

3. Зарубежное военное обозрение. – 1997. - №6. - с.29-31. 4. Громов А.В., Сурков О.Я., Владимиров С.В. и др. Вооружение и техника: Справочник. – М.: Воениздат, 1984. – 367с. 5. Патент Великобританії № 2199289, МПК⁴ F41H11/12. Minefield clearing system / Frazer-nash Limited. 6. Патент Франції № 2664688, МПК⁴ F41H11/14. Dispositif de deminage rapide / Piron Joseph-Georges 7. Патент Німеччини № 3928082, МПК⁵ F41H11/16. Verfahren und Fahrveug zum Freilegen von Landminen / Nakins J., Teddington. 8. Патент Російської Федерації № 2035027, МПК⁶ F41H7/02. Система отвода выхлопных газов двигателя бронированного транспортного средства / Серков А.Г. – 7с. 9. Бум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. – М.: Гос. из-во физ.-мат. лит., 1959. – 800с. 10. Колибернов Е.С., Корнев В.И., Сосков А.А. Инженерное обеспечение боя. – М.: Воениздат, 1984. – 287с. 11. Васильев А.В., Докучаева Е.Н., Уткин-Любовцов О.Л. Влияние конструктивных параметров гусеничного трактора на его тягово-сцепные свойства. - М.: «Машиностроение», 1969. - 192с. 12. Alekseev V.I., Dorofeev S.B., Sidorov V.P., Chaivanov B.B. Experimental study of large-scale unconfined fuel spray detonation / Progress in astronautics and aeronautics. – 1993. - № 154. – с.95-104. 13. Рязанцев. М.К. Конструкція форсованих двигунів наземних транспортних машин. – К.: ІСДО, 1993. - Ч.1. – 252с. 14. Рязанцев М.К. Конструкція форсованих двигунів наземних транспортних машин. – Харків: ХДПУ, 1996. - Ч.2. – 388с. 15. Степанова Г.Ю. Танковые силовые установки. – М.: Военное издательство, 1991. – 382с.

Сиротенко А.Н., Довбня А.Н., Стаховский О.В, Коротченко К.В.

ПРИМЕНЕНИЕ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ РАЗМИНИРОВАНИЯ МИННЫХ ПОЛЕЙ ОБЪЕМНЫМ ВЗРЫВОМ

Рассмотрена целесообразность применения бронетанковой техники для разминирования минных полей с использованием эффекта объемного взрыва.

Syrotenko A.N., Dovbnya A.N., Stahovskiy O.V., Korytchenko K.V.

USING OF ARMORED VEHICLE TO CLEAR MINE FIELDS BY VOLUME EXPLOSIVE

Perspective of application of armored vehicles has been estimated to demine by effect of volume explosive.

УДК 681.527.3

Скворчевський О.Є.

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРОПОРЦІЙНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ КОЛІСНИХ ТА ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

1. Постановка проблеми в загальному вигляді

Електрогідролічні приводи знайшли широке застосування у складі мобільних машин, оскільки вони поєднують велику питому потужність, високі динамічні можливості характерні для гідравлічних приводів та простіть реалізації контурів зворотного зв'язку властиву електронним системам. Важливою складовою таких приводів є електрогідролічні перетворювачі – проміжні ланки між електронними системами керування та гідравлічними виконавчими механізмами. Потрібно відзначити, що вихідні сигнали електрогідролічних перетворювачів часто використовуються для безпосередньої дії на виконавчі механізми, таким чином вони повинні мати достатньо високу потужність. З іншого боку, для забезпечення високих динамічних характеристик комплексу «система

керування-привод» необхідно, щоб перетворювачі мали невисоку інерційність. Таким чином, створення сучасних електрогідравлічних перетворювачів, які б відповідали цим вимогам (висока потужність вихідного сигналу та невисока інерційність) є актуальною науково-технічною задачею.

2. Аналіз останніх публікацій

В роботі [1] проведений ґрунтовний аналіз електрогідравлічних перетворювачів для гідравлічних приводів колісних і гусеничних машин. Показано, що для використання у складі мобільних машин найбільше підходять електрогідравлічні перетворювачі на базі елемента сопло-заслінка та пропорційного електромагніту з поступальним рухом якоря, описані в роботі [2], а також електрогідравлічні перетворювачі на базі елемента сопло-заслінка, зворотного клапана та пропорційного електромагніту з поступальним рухом якоря, описані в роботах [2, 3]. Такий вибір обумовлений відносною простістю конструкції, невисокою чутливістю до зовнішніх магнітних полів та механічних вібрацій, відносно невисокими вимогами до класу чистоти робочої рідини, високою потужністю вихідного сигналу. Показано, що електрогідравлічні перетворювачі на базі елемента сопло-заслінка, зворотного клапана та пропорційного електромагніту з поступальним рухом якоря доцільно використовувати у складі електрогідравлічних систем де необхідно надійно запирати робочі порожнини гідродвигуна у відсутності сигналу керування. Це необхідно там, де потрібна жорстка фіксація об'єкту регулювання при дії на нього інерційних навантажень, що виникають під час руху машини. Запропонований тип електрогідравлічного перетворювача задовольняє цій вимозі.

Однак, зазначені інерційні навантаження через шток, кінематично зв'язаний з об'єктом регулювання, та поршень гідродвигуна діють на робочу рідину замкнену в його порожнинах, що призводить до виникнення в замкнених порожнинах тиску, який в декілька разів перевищує рівень робочого тиску регулювання. Це, в свою чергу, унеможливує відкриття електрокерованого зворотного клапана оскільки гідростатична сила, яка діє на запірний елемент клапана, значно перевищує силу електромагніту.

3. Постановка задачі

Задачею даної роботи є удосконалення електрогідравлічного перетворювача, запропонованого в роботі [3], шляхом введення гідростатичного розвантаження запірного елемента зворотного клапана і, таким чином, гарантування відкриття зворотного клапана при дії на нього тиску, який в декілька разів перевищує рівень робочого тиску регулювання.

4. Опис схеми та роботи пропорційного електрогідравлічного перетворювача

4.1 Конструктивна схема електрогідравлічного перетворювача

Електрогідравлічний перетворювач виконаний на базі елемента сопло-заслінка, зворотного клапана та пропорційного електромагніта доцільно назвати багатофункціональним електрогідравлічним пропорційним перетворювачем. Він суміщає функцію перетворення та підсилення малопотужного вхідного електричного сигналу в потужний пропорційний вихідний гідравлічний сигнал з функцією запирання робочих порожнин гідроциліндра у відсутності сигналу керування. Це досягається завдяки тому, що елемент сопло-заслінка та зворотний клапан встановлені послідовно, жорстко з'єднані та приводяться до руху одним електромагнітом. При цьому незалежність роботи елемента сопло-заслінка та зворотного клапана забезпечується різним порядком величини їх робочих ходів. Так, порядок робочого ходу зворотного клапана складає 10^{-3} м, а елемента сопло-заслінка – 10^{-4} м.

Конструктивна схема даного перетворювача представлена на рисунку 1.

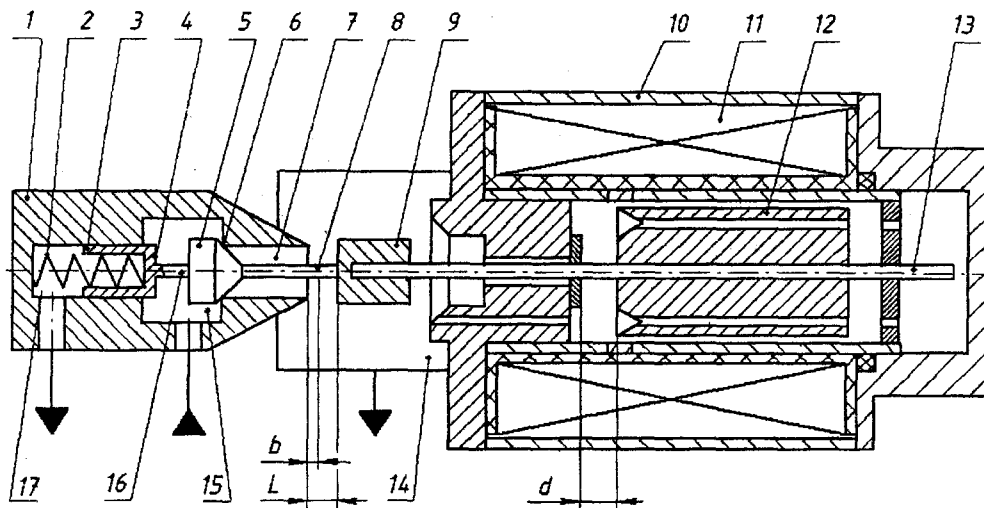


Рисунок 1 – Конструктивна схема електрогідравлічного перетворювача:

1 – сопло; 2 – пружина; 3 – поршень; 4 – торець поршня; 5 – запірний елемент; 6 – сідло клапана; 7 – канал сопла; 8 – штовхач; 9 – заслінка; 10 – пропорційний електромагніт; 11 – котушка; 12 – якор; 13 – штовхач електромагніта; 14 – порожнина зливу; 15 – порожнина регульованого тиску; 16 – шийка; 17 – дренажна порожнина

Запропонований електрогідравлічний перетворювач має сопло (1), до одного з торців якого звернена заслінка (9). Заслінка (9) та відповідний торець сопла (1) встановлені так, що робоча рідина з проміжку між ними може вільно стікати в порожнину (14) зливу. Електрокеруємий зворотний клапан встановлений між каналом (7) сопла (1) та порожниною (15) регульованого тиску і складається із запірнього елемента (5) та нерухомого сідла (6), розміщеного на торці сопла (1), протилежному торцю, зверненому до заслінки (9). Запірний елемент (5) зворотного клапана жорстко з'єднаний із заслінкою (9) через штовхач (8), встановлений з можливістю переміщення в каналі (7) сопла (1). З іншого боку запірний елемент (5) зворотного клапана через шийку (16) жорстко з'єднаний з поршнем (3) гідростатичного розвантаження. Жорстко з'єднані між собою заслінка (9), штовхач (8), запірний елемент (5), шийка (16) та поршень (3) утворюють запірно-регулюючий елемент електрогідравлічного перетворювача. Торець (4) поршня (3) знаходиться в порожнині (15) регульованого тиску. Інший торець поршня (3) спирається на пружину (2) та разом з відповідною розточкою в соплі (1) утворює дренажну порожнину (17). Дренажна порожнина (17) з'єднана зі зливом. Геометричні параметри каналу (7) сопла (1), штовхача (8), запірнього елемента (5) зворотного клапана, шийки (16) та поршня (3) обираються так, щоб повністю компенсувати дію гідростатичних сил на вказані жорстко зв'язані елементи. Заслінка (9) спирається на штовхач (13) пропорційного електромагніту (10), який містить котушку (11) та якор (12). Більш докладний опис конструктивної схеми, роботи та особливостей функціонування пропорційного електромагніта представлений в роботах [4, 5, 6]. У вихідному положенні запірний елемент (5) зворотного клапана спирається на сідло (6), а жорстко зв'язана з ним заслінка (9) встановлена відносно каналу (7) сопла (1) на відстані L , більшій робочого ходу b регулювання елемента сопло-заслінка та меншій або рівній максимальному робочому ходу d якоря (12) електромагніта (10).

4.2 Функціонування електрогідравлічного перетворювача при запиранні робочих порожнин гідродвигуна

Схема дії сил на запірно-регулюючий елемент електрогідравлічного перетворювача при запиранні порожнини (15) показана на рисунку 2.

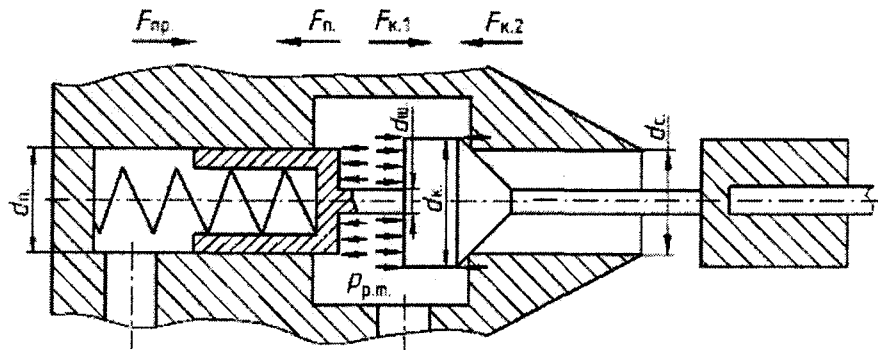


Рисунок 2 – Схема дії сил на запірно-регулюючий елемент при запиранні робочих порожнин гідродвигуна

При відсутності сигналу керування сила на штовхачі (13) пропорційного електромагніта (10) дорівнює нулю. Запірний елемент (5) зворотного клапана під дією сили $F_{пр.}$ пружини (2) сідає на сідло (6), розміщене на торці сопла (1), і герметично відділяє порожнину (15) регульованого тиску від каналу (7) сопла (1), з'єднаного з порожниною (14) зливу. Таким чином, робоча рідина, що знаходиться в порожнині (15) регульованого тиску та пов'язаною з нею порожниною гідродвигуна залишається замкненою. Це, в свою чергу, виключає рух поршня і штока гідродвигуна (не показані) та кінематично пов'язаним з ними об'єктом регулювання.

Введення до складу запірно-регулюючого елемента поршня (3) з шийкою (16) дозволяє гідростатично розвантажити запірний елемент (5) зворотного клапана. Це досягається завдяки тому, що на торець (4) поршня (3) діє сила $F_{п.}$ тиску $p_{р.т.}$ робочої рідини, що знаходиться в порожнині (15). Торець поршня протилежний торцю (4) знаходиться під дією тиску зливу який, як правило, близький до атмосферного. Це досягається завдяки тому, що поршень (3) та відповідна розточка сопла (1) виконані як прецизійна плунжерна пара, що практично виключає перетікання робочої рідини з порожнини (15) регульованого тиску в порожнину (17). Крім того, для гарантування збереження тиску зливу в дренажній порожнині (17) вона з'єднана зі зливом. Таким чином, силі $F_{к.1}$ тиску $p_{р.т.}$ робочої рідини, що діє на плоский торець запірного елемента (5) протидіють сила $F_{к.2}$, що діє на частину конічної поверхні запірного елемента (5) та сила $F_{п.}$, що діє на торець (4) поршня (3). Співвідношення діаметрів каналу (7) сопла (1) $d_{с.}$, запірного елемента (5) $d_{к.}$ зворотного клапана, шийки (16) $d_{ш.}$ та поршня (3) $d_{п.}$ потрібно обирати так, щоб при дії на запірний елемент (5) зворотного клапана та торець (4) поршня (3) тиску $p_{р.т.}$ сила $F_{п.}$ компенсувала різницю сил ($F_{к.1} - F_{к.2}$).

При підготовці до процесу регулювання тиску на котушку (11) електромагніта (10) подається максимальне значення струму, що створює максимальне тягове зусилля на якорі (12) та відповідно на штовхачі (13) електромагніта (10). Сила на якорі (12) електромагніта (10) в цей час більша сили, діючої з боку пружини (2). Запірно-регулюючий елемент переключається, і заслінка (9) закриває сопло (7). Одночасно запірний елемент (5) зворотного клапана відходить від сідла (6) на максимальну відстань. При цьому жорсткий зв'язок між заслінкою (9), штовхачем (8), запірним елементом (5) зворотного клапана, а також висока швидкодія електромеханічного перетворювача (10) обумовлюють практично постійний тиск в порожнині (15).

4.3 Робота електрогідравлічного перетворювача в процесі регулювання тиску

Схема дії сил на запірно-регулюючий елемент електрогідравлічного перетворювача в процесі регулювання тиску показана на рисунку 3.

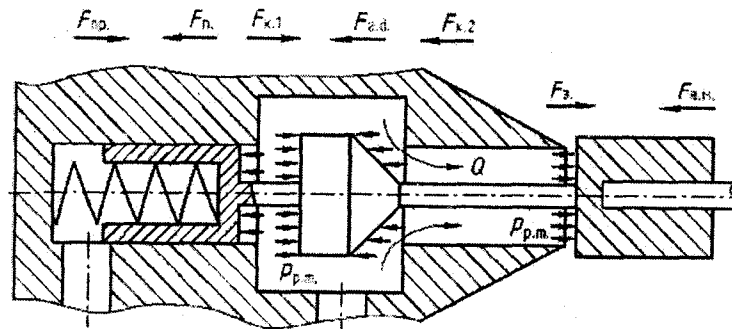


Рисунок 3 – Схема дії сил на запірний елемент зворотного клапана в процесі регулювання тиску

В процесі регулювання тиску струм в котушці (11) пропорційно зменшується, зумовлюючи пропорційне зменшення зусилля на штовхачі (13) та відповідно на заслінці (9). Зусилля тиску в каналі (7) сопла (1) переміщує заслінку (9) та частина робочої рідини надходить на злив, через порожнину (14) зливу. Тиск у порожнині (15) та порожнині гідродвигуна, пов'язаній з нею, пропорційно зменшується.

Оскільки у вихідному положенні заслінка (9) встановлена відносно торця сопла (1) на відстані L більшій робочого ходу b регулювання елемента сопло-заслінка та меншій або рівній максимальному ходу d якоря (12) електромагніта (10), забезпечується незалежність робочого процесу елемента сопло-заслінка та зворотного клапана. Застосування запірно-регулюючого елемента, в якому штовхач (8) жорстко зв'язує заслінку (9) та запірний елемент (5) зворотного клапана забезпечує високу стійкість регулювання тиску і відсутність коливань.

Характер залежності зміни зазору в елементі сопло-заслінка в межах робочого ходу b заслінки (9) від сили струму керування в котушці (11) електромагніта (10) визначає необхідний закон зміни тиску $p_{р.т.}$ в часі у порожнині (15) та відповідно в виконавчому механізмі, згідно з величиною електричного сигналу керування.

При переключенні запірного елемента (5) зворотного клапана у відкрите положення змінюється конфігурація дії на нього сил робочого тиску (рисунок 3). При цьому тиск в робочому зазорі між заслінкою (9) та відповідним торцем сопла (1) практично дорівнює тиску в каналі (7) сопла (1) та порожнині (15) регульованого тиску [7]. На заслінку (9) діє сила $F_з.$, яка компенсує збільшення сили $F_{к.2}$. Таким чином, жорстко зв'язані заслінка (9), штовхач (8), запірний елемент (5), шийка (16) та поршень (3) залишаються гідростатично розвантаженими.

Однак, крім того, потрібно враховувати дію гідродинамічної сили на запірний елемент (5) зворотного клапана. За даними роботи [8] гідродинамічну силу, що діє на запірний елемент (5) зворотного клапана такого типу, який застосовується в даному електрогідравлічному перетворювачі потрібно визначати експериментально. Гідродинамічна сила за своєю природою є реактивною силою і направлена протилежно напрямку витрати робочої рідини, що її викликає. Таким чином, гідродинамічна сила $F_{г.д.}$, що діє на запірний елемент (5), буде направлена проти дії сили $F_{пр.}$ пружини (2). Внаслідок цього потрібно обирати пружину відповідної жорсткості. Це, в свою чергу, призводить до необхідності дії значної сили $F_{е.м.}$ електромагніту на етапі підготовки до процесу регулювання тиску, при одночасному забезпеченні значної пропорційної ділянки на тяговій характеристиці електромагніта, що забезпечує пропорційність регулювання тиску.

Для запропонованого електрогідравлічного багатофункціонального перетворювача розроблений, виготовлений та досліджений пропорційний електромагніт з тяговим зусиллям до 145 Н при струмі 1,5 А [6]. Його експериментальна тягова характеристика

приведена на рисунку 4, експериментальна статична характеристика приведена на рисунку 5.

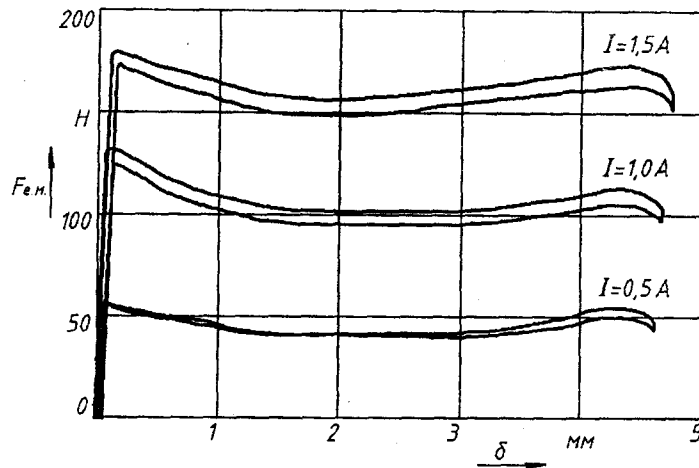


Рисунок 4 – Експериментальна тягова характеристика пропорційного електромагніта з тяговим зусиллям до 145 Н при струмі 1,5

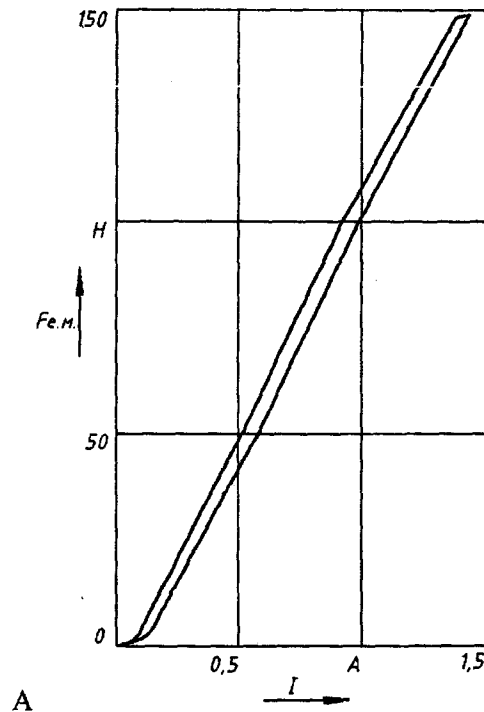


Рисунок 5 – Експериментальна статична характеристика пропорційного електромагніта з тяговим зусиллям до 145 Н при струмі 1,5 А

В статті акцентується увага на регулюванні тиску робочої рідини, це пов'язано зі специфікою функціонування перетворювача. В гідравлічних системах параметри тиск та витрата взаємопов'язані. Таким чином, змінюючи тиск, змінюємо витрату, що дозволяє керувати положенням, швидкістю та прискоренням поршня зі штоком гідродвигуна і кінематично пов'язаним з ними об'єктом регулювання.

5. Висновки та перспективи подальших досліджень

Введення до складу запірно-регулюючого елемента поршня, жорстко з'єднаного із запірним елементом зворотного клапана, дозволило розвантажити запірний елемент

від дії гідростатичних сил. Таким чином, вирішена поставлена задача гарантування відкриття електромагнітом зворотного клапана при дії на нього тиску, який в декілька разів перевищує рівень робочого тиску регулювання і відповідно забезпечення переходу системи з режиму гідростопоріння в режим регулювання. В якості електро-механічної ланки у перетворювачі використовується пропорційний електромагніт оригінальної конструкції, розроблений автором статті. Він має значну горизонтальну ділянку на своїй тяговій характеристиці при одночасному збереженні досить високого тягового зусилля.

Подальші напрямки дослідження багатофункціональних електрогідролічних перетворювачів окреслені в роботі [1]. При їх проведенні потрібно враховувати те, що до складу перетворювача представленого в роботах [2, 3] введено поршень гідростатичного розвантаження.

Література: 1. Ніконов О.Я., Скворчевський О.Є. Порівняльний аналіз схемних рішень електрогідролічних перетворювачів для систем приводів колісних та гусеничних машин спеціального призначення // Восточно-европейский журнал передовых технологий – Харьков, 2006, №1, с. 57-64. 2. Скворчевский А.Е. Электронногидравлические пропорциональные преобразователи – современные компоненты мехатроники для систем приводов // Вестн. НТУ «ХПИ». Технологии в машиностроении – Харьков.: НТУ «ХПИ», 2004. – № 44. – с. 65-72. 3. Заява на отримання патенту на винахід № 2004021138 від 17 лютого 2004 р. Електрогідролічний підсилювач. Авт. Скворчевський О.Є. МПК 7 F15B3/00. 4. Скворчевский А.Е. Исследование характеристик маслонаполненных пропорциональных электромагнитов для гидроаппаратуры мобильных машин // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал – Харків.: НТУ «ХП», 2002. – № 1 – с.159-166. 5. Скворчевський О.Є. Дослідження впливу конструктивних факторів на статичні тягові характеристики маслонаповнених пропорційних електромагнітів гідроапаратури // Вестн. НТУ «ХПИ». Новые решения в современных технологиях – Харьков.: НТУ «ХПИ», 2004. – № 47 – с. 28-33. 6. Патент України на винахід № 75780. Пропорційний електромагніт. Авт. Скворчевський О. Є., Заявка № 20040705646 від 12.07. 2004 МПК (2006) H01F7/08. Опубл. 15. 05. 2006, бюл. № 5. 7. Хохлов В.А. Гидравлические усилители мощности. – М.: Издательство АН СССР, 1963. 8. Данилов Ю.А. и др. Аппаратура объёмных гидроприводов. Рабочие процессы и характеристики. – М.: Машиностроение, 1990.

Скворчевский А.Е.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

В статье представлен многофункциональный пропорциональный электрогидравлический преобразователь с гидростатической разгрузкой запорно-регулирующего элемента.

Skvorchevsky A.Y.

MULTIFUNCTIONAL PROPORTIONAL CONVERTER FOR THE ELECTRO-HYDRAULIC DRIVES OF THE WHEELED AND TRACKED VEHICLES

This article presents multifunctional proportional electro-hydraulic converter, with hydrostatic unloading of locking and regulating element.
