



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 121382

(13) C2

(51) МПК

F02G 1/04 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

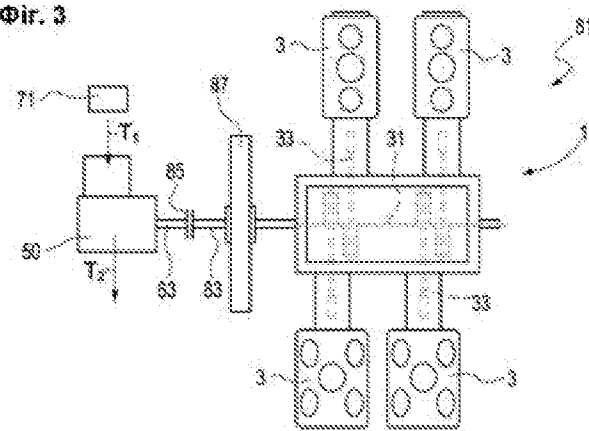
(21) Номер заявки:	а 2016 08397	(72) Винахідник(и):	Тогнареллі Леонардо (ІТ), Баґаґлі Ріккардо (ІТ), Буффа Франческо (ІТ), Сантіні Марко (ІТ)
(22) Дата подання заявки:	27.01.2015	(73) Власник(и):	НУВО ПИНЬОН СРЛ, Via Felice Matteucci 2, 50127 Florence, Italy (ІТ)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.05.2020	(74) Представник:	Портна Людмила Семенівна, реєстр. №150
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	FI2014A000017	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA a2006 08353, 25.04.2007 JP H1182295 A, 26.03.1999 EP 2123893 A1, 25.11.2009 DE 4204261 A1, 19.08.1993 JP S631750 A, 06.01.1988 JP 2010138762 A, 24.06.2010 US 2009/205335 A1, 20.08.2009 DE 4132939 A1, 08.04.1993
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	29.01.2014		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	ІТ		
(41) Публікація відомостей про заявку:	26.12.2016, Бюл.№ 24		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.05.2020, Бюл.№ 10		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	РСТ/EP2015/051559, 27.01.2015		

(54) СИСТЕМА ТА СПОСІБ ПРИВЕДЕННЯ В ДІЮ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА**(57) Реферат:**

Винахід стосується системи та способу приведення в дію поршневого компресора. Згідно із винаходом система для приведення в дію поршневого компресора містить: поршковий компресор (1), що містить принаймні один циліндр (3), поршень (7), виконаний з можливістю, ковзаючи, рухатися у циліндрі (3), колінчатий вал (31), що приводить у рух поршень (7) у циліндрі (3); двигун Стірлінга (50) з гарячим кінцем, холодним кінцем та вихідним валом (63); приводне з'єднання (83; 107) між вихідним валом (63) двигуна Стірлінга та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1), причому приводне з'єднання (83; 107) містить муфту зчеплення (85; 111, 109), розташовану між вихідним валом (63) двигуна Стірлінга (50) та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1); електричну машину (97); приводне з'єднання (99) між електричною машиною (97) та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1); частотний перетворювач (103), який з'єднаний з електричною машиною (97); джерело тепла (71), виконане з можливістю постачання тепла до гарячого кінця двигуна Стірлінга (50). Крім того, охарактеризовано спосіб приведення в дію поршневого компресора із застосуванням вказаної системи.

UA 121382 C2

Fig. 3



ГАЛУЗЬ ТЕХНІКИ

Цей винахід відноситься до систем та способів приведення в дію поршневих компресорів.

РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

Поршневі компресори застосовуються у декількох галузях промисловості для підвищення тиску газу. Типовими застосуваннями поршневих компресорів є застосування на нафтопереробних заводах, наприклад, у печах риформінгу, установках гідрокрекінгу та гідроочистки. Типові застосування поршневих компресорів можна знайти також у промисловості полімерів для виробництва етилену та його похідних.

Поршневі компресори зазвичай приводяться в дію електричними двигунами, які живляться електроенергією від мережі розподілу електроенергії. У деяких прикладах реалізації поршневі компресори приводяться в дію двигунами внутрішнього згоряння, такими як поршневий двигун Дизеля або поршневий двигун Отто. У інших установках для приведення в дію поршневих компресорів застосовуються парові турбіни. Таким чином, для приведення в дію компресорів зазвичай необхідні значні обсяги енергії.

СУТЬ ВИНАХОДУ

Промислові об'єкти, на яких застосовуються поршневі компресори, зазвичай мають відпрацьоване тепло. Цей винахід пропонує застосування тепла, зокрема низькотемпературного та/або відпрацьованого тепла, для зменшення енергоємності систем приведення в дію поршневих компресорів.

Відповідно до цього винаходу пропонується система приведення в дію поршневих компресорів, яка містить:

поршневий компресор, який в свою чергу містить принаймні один циліндр, поршень, який рухається ковзаючи у вказаному циліндрі, і колінчатий вал, щоб рухати вказаний поршень у вказаному циліндрі;

двигун Стірлінга, що має гарячий кінець, холодний кінець та вихідний вал;

приводне з'єднання між вихідним валом двигуна Стірлінга та колінчатим валом поршневого компресора;

джерело тепла, виконане з можливістю постачання тепла до гарячого кінця двигуна Стірлінга.

Поршневий компресор може бути компресором подвійної дії і містити один або більше циліндрів з поршнями, які розташовані в них з можливістю ковзання і приводяться в дію колінчатим валом. Поршні можуть з'єднуватися із колінчатим валом відповідними шатунами та направляючими головками. У переважних варіантах реалізації винаходу двигун Стірлінга використовує відпрацьоване тепло від джерела теплової енергії з метою регенерації відпрацьованого тепла.

У деяких варіантах реалізації винаходу передбачається джерело тепла, що складається із пальника, для спалювання палива та постачання термальної енергії до двигуна Стірлінга.

У деяких варіантах реалізації винаходу пальник може з'єднуватися із джерелом відпрацьованого тепла.

Двигун Стірлінга та поршневий компресор механічно з'єднуються так, щоб обертатися із по суті однаковою частотою обертання. Таким чином, можна не застосовувати коробку передач та підвищити загальну ефективність системи.

Разом із двигуном Стірлінга може передбачатися додатковий двигун для забезпечення додаткової механічної енергії, коли двигун Стірлінга надає недостатньо механічної енергії для приведення в дію поршневого компресора.

У деяких варіантах реалізації додатковий двигун може бути електричною машиною. Переважно, електрична машина - це реверсивна електрична машина, що здатна працювати вибірково як генератор або як мотор. У разі, коли електрична машина працює як генератор, то вона перетворює надлишок механічної енергії із двигуна Стірлінга у електричну енергію. У разі, коли електрична машина працює як мотор, вона може діяти як допоміжний механізм для виробництва механічної енергії для приведення в дію поршневого компресора. У переважних варіантах реалізації винаходу електрична машина є електричною машиною змінної швидкості, наприклад під'єднаною до мережі розподілу електроенергії за допомогою частотного перетворювача.

Електрична машина може працювати як пусковий пристрій для запуску двигуна Стірлінга. У інших варіантах реалізації винаходу може передбачатися окремий пусковий пристрій.

Ознаки та варіанти реалізації винаходу розкриті далі, а також викладені у формулі винаходу, що додається і формує невід'ємну складову цього опису. Наведений вище короткий опис викладає ознаки різних варіантів реалізації винаходу для кращого розуміння наступного детального опису та кращої оцінки внеску цього винаходу до рівня техніки. Звісно, існують інші

ознаки винаходу, які будуть описані нижче і викладені у формулі, що додається. У зв'язку з цим, перед детальним поясненням декількох варіантів реалізації даного винаходу, слід відзначити, що різні варіанти реалізації цього винаходу не обмежені у своєму застосуванні деталями конструкції і розташуванням компонентів, описаних в подальшому описі або проілюстрованих на кресленнях. Винахід допускає інші варіанти реалізації і може бути реалізований на практиці різними способами. Крім того, слід розуміти, що фразеологія і термінологія, використовувані в цьому документі, слугують для цілей опису і не повинні розглядатися як обмежуючі.

Таким чином, фахівцям в даній галузі техніки буде зрозуміло, що концепція, на якій засновано винахід, може бути легко застосована як основа для розробки інших структур, способів і / або систем для досягнення декількох цілей цього винаходу. Таким чином, важливо розуміти, що формулу винаходу слід розглядати як таку, що включає в себе еквівалентні конструкції в такій мірі, в якій вони не відступають від суті й об'єму даного винаходу.

КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

Розкриті варіанти реалізації винаходу та багато його супутніх переваг будуть повніше оцінені і краще зрозумілі, виходячи із наступного детального опису, розглянутого разом із супровідними кресленнями, в яких:

Фіг. 1А ілюструє розріз поршневого компресора подвійної дії;

Фіг. 1Б ілюструє схематичний вид згори багатоциліндрового поршневого компресора;

Фіг. 2 ілюструє схему поперечного перерізу двигуна Стірлінга типу α ;

Фіг. 3-8 ілюструють різні варіанти реалізації системи відповідно до цього винаходу;

Фіг. 9-10 ілюструють два ілюстративних застосування системи відповідно до цього винаходу на нафтопереробних заводах.

ДЕТАЛЬНИЙ ОПИС ВАРІАНТІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІНАХОДУ

Наступний детальний опис ілюстративних варіантів реалізації винаходу посиляється на супровідні креслення. Ті самі номери на різних кресленнях позначають однакові або подібні елементи. Крім того, креслення не обов'язково виконані в масштабі. Також, наступний детальний опис не обмежує винахід. Навпаки, обсяг винаходу визначається формулою, що додається.

Посилання по всьому патентному опису на "варіант реалізації винаходу" або "деякі варіанти реалізації винаходу" означають, що особлива ознака, структура або характеристика, які описані у зв'язку із варіантом реалізації винаходу, включена до принаймні одного варіанта реалізації цього винаходу. Таким чином, поява фрази "у варіанті реалізації винаходу" або "в деяких варіантах реалізації винаходу" в різних місцях по всьому патентному опису не обов'язково означає посилання на один і той самий варіант(и) реалізації винаходу. Також, особливі ознаки, структури або характеристики можуть поєднуватися в будь-якій вдалій спосіб в одному або кількох варіантах реалізації винаходу.

Розріз поршневого компресора подвійної дії, який може застосовуватись у системі відповідно до цього винаходу, проілюстровано на Фіг. 1А.

Система відповідно до цього винаходу може містити один або більше поршневих компресорів. У деяких варіантах реалізації винаходу використовуються поршневий компресор подвійної дії. На Фіг. 2, у одному із варіантів реалізації винаходу поршневий компресор подвійної дії 1 містить циліндр 3, який має внутрішню циліндричну порожнину 5, в якій розташований поршень 7. Поршень 7 рухається зворотно-поступально всередині порожнини 5 по подвійній стрілці с7. Компресор може містити більш ніж один блок циліндр - поршень, де поршні приводяться в дію спільним колінчатим валом. Поршень розділяє порожнину 5 циліндра 3 на дві камери.

Порожнина 5 має поршкову камеру та головку кривошипа колінчатого вала, які можуть закриватися відповідними елементами закриття 9 та 11. Елементи закриття можуть обмежуватися циліндричною втулкою 13. Елемент закриття 11 може оснащуватися каналом, по якому може висуватися поршневий шток 15. Манжетне ущільнення 17 може забезпечувати герметичність навколо поршневого штоку 15. Поршень 7 розділяє внутрішню порожнину 5 циліндра 13 на відповідні першу камеру 19 та другу камеру 21, які також називаються поршнева камера та камера головки кривошипа колінчатого вала відповідно.

Перша та друга камери, 19 та 21 відповідно, кожна з'єднана з допомогою відповідних всмоктуючих клапанів та нагнітальних клапанів із трубопроводом всмоктування та випускним трубопроводом, які не проілюстровані на кресленнях. У деяких варіантах реалізації винаходу всмоктуючі клапани та нагнітальні клапани можуть бути автоматичними клапанами, наприклад, так званими кільцевими клапанами тощо. Вузли всмоктуючого клапана для першої та другої камер 19 та 21 позначені номерами 23 та 25 відповідно. Вузол всмоктуючого клапана для першої камери 19 позначений 27, тоді як вузол нагнітального клапана для другої камери 21

позначений 29. Кількість всмоктуючих та нагнітальних клапанів для кожної із двох камер 19 та 21 може бути різною, залежно від розмірів та конструкції поршневого компресора.

Зворотно-поступальний рух поршня 7 та поршневого штоку 15 може контролюватися колінчатим валом 31 за допомогою шатуна 33. Шатун 33 може прикріплюватися петлями 35 до крейцкопфа 37, який може бути оснащений ковзними черевиками 39, які знаходяться у ковзному контакті з ковзними поверхнями 41. Обертальний рух колінчатого вала 31 перетворюється у зворотно-поступальний прямолінійний рух крейцкопфа 37 по подвійній стрілці с37. Поршневий шток 15 може приєднуватися першим кінцем 15А до крейцкопфа 37 та другим кінцем 15Б до поршня 7 та передає рух від крейцкопфа 37 до поршня 7.

Поршневий компресор 1 може складатися з одного або більше циліндрів. На схематичному виді згори на Фіг. 1Б варіант реалізації поршневого компресора 1, що містить чотири циліндри 3, подано як приклад.

Як буде далі описано більш детально із посиланням на Фіг. 3-6, поршневий компресор 1 може приводитися в дію компресорним двигуном разом із двигуном Стірлінга; у деяких варіантах реалізації винаходу для приведення в дію поршневого компресора може застосовуватись тільки двигун Стірлінга. Може бути використано електричний мотор у ролі пускового пристрою.

Схема поперечного перерізу двигуна Стірлінга типу α проілюстрована на Фіг. 2. Двигун Стірлінга 50 так званого типу α містить перший циліндр 51, в якому ковзаючи рухається перший поршень 53. Також передбачено другий циліндр 55, повернутий, наприклад, на 90° по відношенню до циліндра 51. Другий поршень 57 розташований з можливістю ковзання у другому циліндрі 55.

Перший поршневий шток 59 з'єднує перший поршень 53 та шатунну шийку 61, яка формує частину вихідного вала 63. Другий поршневий шток 65 з'єднує другий поршень 57 і той же вихід 63. Маховик 67 може встановлюватися на вихідний вал 63.

Двигун Стірлінга 50 може містити гарячий кінець із нагрівачем 69, який отримує тепло від джерела тепла 71. Нагрівач з'єднується із внутрішнім об'ємом першого циліндра 51. Канал постачання газу з'єднує нагрівач 69 із регенератором 73, охолоджувачем 75 та внутрішнім об'ємом другого циліндра 55. Охолоджувач 75 може бути у термічному контакті із джерелом холоду або поглиначем тепла й формувати холодний кінець двигуна Стірлінга 50. Поглиначем тепла може бути навколишнє повітря. У деяких варіантах реалізації винаходу охолоджувач із контуром охолодження, наприклад, контуром водяного охолодження може застосовуватись в ролі поглинача тепла. На Фіг. 2 контур охолодження схематично проілюстровано вхідним та вихідним трубопроводами 77 та 79 відповідно.

Функціонування двигуна Стірлінга відоме спеціалістам в цій галузі й не буде детально описуватися далі. У загальних рисах, робочий газ, що міститься у закритій системі, сформованій внутрішнім об'ємом блока циліндр-поршень 51, 53, блока циліндр-поршень 55-57, нагрівача 69, регенератора 73, охолоджувача 75 та відповідної системи труб, піддається дії термічного циклу, який включає циклічне стиснення, нагрівання, розширення та охолодження. Термодинамічний цикл, якому піддається робочий газ у двигуні Стірлінга 50, перетворює частину теплової енергії, яку передає джерело тепла 71 до гарячого кінця двигуна Стірлінга, у корисну механічну енергію, доступну на вихідному валу 63.

Двигун Стірлінга типу α , проілюстрований на Фіг. 2 є тільки одним із декількох можливих конфігурацій двигунів Стірлінга. Іншими корисними конструкціями двигуна Стірлінга є двигуни Стірлінга типу β і типу γ , які не описуватимуться далі й які відомі спеціалістам у цій галузі.

Різні варіанти реалізації системи, відповідно до цього винаходу, можуть застосовувати двигун Стірлінга типу α , як схематично проілюстровано на Фіг. 2, або будь-яку прийнятну конфігурацію двигуна Стірлінга, яка підходить для перетворення теплової енергії, доступної від джерела теплової енергії або джерела тепла 71, у механічну енергію, яка використовується для приведення в дію поршневого компресора 1 та/або для виробництва електроенергії, як це буде описано далі.

На Фіг. 3 проілюстровано перший варіант реалізації системи поршневого компресора 81 відповідно до цього винаходу. Система поршневого компресора 81 може бути частиною більш повного промислового підприємства, на якому здійснюються один або більше процесів, наприклад, такого, яке містить турбомашини, такі як парові або газові турбіни, поршневі двигуни внутрішнього згоряння, теплообмінники, нагрівачі, бойлери та інше обладнання. Відпрацьоване тепло може вироблятися як побічний продукт в одному або більше процесах на підприємстві. Відповідно до деяких варіантів реалізації систем поршневого компресора цього винаходу принаймні частина відпрацьованого тепла використовується для живлення двигуна Стірлінга, який в свою чергу приводить в дію поршневий компресор. Наприклад, відпрацьоване тепло

може регенеруватися з одного або більше двигунів внутрішнього згоряння, таких як газові турбіни, або також із пари, яка конденсується у пристроях парових турбін.

У інших варіантах реалізації винаходу тепло для живлення двигуна Стірлінга може додатково вироблятися сонячними нагрівачами.

5 Більш ніж одне джерело теплової енергії у формі відпрацьованого тепла для регенерації або будь-якій іншій формі можуть поєднуватися для живлення двигуна Стірлінга.

Система поршневого компресора 81 може містити поршковий компресор 1, який в свою чергу містить, наприклад, чотири циліндри 3 та колінчатий вал 31. Хоча на Фіг. 3 проілюстровані чотири циліндри, інші варіанти реалізації систем поршневого компресора цього винаходу

10 можуть передбачати один, два, три, п'ять або більше циліндрів.

Колінчатий вал 31 поршневого компресора 1 з'єднаний трансмісійним валом 83 із вихідним валом 63 двигуна Стірлінга 50, який отримує теплову енергію з одного або більше джерел теплової енергії або тепла, які схематично позначені номером 71. Між двигуном Стірлінга 50 та поршневим компресором 1 може передбачатися муфта зчеплення 85 для механічного відокремлення двигуна Стірлінга 50 від поршневого компресора 1, якщо це необхідно. У інших

15 варіантах реалізації винаходу муфта зчеплення 85 може бути відсутня. У подальших варіантах реалізації винаходу на валу 83 може передбачатися еластичне з'єднання, у поєднанні або на заміну муфти зчеплення 85.

Відповідно до деяких варіантів реалізації винаходу уздовж лінії обертального вала системи

20 двигуна Стірлінга та поршневого компресора може передбачатися один або більше маховиків. Маховик 87 схематично проілюстровано на Фіг. 3, між вихідним валом 63 двигуна Стірлінга та поршневим компресором 1.

Тепло T1 від джерела теплової енергії 71 постачається до гарячого кінця, а саме до нагрівача 69 двигуна Стірлінга 50. Двигун Стірлінга 50 перетворює частину теплової енергії у

25 механічну енергію, яка використовується для приведення в дію поршневого компресора 1. Низькотемпературна теплова енергія, яка не була перетворена у механічну енергію, вивільняється на холодному кінці двигуна Стірлінга 50, в його охолоджувачі або поглиначі тепла 75, як це схематично показано стрілкою T2 на Фіг. 3.

Як вище зазначалося, теплова енергія T1, яка постачається до гарячого кінця двигуна

30 Стірлінга 50, може бути будь-яким типом теплової енергії, яка доступна на промисловому об'єкті, де встановлено поршковий компресор 1. Теплова енергія T1 переважно є відпрацьованим теплом різних промислових процесів, наприклад, на нафтопереробних заводах або на заводах з виробництва полімерів. Таким чином, система 81 на Фіг. 3 дозволяє відновлювати відпрацьоване тепло та використовувати це тепло для приведення в дію

35 поршневого компресора 1.

На Фіг. 4 схематично проілюстровано подальший варіант реалізації системи поршневого компресора 82 цього винаходу, яка застосовує двигун Стірлінга 50 для приведення в дію поршневого компресора 1. На Фіг. 4 ті самі числові позначення вказують на вузли, частини та

40 елементи, які відповідають вузлам, частинам та елементам варіанту реалізації винаходу, проілюстрованому на Фіг. 3.

На Фіг. 4 двигун Стірлінга з'єднується з можливістю передачі приводного зусилля з допомогою вала 83 із поршневим компресором 1 з одного боку та із допомогою додаткового вала 89 із іншим двигуном 91. У деяких варіантах реалізації винаходу двигун 91 може бути

45 електричним мотором або двигуном внутрішнього згоряння, наприклад, поршневим двигуном внутрішнього згоряння, таким як двигун Дизеля або Отто. У деяких варіантах реалізації винаходу двигун 91 може використовуватися як пусковий пристрій двигуна Стірлінга 50.

Переважно, частота обертання двигуна 91 по суті така ж як частота обертання двигуна Стірлінга та колінчатого вала поршневого компресора 1 так, щоб не було необхідності у

50 коробках передач або інших пристроях управління швидкістю.

Уздовж вала 89 та/або уздовж вала 83 може передбачатися одна або більше муфт зчеплення для механічного відокремлення одного механізму від іншого уздовж трансмісійного вала.

У іншому варіанті реалізації винаходу двигун 91 може з'єднуватися за допомогою вала 93

55 прямо із поршневим компресором 1. У цьому випадку колінчатий вал 33 поршневого компресора 1 має перший кінець, який з'єднується з можливістю передачі приводного зусилля за допомогою вала 83 із вихідним валом 63 двигуна Стірлінга 50, а другий кінець з'єднується з

можливістю передачі приводного зусилля за допомогою вала 93 із двигуном 91.

60 На Фіг. 5 схематично проілюстровано подальший варіант реалізації системи поршневого компресора 84 відповідно до цього винаходу. Одні й ті самі числові позначення вказують на однакові або еквівалентні вузли варіантів реалізації винаходу, що проілюстровані на Фіг. 3 та

Фіг. 4. Система 84 містить поршневий компресор 1. Поршневий компресор 1 в свою чергу може містити один або більше циліндрів 3, які приводяться в дію колінчатим валом 31. Колінчатий вал 31 з'єднується з можливістю передачі приводного зусилля за допомогою вала 83 із двигуном Стірлінга 50, який містить вихідний вал 63. Між колінчатим валом 31 та вихідним валом 63 двигуна Стірлінга 50 може передбачатися муфта зчеплення 85. На трансмісійному валу між двигуном Стірлінга 50 та поршневим компресором 1 може також встановлюватися принаймні один маховик 87. На схематичному кресленні на Фіг. 5 дві альтернативні позиції маховика 87 показані суцільною та пунктирною лініями відповідно.

Колінчатий вал 31 поршневого компресора 1 може далі з'єднуватися з можливістю передачі приводного зусилля із електричною машиною 97, переважно реверсивною електричною машиною, яка може працювати вибірково як електричний мотор або електричний генератор. У деяких варіантах реалізації винаходу електрична машина 97 може з'єднуватися із протилежним кінцем колінчатого вала 31 відносно кінця, з'єданого із вихідним валом 63 двигуна Стірлінга 50. Числове позначення 99 вказує на трансмісійний вал, який з'єднує електричну машину 97 із колінчатим валом 31 поршневого компресора 1. Між поршневим компресором 1 та електричною машиною 97 може передбачатися муфта зчеплення 101.

Відповідно до деяких варіантів реалізації винаходу електрична машина 97 з'єднана із мережею розподілу електроенергії MPE, яка постачає електроенергію для приведення в дію електричної машини 97, або отримання електроенергії, яку виробляє електрична машина 97, залежно від режиму застосування системи 84. Електрична машина 97 може приводитися в дію зі змінною швидкістю, наприклад, за допомогою частотного перетворювача 103, розташованого між мережею розподілу електроенергії MPE та електричною машиною 97.

Джерело теплової енергії 71 забезпечує теплом T1 гарячий кінець двигуна Стірлінга 50, тоді як низькотемпературне тепло T2 вивільняється на холодному кінці двигуна Стірлінга 50.

Система 84 функціонує наступним чином.

Якщо тепла енергія, наприклад відпрацьоване тепло, доступна із джерела 71, тепла енергія використовується для живлення двигуна Стірлінга 50, який перетворює частину теплової енергії у корисну механічну енергію на його вихідному валу 63. Муфта зчеплення 85 задіяна у з'єднанні, і поршневий компресор 1 може приводитися в дію частково або повністю енергією, яку забезпечує двигун Стірлінга 50. Двигун Стірлінга 50 може запускатися за допомогою електричної машини 97. Якщо механічної енергії, яку виробляє двигун Стірлінга 50 після запуску, достатньо для приведення в дію поршневого компресора 1, то електричну машину 97 можна вимкнути. Якщо між поршневим компресором 1 та електричною машиною 97 передбачено муфту зчеплення 101, то вона може від'єднуватися у разі, коли електрична машина 97 вимикається. В іншому варіанті муфта зчеплення може залишатися під'єднаною та/або просто не передбачатись. Електрична машина 97 тоді обертатиметься вхолосту, тоді як поршневий компресор 1 буде приводитися в дію лише двигуном Стірлінга 50.

Якщо механічної енергії, яку виробляє двигун Стірлінга 50, недостатньо для приведення в дію поршневого компресора 1, то електрична машина 97 може застосовуватись як мотор та діяти як помічник, таким чином забезпечуючи додаткову механічну енергію, якої разом із енергією, яку забезпечує двигун Стірлінга 50, достатньо для приведення в дію поршневого компресора 1. У з'єднанні задіяно муфту зчеплення 101, якщо вона присутня.

Машини системи 84, а саме двигун Стірлінга 50, поршневий компресор 1 та електрична машина 97 можуть обертатися із однаковою частотою. Частота обертання може зумовлюватися умовами експлуатації поршневого компресора 1. Частота обертання електричної машини 97 може відповідно коригуватися частотним перетворювачем 103.

Якщо енергії, яку виробляє двигун Стірлінга 50, більше, ніж потрібно для приведення в дію поршневого компресора 1, то надлишок механічної енергії може передаватися за допомогою трансмісійного вала 99 до електричної машини 97, і остання може працювати в режимі генератора, перетворюючи механічну енергію у електричну енергію. Останню вводять у мережу розподілу електроенергії MPE. Прийнятна електрична частота досягається за допомогою частотного перетворювача 103, незалежно від частоти обертання системи 84.

Якщо двигун Стірлінга 50 не надає енергію, то муфта зчеплення 85 може від'єднуватися, і поршневий компресор 1 може приводитися в дію лише електричною машиною 97, яка працює в режимі мотора.

Із обладнанням, проілюстрованим на Фіг. 5, тепла енергія, навіть при відносно низьких температурах, може перетворюватися на корисну механічну енергію для зменшення споживання електричної енергії від мережі MPE або, за певних умов експлуатації, може застосовуватись для постачання електроенергії у мережу MPE, додатково до приведення в дію поршневого компресора 1. Система 84 може належним чином контролюватися відповідно до

умов експлуатації поршневого компресора 1, незалежно від обсягу теплової енергії, доступної від джерела 71, завдяки комбінації двигуна Стірлінга 50 та електричної машини 97, так щоб поршневий компресор 1 міг працювати за необхідних умов, навіть якщо від джерела 71 доступно мало енергії або енергія взагалі відсутня.

На Фіг. 6 схематично проілюстровано подальший варіант реалізації системи 86 для приведення в дію поршневого компресора 1 відповідно до цього винаходу. Одні й ті самі числові позначення на Фіг. 3, 4 та 5 використовуються для однакових або подібних частин або елементів. Колінчатий вал 31 поршневого компресора 1 формує частину трансмісійного вала, вздовж якого встановлені двигун Стірлінга 50, електрична машина 97 та додатковий двигун, наприклад, поршневий двигун внутрішнього згоряння 105. Двигун внутрішнього згоряння 105 може бути, наприклад, двигуном Дизеля або двигуном Отто. У переважному варіанті реалізації винаходу машини системи 86 з'єднані так, щоб частота обертання різних пристроїв була по суті однаковою, і можна було не застосовувати коробку передач.

У деяких варіантах реалізації винаходу двигун Стірлінга 50 може розташовуватися на одному кінці трансмісійного вала, а поршневий двигун внутрішнього згоряння 105 може розташовуватися на його протилежному кінці, тоді як поршневий компресор 1 та електрична машина 97 розташовані між ними. Поршневий компресор 1 може розміщуватися безпосередньо суміжно із поршневим двигуном внутрішнього згоряння 105, тоді як електрична машина 97 може розміщуватися між поршневим компресором 1 та двигуном Стірлінга 50.

У деяких варіантах реалізації винаходу наскрізний вал 107 електричної машини 97 на одному кінці з'єднаний з можливістю передачі приводного зусилля із вихідним валом 63 двигуна Стірлінга 50. Між валом 107 електричної машини 97 та вихідним валом 63 двигуна Стірлінга 50 може передбачатися муфта зчеплення 109. Між валом 107 електричної машини 97 та колінчатим валом 31 поршневого компресора може передбачатися додаткова муфта зчеплення 111.

Колінчатий вал 31 поршневого компресора 1 може з'єднуватися на кінці, протилежному до електричної машини 97, із поршневим двигуном внутрішнього згоряння 105. У деяких варіантах реалізації винаходу між колінчатим валом 31 та валом 115 поршневого двигуна внутрішнього згоряння 105 може розміщуватися муфта зчеплення 113.

Уздовж трансмісійного вала можуть розміщуватися у прийнятних позиціях один або більше маховиків. У деяких варіантах реалізації винаходу поршневі машини, а саме поршневий двигун внутрішнього згоряння 105, поршневий компресор 1 та двигун Стірлінга 50, забезпечуються кожен своїм маховиком, які не показані на кресленнях. У інших варіантах реалізації винаходу уздовж трансмісійного вала можуть розташовуватися у прийнятних позиціях лише один або два маховика.

Гарячий кінець двигуна Стірлінга 50 може забезпечуватися відпрацьованим теплом від двигуна внутрішнього згоряння 105. Це проілюстровано схематично на схемі контуру теплоносія 117. Т1 являє собою відпрацьоване тепло, яке передається від поршневого двигуна внутрішнього згоряння 105 до гарячого кінця двигуна Стірлінга 50.

Відпрацьоване тепло може регенеруватися із відпрацьованих продуктів згоряння, вивільнених із двигуна внутрішнього згоряння 105. Тепло може регенеруватися із системи охолодження двигуна внутрішнього згоряння 105, наприклад, із охолоджуючої води, що циркулює у поршневому двигуні внутрішнього згоряння 105. Тепло також може регенеруватися з масла системи змащування цього двигуна 105. Лише одне, два або три джерела відпрацьованого тепла можуть застосовуватись для живлення двигуна Стірлінга 50. Таким чином, поршневий двигун внутрішнього згоряння 105 забезпечує джерело теплової енергії або тепла для двигуна Стірлінга 50.

На Фіг. 6 проілюстровано закритий контур теплоносія 117, наприклад, для регенерації тепла від системи охолодження поршневого двигуна внутрішнього згоряння 105, який використовує ту саму охолоджуючу рідину, яка циркулює через двигун внутрішнього згоряння 105. У інших варіантах реалізації винаходу може використовуватися проміжний контур, в якому циркулює допоміжний теплоносіє, видаляючи тепло із охолоджуючої рідини, яка циркулює у поршневому двигуні внутрішнього згоряння 105, наприклад, за допомогою теплообмінника, і передаючи видалене тепло до гарячого кінця двигуна Стірлінга 50.

Якщо температура теплоносія або охолоджуючої рідини, яка циркулює у закритому контурі 117, на виході гарячого кінця двигуна Стірлінга 50 досі дуже висока для забезпечення достатнього охолодження поршневого двигуна внутрішнього згоряння 105, то уздовж зворотної труби закритого контуру 117 може передбачатися допоміжний теплообмінник 119.

Система 86 на Фіг. 6 функціонує таким чином.

Поршневий компресор 1 може приводитися в обертальну дію енергією, що повністю

забезпечується поршневим двигуном внутрішнього згоряння 105, або електричною машиною 97, або двигуном Стірлінга 50. За деяких експлуатаційних умов поршневий компресор 1 може приводитися в дію двома або трьома двигунами 105, 50 та 97 у взаємодії.

Якщо для приведення в дію поршневого компресора 1 застосовується лише електрична енергія, наприклад, якщо тепло недоступне через те, що двигун Стірлінга 50 та поршневий двигун внутрішнього згоряння 105 з якоїсь причини зупинені, то муфти зчеплення 113 та 109 можуть бути від'єднані, а електрична машина 97 може приводити в дію поршневий компресор 1 безпосередньо за допомогою вала 107 або муфти зчеплення 111, якщо вона передбачена.

За інших експлуатаційних умов поршневий двигун внутрішнього згоряння 105 може працювати, а механічна енергія, яка ним виробляється, може використовуватися за допомогою вала 115 та муфти зчеплення 113, якщо вона передбачена, для приведення в дію колінчатого вала 31 поршневого компресора 1.

Відпрацьоване тепло від поршневого двигуна внутрішнього згоряння 105 може застосовуватися для приведення в дію двигуна Стірлінга 50, який в свою чергу забезпечує частину енергії, необхідної для приведення в дію поршневого компресора 1. Механічна енергія, яку виробляє двигун Стірлінга 50, рухається через електричну машину 97, для цього використовують симетричний вал 107, муфти зчеплення 109 та 111 (якщо вони наявні). Електрична машина 97 оснащена маховиком. Таким чином, поршневий компресор 1 приводиться в дію комбінованою енергією від поршневого двигуна внутрішнього згоряння 105 та двигуна Стірлінга 50.

Якщо енергії, яку забезпечує двигун внутрішнього згоряння 105 та двигун Стірлінга 50 (якщо він функціонує), більше, ніж необхідно для приведення в дію поршневого компресора 1, то надлишок механічної енергії може перетворюватися на електричну енергію електричною машиною 97, яка працює в режимі генератора. Частотний перетворювач 103 застосовується для приведення електричної енергії до необхідної частоти перед доставкою електричної енергії, яку виробляє електрична машина 97, до мережі розподілу електроенергії МРЕ.

Може передбачатися зовнішнє джерело тепла 71, наприклад, якщо доступне відпрацьоване тепло від іншого процесу. Т3 показує додаткове тепло, яке постачається додатковим джерелом тепла 71 до гарячого кінця двигуна Стірлінга 50.

За деяких експлуатаційних умов, якщо, наприклад, джерелом тепла 71 забезпечується достатньо відпрацьованого тепла, то двигун внутрішнього згоряння 105 може залишатися не увімкненим і, можливо, від'єднаним від колінчатого вала 31 шляхом від'єднання муфти зчеплення 113. Механічна енергія для приведення в дію поршневого компресора 1 може повністю забезпечуватися двигуном Стірлінга 50 або його поєднанням із електричною машиною 97.

На Фіг. 7 та 8 схематично проілюстровано подальші варіанти реалізації систем відповідно до цього винаходу. Одні й ті самі числові позначення вказують на ті самі частини та вузли, як і на попередньо описаних кресленнях, або на еквівалентні до них частини та вузли.

А саме, на Фіг. 7 проілюстровано пристрій, подібний до пристрою на Фіг. 5, на якій маховик 87 рухається на ділянці трансмісійного вала між поршневим компресором 1 та електричною машиною 97.

На Фіг. 8 проілюстровано пристрій, подібний до пристрою на Фіг. 6, у якому відсутній двигун внутрішнього згоряння 105, а тепло Т1 для гарячого кінця двигуна Стірлінга 50 повністю забезпечується джерелом тепла 71, наприклад, джерелом регенерації відпрацьованого тепла.

Типові варіанти реалізації цього винаходу можуть застосовуватися на деяких промислових підприємствах, де застосовуються поршневі компресори і де доступі джерела відпрацьованого тепла, наприклад, теплообмінники тощо. На Фіг. 9 та 10 схематично проілюстровано два приклади можливого застосування цього винаходу: в установках гідроочистки та риформінгу відповідно.

Точніше, на Фіг. 9 проілюстровано блок-схему процесу гідроочистки. Загальна структура заводу загальновідома і не буде описуватися в подробицях. Завод може містити насос завантаження вихідної сировини 201, теплообмінник попереднього нагріву 203, нагрівач 205 та реактор 207. Вихідний потік з реактора 207 частково охолоджується у теплообміннику попереднього нагріву 203 шляхом обміну тепла з вхідною сировиною із насоса 201. Далі завод містить охолоджувач 210, що знаходиться нижче реактора 207. Технологічний потік з реактора 207 доставляється до водневого сепаратора 209. Газоподібний водень стискається поршневим компресором 211 та повертається до холодного кінця теплообмінника попереднього нагріву 203, тоді як рідка частина потоку доставляється до стабілізатора 215. Вхідний водень накачується поршневим компресором підживлюючого водню 213, додається до потоку водню від поршневого компресора 211 і до сировини від насоса завантаження вихідної сировини 201.

Один або обидва поршневі компресора 211 та 213 можуть з'єднуватися з можливістю передачі приводного зусилля із двигуном Стірлінга, описаним раніше.

Відпрацьоване тепло від теплообмінника 210 може використовуватися для живлення енергією двигуна Стірлінга, передбаченого для приведення в дію поршневого компресора 213, як схематично показано контуром теплоносія 217. Альтернативно або додатково до контуру теплоносія 217 цей контур може використовуватися для доставки відпрацьованого тепла до двигуна Стірлінга, який приводить в дію поршневий компресор 211.

На Фіг. 10 схематично проілюстровано блок-схему процесу риформінгу із обладнанням, що містить живильний насос сирої нафти 301, який доставляє технологічний потік через піч 302 та дві послідовно розташовані печі повторного нагріву 303, 304. Реактори 305, 306, 307 розташовані нижче кожної з печей 302, 303 та 304. Потік вуглеводню з реактора 307 зріджується в охолоджувачі 309, далі розділяється на рідку та газоподібну фази у сепараторі високого тиску 311 і сепараторі низького тиску 313 відповідно. Рідина із сепаратора низького тиску 313 подається до стабілізатора 315, звідки із верхньої частини вилучається легкий газ і охолоджується в охолоджувачі 316, тоді як рідина вилучається насосом для реформата 317.

Завод додатково містить поршневий компресор переробки водню 319, в який доставляється газ із сепаратора 311. Водень, накачаний із поршневого компресора 319, подається у піч 302.

Наступний поршневий компресор 321 отримує водень із сепаратора низького тиску 313 та доставляє водень наступним процесам.

Поршневий компресор 319, або поршневий компресор 321, або обидва компресори можуть з'єднуватися з можливістю передачі приводного зусилля із двигуном Стірлінга, як це описано раніше, для того, щоб принаймні частково регенерувати відпрацьоване тепло або від охолоджувача зрідження 309, або від охолоджувача 316 стабілізатора 315, або від обох. У типовій установці перший контур теплообміну 325 передає відпрацьоване тепло від охолоджувача зрідження 309 до двигуна Стірлінга 319S, який з'єднується з можливістю передачі приводного зусилля із поршневим компресором 319. Другий контур теплообміну 327 передає відпрацьоване тепло від охолоджувача 316 до двигуна Стірлінга 321S, який з'єднується з можливістю передачі приводного зусилля із поршневим компресором 321.

У описаних раніше варіантах реалізації винаходу зроблено посилання на джерело тепла 71, звідки теплова енергія, наприклад, регенероване відпрацьоване тепло, доставляється до гарячого кінця двигуна Стірлінга 70. Холодний кінець двигуна Стірлінга може знаходитися у температурі навколишнього середовища або кімнатній температурі та охолоджуватися, наприклад, навколишнім повітрям або водою. Пристрої такого типу особливо корисні в ситуаціях, коли доступне джерело відпрацьованого тепла, наприклад на нафтопереробних підприємствах. У інших варіантах реалізації винаходу гарячий кінець двигуна Стірлінга може знаходитися при температурі навколишнього середовища або кімнатній температурі, а холодний кінець може перебувати в контакті, наприклад, із потоком холодної рідини. Також, в такому типі пристрою різниця температури між гарячим джерелом та холодним джерелом може досягатися шляхом застосування існуючого потоку холодної рідини, такої яка доступна на підприємствах регазифікації, на яких зріджений природний газ (LNG) знову повертається до газоподібного стану.

Хоча розкриті у даному документі варіанти реалізації винаходу були проілюстровані на кресленнях і детально описані вище із характерними рисами та деталізацією в зв'язку із декількома типовими варіантами реалізації, спеціалістам у цій галузі техніки буде очевидно, що можуть бути здійснені численні модифікації, зміни та вилучення, без істотного відходу від зазначених у даному документі інноваційних ідей, принципів, концепцій та переваг, викладених у формулі винаходу. Тож відповідний обсяг викладених у даному документі інновацій має визначатися лише в широкій інтерпретації доданої формули, так щоб містити всі такі модифікації, зміни та вилучення. Різні ознаки, структури та інструментарій різних варіантів реалізації можуть бути по-різному скомбіновані.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 5 1. Система для приведення в дію поршневого компресора, яка містить: поршневий компресор (1), що містить принаймні один циліндр (3), поршень (7), виконаний з можливістю, ковзаючи, рухатися у циліндрі (3), колінчатий вал (31), що приводить у рух поршень (7) у циліндрі (3);
двигун Стірлінга (50) з гарячим кінцем, холодним кінцем та вихідним валом (63);
- 10 приводне з'єднання (83; 107) між вихідним валом (63) двигуна Стірлінга та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1), причому приводне з'єднання (83; 107) містить муфту зчеплення (85; 111, 109), розташовану між вихідним валом (63) двигуна Стірлінга (50) та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1);
електричну машину (97);
- 15 приводне з'єднання (99) між електричною машиною (97) та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1);
частотний перетворювач (103), який з'єднаний з електричною машиною (97);
джерело тепла (71), виконане з можливістю постачання тепла до гарячого кінця двигуна Стірлінга (50).
- 20 2. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що частота обертання вихідного вала (63) двигуна Стірлінга (50) та частота обертання колінчатого вала (31) поршневого компресора (1) по суті рівні.
3. Система за п. 1, що додатково містить допоміжний двигун (91) та приводне з'єднання (93; 107) між допоміжним двигуном (91) та поршневим компресором (1) для забезпечення
- 25 додаткової енергії поршневому компресору (1).
4. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що електрична машина (97) з'єднана з мережею розподілу електроенергії (МРЕ) за допомогою частотного перетворювача (103).
5. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що електрична машина (97) є реверсивною електричною машиною, яка виконана з можливістю функціонування вибірково у режимі мотора
- 30 або у режимі генератора.
6. Система за п. 1, що додатково містить муфту зчеплення (101), розташовану між електричною машиною (97) та поршневим компресором (1).
7. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що поршневий компресор (1) вибірково живиться:
- 35 лише механічною енергією, яку виробляє електрична машина (97); або
лише механічною енергією, яку виробляє двигун Стірлінга (50); або
комбінованою енергією, яку виробляє двигун Стірлінга (50) та електрична машина (97).
8. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що електрична машина (97) керується та виконана з можливістю функціонування у режимі генератора та перетворення надлишкової механічної енергії в корисну електричну енергію.
- 40 9. Система за п. 1, яка **відрізняється** тим, що електрична машина (97) виконана з можливістю функціонування як пускового пристрою для двигуна Стірлінга (50).
10. Система за п. 1, що додатково містить поршневий двигун внутрішнього згоряння (105) та приводне з'єднання (115) між поршневим двигуном внутрішнього згоряння (105) та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1).
- 45 11. Спосіб приведення в дію поршневого компресора (1), який включає етапи, на яких:
застосовують поршневий компресор (1) з принаймні одним циліндром (3), поршнем (7), виконаним з можливістю, ковзаючи, рухатися у циліндрі (3), колінчатим валом (31) для приведення в рух поршня (7) у циліндрі (3);
застосовують двигун Стірлінга (50) з гарячим кінцем, холодним кінцем та вихідним валом (63);
- 50 застосовують електричну машину (97) та здійснюють з'єднання з можливістю передачі приводного зусилля (99) між електричною машиною (97) та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1);
застосовують частотний перетворювач (103), який з'єднаний з електричною машиною (97);
керують частотою обертання електричної машини (97) за допомогою частотного перетворювача
- 55 (103);
здійснюють з'єднання з можливістю передачі приводного зусилля вихідного вала (63) двигуна Стірлінга (50) з колінчатим валом (31) поршневого компресора (1) через муфту зчеплення (85; 111, 109);
забезпечують тепловою енергією гарячого кінця двигуна Стірлінга (50) та частково
- 60 перетворюють теплову енергію у механічну енергію двигуном Стірлінга (50);

застосовують вказану механічну енергію до колінчатого вала (31) поршневого компресора (1).

12. Спосіб за п. 11, який **відрізняється** тим, що частота обертання вихідного вала (63) двигуна Стірлінга (50) та частота обертання колінчатого вала (31) поршневого компресора (1) по суті рівні.

5 13. Спосіб за п. 11, який додатково включає етап, на якому: забезпечують допоміжним двигуном (91) та здійснюють з'єднання з можливістю передачі приводного зусилля (93) між допоміжним двигуном (91) та поршневим компресором (1); та забезпечують додатковою енергією поршневого компресора (1) за допомогою допоміжного двигуна (91).

10 14. Спосіб за п. 11, який включає етап, на якому здійснюють з'єднання з можливістю передачі приводного зусилля електричної машини (97) та колінчатого вала (31) поршневого компресора (1) та обертання колінчатого вала (31) та електричної машини (97) із однаковою частотою обертання.

15 15. Спосіб за п. 11, який додатково включає етап, на якому застосовують електричну машину (97) у допоміжному режимі та передають додаткову механічну потужність, яку виробляє електрична машина (97), до колінчатого вала (31) поршневого компресора (1).

16. Спосіб за п. 11, який включає етапи, на яких застосовують електричну машину (97) у режимі генератора та перетворюють надлишкову механічну енергію двигуна Стірлінга (50) в електричну енергію.

20 17. Спосіб за п. 11, який додатково включає етапи, на яких: забезпечують поршневим двигуном внутрішнього згоряння (105) та здійснюють приводне з'єднання (115) між поршневим двигуном внутрішнього згоряння (105) та колінчатим валом (31) поршневого компресора (1); застосовують двигун внутрішнього згоряння (105); перетворюють відпрацьоване тепло від двигуна внутрішнього згоряння (105) у механічну енергію двигуна Стірлінга (50).

Фиг. 1А

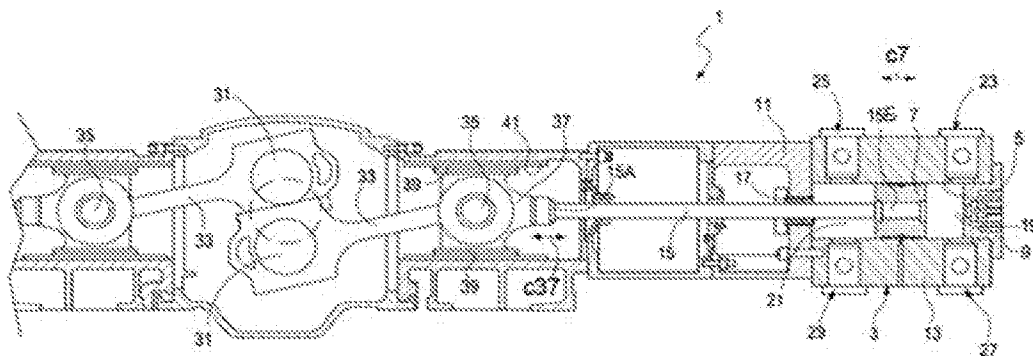


Fig. 15

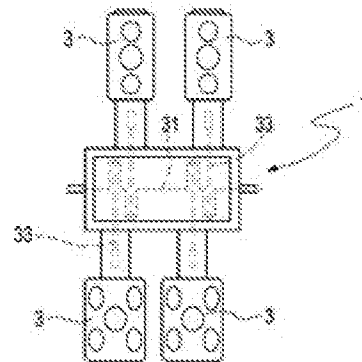


Fig. 2

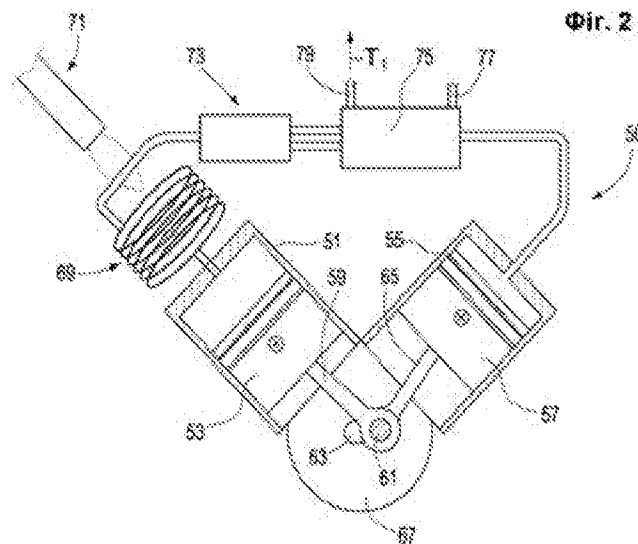


Fig. 3

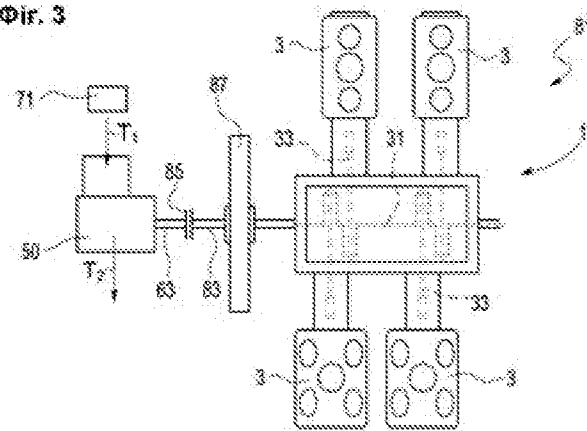


Fig. 4

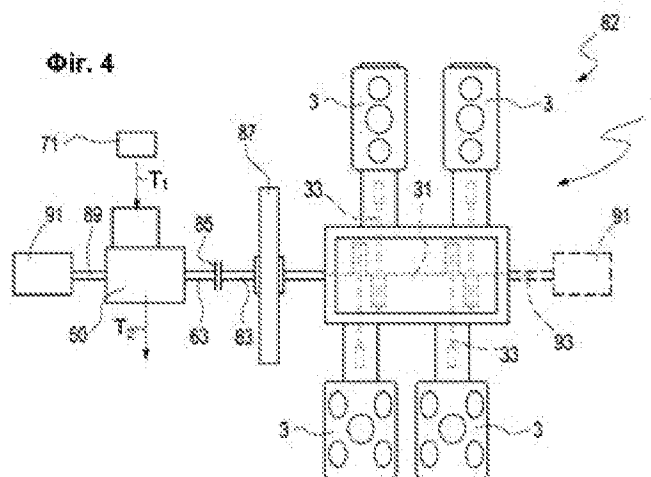


Fig. 5

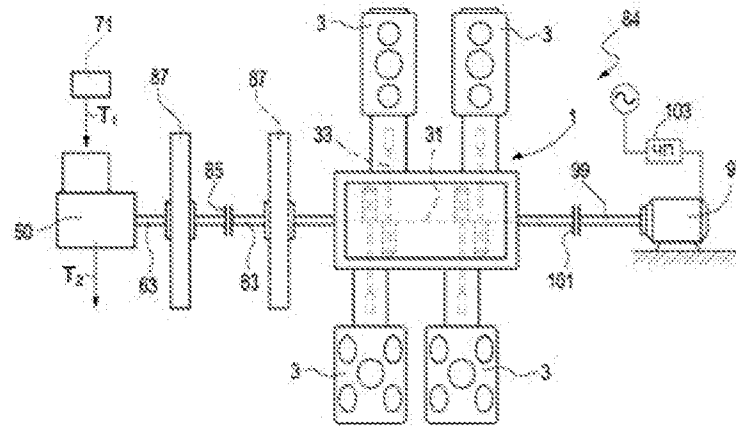
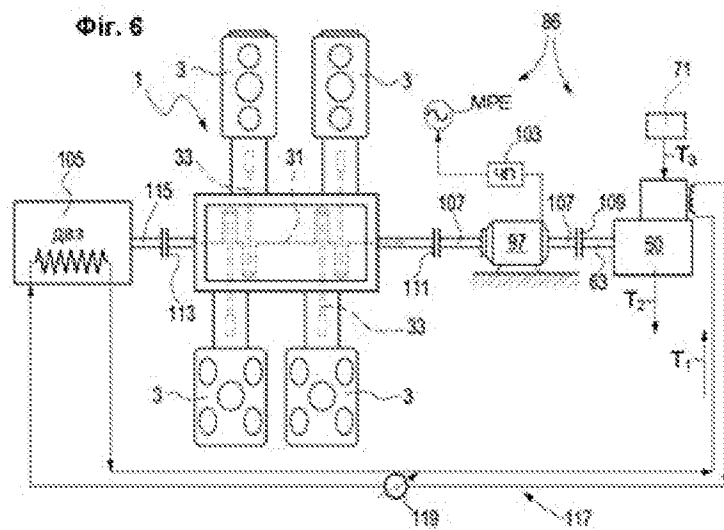


Fig. 6



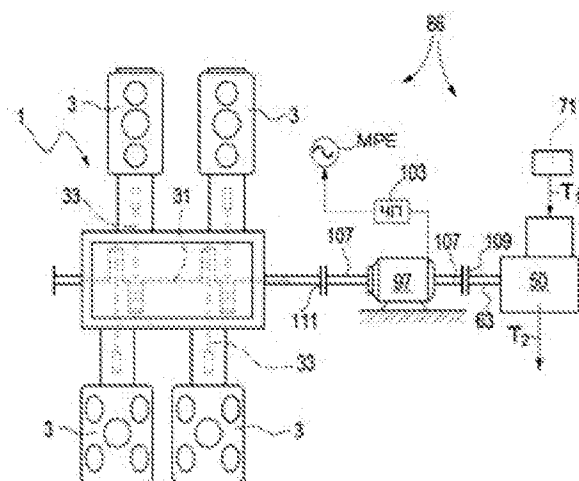
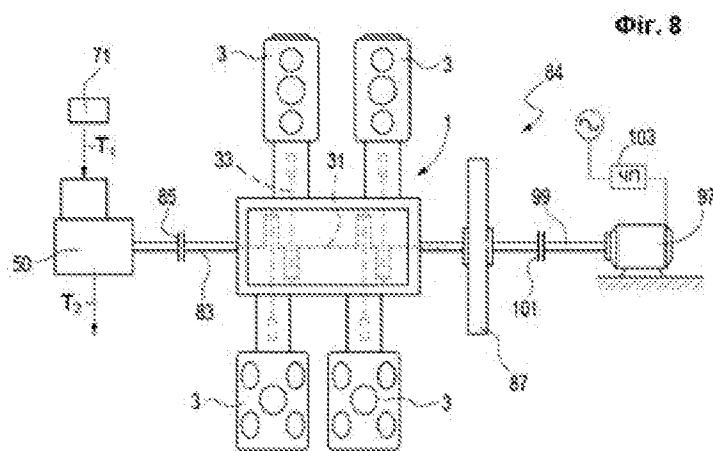


Fig. 9

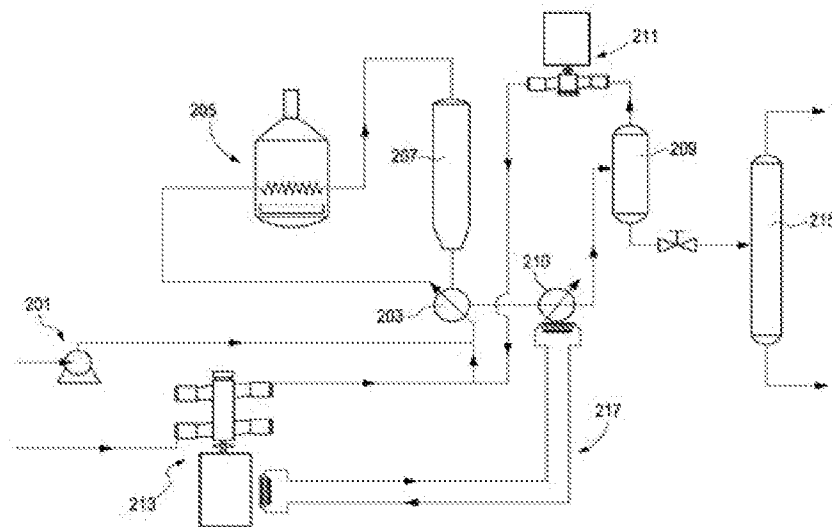
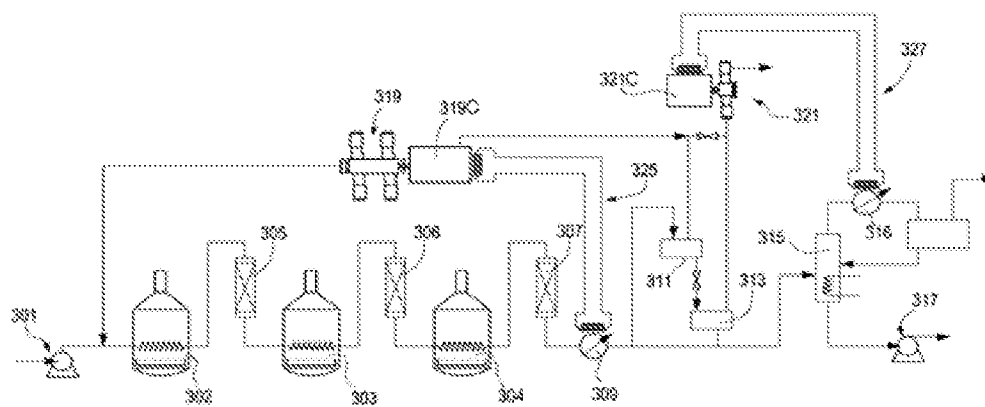


Fig. 10



Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601