



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38755 (13) A

(51) 7 B06B1/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ВІБРАТОР

(21) 2000095361

(22) 19.09.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Кірей Петро Серафимович

(73) Український державний морський технічний
університет імені адмірала Макарова(57) Електромагнітний вібратор, який містить маг-
нітопровід, що включає корпус, торцевий фланець
із нерухомим осердям і прохідний фланець; роз-
ташовані усередині корпусу рухливий елемент і

обмотку збудження з каркасом, і магнітну рідину,
розташовану між рухливим елементом і полюсами
магнітопроводу, який відрізняється тим, що рух-
ливий елемент виконано із немагнітного матеріалу
у вигляді поршня зі штоком, причому з боку штоко-
вої порожнини по периметру поршня виконано кі-
льцевий бурт, поршень встановлено з утворенням
кільцевого зазору між боковою поверхнею поршня
і внутрішньою поверхнею каркасу обмотки збу-
дження, на прохідному фланці виконано додаткове
осердя, а магнітна рідина розміщена між рухомим
елементом і нерухомим осердям.

Винахід відноситься до вібраційної техніки і
може бути застосований у пристроях для збу-
дження коливань, які використовуються у хімічній,
металургійній, суднобудівній та інших галузях
промисловості.

Основними елементами електромагнітних віб-
раторів є електромагніти. Відомо про велику кіль-
кість конструкцій електромагнітів (див.: Мар-
ков Э.Т. Судовые электрические аппараты. - Л.:
Судостроение, 1971. - С. 43-70), проте при всьому
різноманітті конструкцій електромагнітів, усі вони
складаються з основних частин однакового при-
значення. До них відносяться: котушка з розташо-
ваною на ній намагнічуючою обмоткою (може бути
декілька котушок і декілька обмоток); нерухома ча-
стина магнітопроводу, яку виконано з магнітом'яко-
го матеріалу - ярмо і осердя; рухлива частина маг-
нітопроводу - ярмір. Ярмір відокремлюється від інших
частин магнітопроводу повітряними проміжками і
являє собою частину електромагніту, яка, сприй-
маючи електромагнітне зусилля, передає його від-
повідним деталям механізму, який приводиться до
дії. Основними частинами електромагнітів із яко-
рем, який втягується, є: рухливе осердя (якір); не-
рухомий магнітопровід, який складається з корпу-
су, нерухомого осердя (стопа), торцевого та прохід-
ного фланців; та намагнічуюча обмотка. Робочий
магнітний зазор розташовано між рухливим і неру-
хомим осердями. Для створення механічних зу-
силь змінного знаку використовуються додаткові
елементи конструкції або електромагніти змінного
струму. У електромагнітах змінного струму магніт-
ний потік, створений обмоткою електромагніту, по
якій проходить змінний струм, періодично зміню-

ється за величиною та напрямком, у результаті чо-
го сила електромагнітного притягання пульсує від
нуля до максимального значення з подвоєною ча-
стотою стосовно частоти живлячого струму. Проте
відомим пристроям притаманні деякі негативні
властивості:

підвищені втрати електромагнітної енергії на
вихрові струми і перемагнічування, обумовлені
тим, що магнітопровідні елементи електромагніту,
у тому числі і якір, виготовляються, як правило, з
електротехнічної сталі, яка має низький питомий
електричний опір ($10^{-7} \dots 10^{-6}$ Ом·м), а також петлю
магнітного гістерезису з коерцитивною силою
20...150 А/м;

підвищене розсіювання магнітного потоку у
робочому зазорі між ярмом і нерухомими части-
нами магнітопроводу внаслідок того, що робочий
зазор є повітряним, а основне падіння намагнічую-
чої сили припадає на робочий зазор;

підвищені втрати електромагнітної енергії, по-
в'язані з нестабільністю магнітного опору робочого
зазору через різку зміну величини робочого зазору
протягом одного періоду коливань струму.

Відомо про електромагнітний вібратор (див.:
А.с. № 766668 СРСР, МПК В06В1/04, 1978), у яко-
му зазор між магнітопроводом і ярмом заповнено
еластичним магнітом'яким матеріалом, що при-
зводить до зменшення втрат на розсіювання маг-
нітного потоку у робочому зазорі і зменшенню ко-
ливань величини магнітного опору робочого зазо-
ру. Проте властивістю даного пристрою є підви-
щені втрати електромагнітної енергії на вихрові
струми і перемагнічування.

(19) UA (11) 38755 (13) A

Відомо про електромагнітний вібратор (див.: А.с. № 1614856 СРСР, МПК В06В1/04, 1987), який містить магнітопровід з обмоткою збудження, рухливий якір, встановлений на пружних елементах і розташований із зазором щодо полюсів магнітопроводу, і магнітну рідину у робочому зазорі між якорем і полюсами магнітопроводу. Наявність магнітної рідини у робочому зазорі дозволяє знизити втрати на розсіювання магнітного потоку у робочому зазорі, оскільки відносна магнітна проникність магнітної рідини сягає декількох одиниць. Крім того, переткання магнітної рідини крізь отвори, виконані у якорі, дозволяє зменшити коливання величини магнітного опору робочого зазору. Проте властивістю даного пристрою також є підвищені втрати електромагнітної енергії на вихрові струми і перемагнічування.

Як прототип обрано електромагнітний вібратор (див.: А.с. 1616716 СРСР, МПК В06В1/04, 1988), який містить рухливий якір, виконаний у вигляді феромагнітного стержня, осердя з обмотками збудження і полюсами, які охоплюють якір із бічної та торцевої поверхонь. Для збудження зусиль змінного знаку його обладнано постійним магнітом, закріпленим на торці якоря, і замкнутим провідним витком, розташованим на одному із полюсів, які примикають до бічної поверхні якоря. Проте прототип має підвищені втрати електромагнітної енергії на вихрові струми і перемагнічування, а також містить додаткові елементи конструкції, які забезпечують збудження зусиль змінного знаку.

У основу винаходу поставлено задачу удосконалення електромагнітного вібратора, зміна конструкції якого забезпечує зниження втрат електромагнітної енергії та збільшення за рахунок цього к.к.д. пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в електромагнітному вібраторі, який містить магнітопровід, що включає корпус, торцевий фланець із нерухомим осердям і прохідний фланець; розташовані усередині корпусу рухливий елемент і обмотку збудження із каркасом, і магнітну рідину, розташовану між рухливим елементом і полюсами магнітопроводу, відповідно до винаходу рухливий елемент виконано із немагнітного матеріалу у вигляді поршня зі штоком, причому з боку штокової порожнини по периметру поршня виконано кільцевий борт, поршень встановлено з утворенням кільцевого зазору між боковою поверхнею поршня і внутрішньою поверхнею каркасу обмотки збудження, на прохідному фланці виконано додаткове осердя, а магнітна рідина розміщена між рухливим елементом і нерухомим осердям.

Порівняльний аналіз рішення за винаходом із прототипом показує, що запропонований пристрій відрізняється від відомого тим, що: рухливий елемент виконано із немагнітного матеріалу у вигляді поршня зі штоком; із боку штокової порожнини по периметру поршня виконано кільцевий борт; поршень встановлено з утворенням кільцевого зазору між боковою поверхнею поршня і внутрішньою поверхнею каркасу обмотки збудження; на прохідному фланці виконано додаткове осердя; магнітна рідина розміщена між рухомим елементом і нерухомим осердям.

Виконання рухливого елемента із немагнітного матеріалу у вигляді поршня зі штоком дозволяє

використовувати для створення змінного механічного зусилля ефект левітації немагнітного тіла в магнітній рідині, яка знаходиться у неоднорідному магнітному полі. Надлишковий тиск, який створюється під дією неоднорідного магнітного поля і діє на занурене в магнітну рідину немагнітне тіло, може сягати величини порядку 1 кГ/см^2 для існуючих у даний час магнітних рідин (намагніченість насичення до 100 кА/м) і електромагнітів (магнітна індукція до 1 Т). Тому штовхаюче зусилля, яке діє на занурений у магнітну рідину немагнітний рухливий елемент, може сягати для запропонованого пристрою декількох десятків кілограмів. Виконання кільцевого бурту по периметру поршня з боку штокової порожнини необхідно для запобігання уносу магнітної рідини з робочого зазору у штокову порожнину, тому що необоротний унос магнітної рідини призводить до зменшення штовхаючого зусилля. Встановлення поршня з утворенням кільцевого зазору між боковою поверхнею поршня і внутрішньою поверхнею каркасу обмотки збудження дозволяє здійснювати самоцентрівку поршня і розміщати надлишок магнітної рідини, яка витискається поршнем при його прямуюванні униз. Виконання на прохідному фланці додаткового осердя дозволяє зменшити повітряну частину робочого зазору і тим самим збільшити магнітну індукцію у робочому зазорі та штовхаюче зусилля. Розміщення магнітної рідини між рухливим елементом і нерухомим осердям дозволяє використовувати магнітну рідину в якості якоря, що у свою чергу дозволяє:

знижити втрати електромагнітної енергії на вихрові струми, величина котрих обернено пропорційна питомому електричному опорі. Питомий електричний опір магнітних рідин на основі мінеральних олій складає $10^{12} \dots 10^{14} \text{ Ом.м}$, у той час, як у електротехнічних сталей, які застосовуються для виготовлення якоря, він складає $10^{-7} \dots 10^{-6} \text{ Ом.м}$;

знижити втрати електромагнітної енергії на розсіювання у робочому зазорі, оскільки магнітна рідина має відносно магнітну проникність порядку декількох одиниць;

знижити втрати електромагнітної енергії на перемагнічування, оскільки магнітна рідина є безгістерезисним магнітом'яким матеріалом;

стабілізувати магнітний опір робочого зазору, оскільки топографія магнітного поля протягом одного періоду коливаний струму змінюється незначно.

На фіг. 1 схематично зображено електромагнітний вібратор у статичному стані, подовжній розтин; на фіг. 2 - електромагнітний вібратор при максимальному відхиленні рухливого елемента від нерухомого осердя.

Електромагнітний вібратор містить магнітопровід, який включає корпус 1, торцевий фланець 2 із нерухомим осердям 3 і прохідний фланець 4; розташовані усередині корпусу 1 немагнітний рухливий елемент у вигляді поршня 5 зі штоком 6 і обмотку збудження 7 із каркасом 8. З боку штокової порожнини по периметру поршня 5 виконано кільцевий борт 9. Поршень 5 встановлено з утворенням кільцевого зазору 8 між боковою поверхнею поршня 5 і внутрішньою поверхнею каркасу 8. На прохідному фланці 4 виконано додаткове осер-

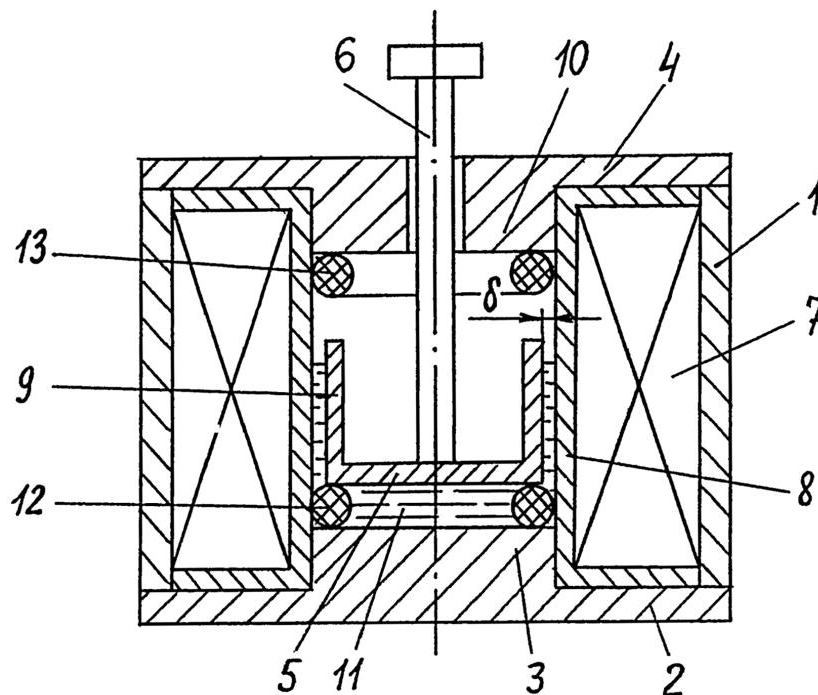
дя 10. Між нерухомим осердям 3 і рухливим елементом 5 розміщено магнітну рідину 11 і обмежувач 12 ходу поршня 5, який виконано з еластичного матеріалу. Між рухливим елементом 5 і додатковим осердям 10 також встановлено обмежувач 13 ходу поршня 5, який також виконано з еластичного матеріалу. При відсутності струму в обмотці 7 рухливий елемент 5 перебуває на обмежувачі 12. Магнітна рідина 11 заповнює вільний об'єм між нерухомим осердям 3 і поршнем 5, а також кільцевий зазор δ .

Електромагнітний вібратор працює таким чином.

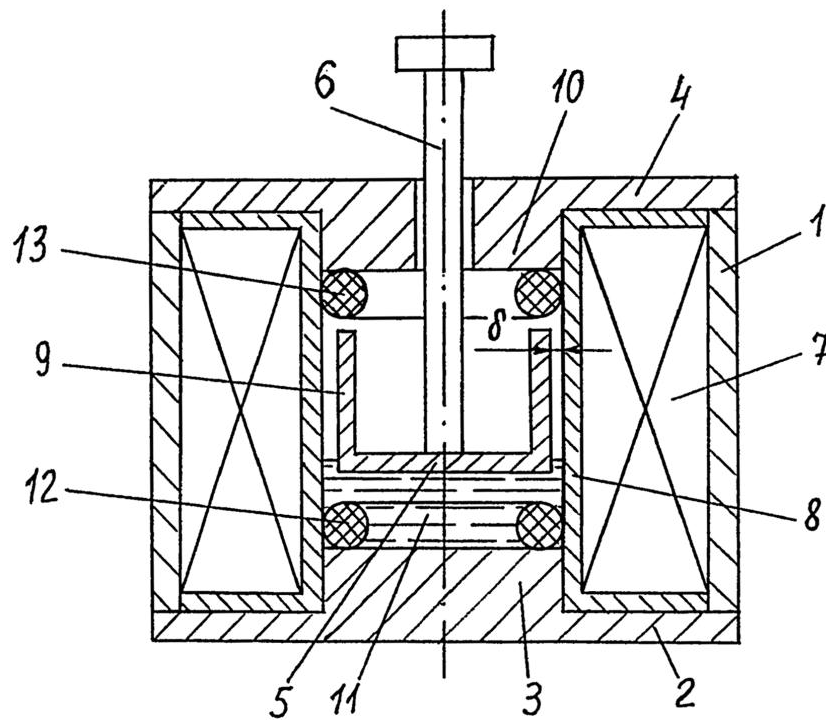
При подачі змінного струму, який живить обмотку збудження 7, магнітний потік, який замикається по корпусу 1, торцевому 2 і прохідному 4 фланцям, нерухомому 3 і додатковому 10 осердям, періодично змінюється за величиною і напрямком, у результаті чого сила електромагнітного притягання, яка діє на магнітну рідину 11, пульсує від нуля до максимального значення з подвоєною частотою стосовно частоти живлячого струму. Нульовому початковому значенню сили струму відповідає початковий статичний стан поршня 5, який перебуває на обмежувачі 12, і магнітної рідини 11, яка заповнює вільний об'єм між нерухомим осердям 3 і поршнем 5, а також зазор δ . При зростанні сили струму в обмотці збудження 7 магнітна рідина 11, яка знаходиться в зазорі 8 між поршнем 5 і внутрішньою поверхнею каркасу 8, притягається до нерухомого осердя 3 і концентрується в області з найбільшим градієнтом магнітної індукції. Надлишковий тиск, який виникає у магнітній рідині 11 під дією неоднорідного магнітного поля, створює штовхаюче зусилля, яке діє на рухомий поршень 5 зі штоком 6. Рухливий поршень 5 починає рухати-

ся. Виштовхуюча сила сягає максимального значення при максимальному значенні сили струму в обмотці 7. Поршень 5 продовжує рух по інерції до повної зупинки, при цьому його відхилення від початкового положення сягає максимального значення (див. фіг. 2). Наступне зменшення сили струму в обмотці 7 призводить до зменшення виштовхуючої сили і руху поршня 5 в зворотному напрямку під дією сили тяжіння. При досягненні нульового значення сили струму поршень 5 сягає свого початкового положення і продовжує рух по інерції, деформуючи обмежувач 12, до повної своєї зупинки. Наступне підвищення сили струму в обмотці 7 і пружна реакція з боку обмежувача 12 призводять до появи виштовхуючої сили, після чого цикл повторюється. Таким чином, магнітна рідина 11 виконує функцію якоря, створюючи періодичне механічне зусилля і забезпечуючи вібрацію немагнітного поршня 5. Додаткове осердя 10, яке виконано на прохідному фланці 4, забезпечує концентрацію магнітного потоку в робочому зазорі між осердями 3 і 10, що призводить до збільшення штовхаючого зусилля. Бурт 9, який виконано по периметру поршня 5 із боку штокової порожнини, запобігає уносу магнітної рідини 11 із робочого зазору в штокову порожнину і забезпечує самоцентрівку поршня 5. Обмежувач 13, який встановлено між поршнем 5 і додатковим осердям 10, необхідний для запобігання механічного контакту між буртом 9 і додатковим осердям 10 при перехідних режимах роботи.

Використання винаходу забезпечує зниження втрат електромагнітної енергії і збільшення за рахунок цього к.к.д. вібратора на 2-5% порівняно із прототипом та іншими відомими пристроями.



Фіг. 1



Фіг. 2

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
