

УДК 629.027

До питання побудови раціональної робочої характеристики магніореологічного демпфера з автоматичним законом корекції глибин провідності дроселів

М.М. Довгополий, студ., І.В. Ночніченко, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Анотація: Дана стаття присвячена дослідженню магніореологічного демпфера з раціональною схемою керування. При виборі конструкції враховувалися технологічність виробу, методи й алгоритм автоматичного корегування силовою характеристикою демпфера, швидкість та глибина впливу на реологічні властивості магніореологічної рідини та структурованість її магнітних часток в дросельному каналі. В роботі представлено конструктивне рішення та систему автоматичного корегування силової характеристики з застосуванням алгоритмів у вигляді нейромережі.

Ключові слова: “температура”, “демпфер”, “магніореологічна рідина”

Найбільш розповсюдженим способом гасіння механічних коливань в промисловості є застосування гідравлічних демпферних пристроїв, що є ефективні у частотному діапазоні 0,1-15 Гц [1]. Через те, що їх робоча характеристика є залежною від зміни умов експлуатації, вони мають обмежений діапазон робочих температур та частот гасіння коливань [2]. Однак застосування спеціального типу рідини та системи з автоматичної корекції робочої характеристики демпфера, дозволяє вирішити дану проблему. Одним з рішень є мехатроний магніореологічний демпфер.

Конструкція магніореологічного демпфера має задовольняти ряду вимог: мати високу глибину регулювання робочої характеристики; системи корегування характеристики повинні бути енергоефективними; мати технологічну та ергономічну конструкцію; мати мехатронну систему з автоматичним законом корекції глибин провідності дроселів зі можливістю простого переналаштування.

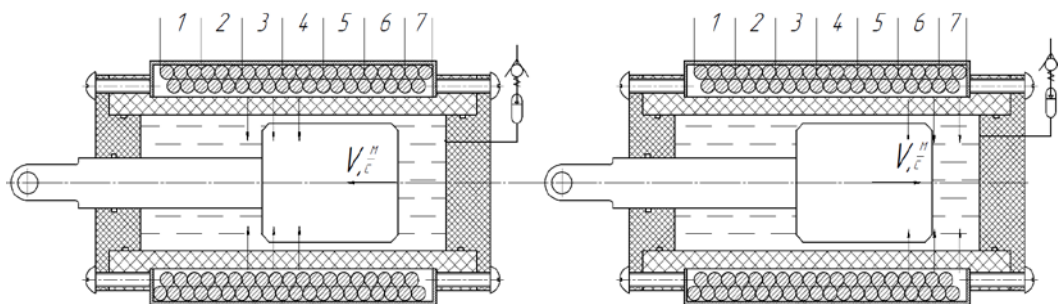


Рис.1 – Напівконструктивна схема з зовнішніми керованими котушками

Серед пропонувананих напівконструктивних схем (рис.1) варіант з керованою зовнішньою котушкою дозволяє вирішити більшу частину поставлених до демпфера вимог. При роботі на «стиск» та «відбій» необхідно подавати струм на різні обмотки, а тому важливо знати, в якому напрямі відбувається рух поршня. Так для наведеного (рис.1) положення поршня в демпферному пристрої у випадку режиму роботи «стиск» необхідно керувати обмотками 3 та 4, але у випадку режиму роботи «відбій» необхідно подавати струм на обмотки 6 і 7 (рис.1), що ефективно вирішує питання енергоефективності.

До недоліків можна віднести його невелику ергономічність, так як у деяких системах віброзахисту габаритні розміри є сильно обмеженими. Це не дозволяє намотувати великі та потужні котушки, а отже і можлива перевага у глибині корегування характеристики демпфера є незначною.

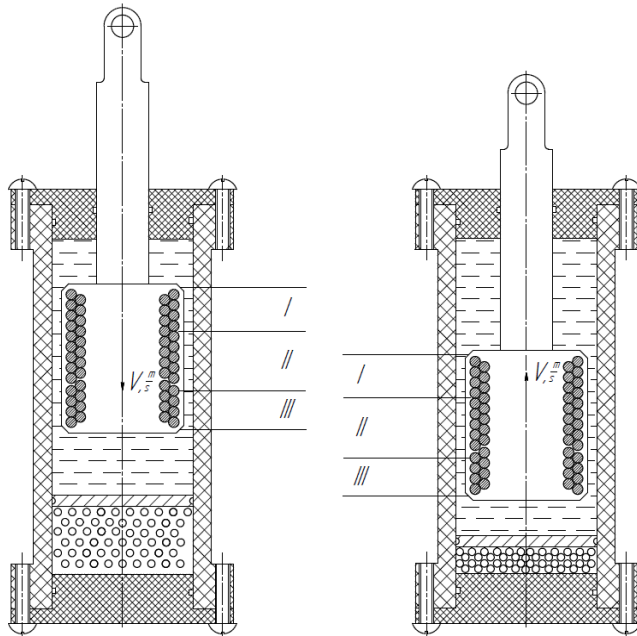


Рис.2 – Напівконструктивна схема з внутрішніми керованими котушками

При цьому визначним є побудова раціональної робочої характеристики магнітореологічного демпфера (рис.3). Конструкцією забезпечено високоточну корекцію глибини провідності, що дозволяє локально керувати в'язкістю магнітореологічної рідини в каналі та змінювати зусилля опору в залежності від змінних умов експлуатації та забезпечувати роботи при різних характеристиках: лінійній, регресивній, прогресивній, а також комбінувати їх.

Однак проблема полягає у тому, що структурування магнітних мікрочастинок у рідині відбувається не одразу при поданні струму на котушки, а з певною затримкою, що для магнітореологічних рідин складає близько 35...40 мс [3-4]. Також необхідно враховувати дисипативні, реологічні та температурні перехідні процеси, що перебігають при роботі магнітореологічного демпфера та можуть бути описані явищами переносу [5-6]:

У випадку розміщення керованих котушок всередині поршня (рис.2) дозволяє вирішити проблему пов'язану з ергономічністю. В той же час є можливість автоматичної корекції глибини провідності дроселів за наступним принципом: при роботі в режимі «стиск» подача струму відбувається на обмотку III, а при роботі в режимі «відбій» -- на обмотку I. При цьому якщо швидкість переміщення різко зростає, чи температура рідини значно підвищується, можливе керування одночасно двома чи усіма трьома обмотками. Такий спосіб впливу на в'язкість рідини дозволяє змінювати глибину провідності дроселів.

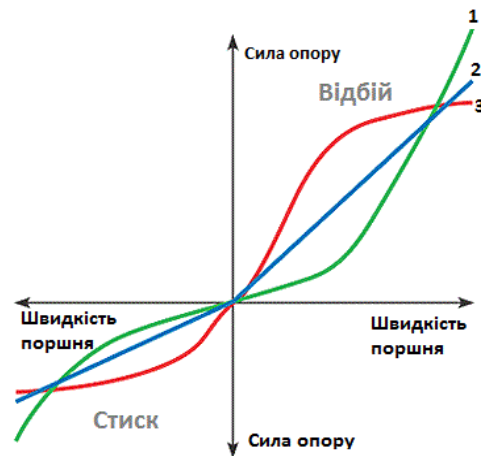


Рис.3 – Основні типи робочих характеристик (1-регресивна, 2-лінійна, 3-прогресивна)

$$\begin{cases} \tau = -\mu \cdot \text{grad}u \\ j = -D \cdot \text{grad}C \\ q = -Q \cdot \text{grad}T \end{cases} \quad (1)$$

Через це необхідно максимально знизити час автоматичної корекції глибин регулювання провідності дроселів при роботі демпфера в змінних умовах експлуатації та вхідній швидкості руху поршня. Пропонується застосування в системі автоматичної корекції нейромережі. За допомогою методів математичного моделювання в середовищі MATLAB Simulink виявлено, що силова характеристика демпфера визначається та може корегуватися шляхом зміни коефіцієнта витрати потоку [7]. Саме його корегування має забезпечуватись нейромережею в залежності від наступних параметрів: положення поршня, швидкості та напрямку його руху, температури магнітореологічної рідини та навколишнього середовища, характеру перехідних та дисипативних процесів при рухах «стиснення» та «відбою».

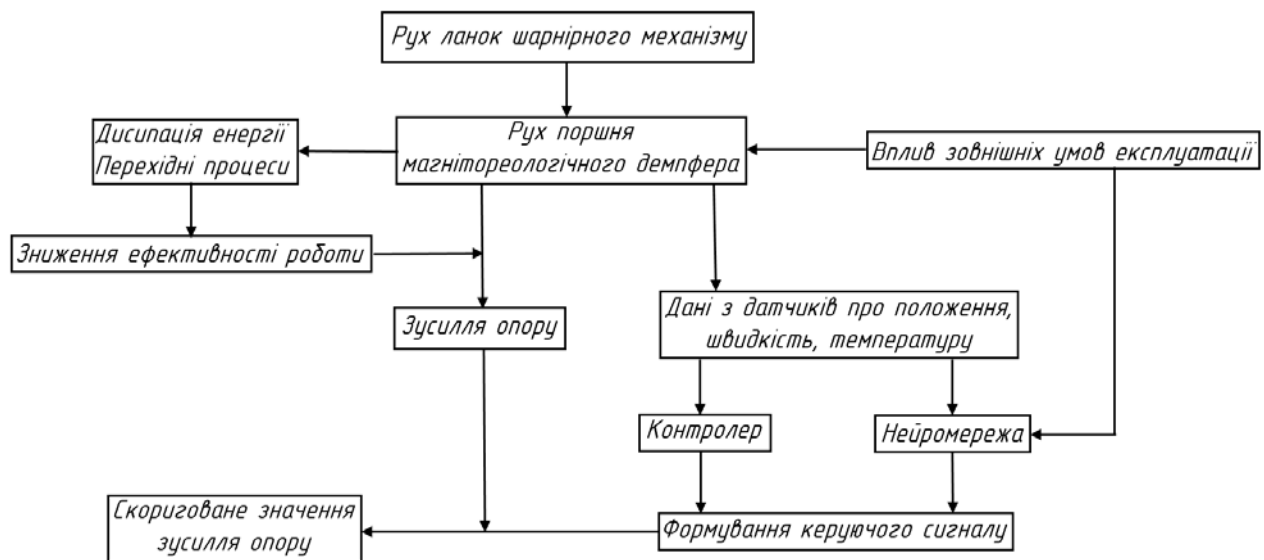


Рис.4 – Блок-схема роботи системи з автоматичних законом корекції глибини провідності дроселів

Встановлений магнітореологічний демпфер гасить механічні коливання, що виникають при роботі шарнірного механізму, в якому він встановлюється (рис.4). Рух поршня в рідині створює певне зусилля опору. При цьому контролер отримує дані зі встановлених датчиків та формує вихідних сигнал з певною затримкою. Відповідно керуючих сигналів лише від контролера недостатньо для адекватної корекції характеристики, так як за час затримки рух поршня може змінитися.

Застосування нейромережі для корекції сформованого керуючого сигналу відповідно до сформованих явищ переносу дозволяє корегувати коефіцієнт витрати дроселя. Шляхом поступового перебору, нейромережа може підбирати оптимальні значення коефіцієнтів витрати дроселя, базуючись на отриманій інформації від датчиків.

Така нейромережа може бути сформована на перцептронах та мати один шар прихованих нейронів. Це дозволяє вирішувати проблеми прогнозування та апроксимації. Такий підхід може підвищити точність регулювання провідності дроселів та позитивно вплинути на швидкодію системи, зменшити час перебігу перехідних процесів, що виникають при початку руху поршня та зміні між режимами роботи «стиску» та «відбою».

Висновок: досліджено пропонувані конструкції магнітореологічних демпферів, для них розглянуто можливі робочі характеристики. Запропоновано блок-схему з для автоматичної корекції глибини провідності дроселів при рухах «стиску» та «відбою». Обґрунтовано доцільність застосування нейромережі для вирішення проблем прогнозування та апроксимації з метою верифікації та валідації корекції коефіцієнта витрати потоку дроселя.

Список літератури

1. Дербаремдикер А. Д. Амортизаторы транспортных машин. [2 изд. перераб. и доп.] / А.Д. Дербаремдикер. — М.: Машиностроение, 1985 г. — 200 с.
2. Башта Т.М., Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем Учеб. для вузов по специальности «Гидропневмоавтоматика и гидропривод». М., «Машиностроение», 1974, 60бс. с ил.
3. Шульман З.П., Кордонский В.И. Магнитореологический эффект. – Минск.: Наука и техника, 1982. – 184 с.
4. Variable universe fuzzy control for vehicle semi-active suspension system with MR damper combining fuzzy neural network and particle swarm optimization / Hui Pang, Fan Liu , Zeren Xu -- Neurocomputing 306 (2018) 130–140 DOI: 10.1016/j.neucom.2018.04.055
5. Лайтфут Э. Явления переноса в живых системах.— М.: Мир, 1970. – 520 с.
6. Ночніченко І.В., Яхно О.М. Застосування явища переносу та інформаційної ентропії до аналізу поведінки магнітореологічного демпфера / Наукові вісті НТУУ «КПІ»: науково-технічний журнал № 4 (120)'2018. – стр.54-62. doi: 10.20535/1810-0546.2018.4.141241
7. Михайло Довгополий, Олександр Луговський, Ігор Ночніченко, Математичне моделювання робочих процесів у пневмогідролічному амортизаторі, II МНТК “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту –2021”, Вінниця, 13.05.2021

To the question of constructing a rational characteristic of a magnetorheological damper with an automatic law of correction the depth of throttle's conduction

Mykhailo Dvhopolyi¹, student; Ihor Nochnichenko¹, PhD. Techn. Sc., Ass. Prof.,

1- National technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

Abstract. This article is devoted to the study of magnetorheological damper with a rational control scheme. When selecting the design, the manufacturability of the product, methods and algorithm of automatic correction of the force characteristic of the damper, speed and depth of impact on the rheological properties of the magnetorheological fluid and the structure of its magnetic particles in the throttle channel were taken into account. The paper presents a constructive solution and a system of automatic correction of the power characteristic with the use of algorithms in the form of a neural network.

Keywords: “temperature”, “damper”, “magnetorheological fluid”