

УДК 629.027

М.М. Довгополий, І.В. Ночніченко, Д.В. Костюк, О.С. Галецький

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

Особливості керування напруженням плинності магнітореологічної рідини в демпферному пристрої

Зараз існує велика кількість демпферів, що застосовуються з метою поглинання певної частини енергії задля гасіння вібраційних коливань чи для забезпечення заданого закону руху певної ланки механізму. Серед них особливо виділяються магнітореологічні демпфери. Однак впродовж тривалої експлуатації демпфера відбувається значне підвищення температури магнітореологічної рідини внаслідок поглинання енергії та в'язкісного тертя у дросельних елементах. Це призводить до зниження в'язкісних та реологічних характеристик, що в свою чергу негативно впливає на стабільність роботи демпферних пристроїв.

Особливість магнітореологічного демпфера полягає в можливостях магнітореологічної рідини, що здатна активізуватися під впливом магнітного поля за 40мс [1]. Під час активізації магнітні частинки вибудовуються вздовж ліній напруженості магнітного поля, що в свою чергу підвищує напруження плинності рідини та робить середовище більш в'язким в поперечному напрямі. Проведені дослідження [2,3,5] показують, що використання магнітореологічного демпфера в конструкції екзопротеза колінного суглоба ноги людини є досить перспективним. Згідно отриманих результатів роботи [4] є можливим втілення конструкції екзопротеза колінного суглоба з використанням магнітореологічного демпфера.

Метою даної роботи є розробка алгоритму корегування характеристикою магнітореологічного демпфера з урахуванням роботи у складі екзопротезу колінного суглоба людини. Тому для досягнення мети поставлено два основних завдання:

1. Проаналізувати та забезпечити можливості з підвищення енергоефективності магнітореологічного демпфера;
2. Запропонувати схему керування магнітореологічним демпфером;

Без сумніву екзопротез колінного суглоба має відповідати жорстким технічним умовам таким як тривала надійність, зручність використання, відтворювати реалістичний рух, а також бути енергоефективним та адаптивним до змінних умов експлуатації (різний характер руху та змінна температура магнітореологічної рідини в результаті в'язкісного тертя у дросельних елементах) та ін.

Перш за все необхідно проводити онлайн діагностику колінного суглоба пацієнта. Таким чином за рахунок діагностики можна визначити характеристики руху конкретної людини, а також визначити ті випадки, за яких можна перевести систему керування характеристикою магнітореологічного демпфера в енергозберігаючий режим, або ж взагалі вимкнути систему керування та проводити перевірку роботи протеза з вказаним інтервалом часу. Це може бути доцільним у випадках, якщо людина не знаходиться в русі (наприклад сидить чи лежить). Доцільність полягає в значному заощадженні електроенергії, джерелом якої в складі екзопротеза є акумулятор, а отже пацієнтові доведеться не так часто ставити його на підзарядку.

Наступною можливістю для економії електроенергії є вдосконалення самої системи керування характеристикою магнітореологічного демпфера, що складається з обмоток, на які подається струм. За рахунок подачі струму на обмотки в демпфері виникатимуть магнітні поля, що в свою чергу структурують магнітні частинки рідкого середовища та керують напруженням плинності магнітореологічної рідини. Керування струмом забезпечується мікроконтролером та підвищуючими перетворювачами струму. Так в звичайному варіанті струм подається на одну суцільну обмотку, що впливає на характеристики магнітореологічної рідини по всій довжині демпфера. Тому пропонується розбити суцільну обмотку на декілька окремих обмоток, керування кожною з яких здійснюється незалежно одна від одної. Набагато доцільніше подавати струм лише на ті обмотки, в межах яких знаходиться поршень демпферного пристрою. Таким чином рідина активізуватиметься лише в ділянках, на яких відбувається дроселювання рідини. На інших ділянках дроселювання не відбувається, рідина лишається неактивізованою або ж зазнає зовсім незначного впливу від напруженості магнітного поля сусідніх обмоток. Для цього необхідно використати драйвер керування, роботу якого можна

запрограмувати та здійснювати від мікроконтролера. В результаті можна зменшити витрати на роботи системи керування.

Наступним кроком розроблено блок-схему роботи та корегування характеристикою магнітореологічного демпфера з урахуванням роботи у складі екзопротезу колінного суглоба людини (рис.1).

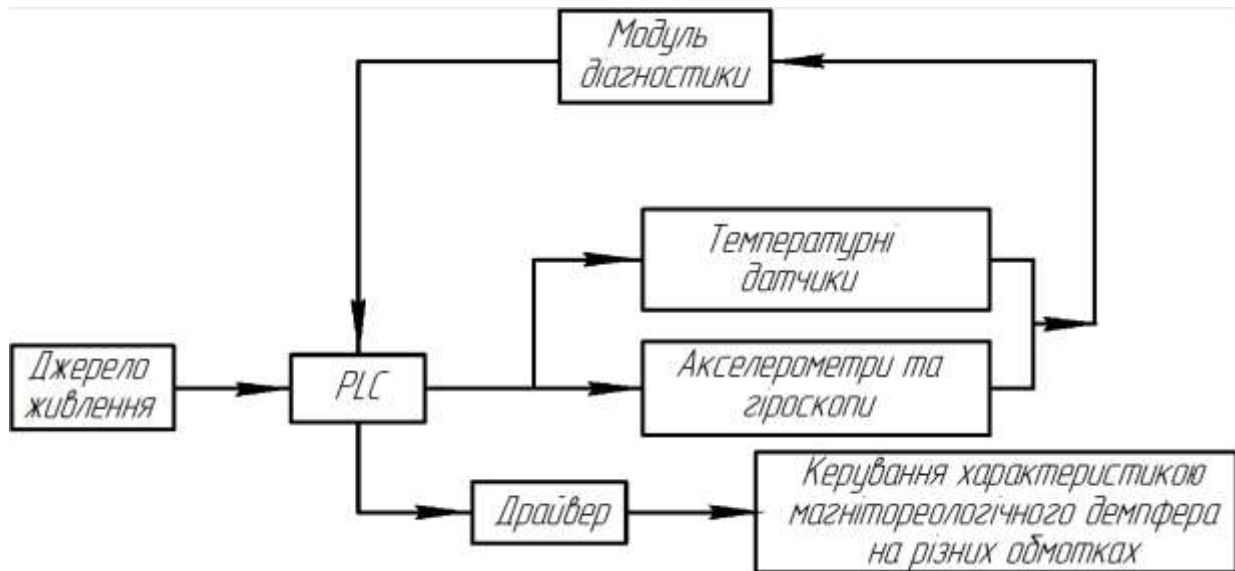


Рис.1 – Блок-схема роботи та корегування характеристикою магнітореологічного демпфера

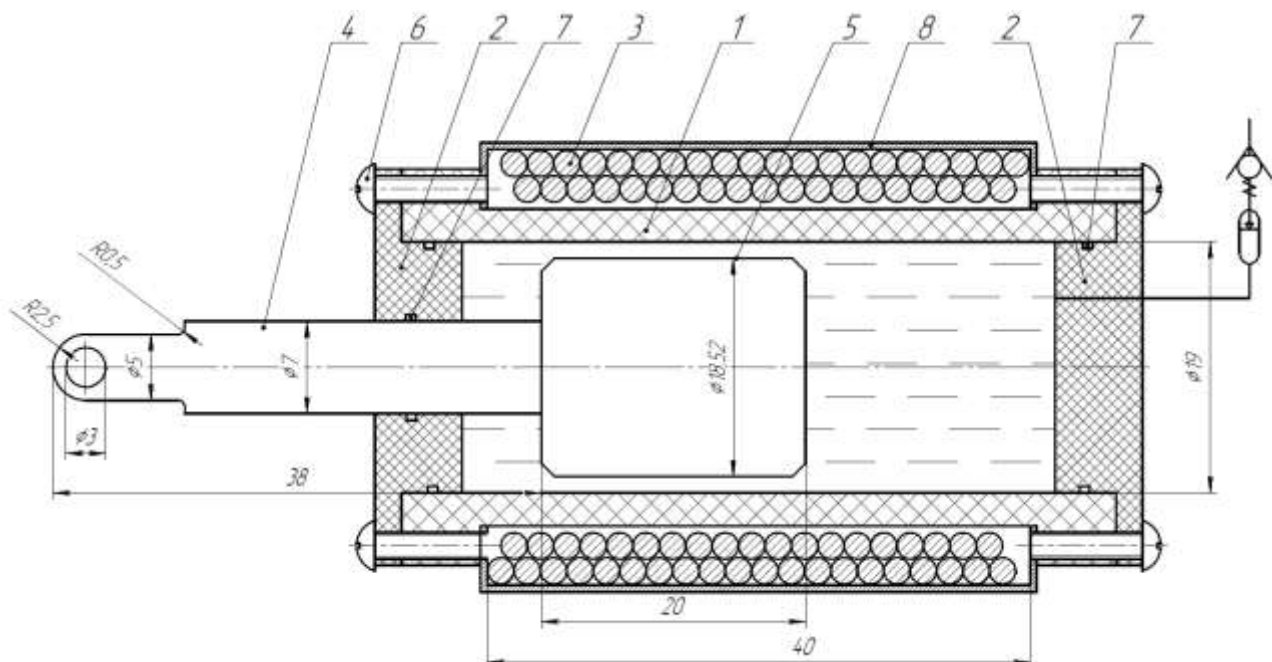


Рис.2 – Напів-конструктивна схема магнітореологічного демпфера (1-корпус; 2-кришки; 3-обмотка для керування характеристикою магнітореологічної рідини; 4-шток; 5-поршень; 6-гвинт М2 ГОСТ 17473-80; 7-уцільнення; 8-конструкція для утримання обмотки)

Також на базі отриманих результатів роботи [4] та проведеного подальшого аналізу можна запропонувати напів-конструктивну схему магнітореологічного демпфера, в якій пропонується застосовувати дросельний елемент у вигляді концентричного каналу, а також компенсаційну камеру в поршневій частині демпфера з метою забезпечення сталого перепаду тисків у штоковій та поршневій частинах магнітореологічного демпфера.

Тепер більш детально розглянемо керування характеристикою магнітореологічного демпфера. При роботі демпфера надзвичайно важливу роль грає те, в якому напрямі рухається поршень. При роботі на «стиснення» та «розтяг» необхідно подавати струм на різні обмотки, а тому важливо знати, в якому напрямі відбувається рух поршня. Так для вказаного положення поршня в демпферному пристрої (рис.3) у випадку режиму роботи «стиснення» необхідно керувати обмотками 3 та 4 (рис.3, А), але у випадку режиму роботи «розтяг» необхідно подавати струм на обмотки 6 і 7 (рис.3, Б).

Рис.3 – Принцип роботи магнітореологічного демпфера за умови використання драйвера керування струмом при роботі демпфера на стиск (А) та на розтяг (Б)

Таким чином економія електроенергії для роботи демпфера є досить високою. Для запропонованого варіанту керування струмом на 7 обмотках можливо обійтись подачею струму лише на дві або три обмотки. Це дає вигреш у заощадженні більш ніж 50% електроенергії, що являється надзвичайно доцільним з урахуванням того, що за обмежених розмірів та жорстких вимог до ваги екзопротеза неможливо встановити велику кількість акумуляторів.

Висновки

1. Розроблено напів-конструктивну схему магнітореологічного демпфера та розраховано геометричні характеристики з умов використання демпфера у складі екзопротеза.
2. Розроблено блок-схему роботи та корегування характеристикою магнітореологічного демпфера.
3. В подальшому плануються подальші дослідження з розробки магнітореологічного демпфера та проведення експерименту для розробленої напів-конструктивної схеми магнітореологічного демпфера

Список використаних джерел

1. Уорден К. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение Москва : Техносфера, (2006). ISBN 5-94836-065-2. – 224 с.
2. T.K.Wang, M.S.Ju and Y.G.Tsuei, "Adaptive Control of Above Knee Electro-Hydraulic Prosthesis," Journal of Biomechanical Engineering, Vol. 114, pp.421-424, 1992.
3. R. C.Wang, D. W. Jin. Research and development of bionic and intelligent limb prosthesis. China Medical Devices In- formation, vol. 15, no. 1, pp. 35, 2009. (in Chinese).
4. Довгополий М.М. Використання магнітореологічної рідини в демпфері ендопротезу для гасіння вібраційних коливань /Ночніченко І.В.// Всеукраїнський науково – технічний журнал Вібрації в техніці та технологіях.– 2018.– № 3 (90) –С-127-134.
5. A. LaPre and F. Sup, "Simulation of a Slope Adapting Ankle Prosthesis Provided by Semi-Active Damping," Mechanical Engineering, pp. 587-590, 2011.