الاختراع الحالي. يوضح جدول 11 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق والتركيبية المولارية من الغاز الطبيعي المراد إسالته عند كل من النقاط المختلفة في نظام الإسالة من النموذج السادس على سبيل المثال. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 17، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج السادس بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.
- 20 في نظام الإسالة 1 من هذا التعديل، يتم إزالة المبرد الأول 11 المستخدم في النموذج السادس الموضح في الشكل 16، ويتم توفير مبرد ثانٍ 85 باستخدام بروبان منخفض الضغط كمادة تبريد على الجانب السفلي من الضاغط الأول 4. يتم تقديم غاز المادة من الضاغط الأول 4 إلى المبرد الثاني 85 المراد تبريده داخله عن طريق خط L20a، ويتم تقديمه لنظام مجموعة أنابيب 22 تم

وضعه في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L20b المراد تبريده أيضاً قبل إدخاله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 عن طريق الخط L21.

5 في نظام الإسالة من التعديل الأول من النموذج السادس، لأن المبرد الثاني 85 تم تبريده على الجانب السفلي من الضاغط الأول 4، حتى عندما تكون درجة حرارة غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 أعلى من درجة الحرارة في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21، بفضل تأثير التبريد من المبرد الثاني 85 الذي تم استخدامه مع غاز المادة، يمكن جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من مستوى درجة حرارة المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21.

جدول 11

| رقم                                 | (1)    | (2)  | (3)   | (4)    | (5)  | (6)  | (7)  | (8)  | (9)    |
|-------------------------------------|--------|------|-------|--------|------|------|------|------|--------|
| جزء ذو طور بخاري                    | 00.1   | 97.0 | 00.1  | 000    | 00.1 | 82.0 | 00.0 | 00.1 | 00.0   |
| درجة حرارة [م]                      | 00.20  | -    | -     | 46.95  | 18.6 | -    | -    | -    | -      |
|                                     |        | 2.15 | 85.52 |        | -2   | 1.63 | 1.63 | 1.63 | 04.159 |
|                                     |        | 1    |       |        |      | 7    | 7    | 7    |        |
| ضغط [كيلوباسكال]                    | 0.7000 | 3470 | .3300 | 0.3310 | 5335 | 4985 | 498  | 498  | 00.120 |
|                                     | 0      | 10.  | 00    | 0      | 67.  | 67.  | 67.5 | 67.5 |        |
| معدل التدفق المولاري [كجم/مول/ساعة] | 42000  | 4200 | 48048 | 9.2599 | 4804 | 4804 | 864  | 394  | .39400 |
|                                     |        | 0    | 7985. | 4689   | 8.8  | 8.8  | 78.8 | 00   | 01475  |
| معدل تدفق الكتلة [كجم/ساعة]         | 803679 | 8036 | 84928 | 13203  | 8492 | 8492 | 177  | 671  | 67160  |
|                                     |        | 79   | 9     | 3      | 89   | 89   | 669  | 605  | 5      |

|                 |  |  |  |  |                 |  |  |                 |            |
|-----------------|--|--|--|--|-----------------|--|--|-----------------|------------|
|                 |  |  |  |  |                 |  |  |                 | جزء مولاري |
| 0010.0<br>66081 |  |  |  |  | 0000.0<br>00012 |  |  | 0010.0<br>00000 | النيتروجين |
| 9356.0<br>74952 |  |  |  |  | 0026.0<br>90816 |  |  | 8779.0<br>00000 | الميثان    |
| 0559.0<br>44425 |  |  |  |  | 1364.0<br>50252 |  |  | 0609.0<br>00000 | الإيثان    |
| 0072.0<br>99533 |  |  |  |  | 4313.0<br>75809 |  |  | 0336.0<br>00000 | البروبان   |
| 0000.0<br>12789 |  |  |  |  | 1048.0<br>14783 |  |  | 0065.0<br>00000 | البوتان    |
| 0000.0<br>02218 |  |  |  |  | 1857.0<br>42438 |  |  | 0115.0<br>00000 | n-بوتان    |
| 0000.0<br>00002 |  |  |  |  | 0549.0<br>24175 |  |  | 0034.0<br>00000 | i-بنتان    |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0339.0<br>23768 |  |  | 0021.0<br>00000 | n-بنتان    |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0500.0<br>77946 |  |  | 0031.0<br>00000 | n-هيكسان   |
| 0000.0<br>00000 |  |  |  |  | 0000.0<br>00000 |  |  | 0000.0<br>00000 | البنزين    |

|        |  |  |  |  |        |  |  |        |          |
|--------|--|--|--|--|--------|--|--|--------|----------|
| 0000.0 |  |  |  |  | 0000.0 |  |  | 0000.0 | التولين  |
| 00000  |  |  |  |  | 00000  |  |  | 00000  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0000.0 |  |  | 0000.0 | p-زيلين  |
| 00000  |  |  |  |  | 00000  |  |  | 00000  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0000.0 |  |  | 0000.0 | n-هبتان  |
| 00000  |  |  |  |  | 00000  |  |  | 00000  |          |
| 0000.0 |  |  |  |  | 0000.0 |  |  | 0000.0 | n-أوكتان |
| 00000  |  |  |  |  | 00000  |  |  | 00000  |          |

(تعديلات ثانية وثالثة من النموذج السادس)

الأشكال 18 و19 عبارة عن مخططات توضح سير عملية الإسالة في الأنظمة المخصصة لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثانٍ وثالث من النموذج السادس من الاختراع الحالي، على الترتيب. في أنظمة الإسالة الموضحة في الشكل 18 و19، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج السادس (بما في ذلك النماذج والتعديلات الأخرى) بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

كما هو موضح في الشكل 18، يتضمن نظام الإسالة 1 من التعديل الثاني مبادل حراري 69 تم وضعه بين الخط L4 والخط L19 بحيث يتم تسخين غاز المادة الذي تم فصله كجزء علوي في وحدة التقطير 15 وتوصيله من خلال الخط L19 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق من خلال الخط L4 من المبرد 12 إلى وحدة التقطير 15، وبعد ذلك تم إدخاله في الضاغط الأول 4. يتم إدخال غاز المادة الذي تم ضغطه عن طريق الضاغط الأول 4 في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L20. يتم توصيل الطرف السفلي من الخط L20 مع نظام مجموعة الأنابيب 22 الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 أو الجزء الأدفأ من وحدة الإسالة 21.

بفضل هذا الترتيب، في التعديل الثاني، حتى عندما ينبغي أن تقع درجة حرارة غاز المادة الذي تم

إدخاله في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L20 أدنى نطاق درجة حرارة ملائمة، يمكن أن

ترتفع درجة حرارة غاز المادة لمستوى ملائم عن طريق التبادل الحراري في المبادل الحراري 69. بمعنى آخر، يمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة في الخط L20 الذي تم ضغطه قريبة من درجة الحرارة عند نقطة الإدخال (نظام مجموعة الأنابيب 22) في وحدة الإسالة 21 بحيث يمكن تقليل الحمل الحراري (الاجهادات الحرارية) على وحدة الإسالة 21.

- 5 كما هو موضح في الشكل 19، يتضمن نظام الإسالة 1 من التعديل الثالث مبادل حراري 69 تم وضعه بين الخط L4 والخط L20 بحيث يتم تسخين غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4 وتوصيله من خلال الخط L20 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة المتدفق من خلال L4، وبعد ذلك إدخاله في نظام مجموعة الأنابيب الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21. في التعديل الثالث، يتم مباشرة إدخال غاز المادة الذي تم تسخينه في المبادل الحراري 69 في وحدة الإسالة 21 دون تدخل الضاغط الأول 4 بحيث يمكن التحكم في درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21 بسهولة.

يمكن تغيير وضع المبادل الحراري 69 في التعديلات الثانية والثالثة من النموذج السادس بصورة مختلفة دون الابتعاد عن نطاق الاختراع الحالي طالما يمكن أن يتم جعل درجة حرارة غاز المادة في الخط L20 التالي للضغط قريبة من درجة الحرارة عند نقطة الإدخال من وحدة الإسالة 21.

- 15 يعد شكل 20 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل رابع من النموذج السادس من الاختراع الحالي. يوضح جدول 12 درجة الحرارة، الضغط، معدل التدفق، والتركيب المولارية من الغاز الطبيعي المراد إسالتها عند كل من النقاط المختلفة في نظام الإسالة من التعديل الرابع على سبيل المثال. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 20، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج السادس (بما في ذلك التعديلات الأخرى) بالأرقام المماثلة ويتم إزالتها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

يتم تصميم التعديل الرابع ليكون مناسباً عندما يكون لغاز المادة ضغط منخفض نسبياً، ويكون ضغطه الحرج مرتفعاً نسبياً بفضل تركيبة غاز المادة التي يمكن أن تتضمن النيتروجين ومحتويات أثقل، مقارنةً بالنموذج السادس. في نظام الإسالة 1، بشكل مماثل للتعديل الأول من النموذج

السادس، يتم تقديم غاز المادة من الضاغط الأول 4 إلى المبرد الثاني 85 ليتم تبريده داخله عن طريق الخط L20a، ويتم إدخاله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 عن طريق الخط L20b. على الرغم من ذلك، في التعديل الرابع، يتم مباشرة توصيل الخط L20b إلى وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 دون تدخل وحدة الإسالة 21، ويتم تقديم غاز المادة الذي يُشكّل المكون 5 ذو الطور الغازي في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 إلى نظام مجموعة الأنابيب 30 الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 أو الجزء الأدفأ من وحدة الإسالة 21. بفضل هذا الهيكل، في التعديل الرابع، لا يعد من المطلوب تبريد غاز المادة الذي تم إدخاله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 (عن طريق إدخاله في نظام مجموعة الأنابيب 22)، بشكل مقابل للتعديل الأول بحيث يمكن تقليل الحمل على عملية الإسالة من وحدة الإسالة 21.

10 جدول 12

| رقم                                 | (1)        | (2)        | (3)        | (4)       | (5)        | (6)        | (7)       | (8)        | (9)   |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-------|
| جزء ذو طور بخاري                    | 00.1       | 99.0       | 00.1       | 00.0      | 00.1       | 97.0       | 00.0      | 00 1       | 00.0  |
| درجة حرارة [م]                      | 0.20       | 2.4        | -3.22      | -80.0     | -4.6       | -5.34      | -5.34     | -5.34      | -1609 |
| ضغط [كيلوباسكال]                    | 7500       | 5990       | 5500       | 5510      | 6814       | 6749       | 6749      | 6749       | 120   |
| معدل التدفق المولاري [كجم/مول/ساعة] | 4200<br>0  | 4200<br>0  | 4142<br>0  | 1728      | 4142<br>0  | 4142<br>0  | 1146      | 4027<br>4  | 4027  |
| معدل تدفق الكتلة [كجم/ساعة]         | 8079<br>98 | 8079<br>98 | 7572<br>32 | 8321<br>3 | 7572<br>32 | 7572<br>32 | 3237<br>2 | 7243<br>61 | 7243  |

|                 |                 |                 |              |              |              |              |              |              | جزء مولاري |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 0007<br>300     | 007.0<br>300    | 001.0<br>979    | 007.0<br>152 | 007.0<br>152 | 000.0<br>007 | 007.0<br>152 | 007.0<br>000 | 007.0<br>000 | النيتروجين |
| 90.0<br>2252    | 0<br>9022<br>52 | 575.0<br>496    | 893.0<br>213 | 893.0<br>213 | 151.0<br>770 | 893.0<br>213 | 871.0<br>400 | 871.0<br>400 | الميثان    |
| 05.0<br>7123    | 057.0<br>123    | 0<br>1357<br>34 | 0059<br>298  | 0059<br>298  | 149.0<br>029 | 059.0<br>298 | 060.0<br>900 | 060.0<br>900 | الإيثان    |
| 0<br>0246<br>89 | 024.0<br>689    | 151.0<br>884    | 0028<br>208  | 0028<br>208  | 241.0<br>401 | 028.0<br>208 | 033.0<br>600 | 033.0<br>600 | البروبان   |
| 00.0<br>3291    | 003.0<br>291    | 039.0<br>011    | 004.0<br>279 | 004.0<br>279 | 081.0<br>324 | 004.0<br>279 | 006.0<br>500 | 006.0<br>500 | البوتان    |
| 0<br>0045<br>98 | 004.0<br>598    | 071.0<br>862    | 006.0<br>458 | 006.0<br>458 | 172.0<br>432 | 006.0<br>458 | 011.0<br>500 | 011.0<br>500 | n-بوتان    |
| 00.0<br>0552    | 000.0<br>552    | 0<br>0163<br>67 | 000.0<br>989 | 000.0<br>989 | 069.0<br>908 | 000.0<br>989 | 003.0<br>400 | 003.0<br>400 | i-بنتان    |
| 00.0<br>0191    | 000.0<br>191    | 007.0<br>216    | 000.0<br>385 | 000.0<br>385 | 046.0<br>710 | 000.0<br>385 | 002.0<br>100 | 002.0<br>100 | n-بنتان    |

|      |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 00.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 075.0 | 000.0 | 003.0 | 003.0 | n-هيكسان |
| 0005 | 005   | 396   | 015   | 015   | 276   | 015   | 100   | 100   |          |
| 00.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 012.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | البنزين  |
| 0001 | 001   | 056   | 002   | 002   | 142   | 002   | 500   | 500   |          |
| 00.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 0.000 | التولين  |
| 0000 | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 0.000 | p-زيلين  |
| 0000 | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-هبتان  |
| 0000 | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |
| 00.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | 000.0 | n-أوكتان |
| 0000 | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   | 000   |          |

(نموذج سابع)

يعد شكل 21 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل سابع من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 21، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى السادس بالأرقام المماثلة وإزالتها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي ستتم مناقشتها فيما يلي.

5

يعد نظام الإسالة 1 من النموذج السابع مماثلاً لذلك النظام من النموذج السادس، ولكنه يختلف عنه في أنه تم توصيل الممددين (الممدد الأول 3 والممدد الثاني 3ب) بالطرف السفلي من وحدة إزالة الماء 2 بالتوازي مع بعضها البعض. في النموذج السابع، يتم توصيل الممدد الأول 3 والممدد الثاني 3ب بزوج من الضواغط (ضواغط أول 4أ وضواغط ثالث 4ب)، بالترتيب، عن طريق أعمدة مشتركة 5أ، و5ب في كل حالة.

10

كما هو موضح في الشكل 21، يتم تقديم غاز المادة الخارج من وحدة إزالة الماء 2 إلى الممددين الأول والثاني 3أ و3ب عن طريق خطوط ذات صلة L2a و L2b. يتم تقديم غاز المادة الخارج من الممددين الأول والثاني 3أ و3ب إلى المبرد 12 عن طريق الخطوط L3a، و L3b و L3. في هذه الحالة، لأنه يمكن تقليل قدرة التبريد المطلوبة لوحدة التبريد، يتم فقط تبريد مبرد أحادي 12 باستخدام مادة تبريد بالبروبان (C3R) منخفض الضغط (LP).

5

يتم تقديم غاز المادة التي تم فصلها كجزء علوي من وحدة التقطير 15 إلى الضاغط الثالث 4ب عن طريق خط L19 المراد ضغطه. بعد ذلك، يتم تقديم غاز المادة من الضاغط الثالث 4ب إلى نظام مجموعة الأنابيب 22 الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 المراد تبريده داخله عن طريق الخط L20، وبعد ذلك تم إدخاله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 عن طريق الخط

10 L21.

يفصل وعاء الغاز - السائل الأول 23 المكون ذو الطور السائل (ناتج تكثيف) من غاز المادة، وتتم إعادة تدوير المكون ذو الطور السائل الذي تم تشكيله بالهيدروكربونات في صورة سائلة إلى وحدة التقطير 15 عن طريق صمام امتداد 89 تم توفيره في خط L22. في هذه الأثناء، يتم تقديم غاز المادة الذي يُشكل المكون ذو الطور الغازي الذي تم فصله في وعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 للضاغط الأول 4أ عن طريق الخط L24 المراد ضغطه، ويتم إدخال غاز المادة الخارج من الضاغط الأول 4أ في نظام مجموعة الأنابيب 30 تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21 عن طريق خط L25.

15

وفقاً للترتيب من النموذج السابع باستخدام زوج من الممددين 3أ و3ب وزوج من الضواغط 4أ و4ب، حتى عندما يكون لغاز المادة الذي تم توفيره في نظام الإسالة 1 ضغطاً مرتفعاً نسبياً وله ضغط حرج منخفض، يمكن أن يتم ضغط غاز المادة بطريقة ملائمة (دون التسبب في جعل غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة التقطير 15 المراد ضغطه فيما وراء الضغط الحرج) عن طريق استخدام مجموعة من الضواغط 4أ و4ب.

20

(نموذج ثامن)

يعد شكل 22 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل ثامن من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في شكل 22، تتم الإشارة الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى السابع بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

5 يعد نظام الإسالة 1 من النموذج الثامن مماثلاً لذلك النظام من النموذج السادس أو السابع، ولكنه يختلف عنه في أن أول ممددين 3أ و3ب تم توصيلهما في تسلسل، ويتم وضع الفاصل 91 بين أول ممددين 3أ و3ب.

كما هو موضح في الشكل 22، يتم تقديم غاز المادة الخارج من وحدة إزالة الماء 2 إلى الممدد الأول 3أ عن طريق الخط L2 ليمتد داخله، ويتم إدخاله في الفاصل 91 عن طريق الخط L3. يتم تقديم غاز المادة الذي تم فصله على صورة مكون ذو طور غازي في الفاصل 91 إلى الممدد 10 الثاني 3ب عن طريق الممدد الثاني 3ب عن طريق الخط L26 ليمتد داخله، ويتم تقديمه إلى مبرد 12 عن طريق خط L27. في هذه الأثناء، يتم تقديم المكون ذو الطور السائل (ناتج تكثيف) من غاز المادة إلى المبرد 12 عن طريق صمام امتداد 92 تم توفيره في خط L28.

وفقاً للنموذج الثامن، بشكل مماثل للنموذج السابع الذي تم مناقشته أعلاه، حتى عندما يكون لغاز المادة الذي تم توفيره في نظام الإسالة ضغط مرتفع نسبياً وضغط حرج منخفض، يمكن أن يتم ضغط غاز المادة بطريقة ملائمة عن طريق استخدام مجموعة من الضواغط 4أ و4ب.

(تعديلات أولى وثانية من النموذج الثامن)

تعد الأشكال 23 و24 عبارة عن مخططات توضح سير عملية الإسالة في أنظمة لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعدي أول وثاني من النموذج الثامن من الاختراع الحالي، على الترتيب. في أنظمة الإسالة الموضحة في الشكل 23 و24، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الثامن (بما في ذلك نماذج وتعديلات أخرى) بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

كما هو موضح في الشكل 23، يعد نظام الإسالة 1 من التعديل الأول مماثلاً للنموذج الثامن، ولكنه مختلف عنه في أنه يتم توفير المبادل الحراري 69 بين الخط L4 والخط L19. وبالتالي، يتم

تسخين غاز المادة المنفصل كجزء علوي في وحدة التقطير 15 وتوصيله من الخط L19 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق من خلال الخط L4 المؤدي من المبرد 12 إلى وحدة التقطير 15 قبل إدخاله في الضاغط الثالث 4ب. في التعديل الأول، بفضل هذا الترتيب، حتى عندما ينبغي أن تقع درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L20 أدنى نطاق ملائم، يمكن زيادة درجة حرارة غاز المادة بصورة ملائمة عن طريق التبادل الحراري في المبادل الحراري 69.

كما هو موضح في الشكل 24، يعد نظام الإسالة 1 من التعديل الثاني مماثلاً للنموذج الثامن، ولكنه مختلفاً عنه في أنه يتم توفير المبادل الحراري 69 بين الخط L4 والخط L25. وبالتالي، يتم تسخين غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول 4أ وتوصيله من خلال الخط L25 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق من خلال الخط L4 المؤدي من المبرد 12 إلى وحدة التقطير 15 قبل إدخالها في نظام مجموعة الأنابيب 30 الذي تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21. في التعديل الثاني، لأنه تم مباشرة إدخال غاز المادة الذي تم تسخينه في المبادل الحراري 69 في وحدة الإسالة 21 دون تدخل الضاغط الأول 4، يمكن التحكم في درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة بسهولة.

15 يمكن تغيير تحديد موضع المبادل الحراري 69 في التعديلات الأولى والثانية بصورة مختلفة دون الابتعاد عن نطاق الاختراع الحالي طالما يمكن جعل درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21 قريبة من درجة الحرارة عند نقطة الإدخال من وحدة الإسالة 21. (نموذج تاسع)

يعد شكل 25 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم على صورة نظام تاسع من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في شكل 25، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى الثامن بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

يعد نظام الإسالة 1 من النموذج التاسع مميزاً في الترتيبات المماثلة للتعديل الأول من النموذج السادس عندما يكون الضغط الحرج من غاز المادة منخفضاً نسبياً ويمكن أن يكون ضغط غاز

- المادة الخارج من الضاغط الأول 4 لوعاء فصل الغاز - السائل الأول 23 أعلى من الضغط الحرج (أو عندما يكون وعاء فصل الغاز - السائل 23 غير قادر على العمل بصورة ملائمة). في نظام الإسالة هذا 1، يتم تقديم غاز المادة من ضاغط أول 4 لمبرد ثانٍ 85 عن طريق خط L20a لتبريده داخله، وبعد ذلك، يتم تقديمه إلى نظام مجموعة أنابيب 22 تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1 من وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L20b ليتم تبريده كذلك داخله. يتم تقديم غاز المادة الذي تم وصله من خلال الخط L21 إلى الخطوط L22 و L23 المتفرعة من نقطة تفرع الخط L21 واحد أعلى الآخر بحيث تتم إعادة تدوير جزء من غاز المادة في وحدة التقطير 15 عن طريق صمام امتداد 89 تم توفيره في الخط السفلي L22، ويتم إدخال الجزء المتبقي من غاز المادة في نظام مجموعة الأنابيب 31 تم وضعه في المنطقة المتوسطة Z2 من وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط العلوي L23. بفضل هذا الترتيب، يسمح نظام الإسالة 1 من النموذج التاسع بتقليل الحمل على عملية الإسالة في وحدة الإسالة 21.

(تعديل النموذج التاسع)

- يعد شكل 26 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية الإسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل من النموذج التاسع من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 26، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج التاسع بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

- يتضمن نظام الإسالة 1 من هذا التعديل وعاء فصل الغاز - السائل الثاني حيث يتم إدخال غاز المادة الذي تم توصيله من خلال الخط L22 عن طريق صمام امتداد 89. يفصل وعاء فصل الغاز - السائل الثاني 25 المكون ذو الطور السائل من غاز المادة، وإعادة تدوير المكون ذو الطور السائل المنفصل في وحدة التقطير 15 عن طريق صمام امتداد 90 تم توفيره في الخط L30. في هذه الأثناء، يتم تقديم غاز المادة الذي يُشكل المكون من الطور الغازي في وعاء فصل الغاز - السائل الثاني 25 لخط L31 الذي يتصل بالخط L19 بحيث يتم تقديم غاز المادة إلى الضاغط الأول 4 عن طريق صمام امتداد 93 تم توفيره في الخط L31. بفضل هذا الترتيب، يكون لنظام الإسالة 1 من هذا التعديل ميزة ثبات العملية في وحدة التقطير 15.

(نموذج عاشر)

يعد شكل 27 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كنموذج عاشر من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 27، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى التاسع بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

5

يعد نظام الإسالة 1 من النموذج العاشر ممثلاً للنموذج السادس الموضح في الشكل 16، ولكنه ممثلاً للمثال للمقارنة الموضح في الشكل 3 طالما يتعلق الأمر بالجزء العلوي من وحدة التقطير 15. على وجه الخصوص، في نظام الإسالة 1 من النموذج العاشر، يتم تحديد موضع الممدد 3 على الجانب السفلي من وحدة التبريد (ثلاث مبردات 10، 11، و12 في هذه الحالة)، ويتم تقديم غاز المادة الخارج من المبرد 12 للفاصل 13 عن طريق الخط L4a ليتم فصله في الغاز 10 والسائل. يتم تقديم غاز المادة الذي يُشكّل المكون ذو الطور الغازي في الفاصل 13 إلى الممدد 3 عن طريق الخط L4b، وبعد امتداد في الممدد 3، ويتم تقديمه في وحدة التقطير 15 عن طريق الخط L4c. يتم تقديم غاز المادة الذي يُشكّل المكون ذو الطور السائل في الفاصل 13 إلى الخط L4d المزود بصمام امتداد 14. بعد امتداده في صمام الامتداد 14، يتم تقديم المكون ذو الطور السائل في وحدة التقطير 15 عن طريق الخط L4c على طول غاز المادة من الممدد 3.

15

في نظام الإسالة 1 من النموذج العاشر، بفضل هذا الترتيب، عن طريق تحديد موضع الممدد 3 على الجانب السفلي من وحدة التبريد وذلك لتقليل قدرة خرجه، يمكن أن يتم تجنب الارتفاع المفرط في درجة حرارة غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط 4 باستخدام القدرة التي تم توفيرها عن طريق الممدد 3 بحيث يمكن بسهولة جعل درجة حرارة غاز المادة قريبة من درجة الحرارة عند نقطة الإدخال من وحدة الإسالة 21 بسهولة. يمكن أن يتم أيضاً اكتساب الميزة المكتسبة من

20

النموذج السادس دون الأخذ في الاعتبار ترتيب الممدد الأول 3 والمبردات 11 و12 (يتم إزالة المبرد 10 في النموذج السادس). في نظام الإسالة 1 من النموذج العاشر، وبشكل مماثل كما في النموذج الذي تم مناقشته بالاتصال بالنموذج الموضح في الشكل 17، مبرد ثانٍ 85 باستخدام بروبان ذو ضغط منخفض حيث يمكن توفير مادة التبريد بشكل اختياري على الطرف السفلي من الضاغط الأول 4. وبشكل مماثل، كما في النموذج الموضح في الشكل 26، بدلاً من وعاء فصل

25

الغاز - السائل الأول 23، يمكن أن يتم توفير وعاء فصل الغاز - السائل الثاني 25 في نظام الإسالة 1 لاستقبال غاز المادة الذي تم توصيله من خلال الخط L22 عن طريق صمام الامتداد 89. في مثل هذه الحالة، يمكن أن يكون الهيكل المحيط بوعاء فصل الغاز - السائل الثاني 25 (مثل، الخطوط L30 و L31، وصمامات الامتداد 89 و 90) مماثلاً لذلك الذي تم توضيحه في الشكل 26.

5

(تعديلات أولى وثانية من النموذج العاشر)

تعد الأشكال 28 و 29 عبارة عن مخططات توضح سير عملية الإسالة في أنظمة لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل أول وثانٍ من النموذج العاشر من الاختراع الحالي، على الترتيب. في أنظمة الإسالة الموضحة في الأشكال 28 و 29، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج العاشر بالأرقام المماثلة ويتم حذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.

10

كما هو موضح في الشكل 28، يعد نظام الإسالة 1 من التعديل الأول مماثلاً للنموذج العاشر، ولكنه يختلف عنه في أنه يتم توفير المبادل الحراري 69 بين الخط L4a والخط L19a بحيث يتم تسخين غاز المادة الذي تم فصله كجزء علوي في وحدة التقطير 15 وتوصيله من خلال الخط L19 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق من خلال الخط L4a من المبرد 12 إلى الفاصل 13، على الجانب العلوي من الممدد الأول 3، وبعد ذلك، يتم إدخاله في الضاغط الأول 4. بفضل هذا الترتيب، في التعديل الأول، حتى عندما ينبغي أن تقع درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة 21 عن طريق الخط L20 أدنى نطاق ملائم، يمكن الحفاظ على درجة حرارة غاز المادة عند مستوى ملائم عن طريق التبادل الحراري في المبادل الحراري 69.

15

كما هو موضح في الشكل 29، يعد نظام الإسالة 1 من التعديل الثاني مماثلاً للنموذج العاشر، ولكنه يختلف عنه في أنه يتم توفير المبادل الحراري 69 بين الخط L4a والخط L25. وبالتالي، يتم تسخين غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط الأول 4 وتوصيله من خلال الخط L20 عن طريق التبادل الحراري مع غاز المادة الذي يتدفق من خلال الخط L4a المؤدي من المبرد 12 إلى الفاصل 13 قبل إدخاله في نظام مجموعة الأنابيب 22 تم وضعه في المنطقة الدافئة Z1

20

من وحدة الإسالة 21. في التعديل الثاني، لأن غاز المادة الذي تم تسخينه في المبادل الحراري 69 تم إدخاله مباشرة في وحدة الإسالة 21 دون تدخل الضاغط الأول 4، يمكن التحكم في درجة حرارة غاز المادة الذي تم إدخاله في وحدة الإسالة بسهولة.

(نموذج حادي عشر)

- 5 يعد شكل 30 عبارة عن مخطط يوضح سير عملية إسالة في نظام لإسالة الغاز الطبيعي المقدم كتعديل حادي عشر من الاختراع الحالي. في نظام الإسالة الموضح في الشكل 30، تتم الإشارة إلى الأجزاء المناظرة لتلك الأجزاء من نظام الإسالة 1 من النموذج الأول إلى العاشر بالأرقام المماثلة وحذفها من المناقشة التالية باستثناء الأمور التي سيتم مناقشتها فيما يلي.
- 10 يعد نظام الإسالة 1 من النموذج الحادي عشر مماثلاً للنموذج السادس الذي تم مناقشته أعلاه، ولكنه مختلف عنه في أنه يتم توصيل الممدد الأول 3 بالضاغط الأول 4 بشكل مماثل كما في النموذج الخامس الموضح في شكل 15. وبشكل أكثر تحديداً، في نظام الإسالة 1 من النموذج الحادي عشر، لم يتم توصيل الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4 ميكانيكياً ببعضها البعض، ولكن لم يتم توصيلها كهربياً ببعضها البعض. يتم توصيل الممدد الأول 3 بمولد كهربى 87، ويتم تحويل القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول 3 إلى قدرة كهربية عن طريق هذا المولد الكهربى 87. يتم إمداد القدرة الكهربائية الناتجة عن طريق المولد الكهربى 87 للمحرك الكهربى 84 الذي يقوم بإدارة الضاغط الأول 4. بمعنى آخر، يتم استخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول 3 عن طريق الضاغط الأول 4. يمكن أن تكون القدرة الكهربائية التي تم إمدادها عن طريق المولد الكهربى 87 على الأقل عبارة عن جزء من القدرة الكهربائية المستخدمة لإدارة المحرك الكهربى 84، وعندما يكون هناك نقص في القدرة الكهربائية، يمكن استخدام مصدر القدرة الخارجى لزيادة نقص القدرة الكهربائية.
- 20 (تعديلات الممدد والضاغط)

تعد الأشكال 31 و32 عبارة عن مخطط يوضح اختلاف أول وثنان من ترتيب التوصيل الميكانيكي بين الممدد والضاغط في النظام المخصص لإسالة الغاز الطبيعي الذي يمكن استخدامه في مختلف النماذج التي تم مناقشتها أعلاه.

في التباين الموضح في الشكل 31، يتم وضع محرك كهربائي (محرك كهربائي ثانٍ) 84 بين الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4، ويتم التحكم في سرعة المحرك الكهربائي 84 باستخدام وحدة التحكم 82 لمشغل التحكم في التردد المتباين. يستقبل المحرك الكهربائي 84 إمداد قدرة كهربائية من مصدر خارجي. يتم توفير الممدد الأول 3، الضاغط الأول 4 والمحرك الكهربائي 84 على عمود مشترك، ويمكن استخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول 3 عن طريق امتداد غاز المادة لإدارة الضاغط الأول 4. وبالتالي، يمكن تقليل متطلبات القدرة من المحرك الكهربائي 84. وهكذا عن طريق استخدام قدرة المحرك الكهربائي 84 لزيادة القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول 3، يمكن استخدام ضغط المخرج للضاغط الأول 4 بطريقة ثابتة.

في الاختلاف الموضح في الشكل 32، يتم تجهيز أعمدة الممدد الأول 3، والضاغط الأول 4 والمحرك الكهربائي 84 بتروس 96، 97، و98، بالترتيب. يتم تعشيق الترس 96 من الممدد الأول 3 مع الترس 97 من المحرك الكهربائي 84، ويتعشق الترس 97 من المحرك الكهربائي 84 مع الترس 98 من الضاغط الأول 4. وهكذا، يتم توصيل الممدد الأول 3 والضاغط الأول 4 في علاقة إرسال قدرة (متصلة ميكانيكياً) عن طريق المحرك الكهربائي 84. بفضل هذا الترتيب، عن طريق استخدام قدرة المحرك الكهربائي 84 لزيادة القدرة الناتجة عن طريق الممدد الأول 3، يمكن زيادة ضغط المخرج للضاغط الأول 4 بطريقة ثابتة. يمكن أن يتكون ترتيب الاتصال بين الممدد الأول 3، الضاغط الأول 4، والمحرك الكهربائي من أي من آليات التروس المعروفة في حد ذاتها مثل آلية الترس الكوكبي.

تم وصف الاختراع الحالي من حيث النماذج المحددة، ولكن هذه النماذج تعد مجرد أمثلة، ولا تقيد الاختراع الحالي بأي حال من الأحوال. لا تعد المكونات المختلفة من أنظمة الإسالة وطرق الإسالة لإسالة الغاز الطبيعي وفقاً للاختراع الحالي بالضرورة لا غني عنها بشكل كامل، ولكن يمكن استبدالها بصورة مناسبة وحذفها دون الابتعاد عن نطاق الاختراع الحالي.

#### قائمة المصطلحات

نظام إسالة

1

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| وحدة إزالة الماء        | 2          |
| ممدد أول                | 3، 3أ      |
| ممدد ثانٍ               | 3ب         |
| ضاغط أول                | 4، 4أ      |
| ضاغط ثالث               | 4ب         |
| عمود                    | 5          |
| مبرد أول                | 10، 11، 12 |
| وحدة تقطير              | 15         |
| وحدة إسالة              | 21         |
| وعاء فصل غاز - سائل أول | 23         |
| صمام امتداد             | 33         |
| فاصل مادة تبريد         | 41         |
| صمام امتداد             | 44         |
| أنبوب صاعد للرش         | 45         |
| صمام امتداد             | 54         |
| أنبوب صاعد للرش         | 55         |
| مبادل حراري             | 69         |
| ضاغط رابع               | 71         |
| مبرد رابع               | 72         |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| ضابط ثانٍ                    | 75         |
| محرك كهربى (محرك كهربى أول)  | 81         |
| وحدة التحكم                  | 82         |
| مقياس الضغط                  | 83         |
| محرك كهربى (محرك كهربى ثانٍ) | 84         |
| مبرد ثانٍ                    | 85         |
| مبرد ثالث                    | 86         |
| مولد كهربى                   | 87         |
| صمام امتداد                  | 89         |
| فاصل                         | 91         |
| صمام امتداد                  | 92         |
| ترس                          | 96، 97، 97 |
| منطقة دافئة                  | Z1         |
| منطقة متوسطة                 | Z2         |
| منطقة باردة                  | Z3         |

### عناصر الحماية

- 1 - نظام system (1) لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas يقوم بتبريد الغاز الطبيعي natural gas لإنتاج الغاز الطبيعي المسال liquefied natural gas ، حيث يشتمل على:
- وحدة إزالة ماء water removal unit (2) لإزالة الماء من غاز المادة الذي يتم الإمداد به في صورة الغاز الطبيعي natural gas تحت ضغط؛ 5
- ممدد expander أول (3) لتمديد غاز المادة من المزال منه الماء في وحدة إزالة الماء وإنتاج قدرة power عن طريق امتداد غاز المادة؛
- وحدة تبريد cooling unit أولى (11، 12) لتبريد، باستخدام مُبرِّد بروبان propane refrigerant ، غاز المادة منزوع الضغط عن طريق التمديد في الممدد expander الأول؛
- وحدة التقطير distillation unit (15) لتقليل أو للحد من مكون ثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة المبرد عن طريق وحدة التبريد cooling unit الأولى؛ 10
- وعاء فصل غاز-سائل gas-liquid separation vessel أول (23) لتلقي جزء علوي من وحدة التقطير distillation unit وفصل الجزء العلوي إلى مُكوّن طور غازي ومُكوّن طور سائل، يعيد وعاء فصل الغاز-السائل gas-liquid separation vessel الأول تدوير مُكوّن الطور السائل للجزء العلوي إلى وحدة التقطير distillation unit ؛ 15
- ضاغط أول (4) لضغط مُكوّن الطور الغازي للجزء العلوي باستخدام القدرة الناتجة في الممدد expander الأول؛
- ووحدة إسالة liquefaction unit (21) لإسالة غاز المادة المضغوط باستخدام الضاغط الأول عن طريق التبادل الحراري exchanging heat باستخدام مادة تبريد لإنتاج غاز مادة مسال في صورة الغاز الطبيعي المسال liquefied natural gas. 20

- 2- النظام system لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل كذلك على وحدة تبريد cooling unit ثانية (85) موجودة بين الضاغط الأول ووحدة الإسالة لتبريد غاز المادة المضغوط عن طريق الضاغط compressor الأول.

3- النظام system لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas وفقاً لعنصر الحماية 1 أو 2، حيث تشتمل وحدة الإسالة على مبادل حراري heat exchanger ذو ملفات حلزونية، ويتم إدخال غاز المادة الخارج من الضاغط الأول في منطقة دافئة warm region (Z1) من المبادل الحراري heat exchanger ذو ملفات حلزونية الموجود على الجانب الساخن من مبادل حراري heat exchanger ذو ملفات حلزونية.

4- النظام system لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل كذلك على ضاغط ثانٍ (75) تم وضعه بين الضاغط الأول ووحدة الإسالة لضغط غاز المادة الخارج من الضاغط compressor الأول.

10

5 - النظام system لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas وفقاً لعنصر الحماية 4، حيث يشتمل كذلك على وحدة تبريد cooling unit ثانية (85) تم وضعها بين الضاغط الثاني ووحدة الإسالة liquefaction unit لتبريد غاز المادة.

6. النظام system لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل كذلك على: ممدد expander ثانٍ (3ب) تم وضعه بين الممدد expander الأول (3أ) ووحدة التقطير distillation unit لإنتاج قدرة عن طريق امتداد غاز المادة؛ ضاغط ثالث (4ب) تم وضعه بين وحدة التقطير distillation unit والضاغط الأول (4أ) لضغط غاز المادة الذي تم تقطيره عن طريق وحدة التقطير distillation unit باستخدام القدرة الناتجة عن طريق الممدد expander الثاني.

20

7. النظام system لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يكون لغاز المادة المضغوط عن طريق الممدد expander الأول ضغط أعلى من 5171 كيلو باسكال أمبير.

25

8. النظام system لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل كذلك على وحدة تبريد cooling unit ثالثة (86) تم وضعها بين وحدة التقطير distillation unit ووعاء فصل الغاز - السائل الأول لتبريد الجزء العلوي من وحدة التقطير distillation unit .

5

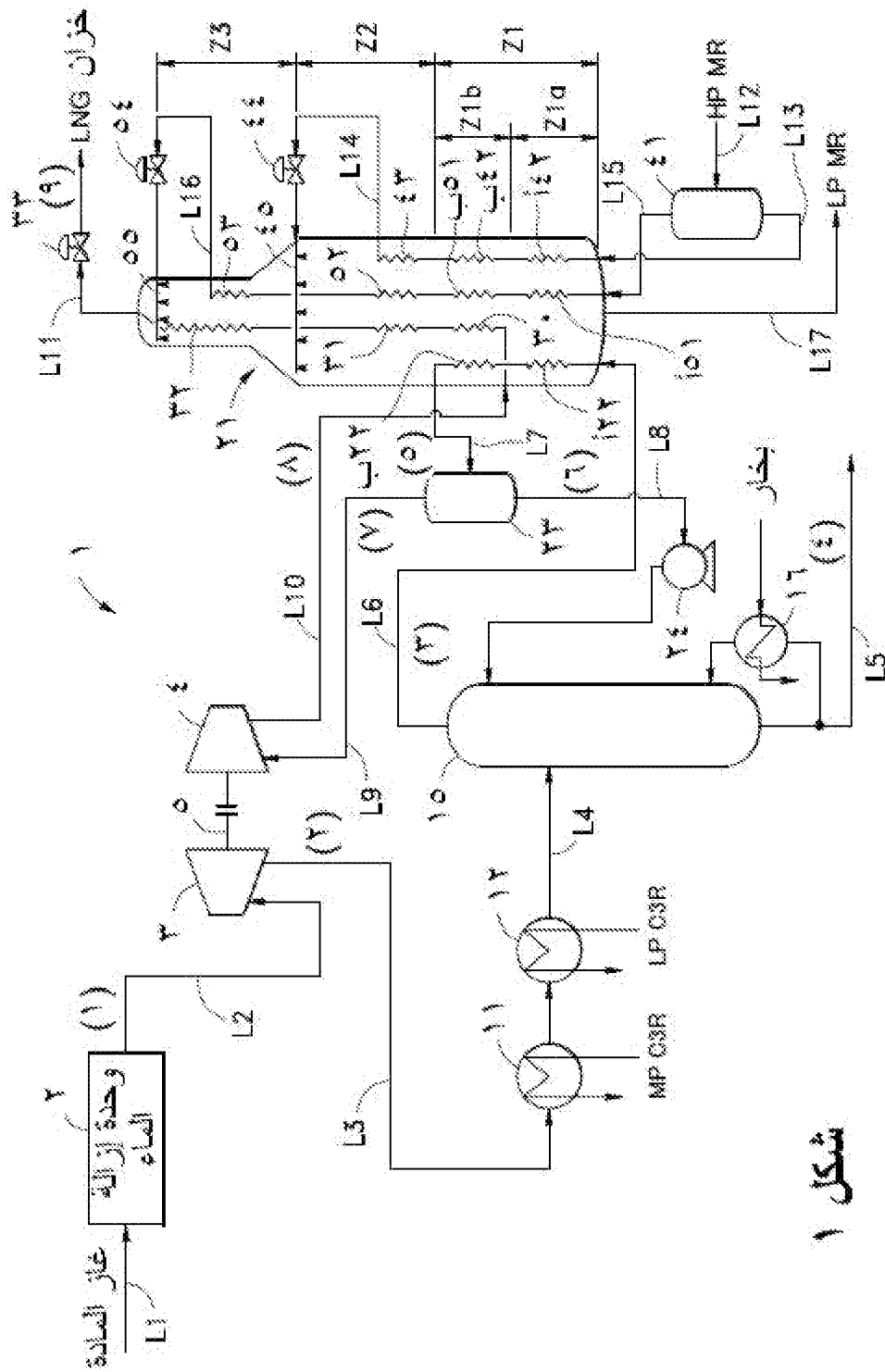
9. طريقة لإسالة الغاز الطبيعي liquefaction of natural gas عن طريق تبريد الغاز الطبيعي لإنتاج الغاز الطبيعي المُسال liquefied natural gas ، حيث تشتمل على:  
خطوة إزالة الماء لإزالة الماء من غاز المادة الذي يتم الإمداد به في صورة الغاز الطبيعي natural gas تحت ضغط؛

10 خطوة إمداد أولى لتمديد غاز المادة المزال منه الماء في خطوة إزالة الماء وإنتاج قدرة عن طريق غاز مادة؛

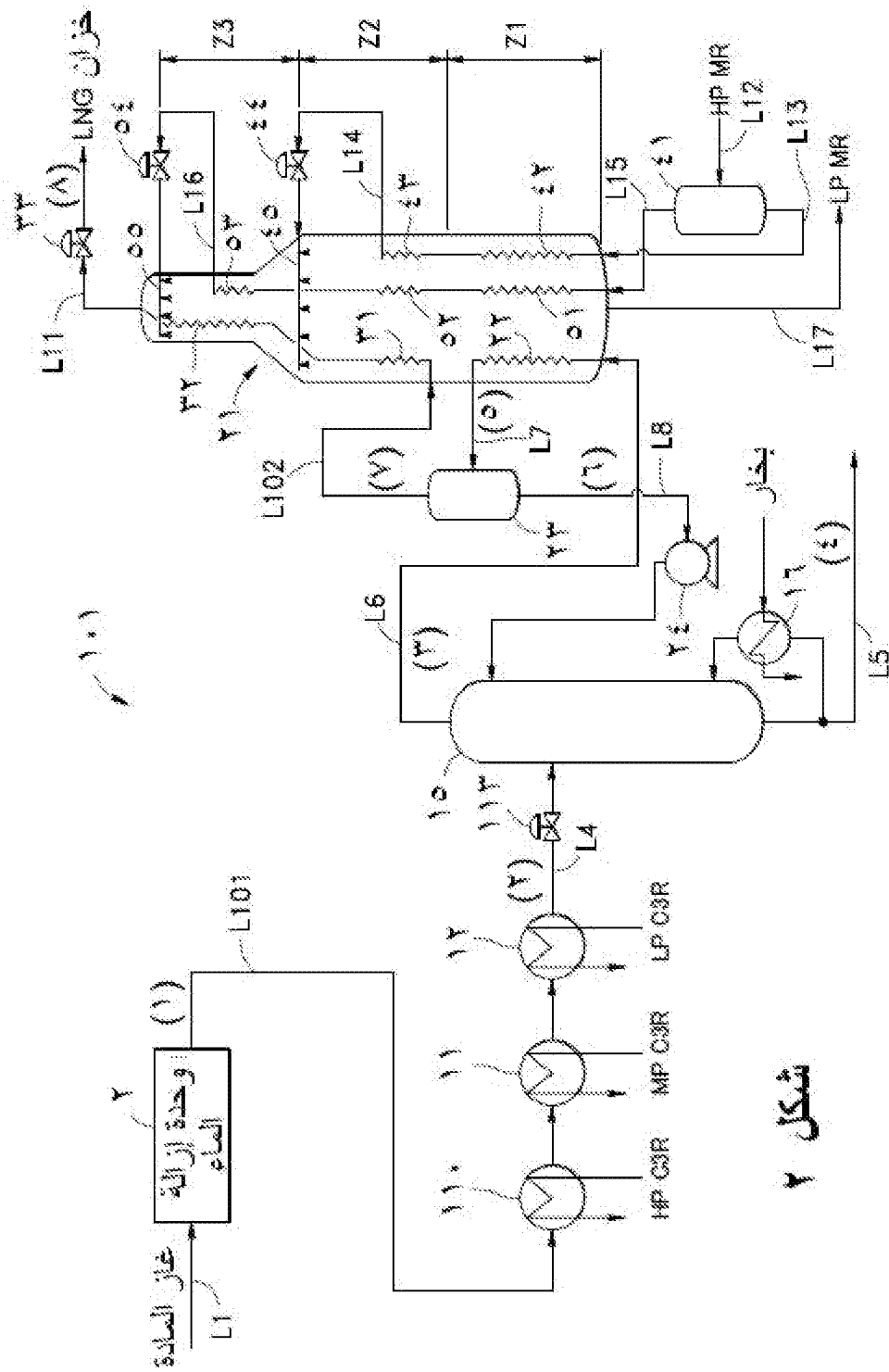
خطوة تبريد أولى لتبريد، باستخدام مُبرّد بروبان propane refrigerant ، غاز المادة منزوع الضغط عن طريق الإمداد في خطوة الإمداد الأولى؛  
خطوة التقطير لتقليل أو لإزالة مكون ثقيل في غاز المادة عن طريق تقطير غاز المادة المبرد في خطوة التبريد الأولى؛

15 خطوة فصل غاز-سائل gas-liquid separation أولى لتلقي جزء علوي من خطوة التقطير وفصل الجزء العلوي إلى مُكوّن طور غازي ومُكوّن طور سائل liquid phase ، تعيد خطوة فصل الغاز-السائل gas-liquid separation الأولى تدوير مُكوّن الطور السائل liquid phase للجزء العلوي إلى خطوة التقطير distillation خطوة الضغط الأولى لضغط مُكوّن الطور الغازي gas phase للجزء العلوي الذي تم فصله في خطوة فصل الغاز-السائل gas-liquid separation الأولى باستخدام القدرة الناتجة في خطوة الإمداد الأولى؛

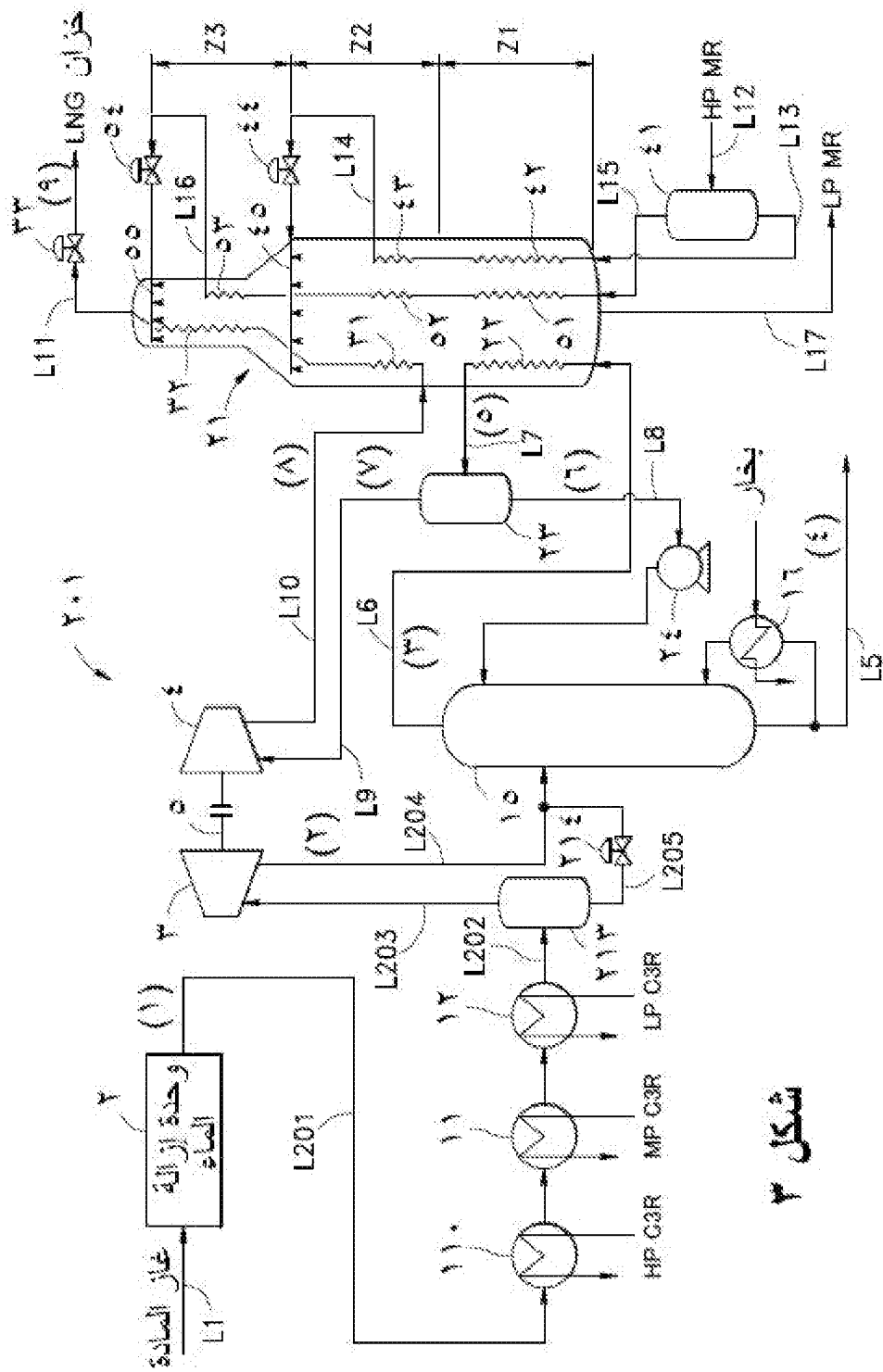
20 خطوة الإسالة لإسالة غاز المادة المضغوط في خطوة الضغط الأولى عن طريق التبادل الحراري exchanging heat مع مادة التبريد لإنتاج غاز المادة المسال في صورة الغاز الطبيعي المسال liquefied natural gas .



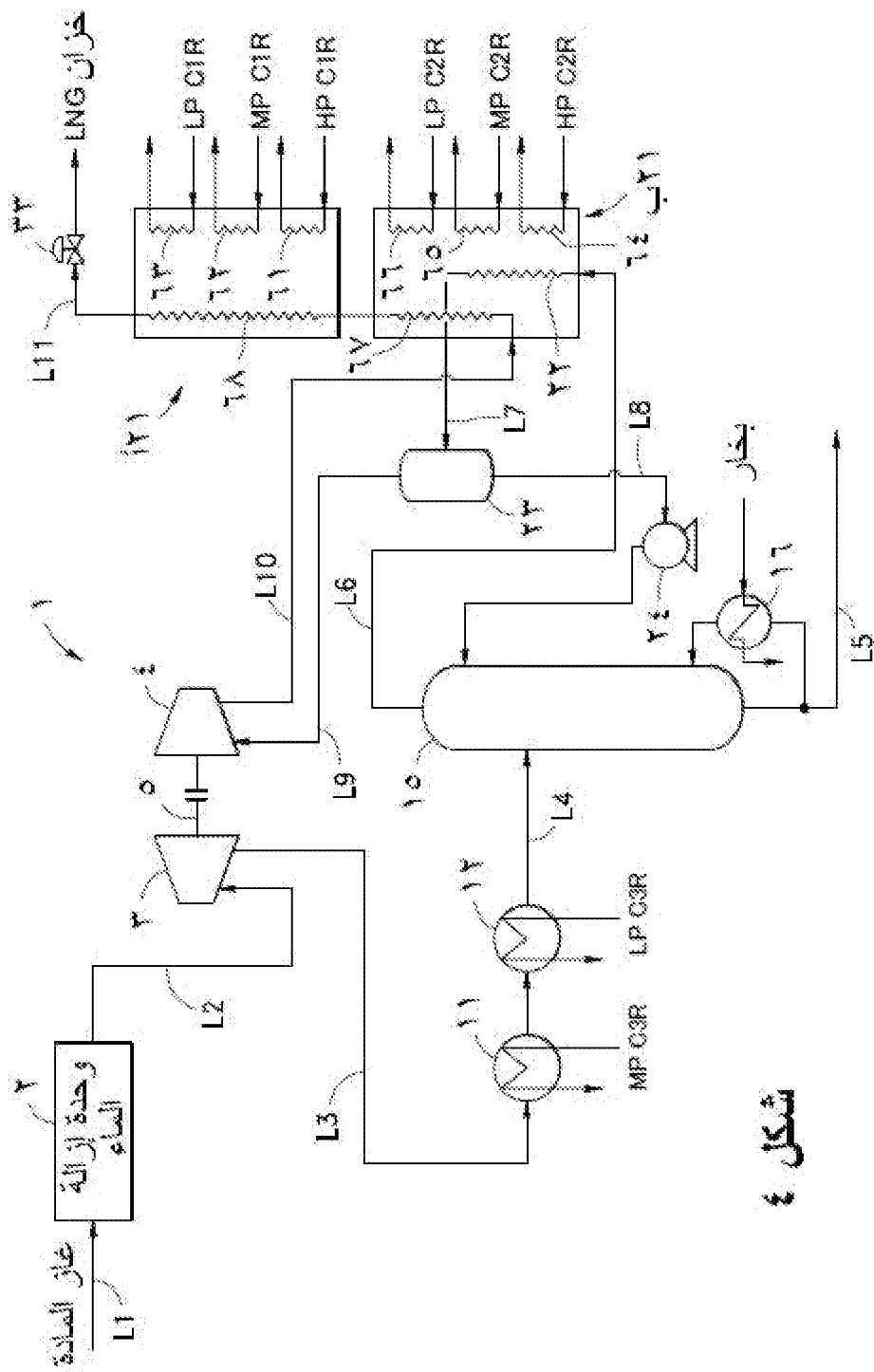
شكل ١



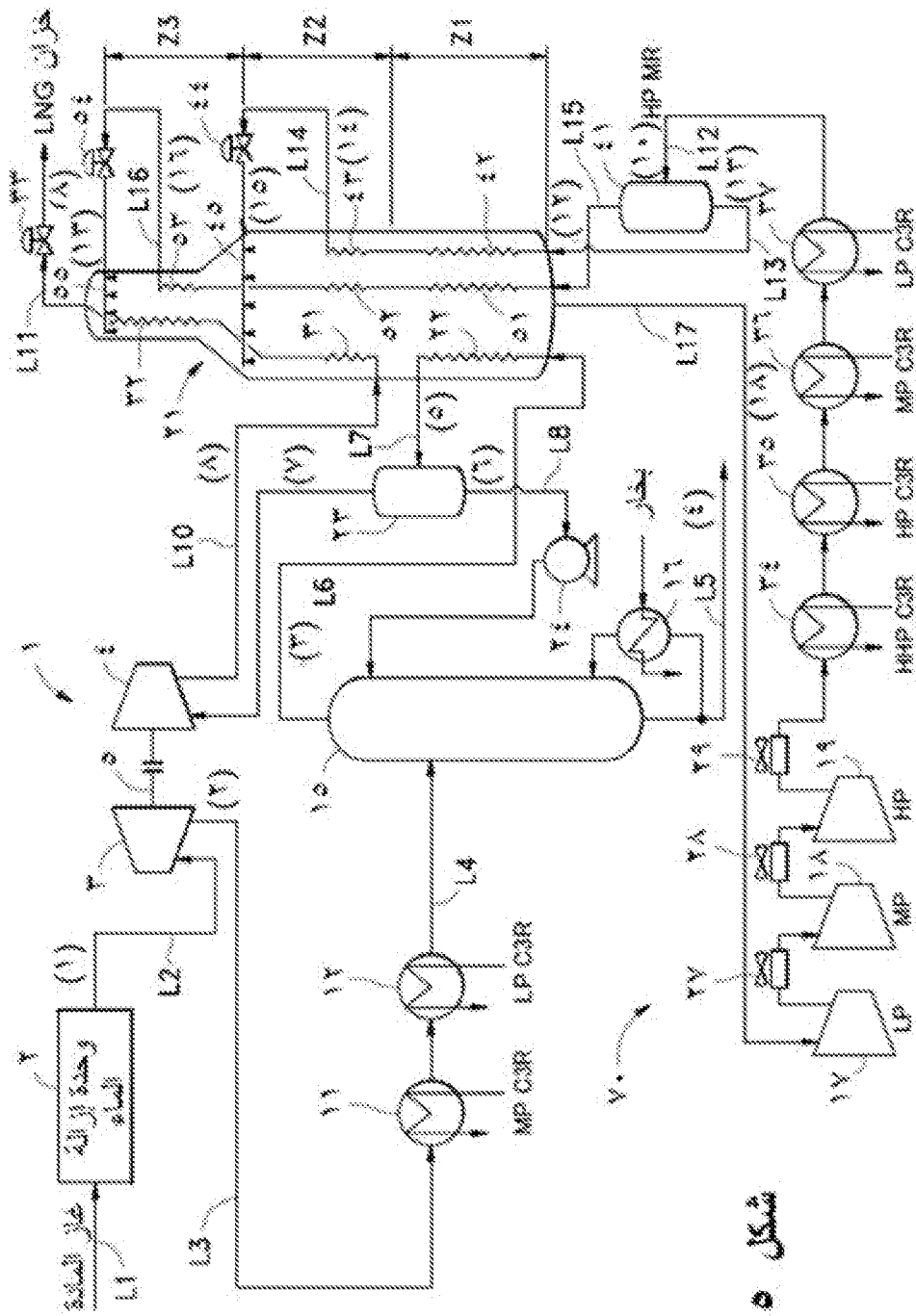
شكل ٢

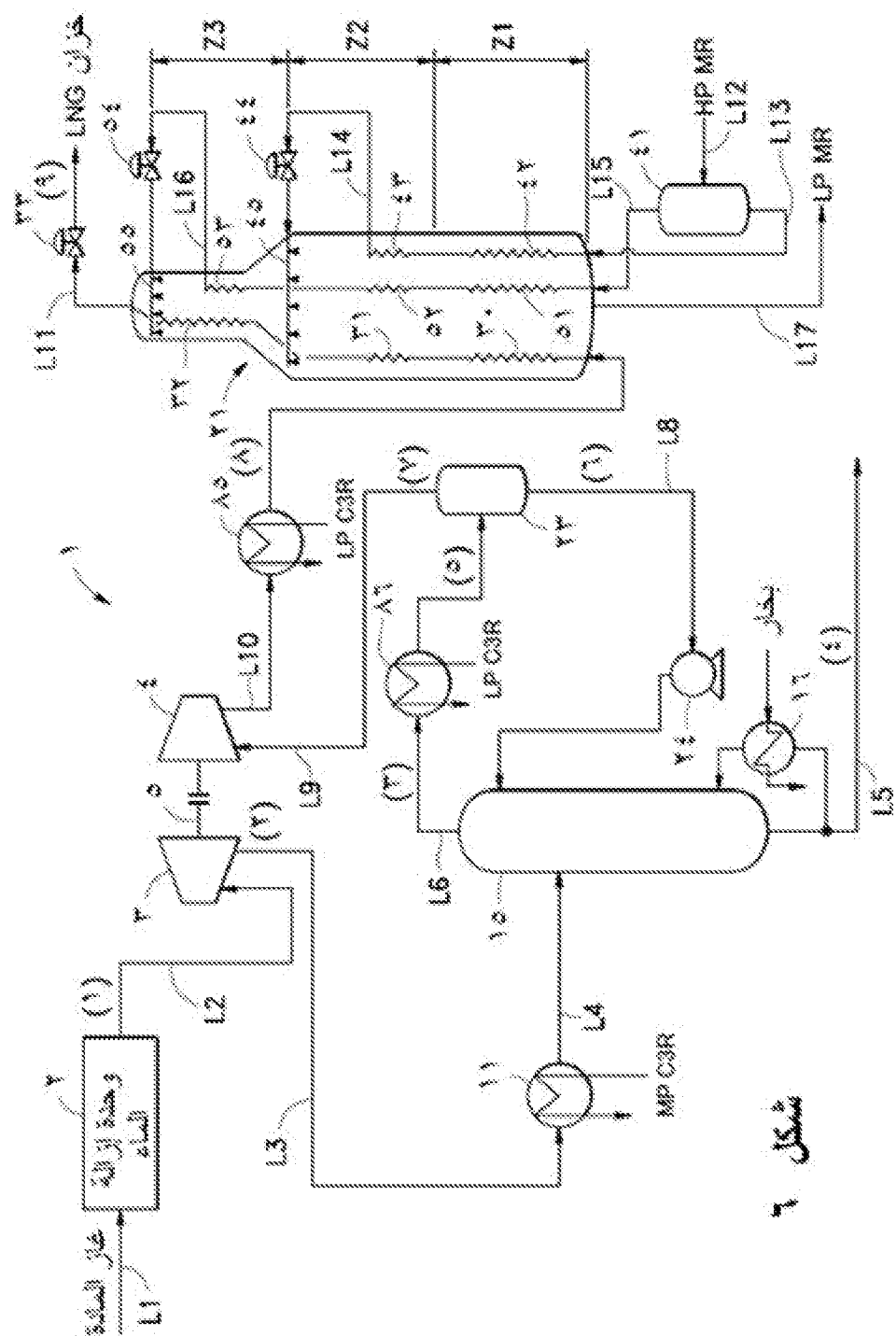


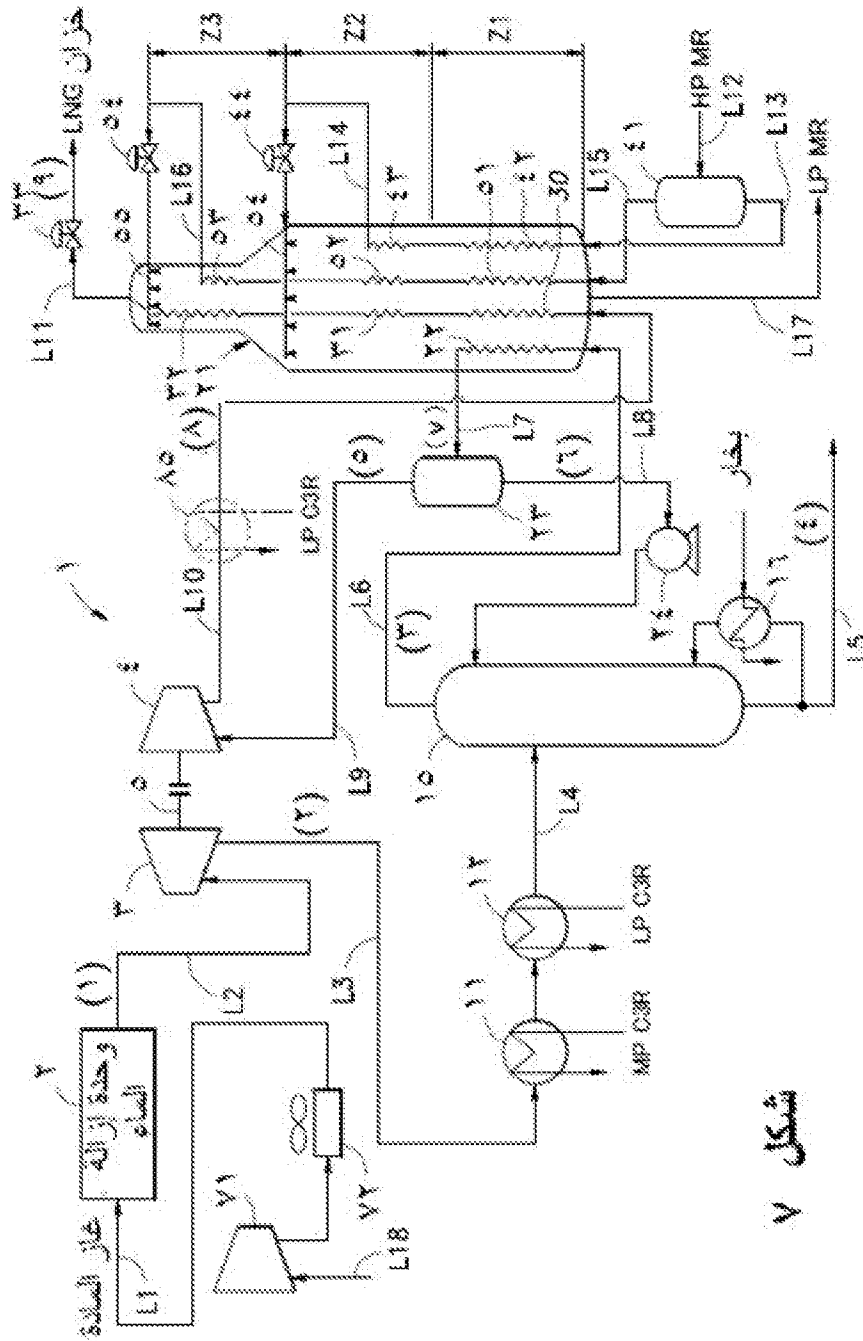
شكل ٣



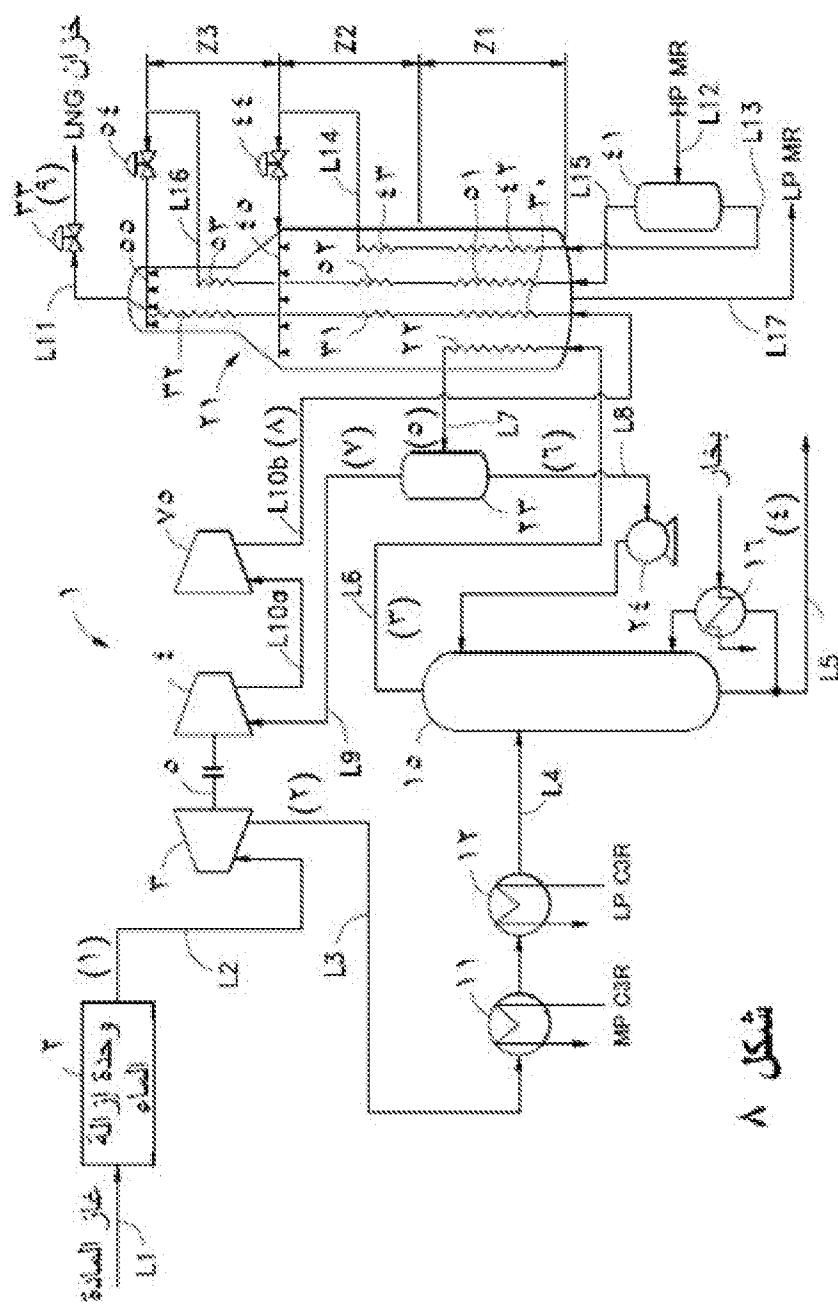
شكل ٤

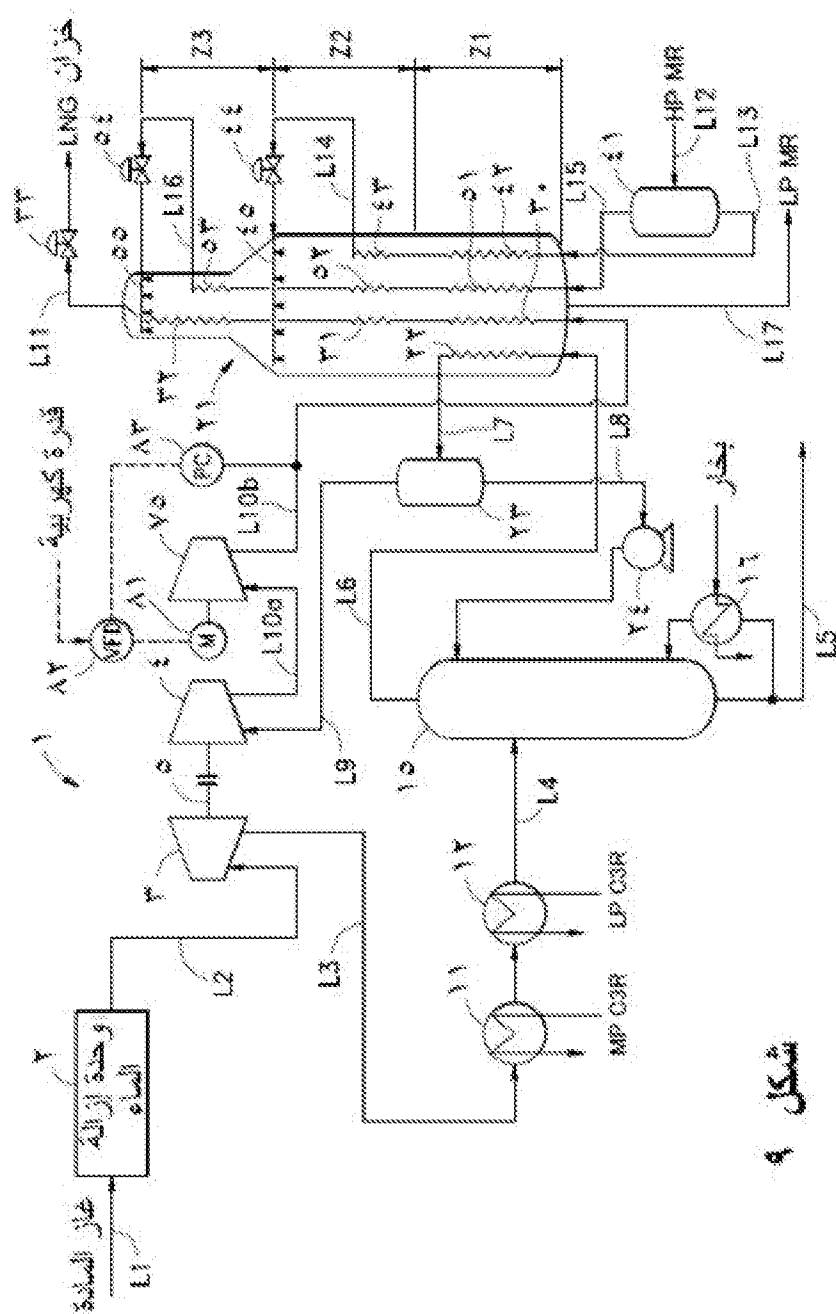


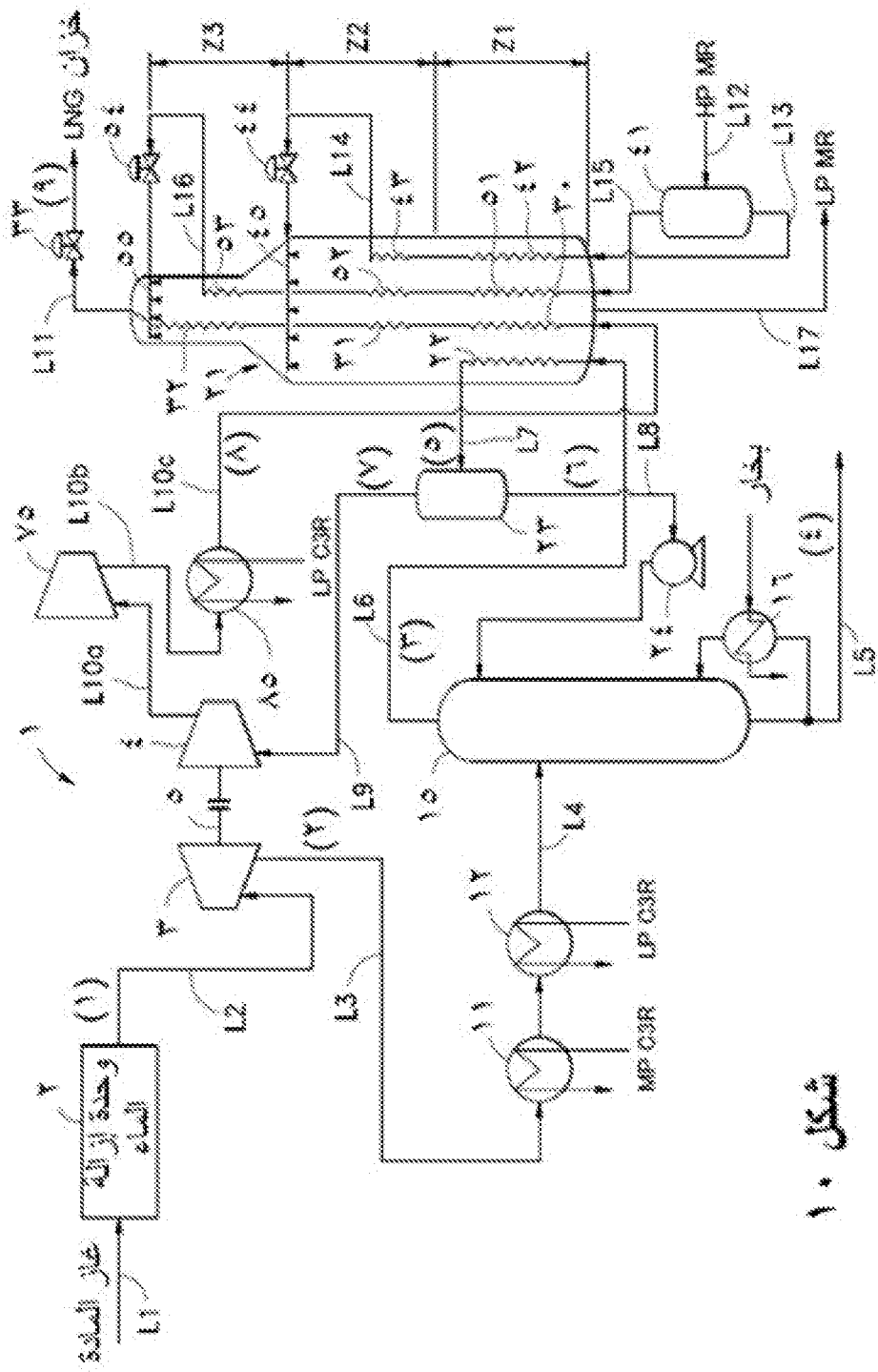




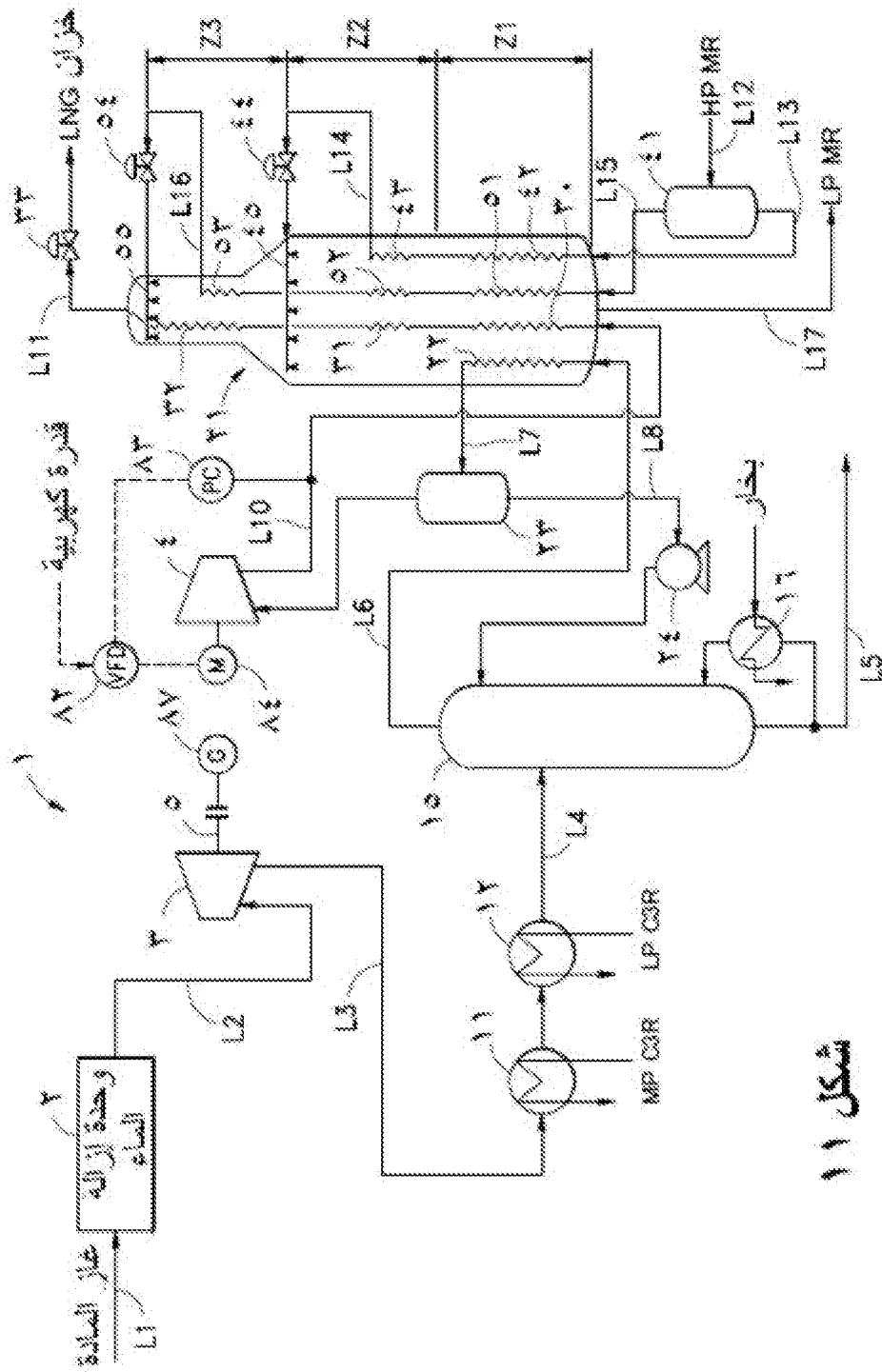
شكل ٧



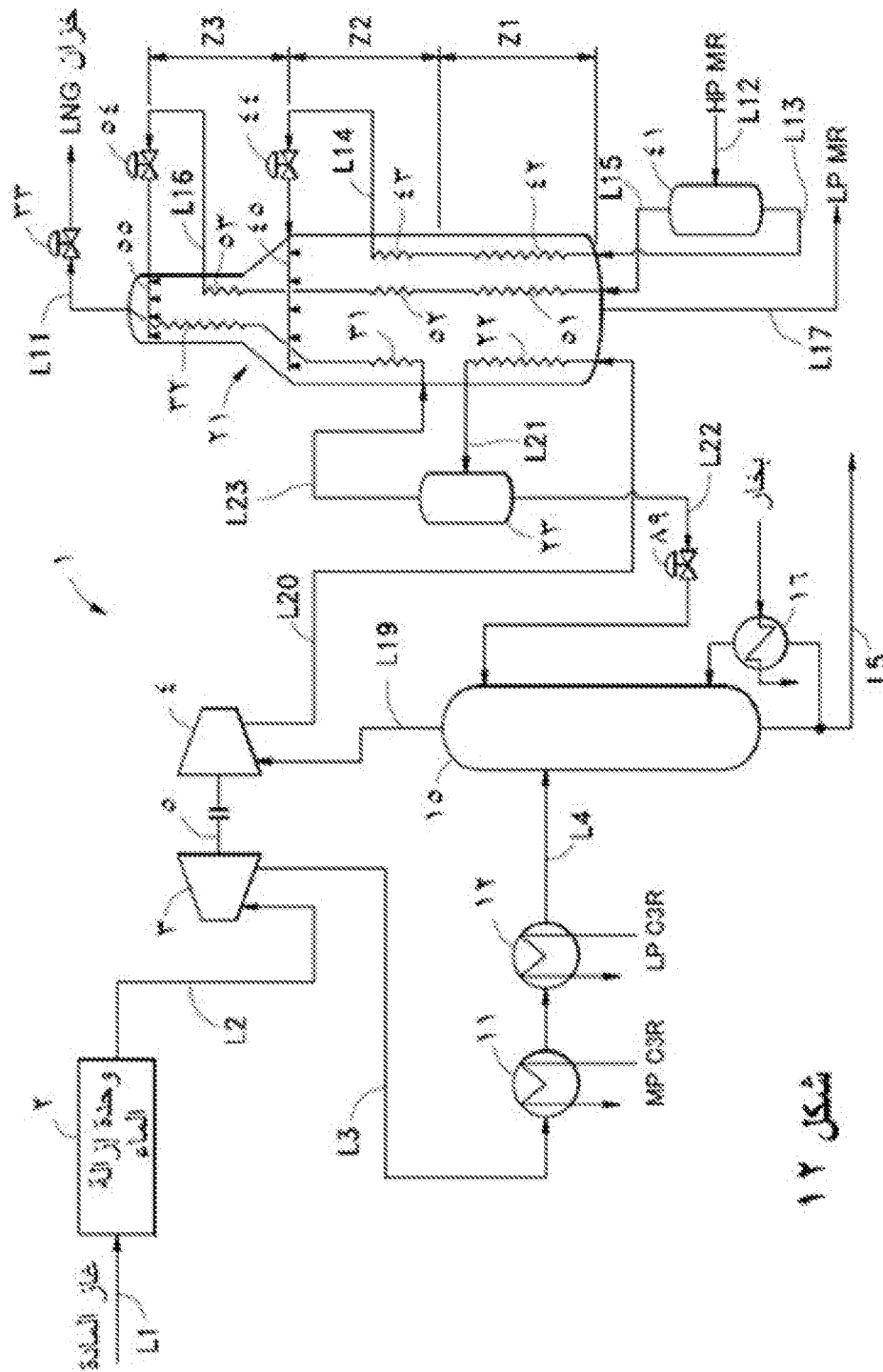


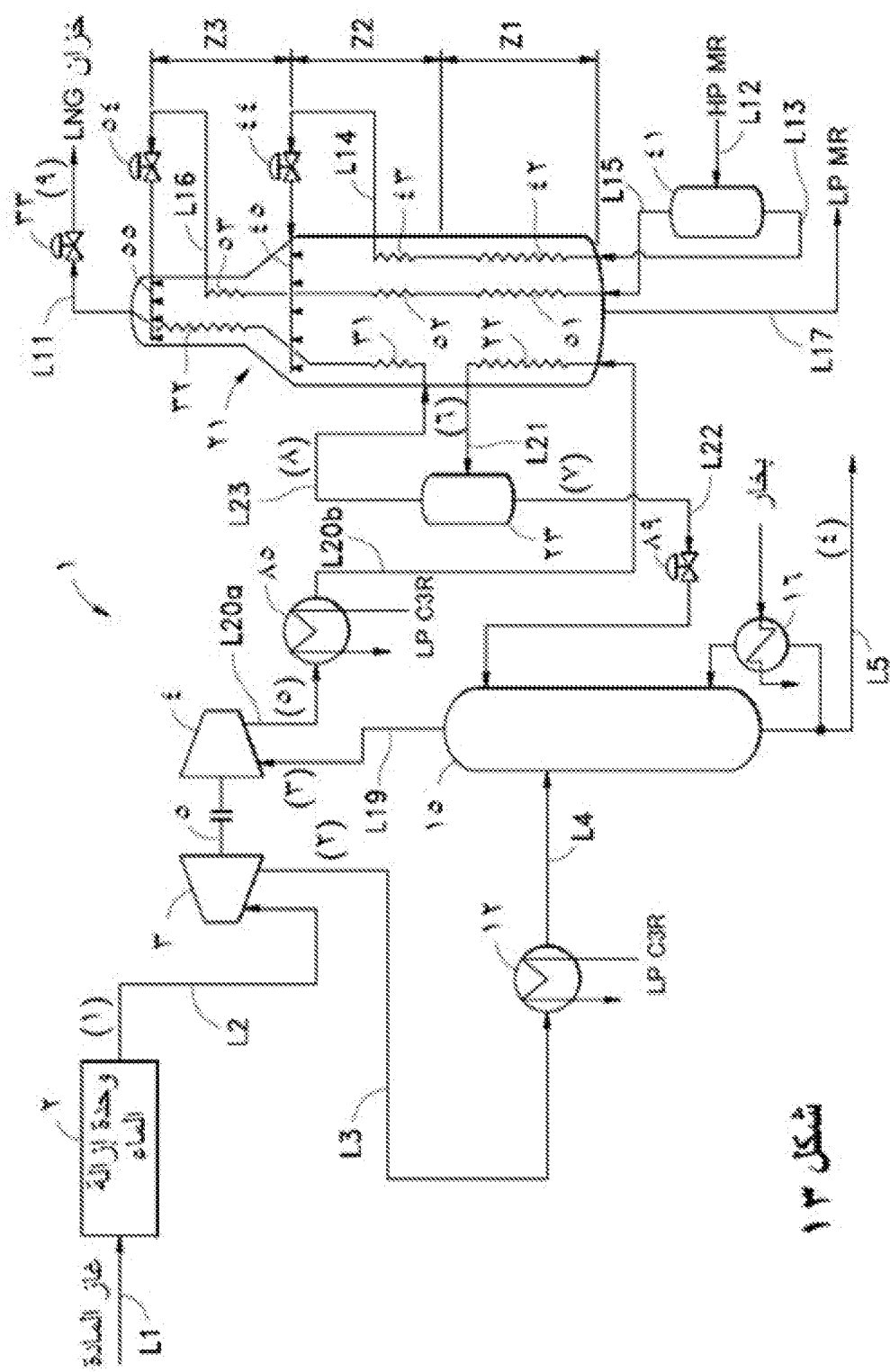


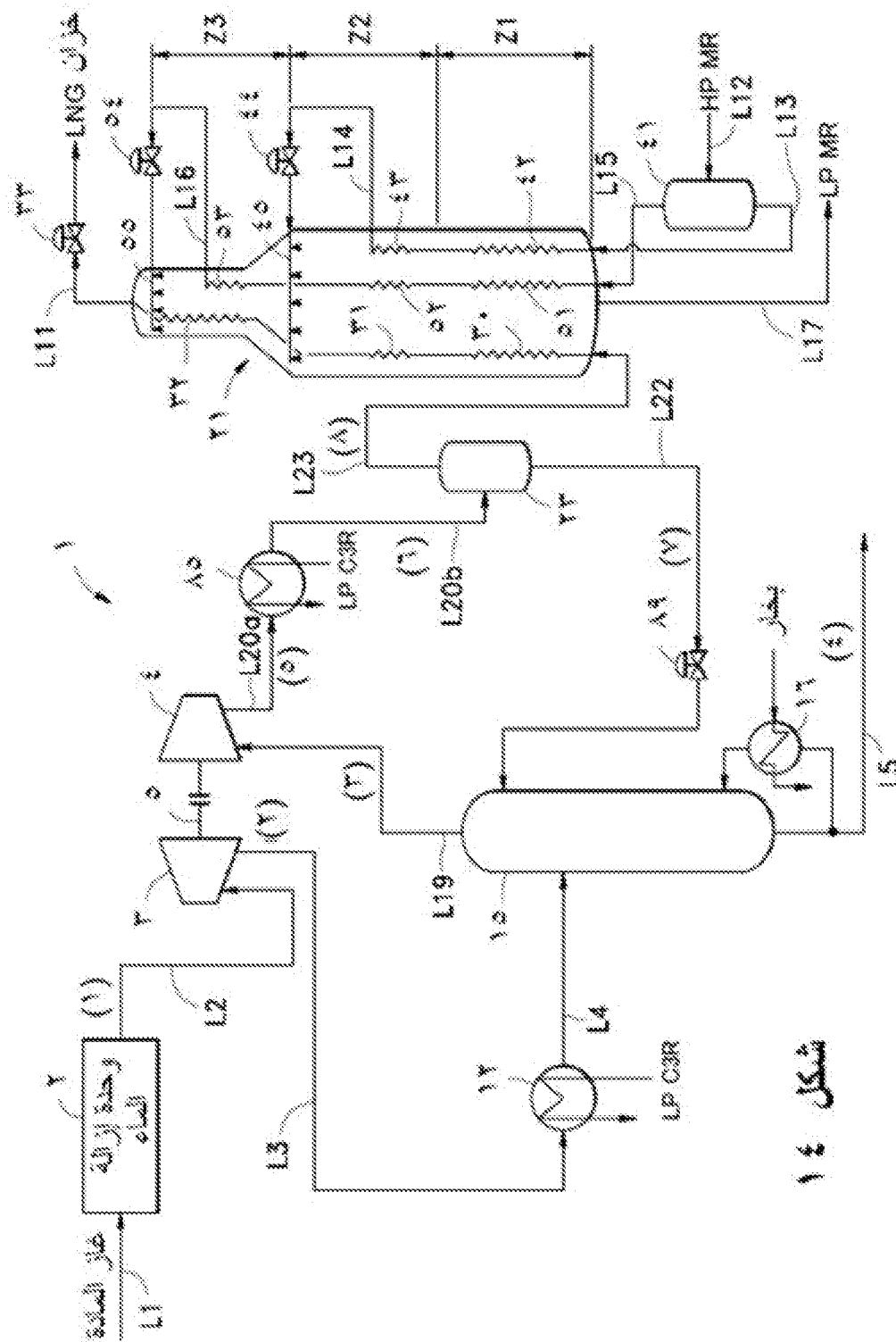
شكل ١٠

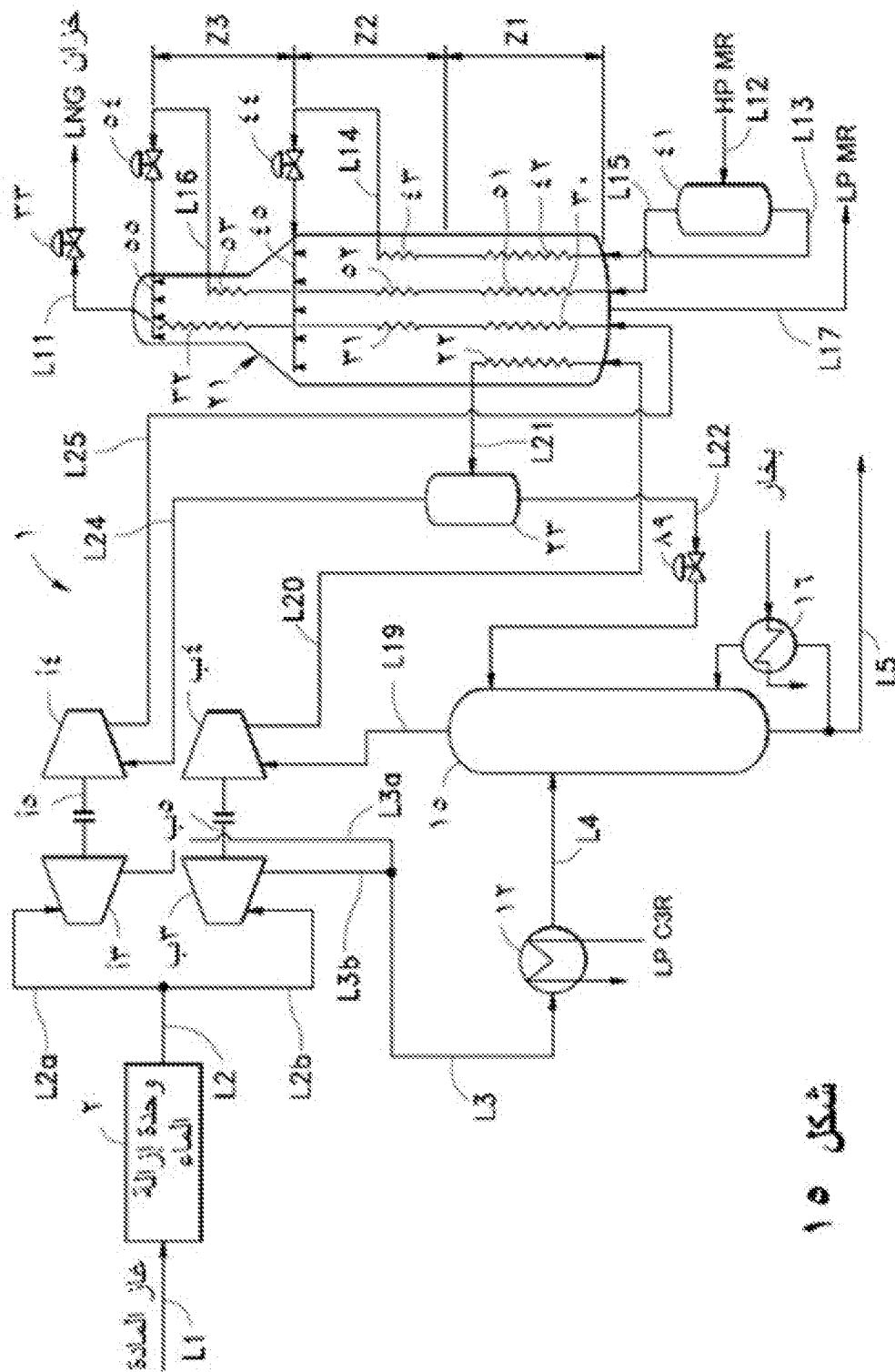


شكل ١١

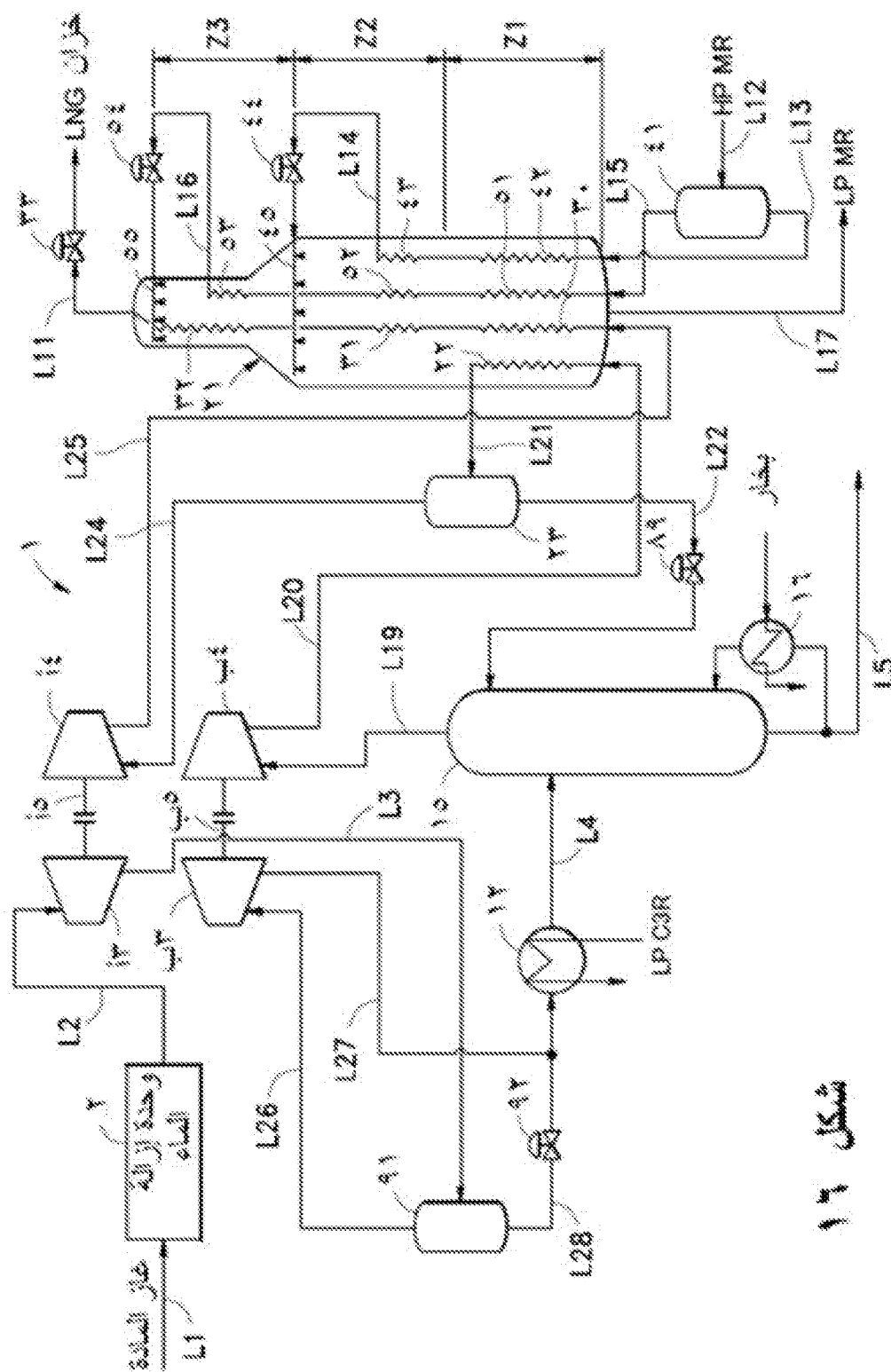




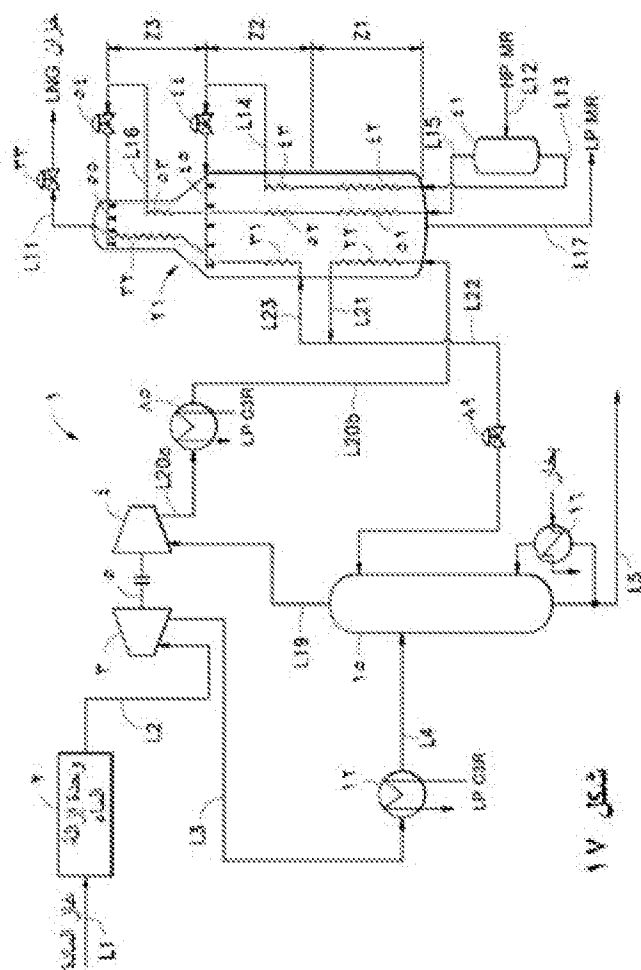


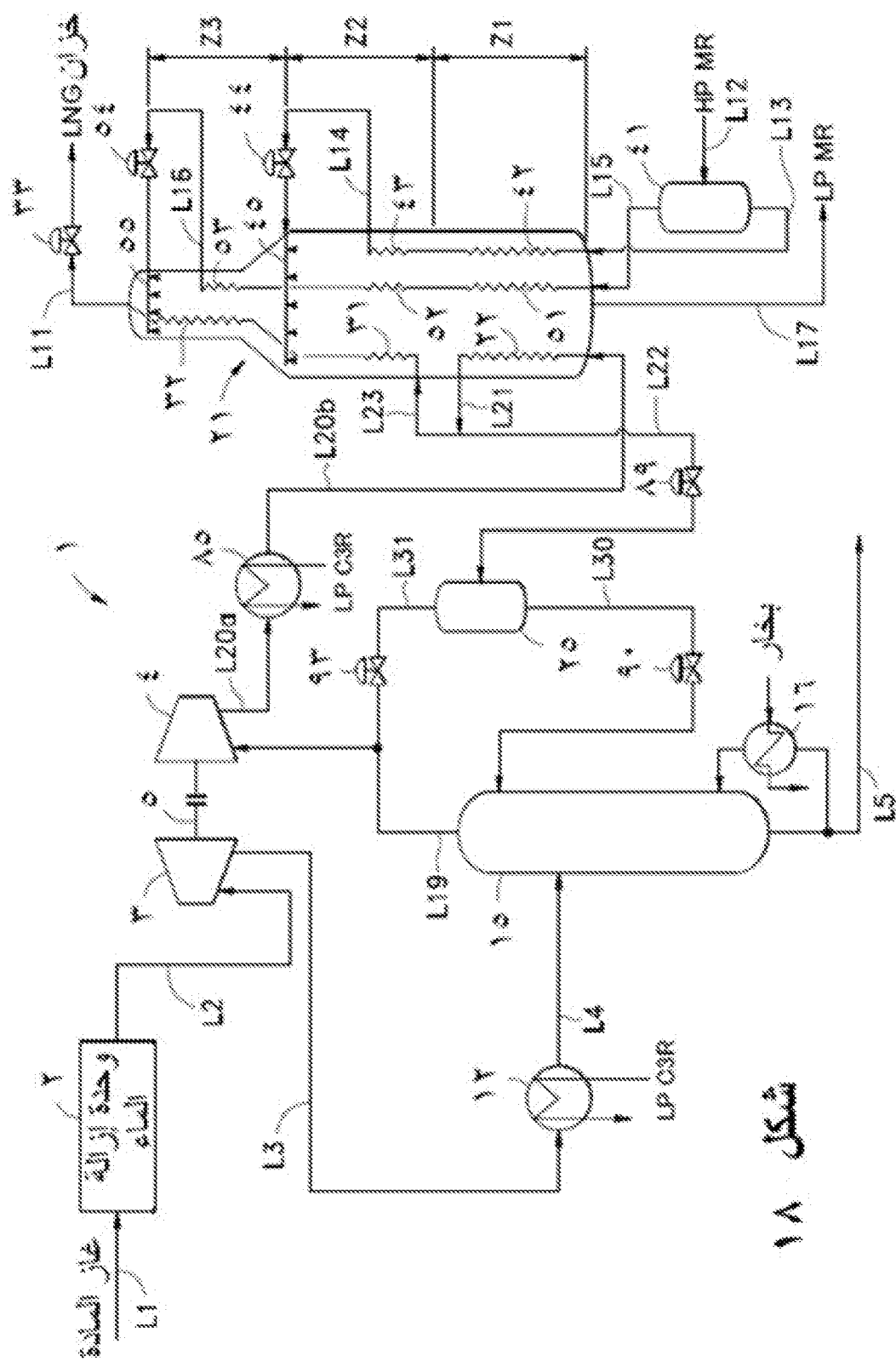


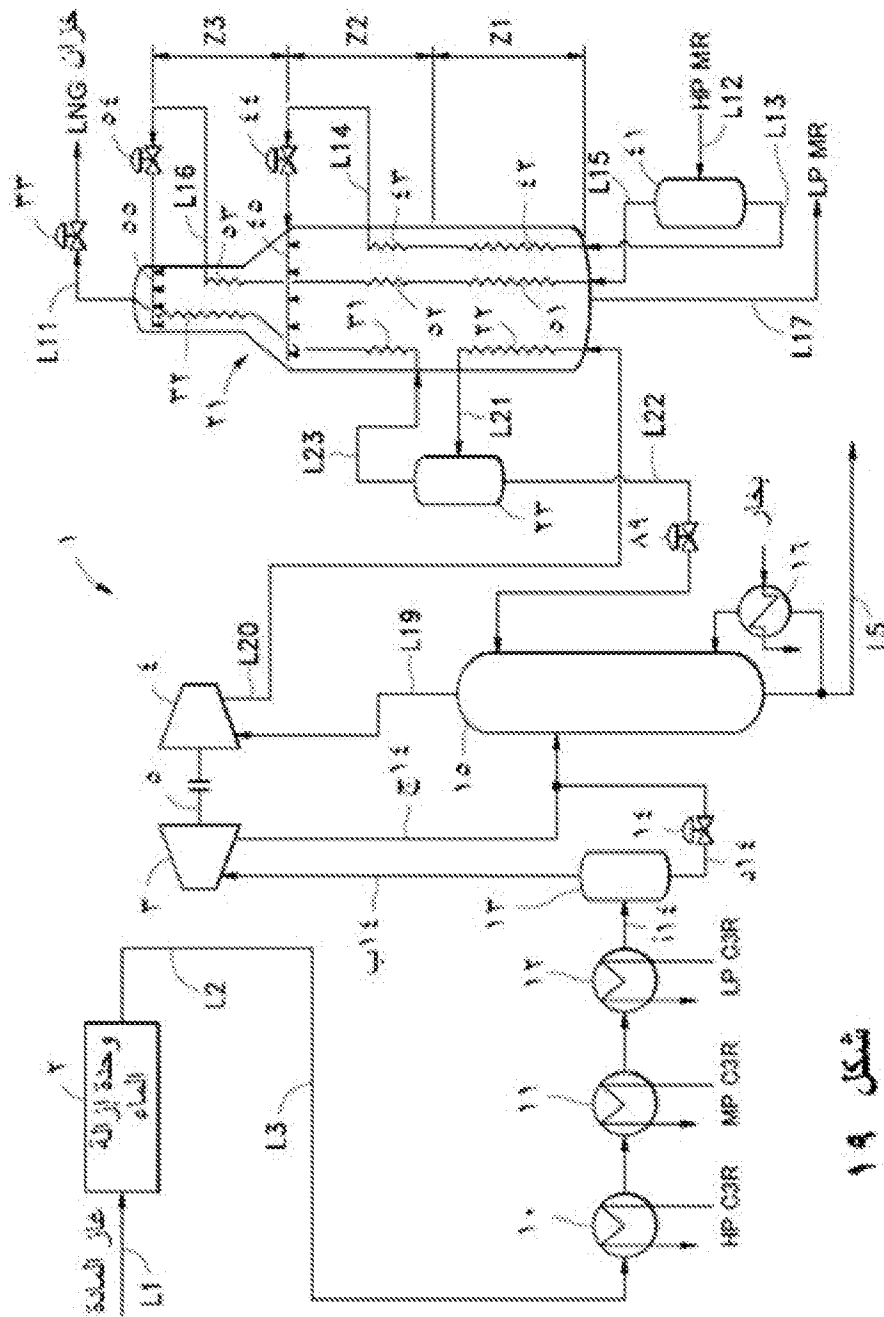
شكل ١٥

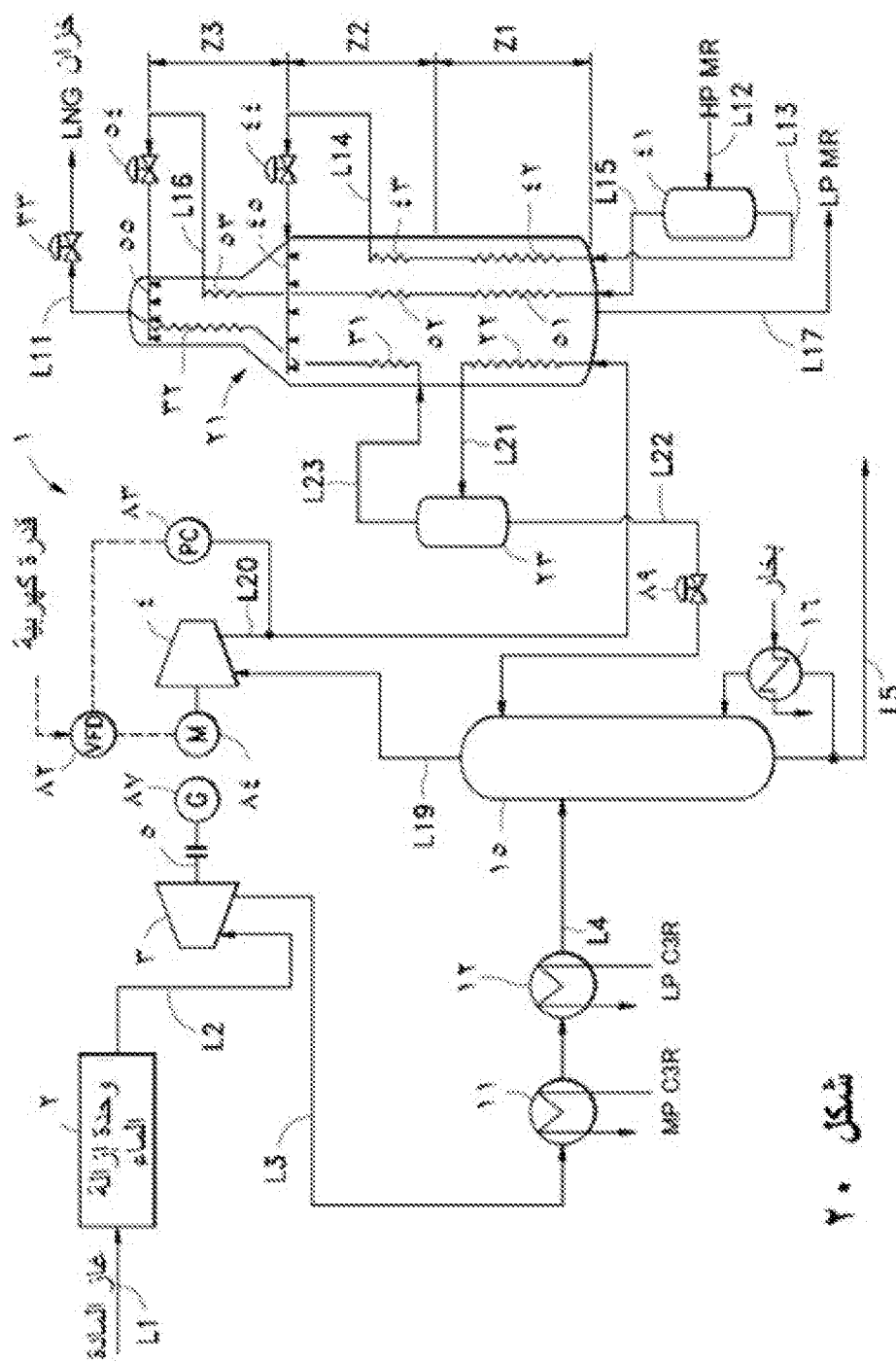


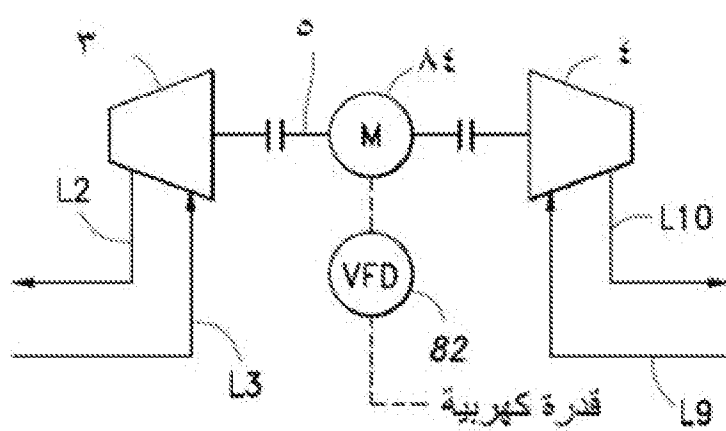
شكل ١٦



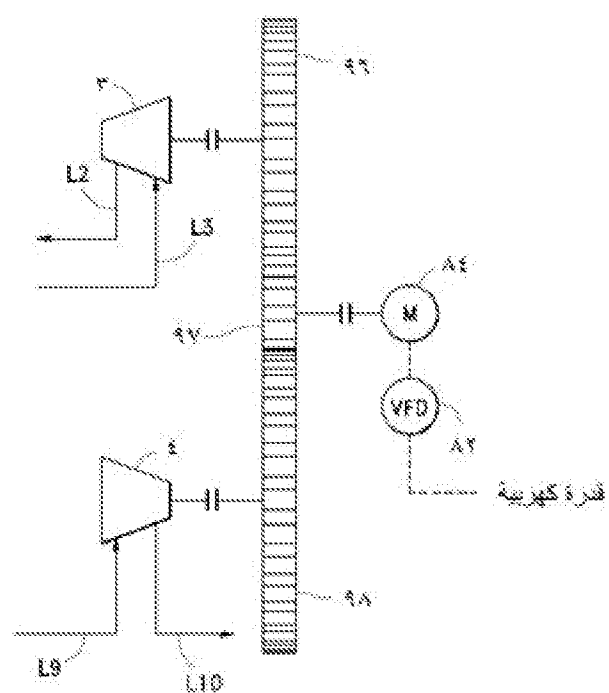








شكل ٢١



شكل ٢٢



## مدة سريان هذه البراءة عشرون سنة من تاريخ إيداع الطلب

وذلك بشرط تسديد المقابل المالي السنوي للبراءة وعدم بطلانها أو سقوطها لمخالفتها لأي من أحكام نظام براءات الاختراع والتصميمات التخطيطية للدارات المتكاملة والأصناف النباتية والنماذج الصناعية أو لائحته التنفيذية.

صادرة عن  
الهيئة السعودية للملكية الفكرية

ص ب ٦٥٣١ ، الرياض ١٣٣٢١ ، المملكة العربية السعودية

SAIP@SAIP.GOV.SA