



УКРАЇНА

(19) UA (11) 25222 (13) U
(51) МПК (2006)
H01H 33/42
H01H 33/28
H01F 7/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИВІД

1

2

(21) u200704437

(22) 20.04.2007

(24) 25.07.2007

(46) 25.07.2007, Бюл. № 11, 2007 р.

(72) Клименко Борис Володимирович, Гречко Олександр Михайлович, Єресько Олександр В'ячеславович

(73) Клименко Борис Володимирович

(57) Електромагнітний привід, який містить магнітну систему, що складається з нерухомої частини магнітопроводу, рухомої частини, двох котушок та одного або більше постійних магнітів, нерухома частина магнітопроводу складається з коаксіально розташованих деталей - циліндричного сердечника з циліндричним отвором і кільцеподібним виступом у середній частині та кільцеподібного корпусу, при цьому площини торців циліндричного сердечника і кільцеподібного корпусу паралельні одна одній і перпендикулярні осі приводу, внутрішній діаметр кільцеподібного корпусу перевищує зовнішній діаметр циліндричного сердечника, деталі нерухомої частини магнітопроводу з'єднані між собою за допомогою немагнітних деталей, які частково заповнюють зазор між кільцеподібним виступом у середній частині циліндричного сердечника і кільцеподібним корпусом, рухома частина

складається із розташованого в отворі сердечника немагнітного штока і двох коаксіальних зі штоком дископодібних якорів, плоскі торці яких закріплені на торцях частини штока, що охоплюється отвором у сердечнику при русі штока, причому осьовий розмір частини штока, що охоплюється отвором у сердечнику при русі штока, перевищує осьовий розмір нерухомої частини магнітопроводу на величину ходу рухомої частини, котушки розташовані між циліндричним сердечником і кільцеподібним корпусом з обох боків кільцеподібного виступу в середній частині циліндричного сердечника, а постійні магніти розташовані поза зайнятою немагнітними деталями частиною зазору між кільцеподібним виступом в середній частині циліндричного сердечника і кільцеподібним корпусом, який **відрізняється** тим, що з обох боків рухомої частини уздовж осі приводу встановлено принаймні по одній пружині, один кінець кожної з яких зв'язаний з упором, а другий зв'язаний з будь-яким з елементів рухомої частини, постійні магніти і кільцеподібний виступ в середній частині циліндричного сердечника мають різні осьові розміри, причому осьовий розмір постійних магнітів менший за осьовий розмір кільцеподібного виступу в середній частині циліндричного сердечника.

Корисна модель належить до електротехніки, а саме до електромагнітних приводів різних пристроїв, і може бути використана в електричних апаратах, зокрема, у вакуумних вимикачах.

Відомий електромагнітний привід з двопозиційним електромагнітом, використовуваний у вакуумних вимикачах високої напруги типу VM1 концерну ABB [1]. Двопозиційний електромагніт має два сталих положення при знеструмлених котушках і складається з нерухомої частини магнітопроводу, рухомої частини, двох котушок і постійних магнітів. Рухома частина магнітопроводу - якір є паралелепіпедом, виготовленим з магнітного матеріалу. Котушки розташовані в просторі паралельно один одному на відстані, яка приблизно дорівнює ширині поперечного перетину якоря, і мають прямокутні

отвори з розмірами, які приблизно дорівнюють ширині та глибині поперечного перетину якоря. Якір знаходиться усередині отвору котушки, причому довжина якоря менше відстані між протилежними перпендикулярними осі якоря поверхнями котушок на величину робочого ходу якоря. Нерухома частина магнітопроводу є пакетом феромагнітних пластин ззовні прямокутної форми, товщина якого приблизно дорівнює глибині поперечного перетину якоря. Пластини мають отвори прямокутної форми і два прямокутні виступи, які направлені усередину отвору і розташовані один навпроти іншого посередині отвору. Виступи мають ширину, яка приблизно дорівнює відстані між ближніми перпендикулярними осі якоря поверхнями котушок. Усередині отвору пакету пластин розта-

UA (11) 25222 (13) U

шовані котушки і якір, який вільно переміщується в отворі котушок. На поверхнях виступів розташовані висококоерцитивні постійні магніти, які мають форму паралелепіпедів, ширина і глибина яких приблизно дорівнюють ширині виступу в отворі нерухомої частини магнітопроводу і товщині паке-ту пластин його нерухомої частини. Товщина магніту вибрана таким чином, що він майже повністю заповнює проміжок між торцем виступу нерухомої частини магнітопроводу та боковою поверхнею якоря. До складу рухомої частини електромагніту входить також немагнітний шток циліндричної форми, який жорстко скріплений з якорем, причому вертикальна вісь якоря (у напрямі його довжини) і вісь штока співпадають. На осі нерухомої частини магнітопроводу, яка співпадає з віссю якоря, розташовано дві втулки, в отворах яких переміщується шток, який передає рух якоря рухомим контактам вакуумних камер вимикача.

Недоліком такої конструкції електромагніту є відносно невелика сила утримання рухомої частини магнітопроводу при знеструмлених котушках, тому що сила утримання у кожному сталому положенні створюється лише в одному зазорі і обмежується величиною магнітної індукції насичення матеріалу магнітопроводу, яка в сучасних магнітом'яких матеріалах складає приблизно 2Тл, а відповідне такій індукції значення сили утримання складає 16кГ/см^2 , що призводить до необхідності збільшення габаритів, маси і вартості приводу в пристроях, які вимагають створення великих зусиль утримання, зокрема, у вакуумних вимикачах.

Найбільш близьким до пропонуваного технічного рішення є використовуваний як привід вакуумного вимикача відомий двопозиційний електромагніт з двома сталими положеннями при знеструмлених котушках, такий, що містить магнітну систему, яка складається з нерухомої частини магнітопроводу, рухомої частини, двох котушок та одного або більше постійних магнітів [2]. Нерухома частина магнітопроводу складається з коаксіально розташованих деталей - циліндричного сердечника з циліндричним отвором і кільцеподібним виступом у середній частині і кільцеподібного корпусу. Площини торців сердечника і корпусу паралельні одна одній і перпендикулярні осі приводу. Внутрішній діаметр кільцеподібного корпусу перевищує зовнішній діаметр кільцеподібного виступу в середній частині сердечника, а деталі нерухомої частини сполучені між собою за допомогою немагнітних деталей, які частково заповнюють зазор між кільцеподібним виступом сердечника і корпусом. Котушки розташовані між сердечником і корпусом з обох боків кільцеподібного виступу у середній частині сердечника. Постійні магніти розташовані поза зайнятою немагнітними деталями частини зазору між кільцеподібним виступом у середній частині сердечника і корпусом. Рухома частина складається з немагнітного штока, а також двох коаксіальних зі штоком дископодібних якорів. Осьовий розмір частини штока, яка охоплюється отвором у сердечнику при русі штока, перевищує осьовий розмір нерухомої частини магнітопроводу на величину ходу рухомої частини. Плоскі торці дископодібних якорів закріплені на торцях частини

штока, яка охоплюється отвором у сердечнику при русі штока. Спрацьовування двопозиційного електромагніту, тобто перехід його рухомої частини з одного сталого положення в інше, призводить до зміни комутаційного стану об'єкту, наприклад, вакуумного вимикача.

Недоліком відомої конструкції є велике споживання енергії від джерела живлення під час переходу рухомої частини електромагніту з одного сталого положення в інше, а також його відносна низька швидкодія, оскільки для переміщення рухомої частини потрібна велика магніторушійна сила (МРС) котушки, а швидкість наростання МРС обмежується її значною індуктивністю.

В основі корисної моделі поставлена задача удосконалення електромагнітного приводу, в якій за рахунок введення нових конструктивних елементів і встановлення інших зв'язків між деталями, забезпечується підвищення швидкодії електромагнітного приводу, а також зменшення споживання енергії від зовнішнього джерела живлення під час переходу рухомої частини з одного сталого положення в інше.

Рішення поставленої задачі досягається тим, що в електромагнітному приводі, який містить магнітну систему, що складається з нерухомої частини магнітопроводу, рухомої частини, двох котушок та одного або більше постійних магнітів, нерухома частина магнітопроводу складається з коаксіально розташованих деталей - циліндричного сердечника з циліндричним отвором і кільцеподібним виступом у середній частині та кільцеподібного корпусу, при цьому площини торців циліндричного сердечника і кільцеподібного корпусу паралельні одна одній і перпендикулярні осі приводу, внутрішній діаметр кільцеподібного корпусу перевищує зовнішній діаметр кільцеподібного виступу у середній частині циліндричного сердечника, деталі нерухомої частини магнітопроводу з'єднані між собою за допомогою немагнітних деталей, які частково заповнюють зазор між кільцеподібним виступом у середній частині циліндричного сердечника і кільцеподібним корпусом, рухома частина складається із розташованого в отворі сердечника немагнітного штока і двох коаксіальних зі штоком дископодібних якорів, плоскі торці яких закріплені на торцях частини штока, що охоплюється отвором у сердечнику при русі штока, причому осьовий розмір частини штока, що охоплюється отвором в сердечнику при русі штока, перевищує осьовий розмір нерухомої частини магнітопроводу на величину ходу рухомої частини, котушки розташовані між циліндричним сердечником і кільцеподібним корпусом з обох боків кільцеподібного виступу в середній частині циліндричного сердечника, а постійні магніти розташовані поза зайнятою немагнітними деталями частиною зазору між кільцеподібним виступом в середній частині циліндричного сердечника і кільцеподібним корпусом, згідно корисної моделі, з обох боків рухомої частини уздовж осі приводу встановлено, принаймні, по одній пружині, один кінець кожної з яких зв'язаний з упором, а другий зв'язаний з будь-яким з елементів рухомої частини, постійні магніти і кільцеподібний виступ в середній частині циліндричного сер-

дечника мають різні осьові розміри, причому осьовий розмір постійних магнітів менше осьового розміру кільцеподібного виступу в середній частині циліндричного сердечника.

В результаті використання корисної моделі, що заявляється, забезпечується отримання технічного результату, який полягає у підвищенні швидкодії електромагнітного приводу, а також у зменшенні споживання енергії від зовнішнього джерела живлення під час переходу рухомої частини з одного сталого положення в інше.

Заявлені відмітні ознаки пристрою, що заявляється, дозволяють зменшити споживання енергії від зовнішнього джерела живлення, оскільки під час переходу рухомої частини з одного сталого положення в інше вивільнюється енергія, що накопичена в одній з пружин, яка потім перетворюється в потенційну енергію іншої пружини, а зовнішнє джерело живлення необхідне лише для покриття втрат енергії на подолання сил тертя, Джоулевих втрат, а також для забезпечення запасу енергії у разі, коли енергія однієї з пружин, що вивільнюється, менше накопичуваної потенційної енергії іншої пружини. Особливість конструкції електромагнітного приводу, при якій осьовий розмір постійних магнітів менше осьового розміру кільцеподібного виступу в середній частині циліндричного сердечника, забезпечує витіснення магнітного потоку в зазор поза постійним магнітом між кільцеподібним виступом в середній частині сердечника і кільцеподібним корпусом при зміні напрямку струму у котушці, унаслідок чого не треба перемагнічувати постійні магніти при відключенні приводу, що приводить до зменшення проміжку часу між моментом початку проходження струму через котушки і моментом початку руху рухомої частини, а значить, до підвищення швидкодії приводу. В цілому, відмітні ознаки пристрою, що заявляється, є істотними і необхідними для досягнення нового технічного результату.

По наявним у заявника відомостям, сукупність істотних ознак, що характеризують суть корисної моделі, яка заявляється, не відома з рівня техніки, що дозволяє зробити висновок про її відповідність критерію "новизна". Пристрій, що заявляється, може бути неодноразово відтворений і використаний в електротехнічній промисловості з отриманням очікуваного технічного результату, що дозволяє зробити висновок про відповідність корисної моделі критерію "промислово придатність". Таким чином, електромагнітний привід, що заявляється, є технічним рішенням, яке відповідає всім умовам патентоспроможності корисної моделі.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де схематично зображена профільна проекція (осьовий перетин) запропонованого електромагнітного приводу.

На представленому кресленні запропонованого електромагнітного приводу позначено: 1 - нижній упор, 2 - нижня пружина, 3 - нижній дископодібний якір; 4 - нижня котушка, 5 - немагнітна деталь; 6 - постійний магніт, 7 - кільцеподібний корпус, 8 - кільцеподібний виступ у середній частині циліндричного сердечника, 9 - верхня котушка, 10 - верхній плоский торець кільцеподібного корпусу, 11 -

циліндричний отвір у циліндричному сердечнику, 12 - плоский торець верхнього дископодібного якоря, 13 - немагнітний шток, 14 - верхній дископодібний якір, 15 - верхня пружина, 16 - верхній упор, 17 - частини штока, які не охоплюються циліндричним отвором в циліндричному сердечнику при русі штока, 18 - верхній торець частини штока, яка охоплюється циліндричним отвором у циліндричному сердечнику при русі штока, 19 - верхній плоский торець циліндричного сердечника, 20 - величина ходу рухомої частини, 21 - частина штока, яка охоплюється циліндричним отвором у циліндричному сердечнику при русі штока, 22 - циліндричний сердечник, 23 - нижній плоский торець кільцеподібного корпусу, 24 - вісь приводу, 25 - нижній плоский торець циліндричного сердечника, 26 - нижній торець частини штока, яка охоплюється циліндричним отвором в циліндричному сердечнику при русі штока, 27 - плоский торець нижнього дископодібного якоря.

Електромагнітний привід містить магнітну систему, що складається з нерухомої частини магнітопроводу, рухомої частини, двох котушок 4 і 9, а також постійного магніту 6 (постійних магнітів може бути декілька). Нерухома частина магнітопроводу містить кільцеподібний корпус 7 і циліндричний сердечник 22 з циліндричним отвором 11 і кільцеподібним виступом 8 у середній частині циліндричного сердечника. Кільцеподібний корпус 7 і циліндричний сердечник 22 є коаксіальними із загальною віссю, яка є також віссю приводу 24. Сердечник 22 і корпус 7 з'єднані між собою за допомогою немагнітної деталі 5 (немагнітних деталей може бути декілька). Немагнітні деталі 5 частково заповнюють зазор між кільцеподібним корпусом 7 та кільцеподібним виступом 8 у середній частині циліндричного сердечника 22. Верхній 19 та нижній 25 плоскі торці кільцеподібного сердечника, а також верхній 10 та нижній 23 плоскі торці корпусу є паралельними один одному і перпендикулярними осі 24 приводу. Внутрішній діаметр кільцеподібного корпусу 7 перевищує зовнішній діаметр кільцеподібного виступу 8 у середній частині циліндричного сердечника 22. Рухома частина складається з немагнітного штока 13, розташованого в циліндричному отворі 11 циліндричного сердечника 22, і двох коаксіальних зі штоком дископодібних якорів: нижнього 3 і верхнього 14, плоскі торці 12 і 27 яких закріплені відповідно на торцях 18 і 26 частини 21 штока, охоплюваної отвором 11 в сердечнику 22 при русі штока 13. При цьому, осьовий розмір частини 21 штока перевищує осьовий розмір нерухомої частини магнітопроводу на величину ходу 20 рухомої частини - наприклад, відстані між плоским торцем 12 верхнього дископодібного якоря 14 і верхнім плоским торцем 10 кільцеподібного корпусу 7. Котушки 4 і 9 розташовані між циліндричним сердечником 22 і кільцеподібним корпусом 7 з обох боків кільцеподібного виступу 8 у середній частині сердечника 22. Постійні магніти 6 розташовані поза зайнятою немагнітними деталями 5 частиною зазору між кільцеподібним виступом 8 в середній частині сердечника 22 і кільцеподібним корпусом 7. З обох боків рухомої частини уздовж осі 24 приводу,

встановлені, принаймні, по одній пружині: нижній 2 і верхній 15, один кінець кожної з яких зв'язаний з відповідним упором: нижня пружина 2 - з нижнім упором 1, а верхня пружина 15 - з верхнім упором 16, а другий кінець зв'язаний з будь-яким із елементів рухомої частини, наприклад, з одним з дископодібних якорів: нижнім 3 або верхнім 14, або з частинами 17 штока, які не охоплюються отвором 11 у сердечнику 22 при русі штока 13. Осьовий розмір постійних магнітів 6 менше осьового розміру кільцеподібного виступу 8 у середній частині циліндричного сердечника 22, розміри яких визначаються шляхом розрахунків.

Запропонований електромагнітний привід на прикладі його використання у вакуумному вимикачі працює таким чином.

У конструкції вакуумного вимикача є ряд елементів, що створюють протидію руху рухомих частин приводу. Серед цих елементів знаходяться і пружини (контактні та інші), які ми розглядатимемо як частину електромагнітного приводу, що представлена нижньою пружиною 2. Ця пружина з одного боку зв'язана з нижнім упором 1, а з іншого боку - зв'язана з будь-яким з елементів рухомої частини, наприклад, з частинами 17 штока, які не охоплюються коаксіальним циліндричним отвором 11 у циліндричному сердечнику 22 при русі штока 13.

У відключеному положенні приводу (вакуумний вимикач також знаходиться у положенні «відключено») нижня 4 та верхня 9 котушки знеструмлені, нижня пружина 2 знаходиться у відпущеному стані, а верхня пружина 15-у стисненому стані. Постійні магніти 6, що намагнічені у радіальному напрямі, створюють поляризуючі магнітні потоки, один з яких проходить через нижній плоский торець 25 сердечника 22, нижній якір 3 та нижній плоский торець 23 корпусу 7, а інший - через верхній плоский торець 19 сердечника 22, верхній якір 14 і верхній плоский торець 10 корпусу 7. Значення поляризуючого магнітного потоку, що проходить через нижній якір 3, набагато перевищує значення поляризуючого магнітного потоку, що проходить через верхній якір 14. Тому електромагнітна сила, що притягує якір 3 до сердечника 22 і корпусу 7 з боку нижніх плоских торців 25 і 23 відповідно сердечника 22 і корпусу 7, набагато перевищує силу, що притягує верхній якір 14 до сердечника 22 і корпусу 7 з боку верхніх плоских торців 19 і 10 відповідно сердечника 22 і корпусу 7. Таким чином, нижній якір 3 надійно утримується на нижніх торцях 25 і 23 відповідно сердечника 22 і корпусу 7 і, впливаючи на немагнітний шток 13 через торець 26 його частини 21, яка охоплюється отвором 11 у сердечнику 22, утримує в стисненому положенні верхню пружину 15, яка з одного боку зв'язана з верхнім упором 16, а з іншого боку зв'язана з однією з деталей рухомої частини, наприклад, з частиною 17 штока, яка не охоплюється отвором 11 у сердечнику 22 при русі штока 13.

Для переведення електромагнітного приводу (і вакуумного вимикача) у положення «включено», система управління приводом (на кресленні не показана) повинна забезпечити підключення його котушок 4 і 9 до зовнішнього джерела живлення

(на кресленні не показаний) таким чином, щоб через нижню котушку 4 протікав відносно невеликий струм, а через верхню котушку 9 значно більший струм з таким напрямом (обидва струми повинні мати однаковий напрям), щоб магнітний потік, який створюється нижньою котушкою 4, був направлений проти поляризуючого магнітного потоку в нижньому якорі 3, витісняючи магнітний потік з нижнього якоря 3 у зазор між кільцеподібним виступом 8 сердечника 22 і корпусом 7 за межами постійного магніту 6. Магнітний потік, що створюється верхньою котушкою 9, повинен мати той самий напрям, що й поляризуючий магнітний потік у верхньому якорі 14. При вказаному співвідношенні напрямів поляризуючих магнітних потоків і магнітних потоків, що створюються котушками 4 і 9, сила тяжіння якоря 3 до нижніх торців 25 і 23 відповідно сердечника 22 та корпусу 7 слабшає, і у той момент, коли вказана сила стає меншою від сили стиснення верхньої пружини 15, починається рух рухомої частини - зменшується зазор між плоским торцем 12 верхнього якоря 14 і плоскими верхніми торцями 19 і 10 відповідно сердечника 22 і корпусу 7. При цьому, збільшується зазор між плоским торцем 27 нижнього якоря 3 і плоскими нижніми торцями 25 і 23 відповідно сердечника 22 і корпусу 7. Прискоренню руху рухомої частини сприяє електромагнітна сила, що виникає в результаті намагнічування верхнього якоря 14 поляризуючим магнітним потоком і магнітним потоком, що створюється верхньою котушкою 9. Вказана сила збільшується при зменшенні зазору між плоским верхнім торцем 12 якоря 14 і плоскими верхніми торцями 19 і 10 відповідно сердечника 22 і корпусу 7. При переміщенні рухомої частини, сила стиснення верхньої пружини 15 слабшає, внаслідок чого потенційна енергія, що накопичена у ній, зменшується, а стиснення нижньої пружини 2 навпаки посилюється, внаслідок чого потенційна енергія, що накопичена у ній, зростає. Після завершення руху рухомої частини, коли плоский торець 12 верхнього якоря 14 стикається з торцями 19 і 10 відповідно сердечника 22 і корпусу 7, котушки 4 і 9 відключаються системою управління приводом. При цьому, верхній якір 14 буде надійно утримуватися на торцях 19 і 10 відповідно сердечника 22 та корпусу 7 і, впливаючи на немагнітний шток 13 через плоский торець 18 його частини 21, яка охоплюється отвором 11 у сердечнику 22, буде утримувати в стисненому стані нижню пружину 2, а електромагнітний привід (і вакуумний вимикач) буде залишатися у положенні «включено».

Завдяки тому, що переміщення рухомої частини електромагнітного приводу при включенні вакуумного вимикача забезпечується не тільки за рахунок електромагнітної сили, що виникає в результаті намагнічування верхнього якоря 14 поляризуючим магнітним потоком і магнітним потоком, що створюється верхньою котушкою 9, а також за рахунок сил, що виникають в результаті вивільнення потенційної енергії, накопиченої у верхній пружині 15, істотно підвищується швидкість приводу і зменшується споживання приводом енергії від зовнішнього джерела живлення, яка необхідна лише для покриття втрат енергії на по-

долання сил тертя, джоулевих втрат в обмотках котушок, а також для забезпечення запасу енергії у разі, коли енергія верхньої пружини, що вивільняється, 15 менше накопичуваної потенційної енергії нижньої пружини 2.

Витіснення поляризуючого магнітного потоку з нижнього якоря 3 у зазор між кільцеподібним виступом 8 у середній частині сердечника 22 і корпусом 7 в частині, не зайнятій постійними магнітами 6, при переведенні електромагнітного приводу (і вакуумного вимикача) з положення «відключено» у положення «включено», завдяки особливості конструкції пропонуваного приводу, при якій осьовий розмір постійних магнітів 6 менше осьового розміру кільцеподібного виступу 8 в середній частині сердечника 22, не треба перемагнічувати постійні магніти, призводить до зменшення проміжку часу між моментом початку пропускання струму через котушки 4, 9 і моментом початку переміщення рухомої частини, а значить, до підвищення швидкодії приводу.

Для переведення електромагнітного приводу (і вакуумного вимикача) з положення «включено» у положення «відключено» через котушки 4 і 9 магнітної системи необхідно короткочасно пропустити струм протилежного напрямку, унаслідок чого ру-

хома частина переміщується у початкове положення, чому сприяє накопичена в нижній пружині 2 потенційна енергія і завдяки чому підвищується швидкодія приводу також і при відключенні.

Таким чином, заявлений електромагнітний привід при його використанні дозволяє забезпечити підвищення швидкодії і зменшення споживання енергії від зовнішнього джерела живлення, як при його включенні, так і при відключенні.

По даній корисній моделі виготовлений дослідний зразок, який пройшов випробування, що підтвердили його працездатність і отримання очікуваного технічного результату і позитивного ефекту, - підвищення швидкодії і зменшення споживання енергії від зовнішнього джерела живлення.

Запропонований електромагнітний привід може знайти застосування у вакуумних вимикачах і інших електричних апаратах.

Джерела інформації.

1.VM1. Vakuüm-Leistungsschalter mit Magnetantrieb /Каталог ABB Calor Emag Mittelspannung GMBH - ABB Sace T.M.S. S.p.A.

2. Патент UA №70574A, МПК H01F7/08, H01F7/16, заявл. 09.12.2003, опубл. 15.10.2004, Бюл.№10 (прототип).

