



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **88353** (13) **U**  
(51) МПК

*F16F 9/50* (2006.01)

*H02K 7/18* (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

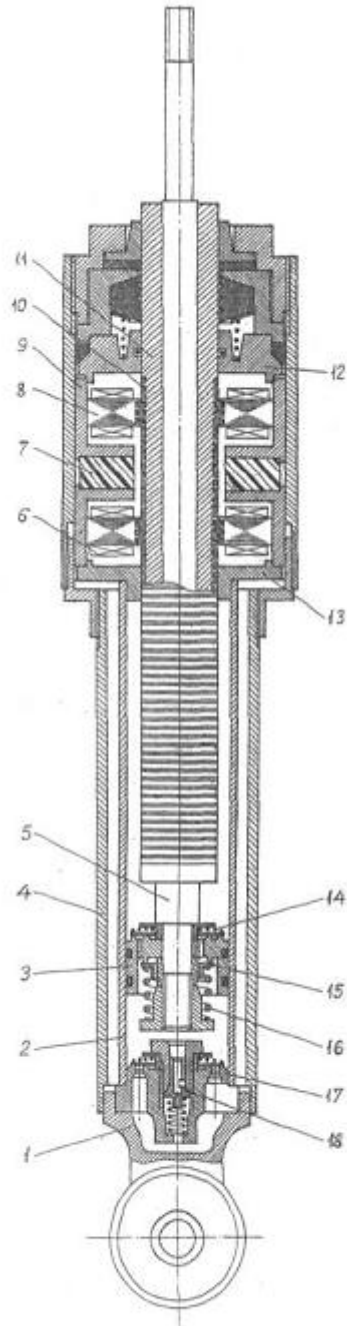
(21) Номер заявки: <b>u 2013 12268</b>	(72) Винахідник(и): <b>Грищенко Володимир Миколайович (UA), Ломов Сергій Георгійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>21.10.2013</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.03.2014</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.03.2014, Бюл.№ 5</b>	

## (54) ЕНЕРГОАКТИВНИЙ АВТОМОБІЛЬНИЙ АМОРТИЗАТОР

### (57) Реферат:

Енергоактивний автомобільний амортизатор містить нерухомий зовнішній корпус з днищем і співвісно розташований в ньому нерухомий циліндровий резервуар, заповнений амортизаційною рідиною, усередині якого співвісно розташований рухливий шток, сполучений з поршнем, що розділяє об'єм амортизаційної рідини у внутрішньому циліндровому резервуарі на дві порожнини, перепускні клапани в поршні для перекачування амортизаційної рідини з однієї порожнини в іншу при двосторонньому русі штока. У внутрішньому циліндровому резервуарі розташований електричний генератор зворотно-поступального руху, в якого зубчаста рухлива циліндрова частина магнітопроводу жорстко сполучена з рухливим штоком амортизатора. З нерухомим зовнішнім корпусом амортизатора жорстко сполучена нерухома частина електричного генератора, що складається з постійного магніту кільцевої форми з осьовим напрямом намагніченості, двох частин нерухомого магнітопроводу, прикріплених з двох бічних сторін до постійного магніту, створюючих в протилежних торцевих частинах нерухомого магнітопроводу зубчасту циліндрову поверхню, усередині якої має можливість переміщення зубчаста циліндрова частина рухливого магнітопроводу, і електричних котушок, що охоплюють нерухомі частини магнітопроводу в торцевих частинах електричного генератора. Зубці в рухливій і нерухомій частинах магнітопроводу мають однакові розміри по ширині і відстані один від одного.

UA 88353 U



Фиг. 1

Корисна модель належить до технічних засобів отримання електричної енергії від коливань транспортних засобів і може бути використана як автомобільні амортизатори, які виготовляються на базі серійних гідравлічних автомобільних амортизаторів і можуть виробляти електричну енергію при русі автомобіля по будь-якій дорозі.

5 Амортизатори призначені для гасіння коливань підвіски при русі автомобіля по нерівному дорожньому покриттю. В даний час на автомобілях встановлюються в основному гідравлічні телескопічні амортизатори двосторонньої дії, в яких гасіння коливань відбувається як при підйомі, так і при опусканні колеса за рахунок перетікання амортизаційної рідини в амортизаторі з однієї порожнини в іншу. Рідина перетікає з порожнини в порожнину через калібровані прохідні 10 канали, які використовуються як дросельні клапани і підпружинені клапани. Для перетікання рідини через прохідні канали з однієї порожнини амортизатора в іншу потрібно прикласти певну силу стискування амортизатора. Залежність цієї сили стискування від напряму і швидкості руху поршня є найважливішою характеристикою гідравлічного амортизатора, і кожен такий амортизатор налаштовується на певну залежність сили стискування (або, як її часто називають, 15 сили опору) амортизатора від швидкості руху поршня. В результаті за рахунок опору рідини при перетіканні і, як результат, її нагріву відбувається поглинання енергії (демпфування), накопиченої при стискуванні пружини підвіски автомобіля.

Основним принциповим недоліком всіх гідравлічних амортизаторів є те, що основна характеристика, тобто залежність сили опору від швидкості руху поршня не може бути змінена в 20 процесі руху автомобіля, і це може негативно позначитися на роботі підвіски автомобіля.

В даний час цей недолік усувається в гідравлічних амортизаторах, конструкція яких доповнена електрокерованим механічним пристроєм, що змінює прохідний перетин клапанів. Як результат, залежність сили опору амортизатора від швидкості руху поршня може регулюватися автоматично під час руху автомобіля.

25 Прикладами такого удосконалення гідравлічного амортизатора є [1, 2]. У гідравлічному амортизаторі за допомогою електричного крокового двигуна регулюється пропускна спроможність клапанів при перекачуванні рідини між двома порожнинами гідроциліндра і тим самим регулюється сила опору амортизатора залежно від швидкості руху поршня. Недоліком такої конструкції є велика постійна часу зміни пропускної спроможності клапанів, характерна 30 для електромеханічних систем (кроковий електричний двигун).

Цей недолік усувається в гідравлічних амортизаторах з магнітореологічною рідиною. Прикладом такого конструктивного рішення може бути [3]. Амортизатор містить гідравлічну порожнину, заповнену магнітореологічною рідиною, і розділену поршнем на дві частини. Обидві 35 ці порожнини сполучає канал, розташований усередині осердя електромагніту. Електромагніт складається з осердя з каналом для перетікання рідини і електричної котушки на осерді. При протіканні струму по електричній котушці в каналі створюється магнітне поле, направлене по осі каналу. При зміні напруженості магнітного поля магнітореологічна рідина, що протікає через канал, змінює свою в'язкість, і тим самим регулюється сила опору амортизатора. Швидкодія такої конструкції амортизатора настільки велика, що за допомогою давача швидкості штока 40 поршня такий амортизатор може реагувати і підстроювати свою характеристику сили опору під окремі нерівності на дорожньому покритті.

Загальним недоліком розглянутих вище конструкцій гідравлічних амортизаторів залишається поглинання енергії коливання за рахунок нагріву амортизаційної або магнітореологічної рідин, оскільки ця енергія нагріву розсіюється марно.

45 Для усунення останнього недоліку в даний час розробляються конструкції енергоактивних автомобільних амортизаторів, тобто амортизаторів, в яких при русі автомобіля, окрім здатності поглинати енергію коливання підвіски, з'являється здатність за рахунок руху штока виробляти електричну енергію.

Прикладом такої конструкції може бути [4]. На рухливому штоку амортизатора закріплені 50 постійні магніти, а на нерухомому корпусі амортизатора розташовано декілька електричних котушок. Ці котушки розташовані таким чином, що при русі штока амортизатора створюється замкнутий магнітний потік  $\Phi$ , що перетинає витки електричних котушок. Відповідно до закону електромагнітної індукції в кожному витку в кожній із електричних котушок наводиться електрорушійна сила  $E$

$$55 \quad E = -d\Phi/dt. \quad (1)$$

При замиканні цих електричних котушок на навантаження під дією електрорушійної сили по ланцюгу навантаження протікає електричний струм, який може бути використаний для власних потреб електроустаткування автомобіля і для заряджання акумулятора. Таким чином відбувається використання (рекуперація) частини енергії силової установки автомобіля, що 60 витрачається на демпфування коливань підвіски і раніше була марно розсіюваною. Недоліком

такого конструктивного рішення є великий опір магнітному потоку при проходженні ним немагнітного об'єму електричної котушки.

Цей недолік частково усунений в конструктивному вирішенні амортизатора [5]. Простір між провідниками електричних котушок заповнений магнітопровідним компаундом, що значно зменшує магнітний опір. Недоліком такого конструктивного рішення є те, що магнітопровідний компаунд робить швидкість зміни магнітного поля менше за рахунок здобуття більш рівномірного магнітного поля в області електричних котушок при русі постійних магнітів. Таким чином, ми маємо з одного боку збільшення магнітного потоку  $\Phi$ , а з іншого боку зменшення швидкості його зміни. І, хоча перший чинник превалює над другим, в цілому відповідно до (1) ефективність вироблення електричної енергії залишається недостатньо високою.

Більш ефективна конструкція енергоактивного автомобільного амортизатора представлена в [6]. На рухливому штоку амортизатора закріплені постійні магніти кільцевої форми з радіальним напрямом намагніченості. При збірці чергується полярність постійних магнітів. Магнітопровід такого електричного генератора є замкнутою циліндровою магнітною системою, яка в торцевих частинах є циліндровою поверхнею, усередині якої рухається шток амортизатора з кільцевими постійними магнітами. Електричні котушки охоплюють магнітопровід в технологічно зручному місці. Така конструкція електричного генератора дозволяє забезпечити мінімальну довжину повітряного зазору в магнітному ланцюзі, і тим самим отримати більшу величину магнітного потоку при тому ж об'ємі постійного магніту порівняно з наведеними вище конструкціями електричних генераторів. Чергування при збірці полюсів постійних магнітів дозволяє отримати знакозмінний магнітний потік в генераторі, і тим самим отримати більшу величину електрорушійної сили в порівнянні з уніполярним пульсуючим магнітним потоком. Дана конструкція електричного генератора має приблизно однакові величини площі полюса постійного магніту і площі циліндрової поверхні магнітопроводу над поверхнею полюса постійного магніту. Конструкція енергоактивного автомобільного амортизатора з електричним генератором, що описаний в [6], є найбільш близьким технічним рішенням. Дана конструкція і її принцип дії прийняті за прототип.

Недоліком прототипу є наступне. Для забезпечення необхідної величини магнітного потоку  $\Phi$  необхідно мати певну площу полюса кільцевого постійного магніту, закріпленого на штоку амортизатора. Оскільки зовнішній діаметр рухливого штока амортизатора має конструктивні обмеження, то необхідний об'єм кільцевого постійного магніту може бути забезпечений лише за рахунок ширини кільця. Дана умова, у свою чергу, приводить до того, що високу швидкість зміни магнітного потоку  $\Phi$  можна отримати або за рахунок збільшення довжини ходу амортизатора або за рахунок збільшення швидкості переміщення штока. Обидва ці чинники лімітуються реальними умовами роботи автомобільних амортизаторів. У реальній конструкції енергоактивного автомобільного амортизатора з даним типом електричного генератора можливе здобуття частоти зміни магнітного потоку, що не перевищує 10-15 Гц, і, відповідно, здобуття відносно невисокої питомої потужності електричної енергії, що виробляється генератором. Також недоліком є те, що ефективна робота електричного генератора такої конструкції починається при переміщенні штока амортизатора на величину не менше 10-15 мм. При русі автомобіля по відносно рівному дорожньому покриттю (наприклад, по бруцатці) енергоактивні амортизатори такої конструкції з точки зору вироблення електричної енергії практично не діють.

Задачею корисної моделі є підвищення питомої потужності електричної енергії, що виробляється амортизатором, а також зниження довжини мінімального ходу штока амортизатора, при якому електричний генератор ефективно працює.

Поставлена задача вирішується тим, що енергоактивний автомобільний амортизатор містить нерухомий зовнішній корпус з днищем і співісно розташований в ньому нерухомий циліндровий резервуар, заповнений амортизаційною рідиною, усередині якого співісно розташований рухливий шток, сполучений з поршнем, що розділяє об'єм амортизаційної рідини у внутрішньому циліндровому резервуарі на дві порожнини, перепускних клапанів в поршні для перекачування амортизаційної рідини з однієї порожнини в іншу при двосторонньому русі штока, а у внутрішньому циліндровому резервуарі розташований електричний генератор зворотно-поступального руху, в якого зубчаста рухлива циліндрова частина магнітопроводу жорстко сполучена з рухливим штоком амортизатора, а з нерухомим зовнішнім корпусом амортизатора жорстко сполучена нерухома частина електричного генератора, що складається з постійного магніту кільцевої форми з осьовим напрямом намагніченості, двох частин нерухомого магнітопроводу, прикріплених з двох бічних сторін до постійного магніту, створюючих в протилежних торцевих частинах нерухомого магнітопроводу зубчасту циліндрову поверхню, усередині якої має можливість переміщатися зубчаста циліндрова частина рухливого

магнітопроводу, і декілька електричних котушок, що охоплюють нерухомі частини магнітопроводу в торцевих частинах електричного генератора. Зубці в рухливій і нерухомій частині магнітопроводу мають однакові розміри по ширині і відстані один від одного. Зубці в рухливій і обох частинах нерухомого магнітопроводу при русі штока амортизатора одночасно займають положення один проти одного.

Суть корисної моделі пояснюється наступними кресленнями: на фіг. 1 показана конструкція енергоактивного автомобільного амортизатора, на фіг. 2 показана конструкція електричного генератора зворотного-поступального руху, на фіг. 3 показано взаємне розташування зубців в рухливій і нерухомій частині електричного генератора для випадків максимальної і мінімальної величин магнітного потоку  $\Phi$ .

На фіг. 1 представлена конструкція енергоактивного автомобільного амортизатора. Амортизатор такої конструкції може працювати лише при вертикальній установці з невеликим відхиленням від вертикальності своєї осі. Амортизатор складається із днища 1, в якому встановлений циліндровий резервуар 2, поршня 3, в якому виконані різні калібровані отвори, зовнішнього корпусу 4, штока 5, електричних котушок 6, постійного магніту 7 кільцевої форми з осьовим напрямом намагніченості. Магнітопроводи 8, однакової циліндрово-стрижнєвої форми, сполучені із внутрішніми циліндровими поверхнями нижньої і верхньої частин нерухомого магнітопроводу 9 (див. фіг. 2). Термореактивний діелектричний компаунд 10 заповнює простір між зубцями магнітопроводів 8. Магнітопровід 11, розміри зубцевої зони рухливої частини якого дорівнюють відповідним розмірам зубців і відстані між ними що виконані у магнітопроводах 8 на циліндрових поверхнях, протилежних до поверхонь, що контактують із частинами нерухомого магнітопроводу 9. Зовнішні поверхні компаунда і зубців рухливої частини магнітопроводу 11 утворюють спільно оброблену циліндрову поверхню, яка переміщується строго в осьовому напрямі за допомогою напрямних 12 і 13. Напрямна 12 співвісно сполучена з торцем верхньої частини нерухомого магнітопроводу. Напрямна 13 співвісно сполучена з циліндровим резервуаром і одночасно сполучена з торцем нижньої частини нерухомого магнітопроводу електричного генератора. Перепускний клапан 14 зверху закриває калібровані отвори, виконані у поршні, знизу ці отвори закриті клапаном 15 віддачі з пружиною 16. У нижній частині циліндрового резервуару встановлені впускний клапан 17, клапан стискування 18. Внутрішня порожнина циліндрового резервуара заповнена амортизаційною рідиною, наприклад рідиною АЖ-12Т з присадками, що забезпечують меншу в'язкість при низьких температурах і підвищення змащувальних і антиокислювальних властивостей.

Енергоактивний автомобільний амортизатор працює наступним чином.

При наїзді колеса на нерівність дорожнього покриття і стискуванні пружини або ресори підвіски поршень 3 разом з штоком 5 рухається вниз і амортизаційна рідина з нижньої порожнини циліндрового резервуара 2 перетікає через калібровані отвори і перепускний клапан 14 в надпоршневу порожнину. Оскільки в цій порожнині розміщені шток 5 і рухлива частина магнітопроводу 11, що займають певний об'єм, то вся рідина з нижньої порожнини циліндрового резервуара 2 не може уміститися у верхній порожнині. Тому частина рідини перетікає через калібровані отвори і клапан стискування 18 в порожнину між зовнішньою поверхнею резервуара 2 і внутрішньою поверхнею зовнішнього корпусу 4. Якщо наїзд колеса відбувається плавно, то клапан стискування 18 залишається закритим і рідина перетікає лише через постійно відкриті калібровані отвори клапана 18. При цьому тиск під поршнем 3 до великих значень не наростає. При швидкому наїзді тиск під поршнем різко збільшується, що є недопустимим, оскільки амортизатор стає дуже жорстким. При швидкому наїзді за рахунок різкого збільшення тиску під поршнем 3 відкривається клапан 18 і він додатково перепускає рідину в порожнину між стінками резервуара 2 і зовнішнього корпусу 4, обмежуючи тим самим жорсткість амортизатора. При плавному з'їзді колеса з нерівності дорожнього покриття поршень 3 рухається вгору. Тиск рідини над поршнем підвищується, перепускний клапан 14 закривається, а рідина перетікає через отвори в поршні 3 і через кільцевий зазор між закритим клапаном 15 віддачі і його направляючою втулкою в підпоршневу порожнину. Одночасно відкривається впускний клапан 17 і рідина перетікає в резервуар 2 з порожнини між цим резервуаром і зовнішнім корпусом 4. При різкому з'їзді колеса з нерівності швидкість руху поршня зростає, що створює значний тиск рідини над поршнем. Під цим тиском клапан 15 віддачі відкривається і рідина з меншим опором перетікає в підпоршневу порожнину. При цьому перетікання рідини через впускний клапан 17 продовжується. Необхідна характеристика амортизатора, тобто залежність сили опору амортизатора від швидкості руху поршня досягається підбором перетинів отворів клапанів 14, 15, 17, 18, а також жорсткості і сили попереднього стискування їх пружин.

Електрична енергія виробляється в амортизаторі таким чином. Рухлива частина магнітопроводу 11, два магнітопроводи 8, дві нерухомі частини магнітопроводу 9 і постійний

магніт 7 утворюють замкнутий магнітний ланцюг, по якому проходить магнітний потік  $\Phi$  електричного генератора. При наїзді і з'їзді колеса автомобіля на нерівність дорожнього покриття шток 5 спільно з рухливою частиною магнітопроводу 11 здійснює зворотно-поступальні рухи. При розташуванні зубців в рухливій 11 і нерухомих частинах магнітопроводу 9 один проти одного величина магнітного потоку  $\Phi$  матиме максимальне значення  $\Phi_{\max}$ , а при розбіжності зубців на відстань, при якій всі зубці нерухомих частин магнітопроводів 8 знаходяться рівно посередині між зубцями рухливої частини магнітопроводу 11, величина магнітного потоку  $\Phi$  матиме мінімальне значення  $\Phi_{\min}$ . Електричний генератор має бути виготовлений і зібраний так, щоб взаємне розташування всіх зубців рухливої і нерухомих частин магнітопроводу, що беруть участь в проведенні магнітного потоку  $\Phi$ , було однаковим. За цієї умови відповідно до (1) у витках електричних котушок 6 наводиться електрорушійна сила, тобто у результаті буде вироблятися електрична енергія. Електричні котушки 6 між собою можуть мати послідовне, паралельне і змішане з'єднання.

Основними перевагами запропонованої конструкції енергоактивного автомобільного амортизатора в порівнянні з відомими рішеннями є наступне.

Вживання в зубцевій зоні магнітного ланцюга декількох вузьких зубців і розташування кільцевого постійного магніту в нерухомій частині магнітопроводу дозволяє відповідно збільшити частоту зміни магнітного потоку  $\Phi$ , а також отримати збільшення питомої потужності електричної енергії, що виробляється. У електричних генераторах такого типу при швидкості руху штока 0,5 м/с може бути отримана частота зміни магнітного потоку  $\Phi$  порядку 100 Гц. Електричний генератор запропонованої конструкції може розвивати максимальну потужність для певної швидкості руху штока при наїзді колесом на нерівність величиною 3-4 мм (наприклад, рух автомобіля по брущатці).

Електричний генератор, що входить до складу запропонованої конструкції енергоактивного автомобільного амортизатора, є технологічно найбільш простим і крім того може бути застосований як комплектуючий виріб. Таким чином, енергоактивний автомобільний амортизатор може бути виготовлений на базі стандартних двотрубних телескопічних амортизаторів (наприклад, амортизаторів компанії "Асомі-Інжинірінг"серії Комфорт CLASSIC AI 10.2915.-05) без зміни основних технологічних процесів масового виробництва гідравлічної частини амортизатора.

Більшість автомобільних амортизаторів працюють по прогресивній характеристиці. При малих швидкостях руху штока сила опору такого амортизатора близька до нуля. Це є недоліком, оскільки енергія коливання не гаситься і на плавних нерівностях дорожнього покриття при русі з невеликою швидкістю може бути небажане розгойдування автомобіля. Електричний генератор створює постійну силу опору амортизатора (силу магнітного тяжіння) незалежно від швидкості руху штока. В результаті енергоактивний амортизатор окрім вироблення електричної енергії може поліпшити характеристику амортизатора в зоні малих швидкостей руху штока, практично не впливаючи на цю характеристику в зоні великих швидкостей. Таким чином, запропонований енергоактивний амортизатор може встановлюватися замість штатного амортизатора без будь-яких змін інших вузлів підвіски автомобіля.

Основними розрахунковими параметрами електричного генератора є: параметри матеріалу постійного магніту (коерцитивная сила  $H_c$ , залишкова індукція  $B_r$ ), площа полюсів постійного магніту 7 (площа бічної поверхні кільця), ширина кільця постійного магніту, зовнішній діаметр нерухомих частин магнітопроводу 9, їх товщина і довжина, зовнішній діаметр рухливої частини магнітопроводу 11 і її товщина, розміри зубців, відстань між зубцями, швидкість руху штока. Попередній орієнтовний розрахунок електричного генератора, що має максимальний діаметр 90 мм і довжину 60 мм з кільцевим постійним магнітом, матеріал якого має параметри  $H_c=850$  кА/м и  $B_r=1.12$  Тл, показав, що при середній швидкості руху штока 0,4 м/с і амплітуді його переміщення 3 мм від одного генератора можна отримати у результаті середню потужність випрямленого постійного струму в межах 350-370 Вт.

Представлений перелік переваг дозволяє в цілому зробити висновок про позитивний ефект запропонованої конструкції і принципу дії енергоактивного автомобільного амортизатора.

Джерела інформації:

1. Патент Российской Федерации № 2297561 F16 F9/50 B60 G17/015, опубл. 20.04.2007.
2. Патент Российской Федерации № 2253576 B60 G17/04 F16 F9/512, опубл. 20.03.2009.
3. Патент Российской Федерации № 2232316 F16 F9/53, опубл. 10.07.2004.
4. Патент Российской Федерации № 2133545 H02 K35/02 H02 K27/6, опубл. 20.07.1999.
5. Патент Российской Федерации № 2173499 H02 K35/02 H02 K1/06, опубл. 20.07.2000.

6. Хитерер М.Я., Овчинников И.Е. Синхронные электрические машины возвратно-поступательного движения. - СПб: КОРОНА принт, 2008. - 368 с.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5  
10  
15  
20

Енергоактивний автомобільний амортизатор, що містить нерухомий зовнішній корпус з днищем і співвісно розташований в ньому нерухомий циліндровий резервуар, заповнений амортизаційною рідиною, усередині якого співвісно розташований рухливий шток, сполучений з поршнем, що розділяє об'єм амортизаційної рідини у внутрішньому циліндровому резервуарі на дві порожнини, перепускні клапани в поршні для перекачування амортизаційної рідини з однієї порожнини в іншу при двосторонньому русі штока, який **відрізняється** тим, що у внутрішньому циліндровому резервуарі розташований електричний генератор зворотно-поступального руху, в якого зубчаста рухлива циліндрова частина магнітопроводу жорстко сполучена з рухливим штоком амортизатора, а з нерухомим зовнішнім корпусом амортизатора жорстко сполучена нерухома частина електричного генератора, що складається з постійного магніту кільцевої форми з осьовим напрямом намагніченості, двох частин нерухомого магнітопроводу, прикріплених з двох бічних сторін до постійного магніту, створюючих в протилежних торцевих частинах нерухомого магнітопроводу зубчасту циліндрову поверхню, усередині якої має можливість переміщення зубчаста циліндрова частина рухливого магнітопроводу, і електричних котушок, що охоплюють нерухомі частини магнітопроводу в торцевих частинах електричного генератора, а зубці в рухливій і нерухомій частинах магнітопроводу мають однакові розміри по ширині і відстані один від одного.

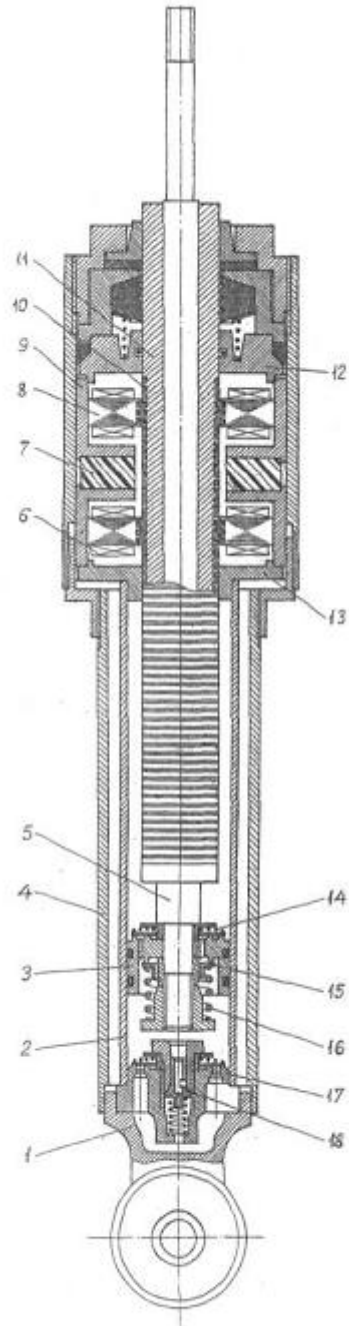


Fig. 1



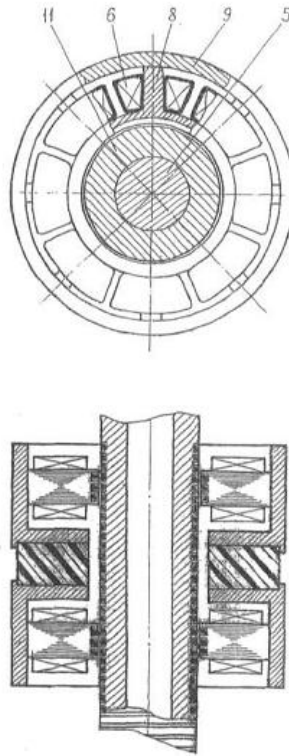


Fig. 2

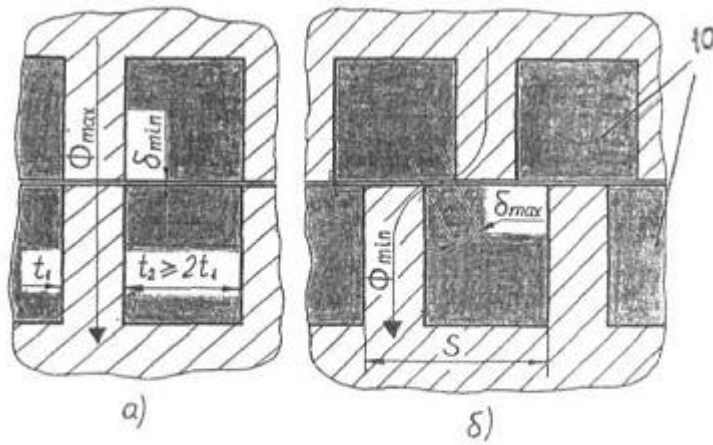


Fig. 3

---

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601