



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55783 (13) U  
(51) МПК (2009)  
H02N 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) БЕЗПАЛИВНИЙ ДВИГУН

1

2

(21) u201007081

(22) 08.06.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) ТАРАСОВ ВІКТОР ОЛЕКСІЙОВИЧ, ЗІНЕНКО  
ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ

(73) ТАРАСОВ ВІКТОР ОЛЕКСІЙОВИЧ, ЗІНЕНКО  
ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ

(57) Безпаливний двигун, який включає ротор, статор з встановленими в ньому постійними магнітами, який відрізняється тим, що статор безпаливного двигуна виготовляють з керамічного матеріалу, в статорі безпаливного двигуна встановлюють три групи постійних магнітів по чотири постійних магніти в групі, полюси N постійних магнітів по окружностях внутрішньої поверхні статора безпаливного двигуна зсунуті відносно один одного на кут  $30^\circ$ , а по довжині статора безпаливного двигуна постійні магніти встановлюються рівномірно, постійні магніти статора виконують однакової довжини такої, що вони не виходять за межі секторів  $30^\circ$  окружностей внутрішньої поверхні статора безпаливного двигуна, ширина постійних магнітів не перевищує  $L/n$ , ротор безпаливного двигуна виготовляють з керамічного матеріалу, в кожній площині, яка проходить через середини постійних магнітів перпендикулярно осі обертання ротора безпаливного двигуна, на роторі безпаливного двигуна з зсувом  $120^\circ$  встановлюють три стрижні з м'якого магнітного матеріалу, причому перші стрижні під другими, третіми і четвертими постійними магнітами першої, другої і третьої груп постійних магнітів відносно перших стрижнів під першими постійними магнітами своїх груп постійних магнітів зсунуті по окружностях ротора на кути  $60^\circ$ ,  $120^\circ$  і  $180^\circ$ , відповідно, а перші стрижні, які встановлені під першими постійними магнітами другої і третьої груп постійних магнітів, відносно першого стрижня під першим постійним магнітом першої групи постійних магнітів зсунуті на кути  $120^\circ$  і  $240^\circ$ , відповідно, пристрій блокування постійних магнітів включає опорний диск блокування перших постійних магнітів груп постійних магнітів, опорний диск блокування других постійних магнітів груп постійних магнітів, опорний диск блокування третіх постійних магнітів груп постійних магнітів, опорний диск блокування четвертих постійних магнітів груп постійних магнітів, на яких по числу груп постійних магні-

тів встановлені повзуни блокування постійних магнітів і до яких прикріплені по три пружини установлення блокування, а другі кінці яких прикріплені до корпусу безпаливного двигуна, пристрій розблокування постійних магнітів включає встановлені на корпусі безпаливного двигуна електромагніт розблокування перших постійних магнітів груп постійних магнітів, електромагніт розблокування других постійних магнітів груп постійних магнітів, електромагніт розблокування третіх постійних магнітів груп постійних магнітів, електромагніт розблокування четвертих постійних магнітів груп постійних магнітів, штоки яких шарнірно з'єднані з вилками відводу відповідних опорних дисків блокування постійних магнітів, під кожухом безпаливного двигуна на валу, який співвісно з'єднаний з ротором безпаливного двигуна, з можливістю фіксації кута її повороту встановлена втулка, на якій встановлені три групи кулачків, кожна з яких включає кулачок включення електромагніту розблокування перших постійних магнітів груп постійних магнітів, кулачок включення електромагніту розблокування других постійних магнітів груп постійних магнітів, кулачок включення електромагніту розблокування третіх постійних магнітів груп постійних магнітів, кулачок включення електромагніту розблокування четвертих постійних магнітів груп постійних магнітів, причому в кожній групі кулачки зсунуті по окружності втулки на кут  $30^\circ$ , а перші кулачки другої і третьої групи кулачків відносно першого кулачка першої групи кулачків зсунуті по окружності втулки на кути  $120^\circ$  і  $240^\circ$ , відповідно, під кожухом безпаливного двигуна в один ряд над відповідними кулачками встановлені дванадцять вимикачів живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів, блок живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів включає генератор постійної напруги, з'єднаний з валом, який встановлений співвісно з ротором безпаливного двигуна, вимикач "увімк. - вимк.", безпаливний двигун включає також редуктор запуску безпаливного двигуна, вихідний вал якого співвісно приєднаний до вала, який з'єднаний з ротором безпаливного двигуна, причому перший вихід генератора постійної напруги через вимикач "увімк. - вимк." з'єднаний з першими входами електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів, а його другий вихід з'єднаний з

(13) U

(11) 55783

(19) UA

другими клемми вимикачів живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів, другі входи електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів з'єднані з першими клемми вимикачів

"увімк. - вимк." живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів, де: L - довжина статора безпального двигуна; n - кількість постійних магнітів, встановлених в статорі безпального двигуна.

Корисна модель відноситься до магнітних двигунів і може використовуватись для утворення обертання в різних технічних пристроях авіації, космосу, в якості приводу генераторів електричної енергії та інше.

Відомий без паливний двигун (патент РФ №2131636, від 10.06.1999р.). Цей без паливний двигун вибраний в якості прототипу.

Двигун прототипу складається з диска (ротора), на якому укріплені кілька постійних магнітів ротора, які разом з диском (ротором) можуть вільно обертатися навколо осі. Паралельно робочому диску двигуна на штоці нерухомо закріплений циліндричний постійний магніт статора, який разом зі штоком може переміщуватися в зону дії магнітних полів постійних магнітів ротора. Всі магніти повернуті друг до друга однойменними полюсами. Однойменні поліси відштовхуються і примушують ротор обертатися. Двигун працює від енергії потужних магнітних полів постійних магнітів за рахунок різниці потенціалів магнітної енергії на полюсах магнітів ротора і їх нейтральних зонах.

Недоліками прототипу можна вважати наступне:

1. Момент обертання на кожному обороті ротора створюється тільки в час введення магніту ротора (магніту №1) за допомогою штоку в зону дії магнітів ротора. При установленні на роторі одного постійного магніту час створення моменту обертання дорівнює часу повороту ротора двигуна на кут  $\varphi < 180^\circ$ .

2. Мінімальна частота введення магніту статора в зону дії магнітів ротора (при установленні на роторі одного постійного магніту) дорівнює швидкості обертання ротора, що важко реалізувати. Отже обмежується швидкість обертання двигуна.

Задача, що вирішується, полягає у такому удосконаленні безпального двигуна, при якому для створення обертання не потребується введення і виведення постійного магніту статора в зону дії магнітів ротора, а момент обертання утворюється постійно кількома постійними магнітами статора.

Це досягається тим, що без паливний двигун, який включає ротор, статор з встановленими в ньому постійними магнітами, згідно корисної моделі, статор безпального двигуна виготовляють з керамічного матеріалу, в статорі безпального двигуна встановлюють три групи постійних магнітів по чотири постійних магніти в групі, полюси N постійних магнітів по окружностям внутрішньої поверхні статора безпального двигуна зсунуті відносно один одного на кут  $30^\circ$ , а по довжині статора безпального двигуна постійні магніти встановлюють-

ся рівномірно, постійні магніти статора виконують однакової довжини такої, що вони не виходять за межі секторів  $30^\circ$  окружностей внутрішньої поверхні статора безпального двигуна, ширина постійних магнітів не перевищує  $L_{in}$ , ротор безпального двигуна виготовляють з керамічного матеріалу, в кожній площині, які проходять через середини постійних магнітів перпендикулярно осі обертання ротора безпального двигуна на роторі безпального двигуна з зсувом  $120^\circ$  встановлюють три стрижня з м'якого магнітного матеріалу причому, перші стрижні під другими, третіми і четвертими постійними магнітами першої, другої і третьої груп постійних магнітів відносно перших стрижней під першими постійними магнітами своїх груп постійних магнітів зсунуті по окружностям ротора на кути  $60^\circ$ ,  $120^\circ$  і  $180^\circ$ , відповідно, а перші стрижні, які встановлені під першими постійними магнітами другої і третьої груп постійних магнітів, відносно першого стрижня під першим постійним магнітом першої групи постійних зсунуті на кути  $120^\circ$  і  $240^\circ$ , відповідно, пристрій блокування постійних магнітів включає опорний диск блокування перших постійних магнітів груп постійних магнітів, опорний диск блокування других постійних магнітів груп постійних магнітів, опорний диск блокування третіх постійних магнітів груп постійних магнітів, опорний диск блокування четвертих постійних магнітів груп постійних магнітів на яких по числу груп постійних магнітів встановлені повзуні блокування постійних магнітів і до яких прикріплені по три пружини установлення блокування, а другі кінці яких прикріплені до корпусу безпального двигуна, пристрій розблокування постійних магнітів включає встановлені на корпусі безпального двигуна електромагніт розблокування перших постійних магнітів груп постійних магнітів, електромагніт розблокування других постійних магнітів груп постійних магнітів, електромагніт розблокування третіх постійних магнітів груп постійних магнітів, електромагніт розблокування четвертих постійних магнітів груп постійних магнітів штоки яких шарнірно з'єднані з вилками відводу відповідних опорних дисків блокування постійних магнітів, під кожухом безпального двигуна на валу, який співвісно з'єднаний з ротором безпального двигуна, з можливістю фіксації кута її повороту встановлена втулка, на якій встановлені три групи кулачків кожна з яких включає кулачок включення електромагніта розблокування перших постійних магнітів груп постійних магнітів, кулачок включення електромагніта розблокування других постійних магнітів груп постійних магнітів, кулачок включення електромагніта розблокування третіх постійних магнітів груп постійних магнітів, кулачок включення електромагніта розблокування

четвертих постійних магнітів груп постійних магнітів причому, в кожній групі кулачки по окружності втулки зсунуті по окружності втулки на кут  $30^\circ$ , а перші кулачки другої і третьої групи кулачків відносно першого кулачка першої групи кулачків зсунуті по окружності втулки на кути  $120^\circ$  і  $240^\circ$ , відповідно, під кожухом безпального двигуна в один ряд над відповідними кулачками встановлені дванадцять вимикачів живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів, блок живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів включає генератор постійної напруги, з'єднаний з валом, який встановлений співвісно з ротором безпального двигуна, вимикач "увімк. - вимк.", без паливний двигун включає також редуктор запуску безпального, вихідний вал якого приєднаний до валу, який співвісно з'єднаний з ротором безпального двигуна причому, перший вихід генератора постійної напруги через вимикач "увімк. - вимк." з'єднаний з першими входами електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів, а його другий вихід з'єднаний з другими клемми вимикачів живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів груп постійних магнітів де:

$L$  - довжина статора безпального двигуна;

$n$  - кількість постійних магнітів, встановлених в статорі безпального двигуна.

Причинно-наслідковий зв'язок технічного рішення, що заявляється, з досягаємим технічним результатом полягає у наступному.

Нехай в статорі безпального двигуна, виконаного з керамічного матеріалу, встановлені дванадцять постійних магнітів, які об'єднані в три групи по чотири магніти в кожній. Розгортання цих магнітів на площину і їх відносне положення показано на Фіг.1. По внутрішній окружності статора однойменні полюси постійних магнітів зсунуті відносно один одного на кут  $30^\circ$  (Фіг.1, 2). Ширина постійних магнітів не перевищує величини  $L/12$ , де  $L$  - довжина статора, тобто по ширині статора вони не перекриваються. В роторі безпального двигуна, також виконаного з керамічного матеріалу, в площинах, що проходять через середини ширини постійних магнітів перпендикулярно осі обертання ротора безпального двигуна (Фіг.2), встановлено по три стрижня, виконаних з м'якого феромагнітного матеріалу. М'які феромагнітні матеріали мають незначну коерцитивну силу ( $30-120$  А/м) при високій проникливості ( $\mu_{\text{макс}}$  досягає  $6 \cdot 10^{-3}$  Г/м) і індукцію насиченості до  $2.3$  Т. Завдяки цьому створюються великі робочі зусилля (Славинская А.Г. "Электромагниты и постоянные магниты", М. Энергия, 1972 г.)

В кожній площині по окружності ротора (Фіг.1, 3) стрижні зсунуті відносно один одного на кут  $120^\circ$ . Кожна група постійних магнітів (Фіг.3) по окружності статора розташована в секторі  $120^\circ$  (на довжині статора  $L/3$ ). Стрижні під кожним постійним магнітом в групі постійних магнітів (Фіг.1, 3) зсунуті на кут  $60^\circ$  (Фіг.1, 3), а перші стрижні під

першими постійними магнітами в групах постійних магнітів по окружності ротора зсунуті на кут  $120^\circ$  (Фіг.1).

Розглянемо, наприклад, розгорнуту на площину першу групу постійних магнітів статора і розташовану під нею частину ротора двигуна зі стрижнями, встановлених у вище згаданих площинах (Фіг.3).

Заблокуємо постійні магніти і виключимо їх силову дію на стрижні. Поворотом вала перший стрижень перед першим постійним магнітом (Фіг.3) встановимо на відстані, яка відповідає  $30^\circ$  кута поворота вала. При цьому третій стрижень опиниться на відстані, що відповідає  $60^\circ$  кута повороту вала безпального двигуна, за першим постійним магнітом. Розблокуємо перший постійний магніт першої групи постійних магнітів. В результаті до першого постійного магніту будуть притягуватися перший і третій стрижень (силою притягання третього стрижня нехтуємо). Сила притягання стрижней розраховується по формулі (Пятин Ю.М. "Постоянные магниты", М. Энергия, 1980г.)

$$F = \frac{B_0 S_m}{\mu_0 \left[ 1 + 2l / \theta_0 l_m \right]^2} \cdot (1)$$

де:  $B_0$  - значення магнітної індукції магнітного поля в точці перетину лінії повертання з осью магнітної індукції залежності  $B = f(H)$  для даного магніту;

$S_m$  - площа поперечного перерізу магніту;

$l_m$  - довжина магніту

$\mu_0$  - магнітна постійна  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;

$\theta_0 = \mu_0 H_0 / B_0$  - магнітна жорсткість;

$H_0$  - значення напруженості магнітного поля постійного магніту в точці перетину лінії повертання з осью напруженості магнітного поля залежності  $B=f(H)$  для даного магніту.

Сила притягання з (1) зворотно пропорційна квадрату відстані від полюса постійного магніту до стрижня. Так як відстань  $l_3$  від полюса магніту до третього стрижня в два рази більше відстані  $l_1$  до першого стрижня сила притягання  $F_1$  першого стрижня практично в чотири рази більше сили  $F_3$  притягання третього стрижня. Під дією результуючої сили ротор двигуна починає обертатися. По мірі наближення першого стрижня до постійного магніту сила  $F_1$  зростає до максимального значення, а сила  $F_3$  зменшується. В момент часу підходу першого стрижня до першого постійного магніту (повороту ротора двигуна на  $30^\circ$ ) перший постійний магніт блокується, а другий постійний магніт розблокується. В момент часу розблокування другого магніту перші і треті стрижні в площині його перерізу займають відносно нього таке саме положення, яке перші і треті стрижні займали в площині першого магніту відносно нього в момент часу його розблокування. Ротор двигуна буде повернутий на наступні  $30^\circ$ . Далі послідовно розблоковуються і блокуються третій і четвертий постійні магніти. Ротор безпального двигуна повернеться на  $120^\circ$ . Так як одночасно послідовно розблоковуються перші, другі, треті і четверті постійні магніти всіх трьох груп постійних магнітів, момент обертання безпального двигуна створюється силою  $F_{\text{вр}} \approx 3(F_1 - F_3)$ . Після повороту ротора двигуна на

120° другі стрижні постійних магнітів займають положення перших стрижнем. Цикл розблокування і блокування постійних магнітів повторюється. Ротор двигуна буде повернутий на наступні 120° (Фіг.1, 3). Після повороту ротора двигуна на 240° треті стрижні постійних магнітів займають положення перших на першому циклі розблокування і блокування постійних магнітів.

Виконується третій цикл послідовного розблокування і блокування першого, другого, третього і четвертого постійних магнітів всіх трьох груп постійних магнітів. В результаті ротор двигуна зробить повний оборот. На кожному обороті двигуна цикли розблокування і блокування повторюються, що забезпечує безперервне обертання ротора безпального двигуна.

Постійні магніти, які виготовлені з багатокомпонентних сплавів, мають коерцитивну силу порядку 60 кА/м і енергію вище 26000 Дж/м<sup>3</sup>. Магнітне старіння постійних магнітів в залежності від матеріалу і положення робочої точки за 1 рік складає від десятих процента до 2 %. При необхідності магнітні властивості постійних магнітів можуть відновлюватися шляхом повторного намагнічення (Славинская А.Г. "Электромагниты и постоянные магниты", М. Энергия, 1972г.).

Корисна модель пояснюється кресленнями.

Фіг.1. Розташування постійних магнітів в статорі безпального двигуна і стрижней на роторі безпального двигуна (відносно розташування в розгортанні на плоскість).

Фіг.2. Переріз безпального двигуна плоскістю, перпендикулярною осі обертання ротора безпального двигуна і яка проходить через постійний магніт і встановлені під ним стрижні на роторі двигуна.

Фіг.3. Розташування постійних магнітів першої групи постійних магнітів в статорі безпального двигуна і стрижнів на роторі двигуна під ними в похідному, перед розблокуванням перших постійних магнітів, положенні.

Фіг.5. Без паливний двигун (загальний вид).

Фіг.6. Переріз Фіг.5 по А-А.

Фіг.7. Переріз Фіг.5 по Г-Г.

Фіг.8. Переріз Фіг.5 по В-В.

Фіг.9. Переріз Фіг.5 по Д-Д.

Фіг.10. Повзун блокування постійних магнітів з напрямною.

Фіг.11. Переріз Фіг.5 по Б-Б.

Фіг.12. Функціональна схема живлення електромагнітів розблокування постійних магнітів і управління розблокування.

Безпаливний двигун включає ротор 1 безпального двигуна, виконаний з керамічного матеріалу, і статор 2 безпального двигуна, також виконаний з керамічного матеріалу (Фіг.2). В статорі двигуна встановлені перша група 3 постійних магнітів, друга група 4 постійних магнітів і третя група 5 постійних магнітів (на Фіг.1 показана розгортка статора 2 і ротора 1 на плоскість). В кожну групу 3, 4, 5 постійних магнітів входить перший постійний магніт 6, другий постійний магніт 7, третій постійний магніт 8, четвертий постійний магніт 9 (Фіг.1, 3). Однойменні полюси 10 постійних магнітів 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів (Фіг.4), напри-

клад полюси N, по окружностям внутрішній поверхні статора 2 зсунути на кут 30°. По довжині статора 2 постійні магніти 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів встановлені рівномірно, їх ширина не перевищує  $L/n$ , де  $L$  - довжина статора,  $n$  - кількість постійних магнітів 6, 7, 8, 9 в групах 3, 4 і 5 постійних магнітів, тобто вони не перекриваються.

Магніти 6, 7, 8 і 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів виконуються однакової довжини такої, що вони не виходять за межу сектора 30° окружностей внутрішньої поверхні статора 2 безпального двигуна.

В плоскостях, що проходять через середини постійних магнітів 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів перпендикулярно осі обертання ротора 1 двигуна рівномірно по окружності з зсувом 120° встановлюють стрижень 11, стрижень 12 і стрижень 13, які виконані з м'якого феромагнітного матеріалу. Перші стрижні 11, які встановлені які встановлені під другими 7 постійними магнітами, третіми 8 постійними магнітами і четвертими 9 постійними магнітами в кожній групі 3, 4, 5 постійних магнітів відносно перших стрижней 11, які встановлені під першими постійними магнітами 6, в кожній групі постійних магнітів зсунути по окружності ротора на кути 60°, 120 і 180°, відповідно. Перші стрижні 11, які встановлені під першими постійними магнітами другої 4 і третьої 5 груп постійних магнітів, відносно першого стрижня 11, встановленого під першим постійним магнітом 6 групи 3 постійних магнітів, зсунути по окружності ротора 1 двигуна на кути 120° і 240°, відповідно.

Пристрій 14-23 блокування постійних магнітів (Фіг.5) включає опорний диск 14 блокування перших постійних магнітів 6 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, опорний диск 15 блокування других постійних магнітів 7 груп 3, 4, 5 постійних магнітів (Фіг.7), опорний диск 16 блокування третіх постійних магнітів 8 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, опорний диск 17 блокування четвертих постійних магнітів 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів.

На кожному опорному диску 14, 15, 16, 17 встановлено по три повзуна 18 блокування постійних магнітів (по числу груп 3, 4, 5 постійних магнітів). Причому, повзуни 18 блокування других постійних магнітів 7 і четвертих постійних магнітів 9, які встановлені на опорних дисках 15 і 17 проходять через вікна 19 в опорних дисках 14 і 16, відповідно.

Переміщення опорних дисків 14, 15, 16, 17 в положення блокування постійних магнітів здійснюється пружинами 20. До кожного опорного диска 14, 15, 16, 17 прикріплені три пружини 20, другі кінці яких прикріплені до корпусу 21 безпального двигуна. Причому, пружини 20 опорних дисків 15 і 17 проходять через вікна 22 в опорних дисках 14 і 16.

Повзуни 18 блокування постійних магнітів додатково утримуються напрямними 23 (Фіг.10), встановленими в корпусі 23 двигуна.

Пристрій 25-43 розблокування постійних магнітів включає встановлені на корпусі 21 двигуна під кожухом 24 безпального двигуна електромагніт 25 розблокування перших постійних магнітів 6 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, електромагніт 26 розблокування других постійних магнітів 7 груп 3, 4, 5

постійних магнітів, електромагніт 27 розблокування третіх постійних магнітів 8 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, електромагніт 28 розблокування четвертих постійних магнітів 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів (Фіг.1, 5).

Штоки 29 кожного електромагніта 25, 26, 27, 28 шарнірно з'єднані з вилками 30 відводу опорних дисків 14, 15, 16, 17 блокування постійних магнітів 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів. До ротора 1 двигуна сосно з ним прикріплений вал 31. Вал 31 проходить через отвір в опорних дисках 14 і 15 (Фіг.6, 7). На валу 31 встановлена з можливістю поворота і фіксації її положення втулка 32. На втулці 32 (Фіг.5) встановлені перша група 33 кулачків, друга група 34 кулачків, третя група 35 кулачків (Фіг.5).

Кожна група 33, 34, 35 кулачків включає перші кулачки 36, які забезпечують розблокування перших постійних магнітів 6 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, другі кулачки 37 забезпечують розблокування других постійних магнітів 7 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, треті кулачки 38 забезпечують розблокування третіх постійних магнітів 8 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, четверті кулачки 39 забезпечують розблокування четвертих постійних магнітів 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів (Фіг.1, 5, 11) шляхом включення напруги живлення на відповідні електромагніти 25, 26, 27, 28.

В кожній групі 33, 34, 35 кулачків кулачки 36, 37, 38 по окружності втулки 32 зсунуті між собою на кут  $30^\circ$ , перші кулачки 36 груп кулачків 33, 34, 35 відносно четвертих кулачків 39 цих груп кулачків зсунуті на кут  $30^\circ$  (Фіг.5, 11).

На внутрішній стороні кожуха 24 в один ряд (Фіг.5) над кулачками 36, 37, 38, 39 груп 33, 34, 35 кулачків встановлені перша група 40 вимикачів електромагнітів, друга група 41 вимикачів електромагнітів і третя група 42 вимикачів електромагнітів. Кожна група 40, 41, 42 вимикачів електромагнітів включає вимикач 43 живлення електромагніта 25 розблокування перших постійних магнітів 6 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, вимикач 44 живлення електромагніта 26 розблокування других постійних магнітів 7 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, вимикач 45 живлення електромагніта 27 розблокування третіх постійних магнітів 8 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, вимикач 46 живлення електромагніта 28 розблокування четвертих постійних магнітів 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів.

З валом 31 з'єднаний редуктор 47 запуску безпального двигуна, який служить для запуску безпального двигуна шляхом завдання ротору 1 двигуна початкової швидкості обертання. Його вихідний вал 48 встановлений сосно з валом 31.

Блок 49-50 живлення електромагнітів 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів включає генератор 49 постійної напруги і вимикач 50 "увімк. - вимк." Вимикач 50 служить для подачі напруги живлення на електромагніти 25, 26, 27, 28 і зупину безпального двигуна шляхом зняття живлення з електромагнітів 25, 26, 27, 28.

Причому, перший вихід генератора 49 постійної напруги через вимикач 50 "увімк. - вимк." з'єднаний з першими входами електромагнітів 24, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів 6, 7, 8, 9

груп 3, 4, 5 постійних магнітів, а його другий вихід з'єднаний з другими клемми вимикачів 43, 44, 45, 46 живлення електромагнітів 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів, перші клемми вимикачів 43, 44, 45, 46 живлення електромагнітів 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів з'єднані з другими входами відповідних електромагнітів 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів.

Працює без паливної двигун наступним чином. Вимикач 50 "увімк. - вимк." встановлюють в положення "увімк." і підключають перший вихід генератора 49 до перших входів електромагнітів 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів.

Ротору 1 двигуна за допомогою редуктора 47 запуску безпального двигуна задають обертання. По мірі збільшення швидкості обертання ротора 1 напруга на виході генератора 49 постійної напруги підвищується і наближається до величини, при якій спрацюють електромагніти 25, 26, 27, 28 постійних магнітів.

При досягненні напругою на виході генератора 49 постійної напруги мінімальної напруги спрацювання електромагнітів 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів і замиканні одним з кулачків 36, 37, 38, 39 груп 33, 34, 35 кулачків одного з вимикачів 43, 44, 45, 46 живлення електромагнітів спрацює один з електромагнітів. Нехай спрацював електромагніт 25 розблокування перших постійних магнітів 6 груп 3, 4, 5 постійних магнітів (Фіг.1).

Як відомо, час спрацювання електромагніта включає час рушання  $t_{руш.}$  якоря і час  $t_{рух.}$  його руху. При постійній напрузі на електромагніті час рушання, в течії якого тік зростає до току рушання, визначається параметрами електромагніта і його навантаженням. По мірі підвищення напруги на виході генератора 49 тік в електромагнітах 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів зростає по закону

$$i = \frac{U_r}{R} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right),$$

де  $U_r$  - напруга на виході генератора 49 постійної напруги;

$\tau$  - постійна часу обмотки електромагніта;

$R$  - активний опір обмотки електромагніта.

Отже, час спрацювання електромагнітів наближається до розрахункового. Але, якщо швидкість обертання ротора 1 редуктором 47 запуску безпального двигуна нижче розрахункової, то умова запуску двигуна у відповідності з (1)

$$F = \frac{B_0 S m}{\mu_0} \left[ \frac{1}{1 + 2l_1 / \theta_{0l_m}} - \frac{1}{1 + 2l_2 / \theta_{0l_m}} \right] > 0, \quad (2)$$

Де  $l_1$  - відстань від першого постійного магніти 6 до першого стрижня 10 (Фіг.3);  $l_2$  - відстань від першого постійного магніти 6 до третього стрижня 10, при якому сила обертання перевищує силу гальмування не виконується.

Швидкість обертання ротора 1 двигуна редуктором 47 збільшується до виконання умови (2).

Безпаливний двигун починає самостійно обертатися. Редуктор 47 запуску двигуна відключають. В процесі обертання ротора 1 безпаливного двигуна кожні  $120^\circ$  кута повороту послідовно розблоковуються і становляться переміщувачами перші постійні магніти 6, другі постійні магніти 7, треті постійні магніти 8 і четверті постійні магніти 9 усіх трьох груп 3, 4, 5 постійних магнітів. Отже, в кожний момент часу момент обертання безпаливного двигуна створюється трьома постійними магнітами. Ма-

ксимальна сила обертання ротора 1 безпаливного двигуна

$$F_{\max} = 3 \frac{B_0 S M}{\mu_0} \left[ 1 - \frac{1}{1 + 2l_2 / \theta_0 l_M} \right], \quad (3)$$

Для зупину безпаливного двигуна вимикач 50 встановлюють в положення "вимк." і розривають ланцюг живлення електромагнітів 25, 26, 27, 28 розблокування постійних магнітів. Всі постійні магніти 6, 7, 8, 9 груп 3, 4, 5 постійних магнітів будуть заблоковані. Двигун зупиняється.

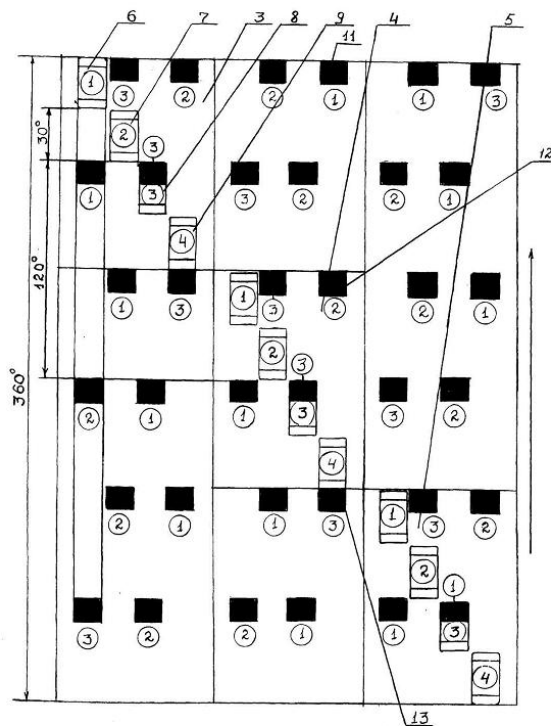


Fig. 1

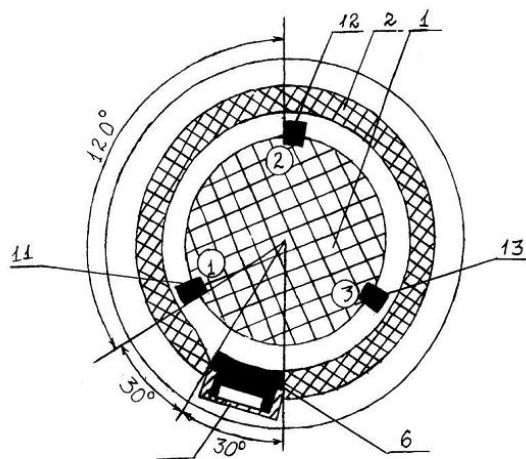


Fig. 2

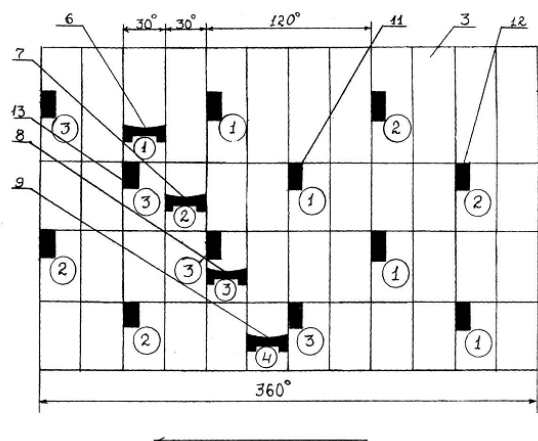


Fig. 3

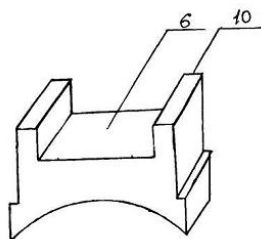


Fig. 4

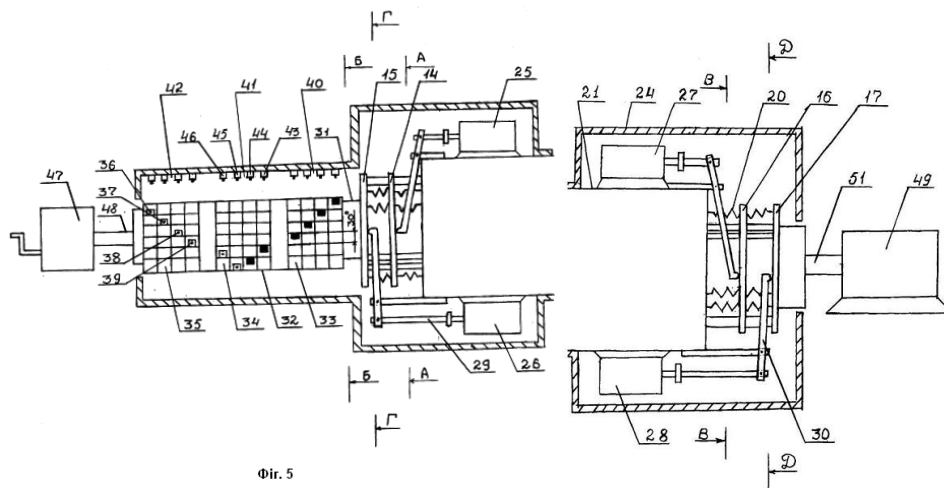


Fig. 5

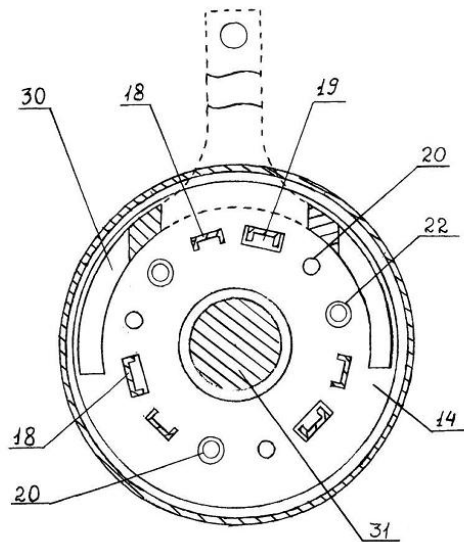
 $\Gamma - \Gamma$ A-A

Fig. 6

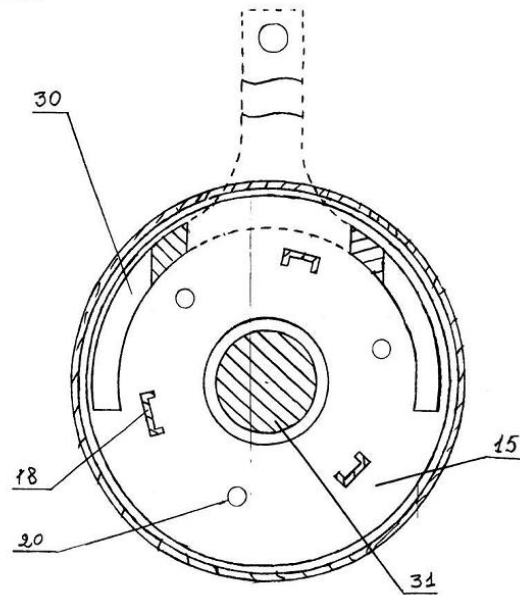


Fig. 7

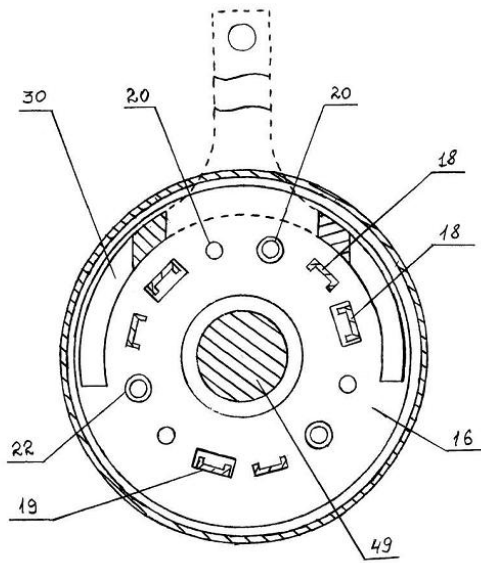
B-B

Fig. 8

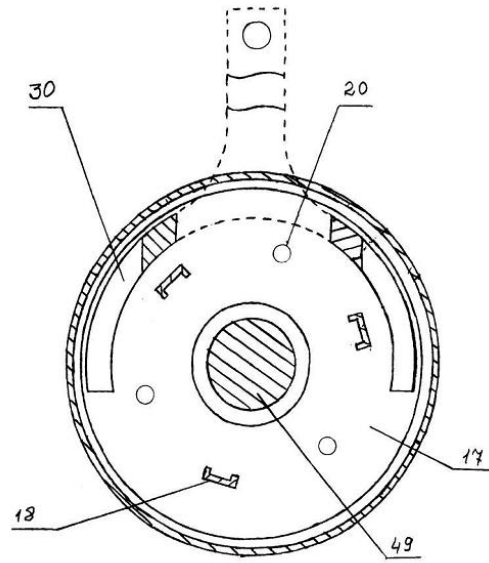
D-D

Fig. 9

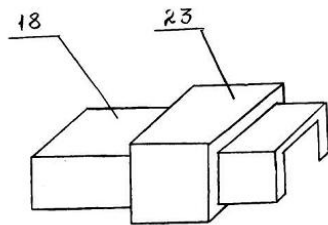
E-E

Fig. 10

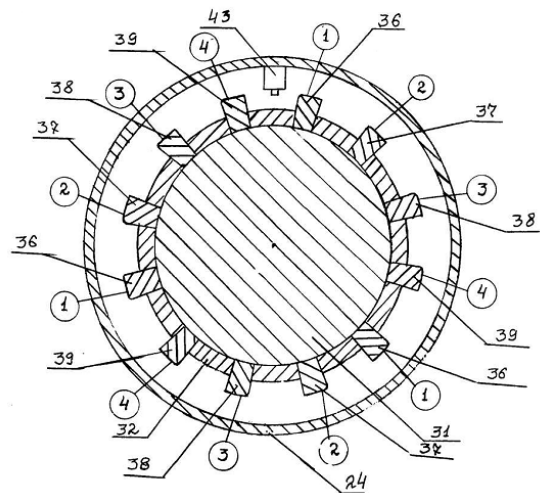


Fig. 11

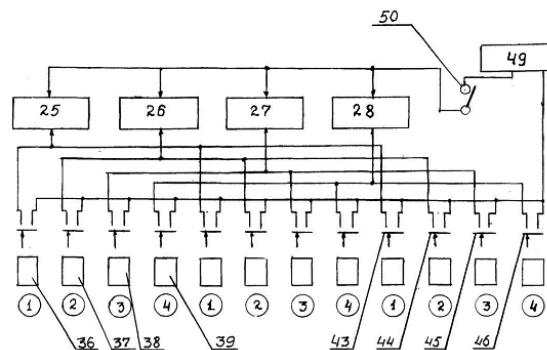


Fig. 12



