



УКРАЇНА

(19) UA (11) 33137 (13) U
(51) МПК (2006)
H01F 27/00
H02K 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ТРАНСФОРМАТОР З ОБЕРТОВИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

1

(21) u200801717

(22) 11.02.2008

(46) 10.06.2008, Бюл. № 11, 2008 р.

(72) СТАВИНСЬКИЙ АНДРІЙ АНДРІЙОВИЧ, UA,
ЗАБОРА ІГОР ГЕОРГІЙОВИЧ, UA, ЗЕЛЕНИЙ МИ-
КОЛА ІВАНОВИЧ, UA, МИРОНОВ ДЕНИС ВОЛО-
ДИМИРОВИЧ, UA, ЗІНЧЕНКО МИКИТА ЄВГЕНІ-
ЙОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕ-
БУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА, UA

(57) 1. Трансформатор з обертним магнітним
полем, такий як перетворювач числа фаз асинх-
ронного двигуна з багатофазною стрижневою об-
моткою статора, який містить магнітопровід з па-
зами, первинну і вторинну обмотки, що
складаються з встановлених в пазах і електрично
з'єднаних секцій, який **відрізняється** тим, що па-

2

зи, які призначені для укладання суміжних секцій
щонайменше однієї з обмоток, зсунуті у взаємно
протилежних напрямках.

2. Трансформатор за п. 1, який **відрізняється**
тим, що магнітопровід виконаний з радіальними
пазами, які зсунуті відповідно до зовнішнього кон-
тура і осі магнітопровода.

3. Трансформатор за п. 1, який **відрізняється**
тим, що магнітопровід виконаний з радіальними
пазами та поділений у аксіальному напрямку на
частини, що розташовані з проміжком і зсунуті тан-
генціально на половину пазового ділення кожної
частини.

4. Трансформатор за п. 1, який **відрізняється**
тим, що магнітопровід виконаний з аксіальними
пазами, які зсунуті до торцевих поверхонь магніто-
провода на відстань, що перевищує висоту паза.

Корисна модель відноситься до електромеха-
ніки і може бути використана при виробництві спе-
ціальних трансформаторів перетворення числа
фаз з обертним магнітним полем, таких як
трансформатори живлення асинхронних двигунів з
короткозамкненою стрижневою обмоткою статора,
та інших. Корисною моделлю вирішується задача
поліпшення масогабаритних і енергетичних показ-
ників, а також підвищення надійності і спрощення
технології виробництва вказаних перетворювачів,
які можуть бути застосовані у перетворювальній
техніці, системах погрузного і герметичного елек-
троприводу та потужних електродвигунах з транс-
форматорним обмеженням пускового струму.

Відомо про конструкцію трансформатора з
обертним магнітним полем для перетворення
числа фаз, який містить магнітопровід з пазами,
первинну m_1 - фазну обмотку і вторинну m_2 - фаз-
ну обмотку з числом полюсів, що дорівнює числу
полюсів первинної обмотки. Первинна і вторинна
обмотки складаються з встановлених в пазах і
електрично з'єднаних секцій, тобто виконуються
розподіленими [Иванов-Смоленский А.В. Электри-
ческие машины: Учебн. для вузов.- М.: Энергия,
1980. - с. 464 – 465]. Перевагою застосування
трансформаторів з обертним магнітним полем у

перетворювальній техніці відносно трансформато-
рів з пульсуючим магнітним полем є можливість
якісного поліпшення вихідних струму і напруги ав-
тономних інверторів використанням двошарових
обмоток та скосу пазів магнітопровода. Однак не-
доліками таких трансформаторів є складність тех-
нології виготовлення зубчатого магнітопровода,
що зростає зі збільшенням кількості пазів, склад-
ність обмотково-ізоляційних робіт та підвищена
матеріаломісткість обмоток.

Вказані недоліки обумовлені використанням
розподілених фаз зі значним вильотом та довжи-
ною лобових частин секцій обмоток. Ознаками
вказаної конструкції, що співпадають з корисною
моделлю, є наявність магнітопровода з пазами,
первинної і вторинної обмоток у вигляді електрич-
но з'єднаних секцій, що встановлені в пазах.

Також відомо про конструкцію трансформато-
ра з обертним магнітним полем для перетворен-
ня числа фаз у складі електромеханічної системи
з асинхронним двигуном, що містить короткозамк-
нену стрижневу обмотку статора [декларативний
патент України № 45874А, кл. H02P13/00], яку при-
йнято за прототип. Трансформатор містить магні-
топровід з пазами, первинну і вторинну обмотки,
що складаються з встановлених в пазах і електрич-

(19) UA (11) 33137 (13) U

чно з'єднаних секцій. Первинна $m_1=3$ - фазна обмотка трансформатора являє собою багатовиткову розподілену обмотку, а вторинна m_2 - фазна обмотка складається з стрижнів, що з одного боку з'єднані „зіркою“, а з іншого боку з'єднані з фазовими виводами багатофазної стрижневої обмотки статора двигуна. Мінімальна кількість фаз вторинної обмотки трансформатора у вигляді окремих суцільних стрижнів, що необхідна для створення обертового двополюсного магнітного поля постійної амплітуди, дорівнює $m_2=6$. Для поліпшення гармонічного складу магнітного поля двигуна кожний фазовий вивід на вхід в статор поділений на частини, які розташовані в окремих пазах статора і замкнені кільцями з протилежного боку. Застосування у вторинному колі трансформатора замість трифазної багатовиткової обмотки багатофазної обмотки із стрижнів зменшує матеріаломісткість і габаритні розміри, підвищує надійність та спрощує технологію виготовлення відповідно вторинного і первинного електромагнітних кіл трансформатора і двигуна електромеханічної системи, наприклад для герметичного електроприводу. Однак первинне електромагнітне коло трансформатора характеризується усіма означеними вище недоліками використання розподіленої обмотки. Ознаками прототипу, що співпадають з конструкцією корисної моделі, є наявність магнітопроводу з пазами та первинної і вторинної обмоток у вигляді електрично з'єднаних секцій, що встановлені в пазах.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення трансформатора з обертовим магнітним полем, у якому структурними перетвореннями конструкції забезпечено поліпшення масогабаритних і енергетичних показників, а також підвищення надійності і спрощення технології виробництва.

Поставлена задача вирішується тим, що у трансформаторі з обертовим магнітним полем, такому як перетворювач числа фаз асинхронного двигуна з багатофазною стрижневою обмоткою статора, який містить магнітопровід з пазами, первинну і вторинну обмотки, що складаються з встановлених в пазах і електрично з'єднаних секцій, пази, які призначені для укладання суміжних секцій за меншою мірою однієї з обмоток, зсунуті взаємно у протилежних напрямках.

Магнітопровід виконаний з радіальними пазами, які зсунуті відповідно до зовнішнього контуру і осі магнітопроводу.

Магнітопровід виконаний з радіальними пазами та поділений у аксіальному напрямку на частини, що розташовані з проміжком і зсунуті тангенціально на половину пазового ділення кожної частини.

Магнітопровід виконаний з аксіальними пазами, які зсунуті до торцевих поверхонь магнітопроводу на відстань, що перевищує висоту паза.

Сукупність вказаних ознак, тобто взаємний зсув у протилежних напрямках пазів, що призначені для укладання суміжних секцій за меншою мірою однієї з обмоток, забезпечує поліпшення масогабаритних і енергетичних показників, а також підвищення надійності і спрощення технології виробництва трансформатора з обертовим магнітним полем.

Виконання трансформатора з обертовим магнітним полем таким чином, що магнітопровід виконаний з радіальними пазами, які зсунуті відповідно до зовнішнього контуру і осі магнітопроводу, забезпечує поліпшення техніко-економічних показників трансформатора з радіально-циліндричною електромагнітною системою і багатовитковими розподіленими обмотками.

Виконання трансформатора з обертовим магнітним полем таким чином, що магнітопровід виконаний з радіальними пазами та поділений у аксіальному напрямку на частини, що розташовані з проміжком і зсунуті тангенціально на половину пазового ділення кожної частини, забезпечує зменшення вартості будови, підвищення надійності і спрощення технології виробництва потужних асинхронних двигунів з трансформаторним обмеженням пускового струму.

Завдяки виконанню трансформатора з обертовим магнітним полем таким чином, що магнітопровід виконаний з аксіальними пазами, які зсунуті до торцевих поверхонь магнітопроводу на відстань, що перевищує висоту паза, забезпечується поліпшення техніко-економічних показників трансформатора з аксіальною електромагнітною системою, наприклад трансформатора асинхронної електромеханічної системи герметичного електроприводу.

Поліпшення масогабаритних і енергетичних показників, а також підвищення надійності і спрощення технології виробництва варіантів трансформаторів з обертовим магнітним полем досягається на основі зменшення середньої довжини витків і довжини вильотів лобових частин та зменшення кількості фазних перетинань секцій обмоток у зонах лобових частин, а також спрощення технологічних умов укладання секцій в пази за меншою мірою однієї з обмоток завдяки взаємному зсуву пазів магнітопроводу у протилежних напрямках, у залежності від типу магнітопроводу - радіальних, тангенціальних або аксіальних. Удосконалення конструкції трансформатора для живлення потужного асинхронного двигуна з індукційним обмеженням пускового струму досягається на основі використання первинної обмотки, що відповідає обмотці зі згуртованими котушками, які мають плоску форму контурів всіх витків, завдяки поділу магнітопроводу у аксіальному напрямку на частини, що розташовані з проміжками і зсунуті тангенціально на половину пазового ділення кожної частини. Удосконалення конструкції трансформатора живлення двигуна електромеханічної системи для герметичного електроприводу досягається на основі використання первинної обмотки, що відповідає обмотці зі згуртованими котушками, які мають плоску форму контурів всіх витків, завдяки взаємному зсуву пазів до торцевих поверхонь магнітопроводу на відстань, що перевищує висоту паза. У порівнянні з прототипом, на (15...20)% і (2...3)% поліпшуються відповідно масогабаритні і енергетичні показники.

Корисна модель ілюструється кресленнями, на яких зображені варіанти активної частини трансформаторів з обертовим магнітним полем з розрізами, що характеризують сутність конструкції.

Фіг.1 і Фіг.2 пояснюють радіально-циліндричну електромагнітну систему трансформатора перетворення числа фаз у співвідношенні $m_1/m_2=3/2$, що призначений для пристроїв електричного зварювання. На Фіг.3-Фіг.5 показаний трансформатор перетворення числа фаз у співвідношенні $m_1/m_2=3/6$ з електромагнітною системою радіально-циліндричного виконання у складі електромеханічної системи потужного асинхронного двигуна з багатофазною стрижневою обмоткою статора. Фіг.6-Фіг.8 характеризують аксіальну електромагнітну систему трансформатора перетворення числа фаз у співвідношенні $m_1/m_2=3/6$ для живлення асинхронного двигуна з багатофазною стрижневою обмоткою статора (на кресленнях відсутній), що призначений для герметичного електроприводу. Фіг.9 характеризує особливості створення магніторушійної сили магнітопровода і електрорушійної сили секцій вторинної стрижневої обмотки варіантів трансформатора (Фіг.3-Фіг.8).

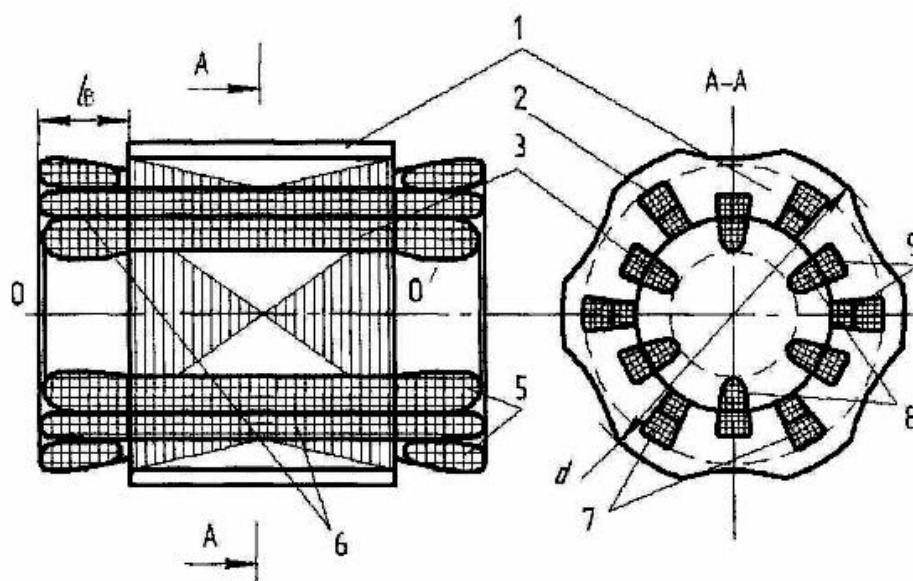
Кожна з електромагнітних систем (Фіг.1-Фіг.8) містить магнітопровід 1 з пазами 2, 3, а магнітопровід 1 системи Фіг.3-Фіг.5 додатково містить пази 4. Електромагнітні системи (Фіг.1-Фіг.8) також містять первинну обмотку 5 і вторинну обмотку 6 у вигляді відповідно електрично з'єднаних первинних секцій 7, 8 і електрично з'єднаних вторинних секцій 9, що встановлені в пази 2, 3 (Фіг.1, Фіг.2 і Фіг.6 - Фіг.9) та в пази 2, 3 і 4 (Фіг.3-Фіг.5). Вторинні секції 9 систем (Фіг.3-Фіг.8) замкнені в шестифазну „зірку” електричним з'єднанням 10. В конструкції (Фіг.1, Фіг.2) магнітопровід 1 виконаний з радіальними пазами 2, 3 і містить $m_1=3$ - фазну розподілену $2p=2$ - полюсну первинну обмотку 5 з числом пазів на полюс і фазу $q_1=2$, а також $m_2=2$ - фазну розподілену $2p=2$ - полюсну вторинну обмотку 6 з $q_2=3$ та з секціями 7, 8 і 9, що укладені в $Z=2pm_1q_1=2pm_2q_2=12$ пазів 2, 3. Пази 2, 3 зсунуті взаємно у протилежних напрямках, тобто до зовнішнього контуру (на діаметрі d) і осі О-О' магнітопровода 1. В конструкції (Фіг.3-Фіг.5) магнітопровід 1 виконаний з радіальними пазами 2, 3 та поділений у аксіальному напрямку на частини 11, 12, що розташовані з проміжком Δ_n . Пази 2, 3 вказаного магнітопровода 1, які призначені для укладання суміжних секцій 7, 8 первинної обмотки 5, зсунуті взаємно у протилежних напрямках, тобто зсунуті тангенціально на половину пазового ділення кожної частини - кут 60° . Секції 9 вторинної обмотки 6 трансформатора (Фіг.3-Фіг.5) з'єднані електрично з фазовими виводами 13 стрижневої обмотки 14 статора 15 електромеханічної системи (Фіг.3) В конструкції (Фіг.6-Фіг.8) магнітопровід 1 виконаний з аксіальними пазами 2, 3. Вказані пази, які призначені для укладання суміжних секцій 7, 8 первинної обмотки 5 і суміжних секцій 9 вторинної обмотки 6, зсунуті взаємно у протилежних напрямках - до торцевих поверхонь 16, 17 магнітопровода

1. Величина зсуву h_3 перевищує висоту h_n пазів 2, 3.

При роботі трансформатора (Фіг.1, Фіг.2) секції 7, 8 первинної обмотки 5 з $m_1=3$ створюють обертове магнітне поле. У зв'язку з тим, що у вторинної обмотки 6 число полюсів теж саме, що у первинної обмотки 5, обертове магнітне поле наводить електрорушійну силу та напругу, що відповідає заданій кількості фаз $m_2=2$. При роботі трансформатора з первинною $m_1=3$ - фазною двополюсною обмоткою 5 і вторинною $m_2=6$ - фазною стрижневою обмоткою 6, наприклад трансформатора у складі електромеханічної системи (Фіг.3), секції 7, що укладені в пазах 2 і суміжні їм секції 8, що укладені в пазах 3, створюють в частинах 11, 12 магнітопровода 1 з загальною мінімальною (при $q=1$) кількістю пазів $Z=2pmq=6$ відповідно обертові магніторушійні сили $F_w(x)$ і $F'_w(x)$, де x - тангенціальна координата лінійної розгортки електромагнітної системи. Розподіли $F_w(x)$ і $F'_w(x)$, що зображені при максимумі струму в фазі А, є несиметричними, та мають пульсуючу амплітуду (Фіг.9). Однак сумісна дія усіх секцій 7, 8 обмотки 5 в магнітопроводі 1 створює в секціях 9 обмотки 6 шестифазну симетричну електрорушійну силу, що визначається підсумковою симетричною обертовою двополюсною магніторушійною силою $F_{w\Sigma}(x)$ постійної амплітуди та обмотковим коефіцієнтом скорочення кроку на $1/3$ полюсного ділення τ (Фіг.9). Креслення на Фіг.9 також повністю відповідають робочому процесу трансформатора схеми Фіг.6 - Фіг.8.

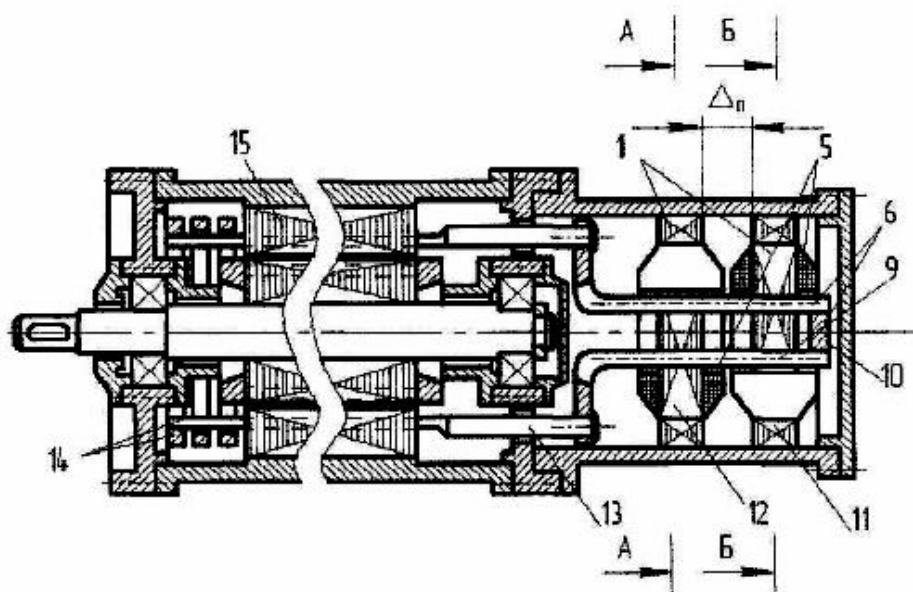
Завдяки зсуву пазів 2, 3, які призначені для укладання суміжних секцій 7, 8 первинної обмотки 5, на основі зменшення довжини вильоту ℓ_B (Фіг.1) і середньої довжини витка та спрощення укладання витків суміжних секцій 7, 8 на різних радіальних рівнях (пунктирні лінії на Фіг.2), на (5...8)% і на (1...2)% поліпшуються масогабаритні і енергетичні показники, а також підвищується надійність і спрощується технологія виробництва трансформатора з розподіленими фазами.

Завдяки поділу магнітопровода 1 з радіальними пазами 2, 3 у аксіальному напрямку на частини 11, 12, що розташовані з проміжком Δ_n (Фіг.3) і зсунуті тангенціально на половину пазового ділення кожної частини (Фіг.4, Фіг.5), або зсуву аксіальних пазів 2, 3 до торцевих поверхонь 16, 17 магнітопровода 1 на відстань h_3 , що перевищує висоту h_n (Фіг.6), створюється можливість використання первинної обмотки 5 з плоскою формою усіх витків без перетинань суміжних секцій в зонах лобових частин. Це на (15...20)% і на (2...3)% поліпшує, відносно прототипу, масогабаритні і енергетичні показники, та підвищує надійність і спрощує виготовлення трансформаторного перетворювача для живлення стрижневої багатофазної обмотки 14 статора 15 асинхронної електромеханічної системи.

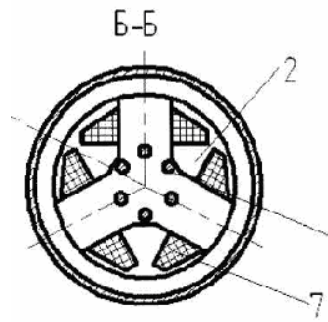


Фиг. 1

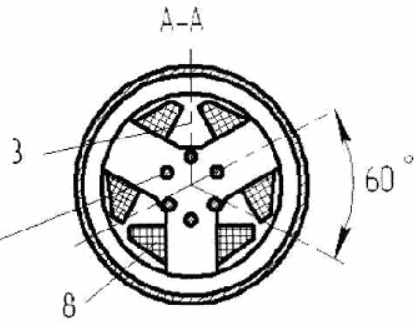
Фиг. 2



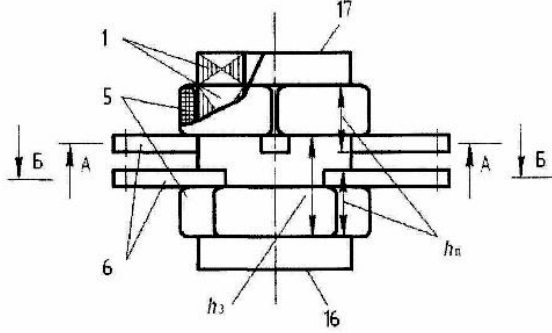
Фиг. 3



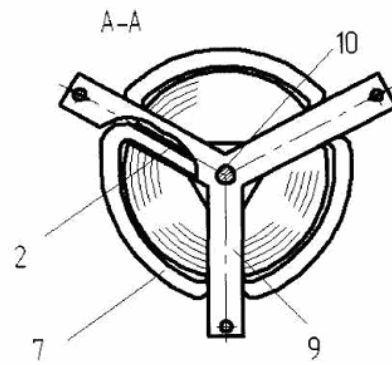
Фиг. 4



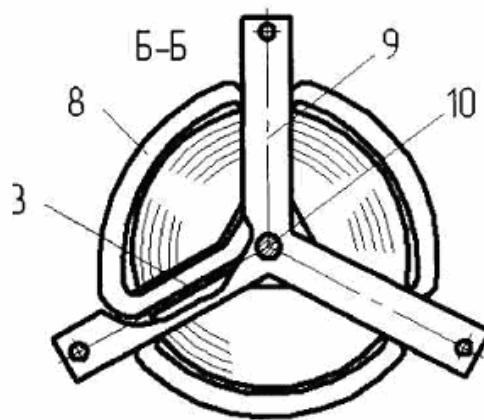
Фиг. 5



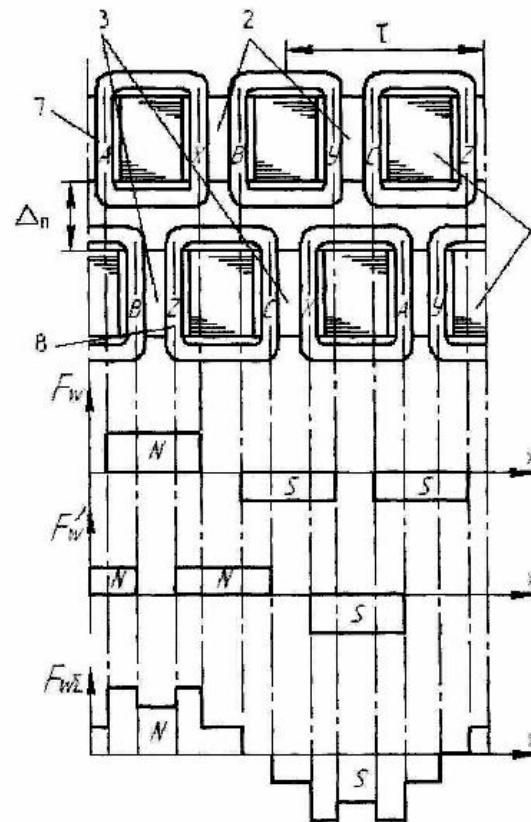
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9