



УКРАЇНА

(19) UA (11) 50561 (13) U
(51) МПК (2009)
H02K 33/00
B06B 1/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО УДАРНОГО ПРИСТРОЮ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ

1

2

(21) u201000051

(22) 11.01.2010

(24) 10.06.2010

(46) 10.06.2010, Бюл.№ 11, 2010 р.

(72) БОЛЮХ ВОЛОДИМИР ФЕДОРОВИЧ, РАС-
СОХА МАКСИМ ОЛЕКСІЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) 1. Спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу, що включає підключення зарядженого полярного ємнісного накопичувача за допомогою електронного ключа до секцій обмотки нерухомого індуктора, протікання струму в секціях обмотки індуктора, шунтованих зворотним діодом, та створення магнітного поля, яке збуджує струми в електропровідному якорі, внаслідок чого утворюються електродинамічні сили, які переміщують якор з ударним елементом відносно індуктора до об'єкта удару, який **відрізняється** тим, що до зарядженого ємнісного накопичувача електронним ключем підключають виконану у вигляді плоскої котушки секцію обмотки індуктора, суміжно розташовану до дискової частини якоря, струм в якій переривають електронним ключем при аксіальному зміщенні в напрямку об'єкта уда-

ру циліндричної частини якоря відносно виконаної у вигляді соленоїда і суміжно розташованої секції обмотки індуктора при збереженні частини електричної енергії в ємнісному накопичувачі, після чого до ємнісного накопичувача електронним ключем підключають виконану у вигляді соленоїда секцію обмотки індуктора.

2. Спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу за п. 1, який **відрізняється** тим, що струм в секції обмотки індуктора, яка виконана у вигляді плоскої котушки, переривають електронним ключем в момент, коли електродинамічна сила, що діє на дискову частину якоря, змінює знак на протилежний.

3. Спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу за п. 1, який **відрізняється** тим, що виконану у вигляді соленоїда секцію обмотки індуктора підключають до ємнісного накопичувача електронним ключем в момент, коли циліндрична частина якоря зміщена відносно цієї секції обмотки індуктора на відстань, при якій аксіальний градієнт взаємної індуктивності між ними максимальний

Корисна модель відноситься до електромеханіки і може бути використана в ударних приводах механізмів і машин, які призначені, наприклад, для створення циклічних ударних імпульсів, наприклад, деформації та перфорації поверхонь об'єктів удару.

Є відомим спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу, що включає підключення ємнісного накопичувача за допомогою електронного ключа до секцій обмотки нерухомого індуктора, протікання струму в секціях обмотки індуктора та створення магнітного поля, яке збуджує струми в електропровідному якорі, що утворюють електродинамічні сили, які переміщують якор з ударним елементом відносно індуктора до об'єкта удару [1].

Однак такий спосіб не дозволяє використовувати в якості ємнісного накопичувача електролітичні конденсатори, внаслідок коливального характеру струму в обмотці індуктора.

Найбільш близьким по технічній суті до корисної моделі, що заявляється є спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу, що включає підключення зарядженого полярного ємнісного накопичувача за допомогою електронного ключа до секцій обмотки нерухомого індуктора, протікання струму в секціях обмотки індуктора, шунтованих зворотним діодом, та створення магнітного поля, яке збуджує струми в електропровідному якорі, що утворюють електродинамічні сили, які переміщують якор з ударним елементом відносно індуктора до об'єкта удару [2].

UA (13)

50561 (11)

UA (19)

Відомий спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу забезпечує створення електромеханічним ударним пристроєм індукційного типу потужних силових імпульсів, виконання різноманітних технологічних задач по очищенню, розвантаженню, відділенню поверхонь обладнання від різноманітних матеріалів, продуктів і вантажів ударним методом [2].

Однак ефективність відомого способу роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу недостатньо висока. Це пов'язано з тим, що взаємна індуктивність між секціями обмотки індуктора і якорем, а значить і їх силова взаємодія є достатньо високими тільки в початковому положенні якоря. При розряді ємнісного накопичувача на секції обмотки індуктора, якір починає рух під дією електродинамічної сили відштовхування вздовж осі z в напрямку об'єкту удару і магнітний зв'язок між якорем та індуктором послаблюється. Це призводить до зменшення взаємної індуктивності $M_{12}(z)$ між індуктором і якорем. Внаслідок цього зменшується аксіальний градієнт взаємної

індуктивності $\frac{dM_{12}}{dz}$ та струм в якорі i_2 , індукований струмом в секціях обмотки індуктора i_1 внаслідок наявності взаємної індуктивності між якорем та секціями обмотки індуктора. Згідно з виразом (1) зменшення аксіального градієнту взаємної індуктивності та струму в якорі призводить до зменшення аксіальної електродинамічної сили f_z , що діє на якір. Крім того, через певний час після початку розряду ємнісного накопичувача, струми в індукторі та якорі набувають однакового знаку, що призводить до виникнення притягальної (гальмівної) сили між якорем та індуктором, яка знижує загальну ефективність роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу.

$$f_z = i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{dM_{12}}{dz} \quad (1)$$

Задачею корисної моделі є підвищення ефективності способу роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу за рахунок посилення магнітного зв'язку між індуктором та якорем під час руху якоря та збільшення електродинамічної сили, що діє на якір.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в відомому способі роботи електромеханічного ударного пристрою, що включає підключення зарядженого полярного ємнісного накопичувача за допомогою електронного ключа до секцій обмотки нерухомого індуктора, протікання струму в секціях обмотки індуктора, шунтованих зворотнім діодом, та створення магнітного поля, яке збуджує струми в електропровідному якорі, внаслідок чого утворюються електродинамічні сили, які переміщують якір з ударним елементом відносно індуктора до об'єкту удару відповідно до корисної моделі, що пропонується, до зарядженого ємнісного накопичувача електронним ключем підключають виконану у вигляді плоскої котушки секцію обмотки індуктора, суміжно розташовану до дискової частини якоря, струм в якій переривають електронним ключем при аксіальному зміщенні в напрямку об'єкту удару циліндричної частини якоря відносно

виконаної у вигляді соленоїду і суміжно розташованої секції обмотки індуктора при збереженні частини електричної енергії в ємнісному накопичувачі, після чого до ємнісного накопичувача електронним ключем підключають виконану у вигляді соленоїду секцію обмотки індуктора.

Крім того, струм в секції обмотки індуктора, яка виконана у вигляді плоскої котушки, переривають електронним ключем в момент, коли електродинамічна сила, що діє на дискову частину якоря змінює знак на протилежний.

Крім того, виконану у вигляді соленоїду секцію обмотки індуктора підключають до ємнісного накопичувача електронним ключем в момент, коли циліндрична частина якоря зміщена відносно цієї секції обмотки на відстань, при якій аксіальний градієнт взаємної індуктивності між ними максимальний.

В запропонованому способі роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу підвищення ефективності досягається посиленням магнітного зв'язку між індуктором та якорем під час руху якоря та усуненням притягальної (гальмівної) сили між якорем та індуктором, що виникає при набутті струмами в якорі та індукторі однакового знаку, за рахунок таких факторів:

- Переривання електронним ключем струму в виконаній у вигляді плоскої котушки (котушочній) секції обмотки індуктора при аксіальному зміщенні в напрямку об'єкту удару циліндричної частини якоря відносно суміжно розташованої виконаної у вигляді соленоїду (соленоїдної) секції обмотки індуктора, тобто при віддаленні якоря від котушочної секції обмотки індуктора і послабленні магнітного зв'язку між ними, з подальшим підключенням електронним ключем до ємнісного накопичувача соленоїдної секції обмотки індуктора, дозволяє посилити магнітний зв'язок між індуктором та якорем в процесі руху якоря, оскільки при віддаленні якоря від котушочної секції обмотки індуктора магнітний зв'язок здійснюється соленоїдною секцією обмотки індуктора. Струм в циліндричній частині якоря, індукований струмом в соленоїдній секції обмотки індуктора, породжує електродинамічну силу, що спричинює рух якоря в напрямку об'єкту удару.

- Переривання електронним ключем струму в котушочній секції обмотки індуктора в момент, коли електродинамічна сила, що діє на дискову частину якоря змінює знак на протилежний, дозволяє уникнути виникнення притягальної сили між індуктором та якорем, яка за рахунок гальмування знижує ефективність роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу.

- Підключення до ємнісного накопичувача електронним ключем соленоїдної секції обмотки індуктора в момент, коли циліндрична частина якоря зміщена відносно цієї секції обмотки в напрямку об'єкту удару на відстань, при якій аксіальний гра-

дієнт взаємної індуктивності між ними $\frac{dM_{12}}{dz}$ максимальний, дозволяє створити максимальну електродинамічну силу між соленоїдною секцією обмотки індуктора та циліндричною частиною якоря (1).

На фіг. 1 наведений графік, що відображає характер зміни напруги на ємнісному накопичувачі i_c , розрядного струму в індукторі i_1 , індукованого струму в якорі i_2 та електродинамічної сили f_z , для відомого способу роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу, де t_{f0} - момент переходу електродинамічної сили f_z через нуль, F_m - максимальне значення електродинамічної сили f_z .

На фіг. 2 наведені графіки, що відображають характер керуючих імпульсів блоку керування i_{k1} та i_{k2} , напруги на ємнісному накопичувачі i_c , розрядного струму в індукторі i_1 , індукованого струму в якорі i_2 та електродинамічної сили f_z для пропонуваного способу роботи електромеханічного удар-

ного пристрою індукційного типу, де i_1' та i_1'' - розрядні струми відповідно у котушочній та соленоїдній секціях обмотки індуктора, i_2' та i_2'' індуковані струми відповідно в дисковій та цилін-

дричній частинах якоря, f_z' та f_z'' електродинамічні сили, що діють відповідно на дискову та циліндричну частину якоря, t_0 - момент підключення котушочної секції обмотки індуктора до ємнісного накопичувача подачею керуючого імпульсу i_{k1} , t_{f0} - момент відключення котушочної секції обмотки індуктора від ємнісного накопичувача при зміні

знаку електродинамічною силою f_z' , шляхом подачі керуючого імпульсу i_{k1} , $t_{f1}=t_{f0}+\Delta t$ момент підключення ємнісного накопичувача до соленоїдної секції обмотки індуктора подачею керуючого імпульсу i_{k2} .

На фіг. 3 показана схема електромеханічного ударного пристрою індукційного типу при аксіальному зміщенні соленоїдної секції обмотки індуктора відносно котушочної секції обмотки індуктора в напрямку об'єкту удару, в інтервалі часу $t_0 < t < t_{f0}$.

На фіг. 4 показана схема електромеханічного ударного пристрою індукційного типу така ж, як і на фіг. 3, але при $t > t_{f1}$.

На фіг. 5 показана залежність аксіального гра-

дієнту взаємної індуктивності $\frac{dM_{12}}{dz}$ між соленоїдною секцією обмотки індуктора та суміжною їй циліндричною частиною якоря від значення аксіального зміщення Δz між ними.

Спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу, що включає підключення зарядженого полярного ємнісного накопичувача за допомогою електронного ключа до секцій обмотки нерухомого індуктора, протікання струму в секціях обмотки індуктора, шунтованих зворотнім діодом, та створення магнітного поля, яке збуджує струми в електропровідному якорі, що утворюють електродинамічні сили, які переміщують якор з ударним елементом відносно індуктора до об'єкту удару. При підключенні в початковий момент часу t_0 котушочної секції обмотки індуктора до ємнісного накопичувача, в даній секції обмотки індуктора починає протікати струм i_1' , який індуктує струм i_2' в

дисковій частині якорю (фіг. 2), суміжній у вихідно-

му положенні з котушочною секцією обмотки індуктора. Між дисковою частиною якоря та котушочною секцією обмотки індуктора виникає відштов-

хувальна електродинамічна сила f_z' , яка спричинює рух якоря з ударним елементом в напрямку об'єкту удару вздовж осі z (фіг. 3). При цьому магнітний зв'язок між дисковою частиною якоря та котушочною секцією обмотки індуктора послаблюється, що спричинює зменшення аксіального градієнту взаємної індуктивності між ними та індукованого в дисковій частині якоря струму. Це призводить до зменшення електродинамічної

сили f_z' , яка прямує до нуля. Струм i_1' переривають шляхом відключення котушочної секції обмотки індуктора від ємнісного накопичувача при збереженні в ньому частини електричної енергії в момент t_{f0} при аксіальному зміщенні в напрямку об'єкту удару циліндричної частини якоря відносно суміжно розташованої соленоїдної секції обмотки

індуктора. Переривання струму i_1' в момент t_{f0} змі-

ни електродинамічною силою f_z' знаку на протилежний запобігає виникненню притягальної сили між котушочною секцією обмотки індуктора, та дисковою частиною якорю. Через інтервал часу Δt в момент $t_{f1}=t_{f0}+\Delta t$ соленоїдну секцію обмотки індуктора підключають до ємнісного накопичувача, внаслідок чого виникає магнітний зв'язок між соленоїдною секцією обмотки індуктора та циліндричною частиною якорю. Внаслідок створення магнітного зв'язку між циліндричною частиною якорю та соленоїдною секцією обмотки індуктора, посилюється магнітний зв'язок між індуктором та якорем в процесі руху якоря, оскільки при віддаленні якоря від котушочної секції обмотки індуктора магнітний зв'язок здійснює соленоїдна секція обмотки індук-

тора. Струм i_1'' що протікає в соленоїдній секції

обмотки індуктору індуктує струм i_2'' в циліндричній частині якорю, що спричинює виникнення між ними

відштовхувальної електродинамічної сили f_z'' (фіг. 2), яка прискорює якор з ударним елементом в напрямку об'єкту удару вздовж осі z при аксіальному зміщенні циліндричної частини якорю відносно соленоїдної секції обмотки індуктора в напрямку об'єкту удару (фіг. 4).

Підключення ємнісного накопичувача до соленоїдної секції обмотки індуктора, доцільно здійснювати при такому аксіальному зсуві Δz циліндричної частини якорю відносно соленоїдної секції обмотки індуктора, коли аксіальний градієнт взаємної індуктивності між ними максимальний (фіг. 5), що забезпечує створення максимальної електро-

динамічної сили f_z'' . Після досягнення якорем з ударним елементом об'єкту удару їх повертають у вихідне положення шляхом втягування зворотнім механізмом напрямного стрижня з прикріпленим до нього ударним елементом, на якому закріплені частини якорю.

Електромеханічний ударний пристрій індукційного типу складається з коаксіально розташованих та аксіально зміщених котушочної 1а і соленоїдної 1б секцій обмотки індуктора, рухомого якоря з дисковою 2а та циліндричною 2б частинами, що суміжні відповідно до секцій обмотки індуктора 1а та 1б і кріпляться на частинах ударного елемента 4 відповідно 4а і 4б, діелектричного корпусу 3, до якого прилягають секції обмотки індуктора і розташованого в центральному отворі секції обмотки індуктора 1а і дискової частини якоря 2а прямого стрижня 7, один кінець якого з'єднаний з ударним елементом 4, а інший - зі зворотнім механізмом 6. Секції обмоток індуктора 1а і 1б живляться від джерела імпульсного струму 8, що складається з джерела постійного струму 9, підключеного до мережі змінної напруги $\sim u$, ємнісного накопичувача 10 та блоку керування 11.

Секції обмотки індуктора 1а і 1б електрично паралельно з'єднані з ємнісним накопичувачем за допомогою відповідно електронних ключів VT_1 і VT_2 , положення яких регулюється блоком керування 11, та шунтовані зворотними діодами відповідно VD_1 і VD_2 . Частини рухомого якоря 2а та 2б виконані з електропровідного матеріалу, наприклад міді. Частини діелектричного корпусу 3а та 3б виготовлені з міцного пластика, наприклад, склотекстоліту. Напрячний стрижень 7 виготовлений з феромагнітного матеріалу, наприклад електротехнічної сталі. Частини ударного елемента 4а та 4б виготовлені з немагнітного непровідного матеріалу, наприклад нержавіючої сталі.

Частина ударного елемента 4, що взаємодіє з об'єктом удару 12, виконана у вигляді бойку 5.

Електромеханічний ударний пристрій індукційного типу працює наступним чином.

У вихідному стані електронні ключі VT_1 і VT_2 розімкнені і струми в секціях обмотки індуктора не протікають, а дискова частина якоря 2а розташована суміжно із котушочною секцією обмотки індуктора 1а. При подачі в початковий момент t_0 блоком керування 11 керуючого сигналу i_{k1} на VT_1 відбувається підключення секції обмотки індуктора 1а до ємнісного накопичувача 10 і в ній починає протікати струм i_1' . Він індуктує струм протилежного

знаку i_2' в дисковій частині якоря 2а. Між частиною якоря 2а та секцією обмотки індуктора 1а виникає

відштовхувальна електродинамічна сила f_z' , що надає якорю прискорення в напрямку об'єкту удару 12 (фіг. 3). Рухаючись, якір виходить із зони ефективної магнітної взаємодії з секцією обмотки індуктора 1а, а струм в дисковій частині якоря 2а змінює знак на протилежний, спричинюючи виникнення притягальної сили. Переривання струму в секції обмотки індуктора 1а в момент t_{f0} зміни е-

лектродинамічною силою f_z' знаку на протилежний при збереженні частини електричної енергії в ємнісному накопичувачі 10, шляхом подачі блоком керування 11 керуючого сигналу i_{k1} на електронний ключ VT_1 , дозволяє запобігти виникненню притягальної сили між секцією обмотки індуктора 1а та

дисковою частиною якоря 2а. Внаслідок переривання розряду ємнісного накопичувача 10 напруга u_c на ньому залишається незмінною до моменту $t_{f1}=t_{f0}+\Delta t$ підключення до ємнісного накопичувача 10 секції обмотки індуктора 1б шляхом подачі блоком керування 11 керуючого сигналу i_{k2} на електронний ключ VT_2 . Проміжок часу Δt між відключенням 1а та підключенням 1б вибирають таким чином, щоб рух якоря призвів до такого аксіально-го зміщення Δz частини якоря 2б відносно секції обмотки індуктора 1б в напрямку об'єкту удару 12, яке б забезпечило максимальний аксіальний градієнт взаємної індуктивності між ними (фіг. 5), а отже і створення максимальної електродинамічної сили. При підключенні до ємнісного накопичувача 10 секції обмотки індуктора 1б в ній протікає струм i_1'' , а в циліндричній частині якоря 2б індуктується

струм протилежного знаку i_2'' . Між 1б та 2б виникає

електродинамічна сила f_z'' , що надає якорю прискорення в напрямку об'єкту удару 12 (фіг. 4).

Після здійснення ударного впливу на об'єкт удару 12 зворотній механізм 6 забезпечує притягнення прямого стрижня 7 разом з частинами якоря 2а і 2б та ударного елемента 4а і 4б до вихідного стану.

Як показують розрахунки, при роботі електромеханічного ударного пристрою індукційного типу згідно з запропонованим способом кінетична енергія якоря збільшується на 20-40 % в порівнянні з кінетичною енергією якоря при роботі електромеханічного ударного пристрою індукційного типу згідно з відомим способом.

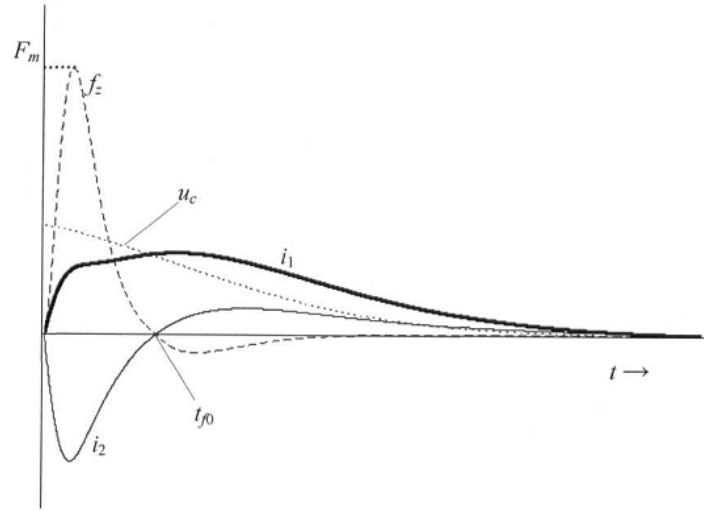
Таким чином запропонований спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу забезпечує підвищення ефективності використання енергії ємнісного накопичувача, при якому зростає кінетична енергія, набута якорем та ударним елементом під час роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу за рахунок посилення магнітного зв'язку між індуктором та якорем під час руху якоря та збільшення електродинамічної сили, що діє на якір.

Запропонований спосіб роботи електромеханічного ударного пристрою індукційного типу, збільшуючи кінетичну енергію якоря і ударного елемента, дозволяє здійснити ударну дію, наприклад, деформацію, перфорацію, руйнування, вигинання та ін. на об'єкт удару за менше число робочих циклів.

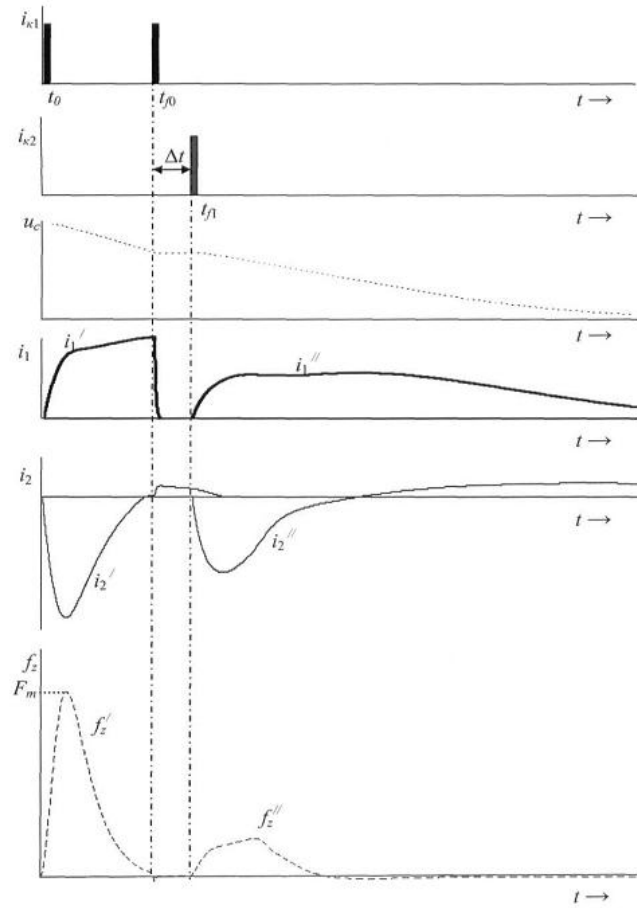
Джерела інформації

1. Shukang C, Yulong P., Zhiyan L., Jinsuo H., Zuobin Y., Li C Electromagnetic Field Analysis on Aluminum-Steel Intercepting Plate in the Active Electric Armor//IEEE Transactions on Magnetics - 2007- Vol.43, № 3 - P. 1128-1130.

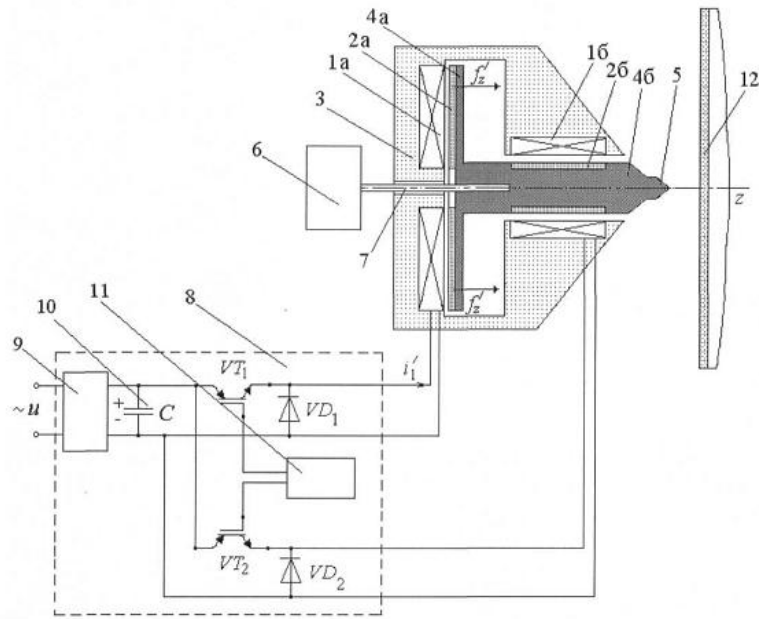
2. Пат. 62623А Україна, МПК В65G65/49, В06В1/04. Індукційно-динамічний технологічний пристрій / Болюх В.Ф., Марков О.М., Лучук В.Ф., Щукін І.С. (Україна). № 2003043468; Заявлено 17.04.03; Надрук. 15.12.03, Бюл. № 12. -4 с (найближчий аналог).



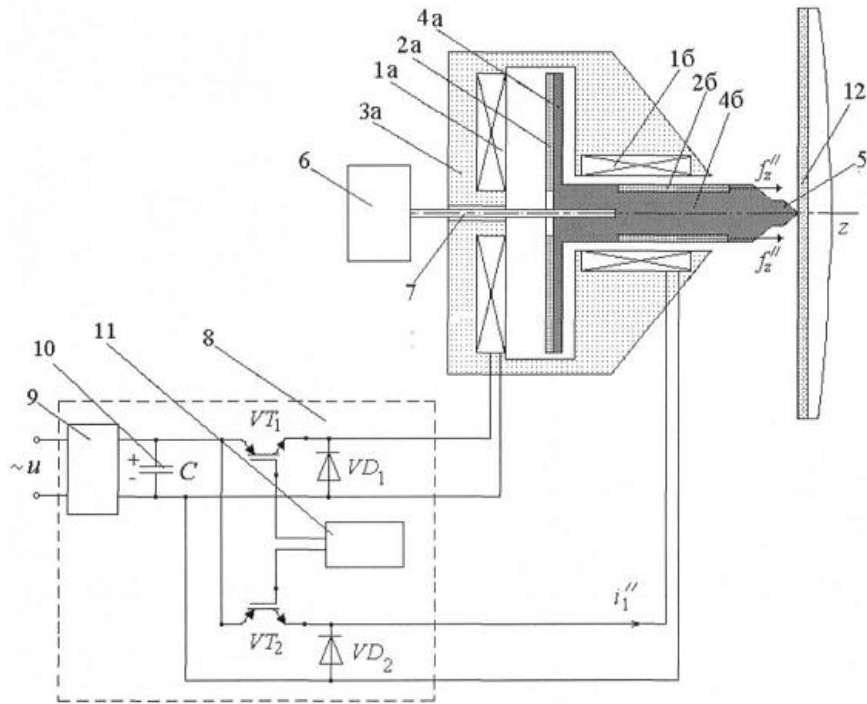
Φir. 1



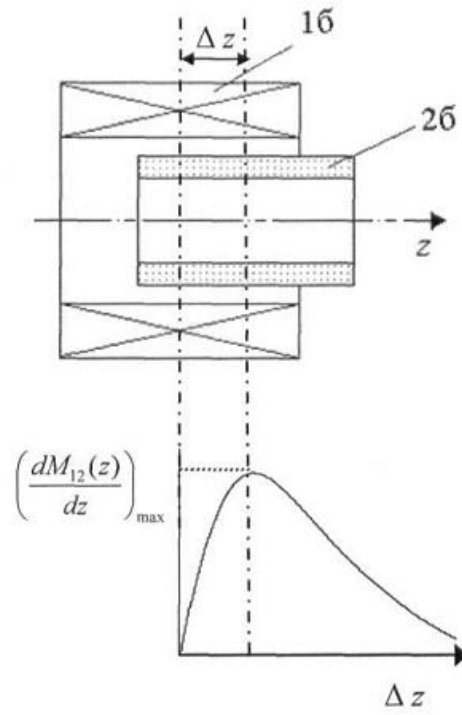
Φir. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фіг. 5