



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38934 (13) A

(51) 7 H02K33/00, H02K41/025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ІМПУЛЬСНИЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИЙ ПРИСКОРЮВАЧ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ

(21) 2000116731

(22) 28.11.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Болюх Володимир Федорович

(73) Болюх Володимир Федорович

(57) 1. Імпульсний електромеханічний прискорювач індукційного типу, який включає статорну обмотку збудження, що має циліндричну форму і підключається за допомогою ключа до зарядженої конденсаторної батареї, і виконаний із електропровідного матеріалу та коаксіально розташований всередині обмотки із зсувом у бік прискорення порожнистий циліндричний рухомий якір, всередині якого розташований допоміжний елемент, який відрізняється тим, що допоміжний елемент, який з'єднує протилежні кінці ізольованих провідників обмотки якоря, закріплений відносно якоря і виконаний у вигляді провідника, розташованого паралельно осі прискорювача, із полярним елементом, що має односторонню електричну провідність, причому полярність цього елемента така, що електрорушійна сила у обмотці якоря, яка наведе-

на першим імпульсом струму статорної обмотки, співпадає з його напрямком провідності.

2. Імпульсний електромеханічний прискорювач індукційного типу за п.1, який відрізняється тим, що полярний елемент, який має односторонню електричну провідність, виконаний у вигляді напівпровідникового діода.

3. Імпульсний електромеханічний прискорювач індукційного типу за п.1, який відрізняється тим, що ключ виконаний у вигляді керованого тиристорного комутатора, який пропускає імпульс струму однієї полярності.

4. Імпульсний електромеханічний прискорювач індукційного типу за п.1, який відрізняється тим, що витки провідників обмотки щільно намотані один до одного і просочені терморезистивним компаундом.

5. Імпульсний електромеханічний прискорювач індукційного типу за п.1, який відрізняється тим, що внутрішній провідник якоря, який з'єднує протилежні кінці ізольованих провідників обмотки якоря, та напівпровідниковий діод розташовані на осі прискорювача.

Винахід відноситься до електротехніки і може бути використаний у пристроях для прискорення рухомих об'єктів до високих швидкостей на короткій ділянці розгону, в ударних лінійних приводах машин та механізмів, в пристроях для випробування виробів на динамічні навантаження та ін.

Відомий лінійний електродвигун ударної дії, який містить циліндричну первинну секційну обмотку, що коаксіально розташована у феромагнітному осерді, пов'язана з упором і яка підключається до джерела електроенергії, електропровідні елементи, які розташовані у феромагнітному корпусі і між якими розміщені феромагнітні кільця таким чином, що центральна площина суміжного електропровідного елемента зсунута відносно центральної площини секції обмотки у бік руху бойка, а центральна площина суміжного феромагнітного кільця зсунута у бік упора [1].

При підключенні до джерела електроенергії у кожній секції первинної обмотки виникає струм, який викликає відштовхування електропровідних елементів та притягнення феромагнітних кілець

відносно секції обмотки у бік руху бойка. Підсумовування електродинамічних зусиль відштовхування і електромагнітних сил притягнення призводить до досить значних ударних навантажень.

Однак величина цих навантажень обмежена через недоцільність підвищення струму обмотки, тому що настає насичення феромагнітного осердя, корпусу та кілець. Крім того, значно зростає індуктивність, що у свою чергу збільшує постійну часу, а значить зменшує швидкісні характеристики електродвигуна.

Відомий також лінійний індукційний електродвигун ударної дії, який складається з ряду обмоток, що встановлені уздовж осі з можливістю переміщення, і ряду вторинних короткозамкнених контурів, що індуктивно пов'язані із обмотками, причому кожна обмотка охоплена прилеглими до неї із торцевих боків двома контурами, крайній контур з одного боку двигуна притиснутий до упора, а крайній контур з протилежного боку притиснутий до рухомого бойка [2].

При підключенні електродвигуна до джерела

(19) UA (11) 38934 (13) A

електроенергії в обмотках протікає первинний струм, а у контурах індукується вторинний струм. Між суміжними обмотками та короткозамкненими контурами виникає електродинамічна сила відштовхування, відбувається їх взаємне переміщення і бойок відносно упора одержує сумарну швидкість.

Однак наявність рухомих обмоток вимагає спеціальних гнучких або струмопідводних елементів, і в цілому знижує надійність цього електродвигуна.

Найбільш близьким до технічного рішення, що пропонується, є імпульсний електромеханічний перетворювач, який включає обмотку, що підключається до джерела імпульсного струму, та рухомий якір, який виконаний у вигляді порожнистого контейнера із електропровідного матеріалу та забезпечений дисками, що коаксіально розташовані всередині нього і відокремлені пружними проставками друг від друга та від торців якоря [3].

У даному перетворювачі при підключенні обмотки до джерела імпульсного струму виникає електродинамічна сила, що діє на якір та прискорює його незалежно від елементів, які його заповнюють, в силу того, що диски можуть ковзати всередині якоря. По мірі розгону контейнера якоря стискається пружна проставка, що відділяє задній торець якоря від найближчого до нього диска в його порожнині. Диск втягується у рух і загальна маса рухомої частини зростає.

По мірі того, як диски по чергово стають приєднаною масою по відношенню до контейнера, відбувається багаторазовий процес зниження та послідовного набору швидкості при черговому втягуванні інших дисків у рух. Внаслідок цього процес розгону якоря характеризується більш високим середнім рівнем швидкості у порівнянні з рухом монолітного якоря. За рахунок того, що маса рухомої частини зростає ступеневно, може бути досягнута тривалість силової дії на механічне навантаження, що задана технологічними вимогами.

Однак відомий електромеханічний перетворювач має недостатню ефективність, що пояснюється таким чином. Сила електродинамічної взаємодії між первинною обмоткою та вторинним електропровідним якорем, який переміщується уздовж осі z , залежить від величин їх струмів

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

де $i_1(t)$ - струм у статорній обмотці; $i_2(t)$ - струм у якорі; $M(z)$ - коефіцієнт взаєміндуктивності між обмоткою та якорем, який залежить від відстані між ними.

Причому для даного пристрою корисною є сила відштовхування, яка виникає при протилежних напрямках струмів у обмотках статора та якоря і яка переміщує якір відносно обмотки статора.

Оскільки величина градієнту взаємної індуктивності $\frac{dM}{dz}(z)$ при переміщенні якоря під дією даної сили зберігає знак, то характер сили (1) залежить від знаків струмів у обмотці статора і якоря. Якщо струми обмотки статора і якоря мають протилежний напрям, то виникає сила відштовхування, якщо ж напрям струмів співпадає, то виникає сила притягнення. Сила притягнення гальмує якір,

тим самим знижуючи ефективність прискорювача. Однак, як показують розрахунки та експериментальні дослідження, струми обмотки і якоря мають протилежний напрям тільки у випадку відсутності переміщення якоря, що відбувається, наприклад, при великому протидіючому навантаженні. У такому випадку говорять, що струми співпадають за фазою.

При прискоренні якоря під дією електродинамічної сили (1) через переміщення між струмами статорної обмотки і якоря виникає фазовий зсув. Причому струм у якорі, що віддаляється від обмотки статора, ослаблює з ним магнітний зв'язок і раніше переходить через нульове значення при коливально-згасаючому характері збудження обмотки статора. Наслідком цього є ситуація, коли струм у якорі на певному інтервалі часу співпадає з напрямком струму обмотки статора. При цьому виникає сила притягнення, яка гальмує якір, і ефективність перетворювача зменшується. Струм якоря, який протікає на цьому інтервалі, нагріває якір, тобто частина енергії переходить у небажаний нагрів, що також зменшує ефективність електромеханічного перетворювача.

Крім того, при використанні конденсаторної батареї при коливально-згасаючому характері протікання струмів у статорній обмотці цей струм має декілька напівперіодів коливань, амплітуда яких поступово зменшується. Найбільший струм, а значить і найбільша електродинамічна сила (1), виникає у перший напівперіод коливань, коли магнітний зв'язок між обмоткою статора і якоря найбільший. Усі наступні напівперіоди коливань струмів є малоефективними через віддалення якоря від обмотки, тобто вони істотно силу (1) не підвищують, а тільки перетворюють енергію джерела у теплову енергію втрат у обмотці. Внаслідок цього конденсаторна батарея повністю розряджається, а обмотка нагрівається, що також є небажаною обставиною.

Крім того, в пристрої-прототипі якір має понижено надійність через постійні динамічні навантаження ударного типу, які викликані масивними дисками, через співударення дисків якір створює значний шум при роботі, частина енергії у перетворювачі недоцільно витрачається на тертя дисків об стінки контейнеру, стискання та розтискання пружних проставок.

Завданням винаходу є підвищення ефективності електромеханічного імпульсного перетворювача за рахунок підвищення сили електродинамічної взаємодії між статорною обмоткою збудження та рухомих електропровідних якорем.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що у імпульсному електромеханічному прискорювачі індукційного типу, який включає статорну обмотку збудження, що має циліндричну форму і підключається за допомогою ключа до зарядженої конденсаторної батареї, і виконаний із електропровідного матеріалу та коаксіально розташований всередині обмотки із зсувом у бік прискорення порожнистий циліндричний рухомий якір, всередині якого розташований допоміжний елемент, - допоміжний елемент, який з'єднує протилежні кінці ізольованих провідників обмотки якоря, закріплений відносно якоря і виконаний у вигляді провідника, розташованого паралельно осі при-

скорювача, із полярним елементом, що має односторонню електричну провідність, причому полярність цього елемента така, що електрорушійна сила у обмотці якоря, яка наведена першим імпульсом струму статорної обмотки, співпадає з його напрямком провідності.

Крім того, полярний елемент, який має односторонню електричну провідність, виконаний у вигляді напівпровідникового діода.

Ключ виконаний у вигляді керованого тиристорного комутатора, що пропускає імпульс струму однієї полярності.

Витки провідників обмотки щільно намотані один до одного і просочені терморезистивним компаундом.

Внутрішній провідник якоря, який з'єднує протилежні кінці ізолюваних провідників обмотки якоря, та напівпровідниковий діод розташовані на осі прискорювача.

При виконанні якоря у вигляді обмотки, яка намотана із ізолюваного провідника, по усьому її перетину протікає один і той же струм, тобто запобігається нерівномірний розподіл струму через скін-ефект, що має місце у суцільному циліндрі якоря.

Обмотка якоря є короткозамкненою, тому що протилежні її кінці з'єднані внутрішнім провідником із полярним елементом, який має односторонню електричну провідність. За рахунок цього в ній протікає струм під дією електрорушійної сили, що наведена першим імпульсом струму статорної обмотки. Це виникає тому, що напрям даної електрорушійної сили співпадає з напрямом провідності полярного елемента. В напрямку провідності електричний опір полярного елемента малий, а в протилежному напрямі - великий.

При зміні полярності індукованого струму в обмотці якоря струм через полярний елемент не протікає, тому що він не співпадає з напрямом його провідності. За рахунок цього виключається поява струму якоря, який співпадає з напрямком струму обмотки статора, а значить виключається поява сили притягнення між обмоткою статора і якоря, що сприяє підвищенню ефективності імпульсного електромеханічного прискорювача.

Конструктивно полярний елемент виконується у вигляді напівпровідникового діода, який забезпечує протікання струму в одному напрямку.

За рахунок того, що внутрішній провідник із діодом закріплені відносно якоря, забезпечується їх висока механічна надійність, а за рахунок їх розташування паралельно на осі прискорювача, де магнітні поля дорівнюють нулю, виключається наведення в них додаткової електрорушійної сили, яка зменшує основну.

Оскільки ключ виконаний у вигляді керованого тиристорного комутатора, тим самим забезпечується тільки один полярний імпульс у обмотці статора, а інші імпульси струму не пропускаються. За рахунок цього зберігається значна енергія в конденсаторній батареї після першого імпульсу струму і також запобігається небажаний нагрів обмотки збудження.

На фіг. 1 зображена конструктивна схема імпульсного електромеханічного прискорювача індукційного типу; напрями струмів у обмотках показані

ні за допомогою кружків (напрямок до нас) та хрестиків (напрямок від нас);

На фіг. 2 - електрична схема імпульсного електромеханічного прискорювача індукційного типу, де показані L_1, R_1 - індуктивність та активний опір статорної обмотки збудження; L_2, R_2 - індуктивність та активний опір обмотки якоря, яка переміщується із швидкістю V вздовж осі z ; $M(z)$ - коефіцієнт взаємної індуктивності між обмоткою збудження та обмоткою якоря; VS - тиристорний комутатор; VD - напівпровідниковий діод; i_1 - струм статорної обмотки збудження; i_2 - струм обмотки якоря; e_2 - електрорушійна сила в обмотці якоря, яка наведена першим імпульсом струму i_1 статорної обмотки; C, U_0 - ємність та початкова напруга зарядженої конденсаторної батареї;

На фіг. 3 - залежність струму обмотки збудження i_1 , струму короткозамкненої обмотки якоря i_2 , електродинамічної сили, яка діє між обмотками f , напруги конденсаторної батареї u_c від часу t при відсутності напівпровідникового діода VD (суцільні лінії) та при його наявності (штрихова горизонтальна лінія) та при наявності тиристорного комутатора VS в колі обмотки збудження; t_1 - момент часу, коли струм в обмотці якоря i_2 та сила f дорівнюють нулю; t_2 - момент часу, коли струм в обмотці збудження дорівнює нулю;

На фіг. 4 - залежність швидкості V та переміщення ΔZ обмотки якоря при відсутності (суцільні лінії) та при наявності (штрихові лінії) напівпровідникового діода у колі обмотки якоря.

Імпульсний електромеханічний прискорювач індукційного типу складається із статорної обмотки збудження 1, яка має циліндричну форму, та циліндричного рухомого якоря 2, який виконаний у вигляді обмотки, намотаної із ізолюваних провідників, що щільно укладені один до одного і просочені терморезистивним компаундом на основі епоксидної смоли.

Обмотка якоря 2 коаксіально розташована всередині обмотки збудження 1 із зсувом у бік прискорення вздовж осі z . Всередині обмотки якоря розміщений допоміжний елемент, який складається із внутрішнього провідника 3, розташованого на осі z прискорювача, та полярного елемента - напівпровідникового діода 4, який має односторонню електричну провідність.

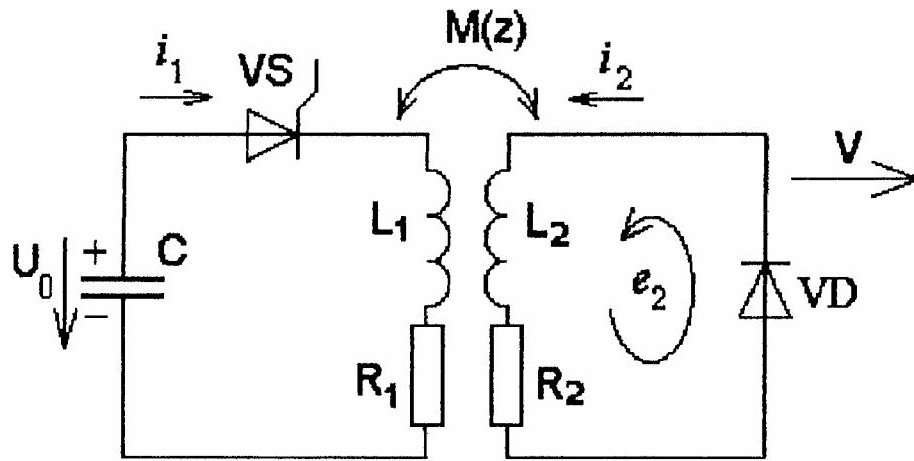
Полярність напівпровідникового діода 4 така, що електрорушійна сила в обмотці якоря e_2 , що наведена першим імпульсом струму i_1 статорної обмотки 1 співпадає з напрямом його провідності.

Внутрішній провідник 3 закріплений відносно якоря і з'єднує протилежні кінці 5 і 6 ізолюваних провідників обмотки якоря. З обмоткою якоря з'єднаний виконавчий елемент 6.

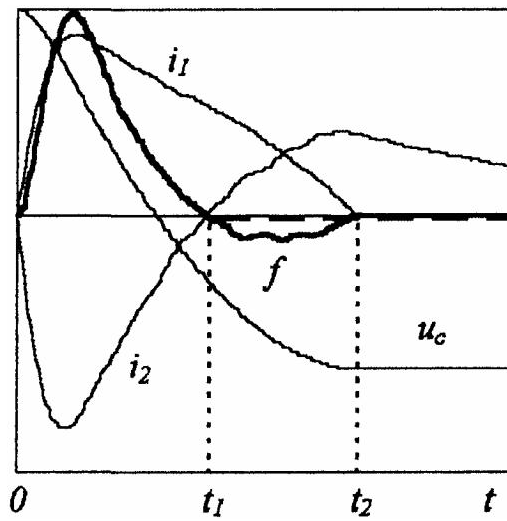
Статорна обмотка збудження 1 з'єднана із масивним упором 7 і підключається за допомогою ключа 8, який виконаний у вигляді керованого тиристорного комутатора VS , який пропускає імпульси струму однієї полярності, до зарядженої конденсаторної батареї 9 із ємністю C . Керований електрод 10 тиристорного комутатора 8 з'єднаний із блоком керування 11.

Імпульсний електромеханічний прискорювач індукційного типу працює таким чином.

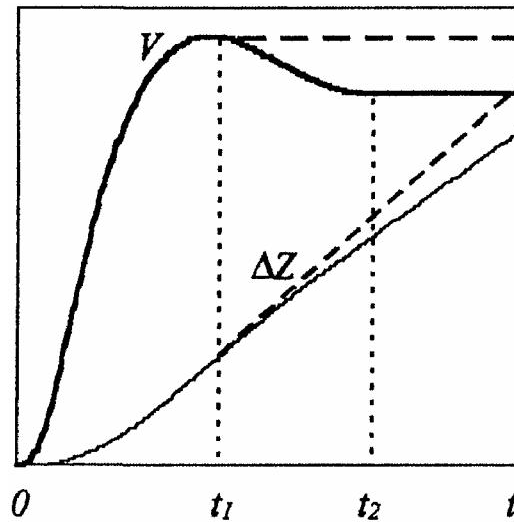
При подачі імпульсу від блока керування 11 на керуючий електрод 10 тиристорного комутатора 8,



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

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
