

УДК 532.135:538.4

Карпов А.С., Ночніченко І.В., Костюк Д.В.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ У МАГНІТОРЕОЛОГІЧНОГО ДРОСЕЛЬНОМУ КАНАЛІ

Вступ. Застосування магнітореологічного ефекту дозволяє спростити систему керування і підвищити ефективність мехатронних систем. Практична реалізація технічних рішень на основі магнітореологічного ефекту вимагає точного налаштування діапазону регулювання характеристик.

На сьогоднішній день у галузі протезування кінцівок людини набуло популярності застосування магнітореологічних демпферів у складі колінного модуля. Дане сучасне рішення дозволяє демпферу змінювати свою робочу характеристику з високою швидкістю. За рахунок зміни в'язкості феромагнітної рідини в десятки разів [1-4]. Дана властивість демпфера забезпечується застосуванням феромагнітних рідин, що здатні змінювати свої характеристики під впливом магнітного поля. Керування таким демпфером відбувається шляхом створення магнітного поля заданої напруженості навколо каналу з феромагнітною рідиною (ФР). Актуальність проведення досліджень обумовлена відсутністю експериментальних даних, які дозволяють визначити статичну характеристику для магнітореологічних дроселів із заданими геометричними параметрами та різними типами робочих ФР. Також висока собівартість ФР близько 1000 євро за літр, обумовлює не досить широке розповсюдження даного ефекту.

Експериментальні дослідження. Для отримання статичної характеристики ФР та точки магнітного насичення рідини було вирішено розробити методику та провести експеримент. Одним з важливих показників для систем є енергоефективність та споживана потужність системи, яка характеризується (ККД).

Розроблено стенд, що дозволяє визначити залежність витрати від прикладеної потужності, сили струму та напруги (рис. 1).

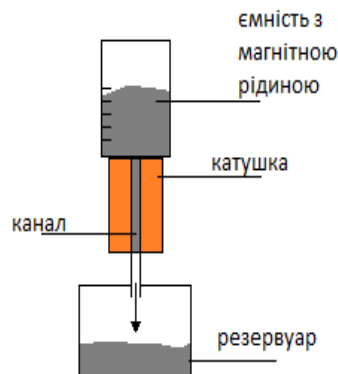


Рис. 1. Схема експериментального стенду

Експериментальний стенд складається з електромагніту (катушки), магнітореологічного гідравлічного каналу (дроселя) з співвідношенням $\frac{l}{d} = 4,25$, ємності у якій знаходиться ФР, резервуара (витратоміра). Геометричні розміри магнітореологічного каналу були розраховані для випадку застосування в МРД в складі колінного суглобу. Пропускаючи магнітну рідину крізь магнітно реологічний канал, розміщений в магнітній катушці та змінюючи силу струму, і, відповідно напругу, фіксуємо зміну витрати та заносимо до таблиці. Витрату робочої рідини вимірювали об'ємним способом та за допомогою допоміжної шкали на ємності, з фіксацією хронометром часу.

Враховуючи високу вартість магнітної рідини, було вирішено створити її власноруч. На наступному кроці було розроблено технологію виготовлення рідини: на основі мастила та дрібнодисперсного порошку заліза, і на основі води та оксиду заліза. Така рідина поступається стандартизованим, однак для проведення даного дослідження її властивості цілком задовільні. Магнітну рідину було створено шляхом змішування магнітного порошку та основи – поліпшеної рідини для амортизаторних пристроїв АЖ-12Т, в пропорції 1:4. Було розроблено методику отримання (змішування складових) феромагнітної рідини.

Характеристики основи:

Використовувалась рідина АЖ-12Т [5], призначена для використання в телескопічних і гідравлічних амортизаторах автомобілів, будівельної та дорожньої техніки, а також в якості робочої рідини в гідроприводах.

- Кінематична в'язкість (при 100°C): не менше 3,5.
- Температура спалаху у відкритому тиглі: не нижче +165°C.
- Температурний інтервал застосування: від -50°C до +50°C.
- Марка рідини АЖТ-12Т.

Характеристики магнітного порошку:

- Розмір частинок 5-30 мкм.
- Хімічний склад: Fe_2O_3 .

Дрібнодисперсний порошок в поєднанні з мастилом утворюють насичений розчин, що виявляє властивості магнітно-реологічної рідини. Він реагує на магнітне поле, та тривалий час не дає осаду (протягом доби).

Для проведення дослідження було створено магнітну котушку:

внутрішній діаметр: 10мм, довжина: 26,3 мм, $L=3,38$ мГн, кількість витків $n=650$, діаметр дроту $d=0,5$ мм.

Розрахунок дросельного каналу та визначення швидкодії.

Швидкодія МР модуля залежить від швидкості спрацьовування його основного керуючого елемента. Час спрацьовування МРД визначається наростанням магнітного потоку в магнітопроводі і робочому зазорі, заповненому МРД [4]:

$$T_m \approx 0.54 \cdot 10^4 \frac{l_m d^2}{\rho \delta}, \quad (1)$$

де l_m - довжина магнітопроводу; d - діаметр магнітопроводу; ρ - питомий електричний опір ФМР в дросельному каналі; δ - величина еквівалентного зазору магнітопроводу.

Результати розрахунку лягли в основу виготовлення електричного магніту.

Для встановлення точки магнітного насичення рідини та побудови статичної характеристики, було побудовано експериментальний стенд (рис. 2).

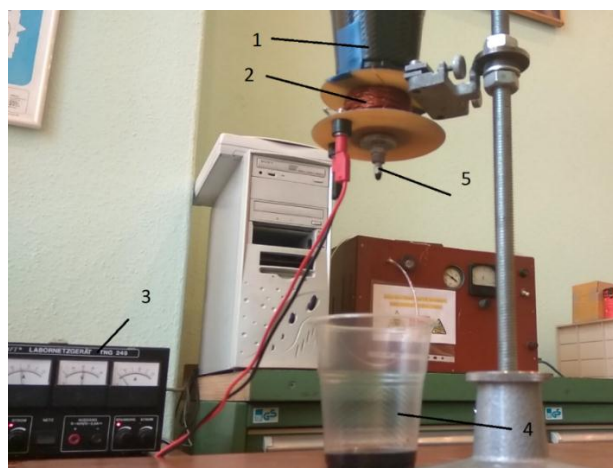


Рис. 2. Експериментальний стенд: 1-смість; 2- магнітна котушка; 3- БЖ постійного струму; 4- резервуар, 5- МР канал

Експериментальний стенд був розроблений з умов побудови системи на модульному принципі. Це дає можливість його застосувати в складі термошафи для дослідження впливу температури на статичні характеристики рідини, що є вельми актуальним для різних основ. Блоком живлення можливо регулювати силу струму та напругу прикладену до електромагніту з необхідною точністю.

Отримані дані дають змогу побудувати залежність витрати від потужності $Q=f(P=U*I)$. Аналіз залежності показав, що при певній потужності електричного магніту рідина перестає витікати крізь канал, що проходить крізь магнітне поле, створене котушкою. Експериментально встановлено такі значення: $I=1.7A$, $U=11V$, $P=18$ Вт. За таких умов рідина повністю утримується в каналі, а це означає, що досягнена точка магнітного насичення рідини.

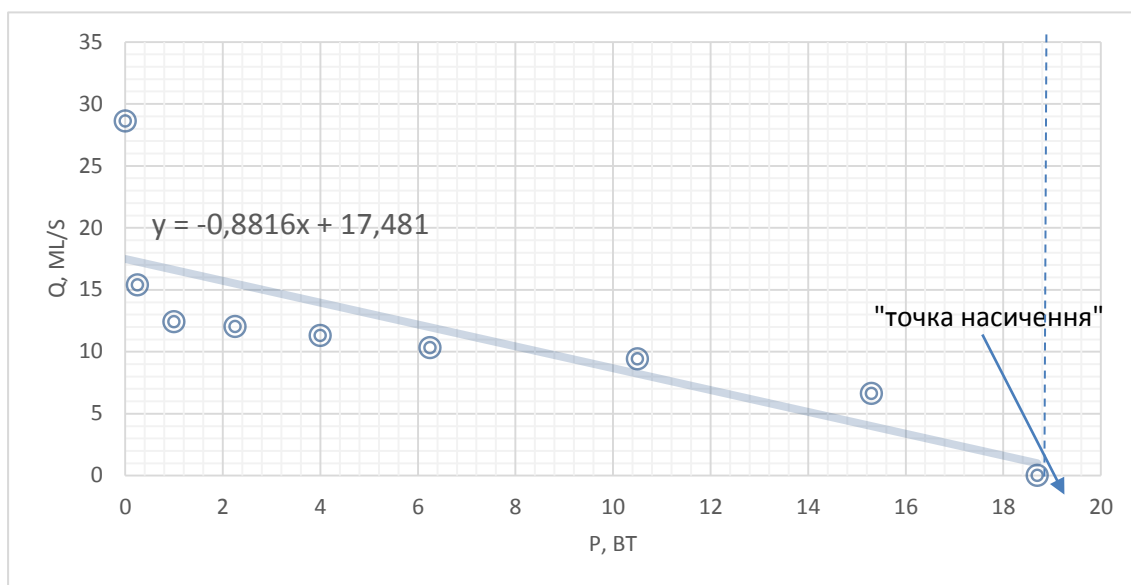


Рис. 3. Залежність витрати робочої рідини від прикладеної потужності

При прикладенні додаткового тиску спостерігається сепарація магнітних частинок від мастила. Магнітний порошок відокремлюється від основи, та затримується в каналі, масло ж під тиском витікає з нього. Також встановлено, що отримана магнітна рідина виявилася непридатною для застосування в умовах високого тиску. Для таких випадків доцільно використовувати магнітну рідину виготовлену на основі поверхнево-активних речовин, в якій основа та магнітні частинки поєднані на молекулярному рівні.

ВИСНОВКИ. Експериментально встановлено, що застосування магнітореологічного дроселя при зміні потужності в діапазоні $0 \div 18$ Вт при цьому витрата магнітореологічної рідини змінюється в діапазоні $0 \div 0,25$ ml/s. Підтверджено, що зміна витрати робочої рідини має майже лінійний характер, що дозволяє задовільно реалізовувати діапазон регулювання витрати рідини у дроселі.

Список використаних джерел

1. Konovalov G.F., Konovalenko O.V. Sistemy avtomaticheskogo upravleniia s elektromagnitnymi poroshkovymi muftami [Automatic control systems with electromagnetic powder clutches]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976. 156 p.
2. Bica I. Electrical conductivity of magnetorheological suspensions based on iron microparticles and mineral oil in alternative magnetic field. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2006, vol. 12, no. 5, pp. 806-810.
3. І.В. Ночніченко, До питання побудови демпфера протезу ноги на основі магнітореологічної рідини Д.В. Костюк, І.В. Ночніченко // Міжнародно науково-технічна конференція «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування» - м. Вінниця, 2016.- С. 58 – 60.
4. І.В. Ночніченко, Експериментальне дослідження магнітореологічного дроселя І.В. Ночніченко, О.С. Галецький // XV міжнародної науково-технічної конференції. Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта м. Київ, 2014.- С. 30 – 32.
5. OILRIGHT АЖ-12Т Амортизаторная жидкость II [Електронний ресурс] // 1996-2018 Autoproof. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://autoproof.com.ua/oil/hydraulic-oils-and-fluids-for-power-steering/oilright-ag12t-11>.