



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40337 (13) A

(51) 7 H02R33/02, H02K41/025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ІНДУКЦІЙНО-ДИНАМІЧНИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН

(21) 2000127197

(22) 14.12.2000

(24) 16.07.2001

(33) UA

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Болюх Володимир Федорович, Любимова Лариса Олександрівна

(73) Болюх Володимир Федорович, UA

(57) 1. Індукційно-динамічний електродвигун, який містить джерело імпульсного живлення, нерухомо закріплену обмотку збудження та рухомий електропровідний якорі із ізоляційним проміжком, що проходить від однієї до іншої торцевої поверхні якоря, причому обмотка збудження та електропровідний якорі виконані у формі дисків, що встановлені на одній осі один навпроти одного, який відрізняється тим, що ізоляційний проміжок якоря із контактними боковими поверхнями та розміщений у порожнині проміжку рухомий електропровідний стержень із аналогічними боковими контактними поверхнями направлені радіально від внутрішньої до зовнішньої бокових сторін дискового

якоря, причому рухомий електропровідний стержень взаємопов'язаний із пружинним пусковим пристроєм, який забезпечений датчиком напрямку.

2. Індукційно-динамічний електродвигун по п. 1, який відрізняється тим, що датчик напрямку виконаний у вигляді датчика сили.

3. Індукційно-динамічний електродвигун по п. 1, який відрізняється тим, що датчик напрямку виконаний у вигляді датчика струму.

4. Індукційно-динамічний електродвигун по п. 1, який відрізняється тим, що контактні бокові поверхні ізоляційного проміжку якоря та електропровідного стержня виконані у вигляді площин, що розташовані під нахилом до площини дискового якоря із розширенням у бік переміщення електропровідного стержня із порожнини ізоляційного проміжку.

5. Індукційно-динамічний електродвигун по п. 1, який відрізняється тим, що на торцевій поверхні обмотки збудження, яка направлена у бік якоря, розташований ізоляційно-опірний шар.

Винахід відноситься до електротехніки і може бути використаний в пристроях для прискорення рухомих об'єктів та в механізмах ударної дії.

Відомий лінійний індукційний електродвигун ударної дії, який складається з ряду обмоток, що встановлені уздовж осі з можливістю переміщення, та ряду індуктивно пов'язаних з обмотками вторинних короткозамкнених контурів, причому кожна обмотка охоплена прилеглими до неї з торцевих боків двома контурами, крайній контур з одного боку двигуна притиснутий до упора, а крайній контур з протилежного боку притиснутий до рухомого бойка [1].

При підключенні двигуна до джерела електроенергії в обмотках протікає первинний струм, а в контурах індукуються вторинний струм. Між суміжними обмотками і короткозамкненими контурами виникає електродинамічна сила відштовхування, відбувається їхнє взаємне переміщення, і бойок відносно упору отримує сумарну швидкість. Однак наявність рухомих обмоток вимагає спеціальних гнучких струмопровідних елементів і, в цілому, зменшує надійність відомого електродвигуна.

Відомий імпульсний електромеханічний перетворювач, який містить обмотку, що підключається до джерела імпульсного струму, та рухомий якорі, який виконаний у вигляді порожнистого контейнеру з електропровідного матеріалу і забезпечений дисками, які коаксіально розташовані всередині контейнеру і які відокремлені один від одного та від торців якоря пружними проставками [2].

У даному перетворювачі при підключенні обмотки до джерела імпульсного струму електродинамічна сила, яка діє на якорі, прискорює його незалежно від елементів, що його заповнюють, в силу того, що диски можуть скочити всередині якоря. По мірі розгону контейнеру якоря стискається пружна проставка, яка відокремлює задній торець якоря від найближчого до нього диску в його порожнині. Диск втягується у рух і загальна маса рухомої частини зростає. По мірі того, як диски по черзі стають приєднаною масою по відношенню до контейнера, відбувається багаторазовий процес зниження і наступного збільшення швидкості при почерговому втягуванні інших дисків у рух. В результаті процес розгону якоря має більш високий середній рівень швидкості у порівнянні з рухом су-

(19) UA (11) 40337 (13) A

цільного якоря. За рахунок того, що маса рухомої частини зростає ступеневу, може бути досягнута необхідна тривалість силової дії якоря, яка задана технологічними вимогами, на механічне навантаження.

Однак у відомому електромеханічному перетворювачі якорь має понижено надійність через постійно діючі динамічні навантаження ударного характеру, що викликані масивними дисками. Через удари дисків якорь створює значний шум при роботі. Частина енергії у перетворювачі витрачається на тертя дисків об стінки контейнеру, стискання та розтискання пружних проставок.

Найбільш близьким до технічного рішення, що пропонується, є індукційно-динамічний привід, який включає джерело імпульсного живлення, нерухомо закріплену обмотку збудження та рухомий електропровідний якорь, який встановлений навпроти обмотки на одній осі з нею, причому електропровідний якорь виконаний у вигляді концентрично розташованих та електрично ізольованих одне від одного кілець [3].

У відомому індукційно-динамічному приводі підвищуються ударні навантаження та прискорення за рахунок зменшення початкового зазору між обмоткою та якорем у порівнянні із пристроєм, що має суцільний електропровідний дисковий якорь.

Однак відомий пристрій має недостатню ефективність через появу електродинамічної сили притягнення між обмоткою збудження та дисковим електропровідним якорем, що зменшує кінцеву швидкість розгону якоря із виконавчим елементом. Сила електродинамічної взаємодії між первинною обмоткою та вторинним електропровідним якорем, що переміщується вздовж осі z, залежить від величин їхніх струмів:

$$f(t, z) = i_1(t) \cdot i_2(t) \frac{dM}{dz}(z), \quad (1)$$

де $i_1(t)$ - струм статорної обмотки; $i_2(t)$ - струм якоря; $M(z)$ - коефіцієнт взаємної індуктивності між обмоткою та якорем, що залежить від відстані між ними.

Для даного індукційно-динамічного приводу корисною є сила відштовхування, яка переміщує якорь відносно обмотки статора. Характер сили (1) залежить від знаків у обмотці збудження і якорі. Якщо струми обмотки статора і якоря мають протилежні напрямки, то виникає сила відштовхування, яка прискорює якорь, якщо ж напрями струмів співпадають, то виникає сила притягнення, що гальмує якорь.

Однак, як показують розрахунки та експериментальні дослідження, струми обмотки і якоря мають протилежний напрям тільки у випадку відсутності переміщення якоря. При прискоренні якоря під дією електродинамічної сили (1) через переміщення якоря між струмами статорної обмотки збудження та якоря виникає фазовий зсув. Причому струм у якорі, що віддаляється від обмотки статора, послаблює з нею магнітний зв'язок і раніше переходить через нуль при коливально-згасаючому режимі збудження обмотки статора від конденсаторної батареї.

Наслідком цього є ситуація, коли напрям струму якоря на деякому інтервалі часу співпадає

з напрямком струму обмотки збудження. В цей час виникає сила притягнення, яка гальмує якорь, і ефективність перетворювача зменшується. Крім того, на цьому інтервалі часу струм викликає небажаний нагрів якоря, що також зменшує ефективність електромеханічного перетворювача.

Завданням винаходу є підвищення ефективності індукційно-динамічного електродвигуна за рахунок усунення сили електродинамічного притягнення між статорною обмоткою збудження та рухомим електропровідним якорем.

Поставлене завдання досягається за рахунок того, що в індукційно-динамічному електродвигуні, який включає джерело імпульсного живлення, нерухомо закріплену обмотку збудження та рухомий електропровідний якорь із ізоляційним проміжком, що проходить від одної до іншої торцевої поверхні якоря, причому обмотка збудження та електропровідний якорь виконані у формі дисків, що встановлені на одній осі один навпроти одного, ізоляційний проміжок якоря з контактними боковими поверхнями та розміщений у порожнині проміжку рухомий електропровідний стержень з аналогічними боковими контактними поверхнями, направлені радіально від внутрішньої до зовнішньої бокових сторін дискового якоря, причому рухомий електропровідний стержень взаємопов'язаний із пружинним пусковим пристроєм, який забезпечений датчиком напруги.

Крім того, датчик напруги виконаний у вигляді датчика сили або датчика струму.

Крім того, контактні бокові поверхні ізоляційного проміжку якоря та електропровідного стержня виконані у вигляді площин, що розташовані під нахилом до площини дискового якоря з розширенням у бік переміщення електропровідного стержня із порожнини ізоляційного проміжку.

Крім того, на торцевій поверхні обмотки збудження, яка направлена у бік якоря, розташований ізоляційно-опорний шар.

За рахунок того, що ізоляційний проміжок електропровідного якоря із контактними боковими поверхнями заповнений електропровідним стержнем із аналогічними боковими контактними поверхнями, у якорі може протікати індукований струм i_2 .

Оскільки зазначений ізоляційний проміжок направлений радіально від внутрішньої до зовнішньої бокових сторін дискового якоря, то при переміщенні електропровідного стержня із порожнини ізоляційного проміжку, виникає розрив струмового кола за рахунок появи зазору між боковими контактними поверхнями ізоляційного проміжку та електропровідного стержня, і індукований струм i_2 у якорі не протікає.

Переміщення електропровідного стержня із порожнини ізоляційного проміжку відбувається автоматично за рахунок дії пружинного пускового пристрою при поданні на нього електричного сигналу від датчика напруги. Таким чином, або при зміні напруги електродинамічної сили у дисковому якорі, яка вимірюється датчиком сили, або при зміні напрямку протікання струму, який вимірюється датчиком струму, відбувається запобігання наступного протікання струму у якорі. За рахунок цього запобігається ситуація, коли струми обмотки збудження та якоря протікають в одному напрямку, викликаючи небажану силу притягнення між ними.

Відсутність електродинамічної сили притягнення забезпечує вирішення завдання винаходу.

Виконання контактних бокових поверхонь ізоляційного проміжку якоря і електропровідного стержня однаковими забезпечує гарний електричний зв'язок між ними, а отже, і протікання струму у якорі через електропровідний стержень.

Оскільки площини зазначених контактних поверхонь ізоляційного проміжку і стержня розташовані під нахилом до площини якоря з розширенням в один бік, то стержень може легко без тертя виходити з порожнини ізоляційного проміжку під дією пружинного пускового пристрою, а також легко повертається назад у порожнину, що забезпечує надійний електричний контакт бокових поверхонь стержня та ізоляційного проміжку.

Ізоляційно-опорний шар, що розташований на торцевій поверхні обмотки збудження, яка направлена у бік якоря, дозволяє забезпечити малий початковий зазор між обмоткою та якорем за рахунок їх наближення на відстань, яка дорівнює малій товщині зазначеного шару. Цей ізоляційно-опорний шар надійно електрично ізолює обмотку від якоря, а також дозволяє після робочого імпульсу повертати у початковий стан електропровідний стержень у порожнину ізоляційного проміжку якоря, вирівнюючи торцеві поверхні дискового якоря та стержня.

На фіг. 1 зображені струм i_1 обмотки збудження при підключенні її до конденсаторної батареї, струм i_2 рухомого якоря, аксиально направлена електродинамічна сила f між обмоткою та якорем для приводу-прототипу, в якому не відбувається обмеження струмів під час роботи; t_1 - момент часу, коли відбувається зміна напрямку струму якоря та електродинамічної сили; t_2 - момент часу, коли відбувається зміна напрямку струму в обмотці збудження.

На фіг. 2 - струм i_1 обмотки збудження, струм i_2 рухомого якоря, аксиально направлена електродинамічна сила f між обмоткою та дисковим якорем для індукційно-динамічного електродвигуна, що пропонується, у якого відбувається обмеження струмів у процесі роботи при зміні їх полярності.

На фіг. 3 - залежність швидкості V і переміщення ΔZ дискового якоря із виконавчим елементом: 1 - для приводу-прототипу; 2 - для індукційно-динамічного електродвигуна, що пропонується.

На фіг. 4 - схематична будова індукційно-динамічного електродвигуна у початковий момент часу.

На фіг. 5 - схематична будова індукційно-динамічного електродвигуна при переміщенні дискового якоря відносно статорної обмотки збудження на робочому інтервалі $0 - t_1$, коли електропровідний стержень знаходиться у порожнині ізоляційного проміжку якоря.

На фіг. 6 - схематична будова індукційно-динамічного електродвигуна при переміщенні дискового якоря відносно статорної обмотки збудження на робочому інтервалі $t > t_1$, коли електропровідний стержень за допомогою пускового пружинного пристрою перемістився з порожнини ізоляційного проміжку якоря.

На фіг. 7 - вид дискового якоря із ізоляційним проміжком.

На фіг. 8 - вид дискового якоря, у якого в порожнині ізоляційного проміжку знаходиться електропровідний стержень.

На фіг. 9 - вид I на фіг. 5.

на фіг. 10 - вид II на фіг. 6.

Індукційно-динамічний електродвигун складається з нерухокої обмотки збудження 1, яка підключається до джерела імпульсного живлення, наприклад, конденсаторної батареї (на фіг. не показана), та рухомого електропровідного якоря 2. Багатовиткова обмотка 1 та суцільний якір 2 виконані у формі дисків, що розташовані на осі з електродвигуна один навпроти одного. Обмотка збудження 1 закріплена відносно масивного упору 3, а дисковий якір 2 з'єднаний з виконавчим елементом 4. На торцевій поверхні обмотки збудження, яка направлена у бік якоря, розташований ізоляційно-опорний шар 5, виконаний, наприклад, із міцного склотекстоліту, до якого за допомогою зворотної пружини 6 притискується дисковий якір.

У суцільному масивному якорі 2 виконаний ізоляційний проміжок 7, що проходить від однієї 8 до іншої 9 торцевої поверхні якоря. Ізоляційний проміжок 7 направлений радіально від внутрішньої 10 до зовнішньої 11 поверхні дискового електропровідного якоря 2. У порожнині ізоляційного проміжку 7 знаходиться рухомий електропровідний стержень 12.

Ізоляційний проміжок 7 якоря 2 має дві бокові контактні поверхні 13, які є аналогічними, тобто однаковими по формі з боковими контактними поверхнями 14 стержня 12. Контактні бокові поверхні ізоляційного проміжку якоря та електропровідного стержня виконані у вигляді площин, які розташовані під нахилом до площини дискового якоря із розширенням у бік переміщення (протилегній осі z) електропровідного стержня із порожнини ізоляційного проміжку.

Рухомий електропровідний стержень 12 взаємодіє з пружинним пусковим пристроєм 15, який забезпечений датчиком напрямку 16. Останній реагує на зміну напрямку параметру, що вимірюється. Цей датчик може бути виконаний або як датчик сили, або як датчик струму. Пружинний пусковий пристрій 15 має пружину 17, що стискається, та рухомі затискачі 18, які взаємодіють із виступом 19 стержня 12.

Індукційно-динамічний електродвигун має зовнішній корпус 20, який забезпечує захист від зовнішнього середовища та осьові переміщення дискового якоря 2 із виконавчим елементом 4.

Індукційно-динамічний електродвигун працює таким чином.

У початковому стані дисковий якір 2 разом із виконавчим елементом 4 притиснутий зворотною пружиною 6 до ізоляційно-опорного шару 5 обмотки збудження 1 (фіг. 4). При цьому торцева поверхня стержня 12 і торцева поверхня якоря співпадають, рухомі затискачі 18 пружинного пускового пристрою 15 охоплюють виступ 19 стержня 12, за рахунок чого забезпечується тісний контакт електропровідного стержня з якорем.

При підключенні обмотки збудження 1 до зарядженої батареї конденсаторів у обмотці протікає струм i_1 , який по закону електромагнітної індукції наводить у дисковому якорі 2 електрорушійну силу e_2 . Оскільки у порожнині ізоляційного проміжку 7

розміщений електропровідний стержень 12 і бокові контактні поверхні 13 якоря стикаються із аналогічними по формі боковими контактними поверхнями 14 стержня, то під дією зазначеної електрорушійної сили протікає струм i_2 у дисковому якорі 2 через електропровідний стержень 12. Взаємодія струму обмотки збудження i_1 та струму якоря i_2 призводить до появи аксіально направленої електродинамічної сили f . Оскільки спочатку струми знаходяться у протифазі, тобто їх напрямки протилежні, то сила f має характер відштовхування, що й викликає переміщення ΔZ якоря 2 з виконавчим елементом 4 зі швидкістю V .

В момент часу t_1 , коли струм у якорі та електродинамічна сила змінюють свої напрями, спрацьовує датчик напряду 16. Сигнал від датчика поступає на виконавчий пристрій (на фіг. не показаний), який забезпечує переміщення – поворот рухомих затискачів 18 пружинного пристрою 15 у напрямку r (фіг. 10). Затискачі 18 розтискають виступ 19 стержня 12, в результаті чого відпущений стержень під дією стискаючої пружини 17 переміщується у напрямку $-z$, протилежному руху якоря, і виходить із порожнини ізоляційного проміжку 7, набуваючи стану, при якому торцева поверхня стержня 12 виходить за торцеву поверхню 9 дискового якоря 2 (фіг. 6, 10). Оскільки при цьому розмикається електричне коло за рахунок появи зазору, що має великий опір, між боковими контактними поверхнями 13 електропровідного якоря та боковими контактними поверхнями 14 електропровідного стержня 12, то в наступному індукований струм i_2 у якорі не протікає. Відсутність струму обумовлює й відсутність електродинамічної сили притягнення, що діє на рухомий якор.

З метою усунення недоцільного нагріву обмотки збудження і збереження частини енергії у конденсаторній батареї, струм у обмотці збудження 1 протікає у вигляді лише одиночного імпульсу до моменту часу t_2 (фіг. 2).

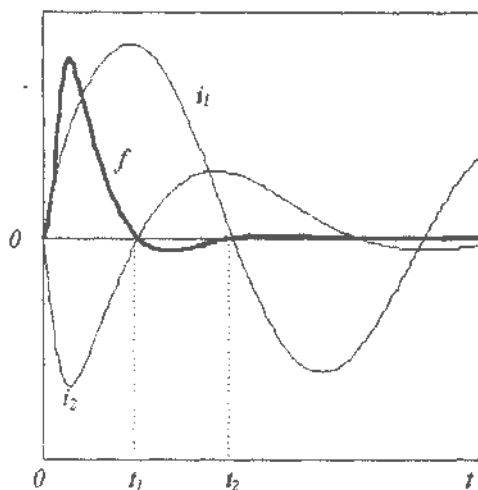
Після передачі кінетичної енергії виконавчим елементом 4 об'єкту діяння (на фіг. не показаний), дисковий якор 2 разом із виконавчим елементом 4 під дією зворотної пружини 6 притискується до ізоляційно-опорного шару 5 обмотки збудження 1.

При цьому електропровідний стержень 12 за допомогою ізоляційно-опорного шару 5 переміщується у порожнину ізоляційного проміжку 7 так, що торцева поверхня стержня 12 вирівнюється з торцевою поверхнею 9 якоря. Рухомі затискачі 18 пружинного пускового пристрою 15 охоплюють виступ 19 стержня 12. За рахунок цього забезпечується тісний контакт бокових контактних поверхонь 14 якоря з аналогічними по формі боковими контактними поверхнями 13 електропровідного стержня. Таким чином, електродвигун знову знаходиться у початковому стані і готовий до наступного робочого циклу.

Збереження частини електричної енергії у конденсаторній батареї, попередження шкідливого розігріву якоря після моменту часу t_1 і обмотки збудження після моменту часу t_2 , усунення електродинамічної сили притягнення між обмоткою збудження та рухомих якорем, що підвищує швидкість та переміщення виконавчого елемента, забезпечують підвищення ефективності індукційно-динамічного електродвигуна.

Джерела інформації:

1. Пат. РФ № 2091971, МКИ H02K 41/025. Линейный индукционный электродвигатель ударного действия. - Заявка № 95116191 от 19.09.94 г. Опубл. 27.09.97 г., Бюл. № 27.
2. А. с. СССР № 1677808, МКИ H02K 33/00, H01N 3/28. Импульсный электромеханический преобразователь. - Заявка № 4730542 от 14.08.89 г. Опубл. 15.09.91 г., Бюл. № 34.
3. А. с. СССР № 1220067, МКИ H02K 33/02, G01M 7/00. Индукционно-динамический привод. - Заявка № 3822407/24-07 от 30.11.84 г. Опубл. 23.03.86 г., Бюл. № 11 (прототип).



Фіг. 1

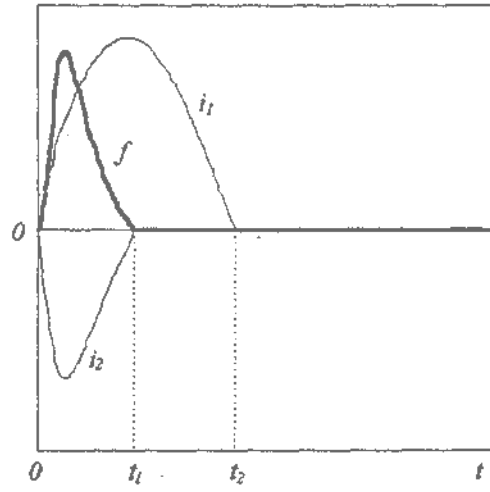


Fig. 2

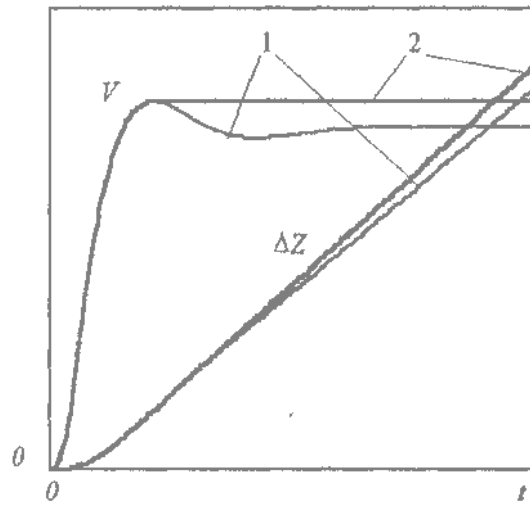


Fig. 3

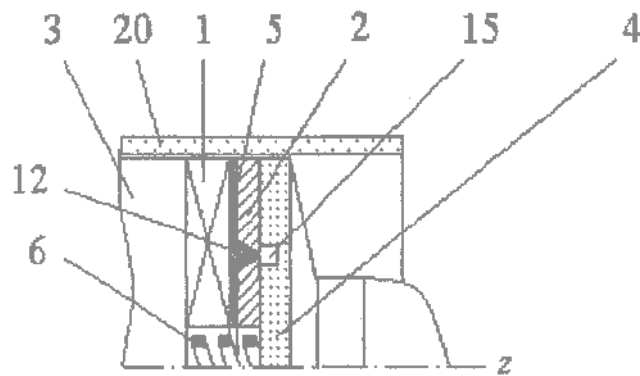


Fig. 4

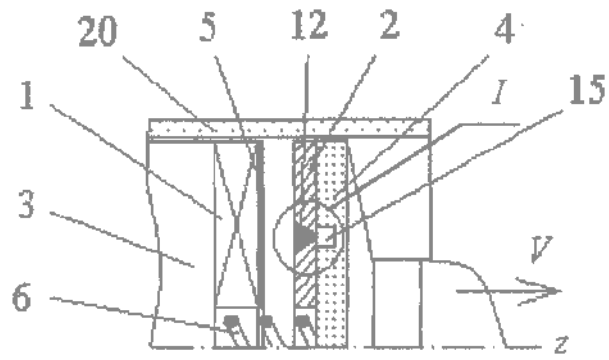


Fig. 5

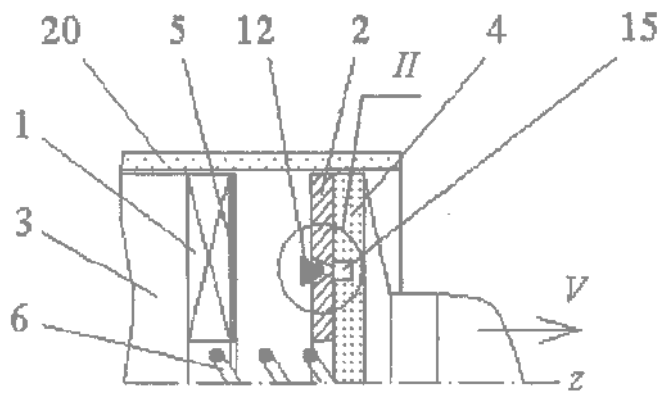


Fig. 6

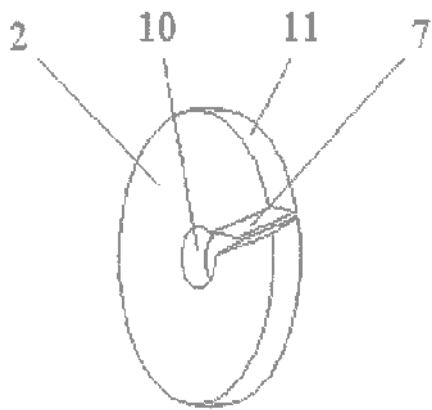


Fig. 7

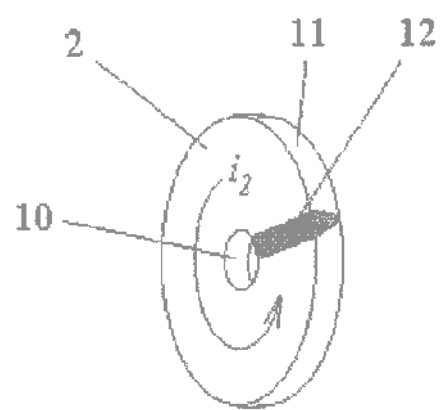
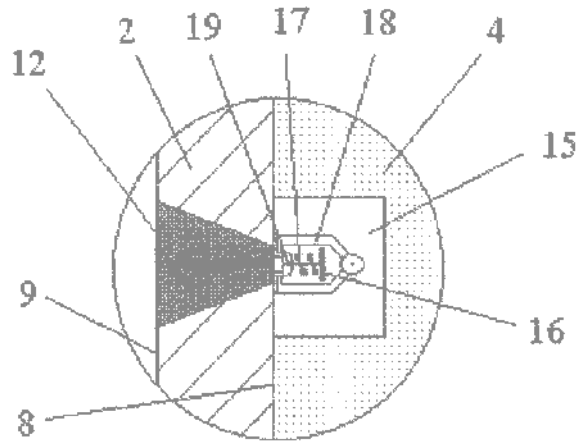


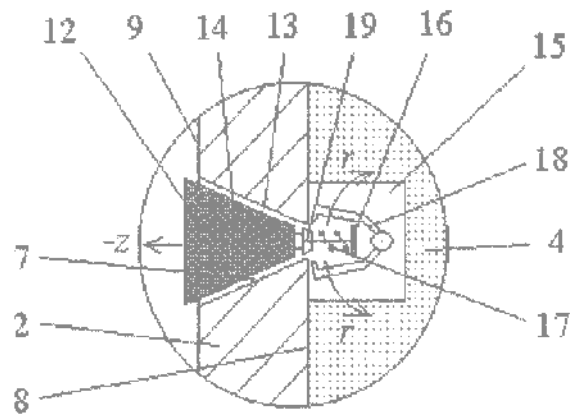
Fig. 8

Вид I



Фіг. 9

Вид II



Фіг. 10

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид, арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22
