

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ДЕМПФУЮЧІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА МЕХАНІЗМІВ УДАРНОЇ ДІЇ

Теряєв В.І., к.т.н., доц., Колісник Р.В., Лабенський В.В., магістранти 5 к.
НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та
електроприводу

Вступ. Механізми ударної дії широко використовуються в будівельній, військовій, геофізичній техніці, у машинобудуванні та металообробці. В таких механізмах ударні зусилля створюються цілеспрямовано для виконання технологічних операцій (ковка, штамповка, ударна обробка будматеріалів). Використання механізмів ударної дії дає можливість отримати значні імпульсні зусилля без підвищення установленної потужності відповідних приводів.

Імпульсні зусилля також можуть виникати як реакція на зовнішні дії (проходження нерівностей транспортними засобами, відкат артилерійських систем, віддача ковальсько-штамповочних машин, електроінструменту та зброї, реактивні зусилля сейсмологічних установок та ін.).

В обох випадках доцільно, а іноді і необхідно компенсувати реакцію об'єкта на зовнішні силові дії. З цією метою широко використовуються демпфери та амортизатори різної фізичної природи.

Демпфер (від нім. *Dämpfer*) або амортизатор (від фр. *Amortisseur*) – це пристрій для гасіння коливань і поглинання ударів рухомих елементів, що виникають в машинах, механізмах, приладах, системах або спорудах в процесі їхньої роботи, шляхом перетворення механічної енергії руху у теплову.

Принцип роботи демпферів та амортизаторів полягає у створенні зустрічного зусилля на ділянці руху об'єкту керування, що компенсує зусилля інерції та зовнішніх збурень. На даний час використовуються демпфуючі пристрої, в яких використовуються різні фізичні принципи поглинання енергії.

Мета роботи. Обґрунтування доцільності та постановка задачі дослідження можливостей використання електромеханічних демпфуючих пристроїв в різних галузях техніки та транспорту. Огляд і порівняльний аналіз існуючих і перспективних демпфуючих пристроїв.

Матеріали і результати досліджень. За принципом створення протидіючих зусиль демпфуючі пристрої можна поділити на пасивні та активні. У пасивних демпферах сила опору виникає як наслідок зовнішньої дії, а механічна енергія поглинається шляхом перетворення у теплову. У активних демпфуючих пристроях зусилля можуть створюватись у будь-який час незалежно від зовнішніх дій за рахунок додаткових джерел енергії. Як правило, активні демпфери мають змогу зворотного перетворення механічної енергії в електричну.

Порівняльний аналіз якісних характеристик існуючих демпферів та амортизаторів представлений у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика демпферів

Принцип дії демпфера		Вид демпфера		Можливість поточного регулювання (зміни) характеристик	Необхідність додаткового джерела енергії	Можливість рекуперації енергії
Фізичний принцип	Виконуючий орган	Пасивний	Активний			
Механічні	Пружинні	+		-	-	-
	Гидравлічні	+		-	-	-
	Пневматичні	+		-	-	-
	Кінетичні	+		-	-	-
Магнітні	Феррорідинні	+		-	-	-
	Ферропорошкові	+		-	-	-
	На пост. магнітах	+		-	-	-
Електромагнітні	Пост. струму		+	+	+	+
	Змін. струму		+	+	+	+
Електродинамічні	Пост. струму		+	+	+	+
	Змін. струму		+	+	+	+
Лінійні електродвигуни	Синхронні		+	+	+	+
	Крокові		+	+	+	+
	Асинхронні		+	+	+	+
	Вентильні		+	+	+	+

Розглянемо типові характеристики механічних демпферів, які у загальному виді описуються рівнянням, що встановлює залежність сили опору переміщенню рухомої частини амортизатора від швидкості [1]:

$$F = \Psi \sqrt{\frac{M}{2}} c \cdot v^n \quad (1)$$

де Ψ – коефіцієнт демпфування; M - маса рухомої частини об'єкта; c - жорсткість пружного елемента; v – лінійна швидкість руху виконуючого органу амортизатора; n – показник степеня, який лежить у межах (0,5...2).

Приблизний вид характеристик амортизаторів, побудованих згідно рівняння (1), представлений на рис. 1, а.

У демпферів з регресивною характеристикою (крива 1) сила опору пропорційна кореню квадратному від швидкості переміщення і швидко зростає на початку руху. При цьому дія високошвидкісних збурень гаситься ними менш ефективно, ніж низькошвидкісних. У демпферів прогресивної дії (крива 2) з характеристикою, наближеною до параболи, навпаки, зусилля збільшується з ростом швидкості. Тому вони є більш ефективними у відношенні

високошвидкісних збурень. Демпфери з лінійною характеристикою (пряма 3) займають проміжне становище між описаними вище.

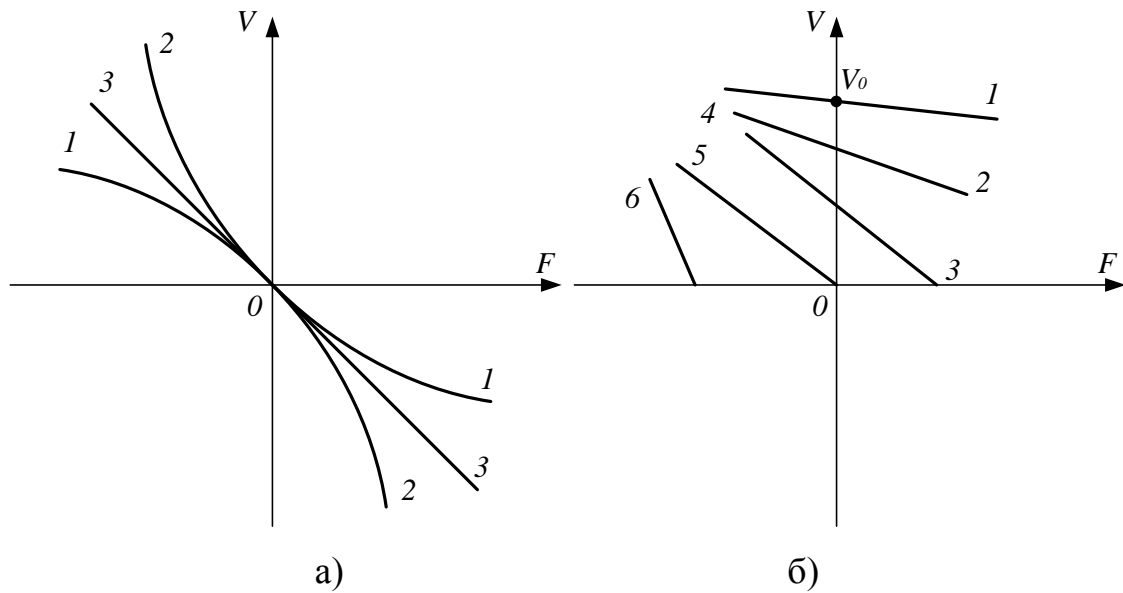


Рис. 1 – Види характеристик демпферів

Відмітимо, що перехід від одного типу характеристики до іншого, або зміна виду характеристики пасивного демпфера потребує внесення змін у конструкцію.

На відмінність від механічних амортизаторів пасивної дії, активні амортизатори на основі лінійних електродвигунів можуть мати регульовані механічні характеристики.

У загальному виді дані характеристики для лінійної ділянки описуються рівнянням

$$v = v_0 - \frac{1}{\beta} F \quad (2)$$

де v_0 – швидкість холостого ходу; β – жорсткість механічної характеристики.

Приклад механічних характеристик активного амортизатора з лінійним електродвигуном, побудованих за рівнянням (2), представлений на рис. 1, б (характеристики 1, 2, 3 для двигунного режиму, що відрізняються швидкістю холостого ходу та жорсткістю, а також характеристики 4, 5, 6 для режимів електричного гальмування). З рис. 1, б видно, що при використанні лінійного електродвигуна можуть бути сформовані всі необхідні характеристики демпфуючого і пружинного елементів амортизатора разом.

Важливою відмінністю активного демпфера з лінійним електродвигуном є те, що величини v_0 та β є регульованими електричним шляхом. Це дозволяє гнучко формувати його характеристики та вибирати режими роботи потрібним чином безпосередньо в процесі роботи без внесення конструктивних змін.

При використанні активних демпфуючих пристроїв на транспортних засобах виникає унікальна можливість створення керованих протидіючих

зусиль задалегідь або одночасно із зовнішнім збуренням, дію якого потрібно скомпенсувати.

Даний підхід може бути сформульований як принцип випереджаючого керування, який полягає у використанні інформації від вимірювальних пристроїв, винесених уперед по ходу руху транспортного засобу. Ідея даного принципу була викладена у [2] для транспортних засобів з електромагнітним підвішуванням, а також лежить в основі так званої автомобільної підвіски Борзе [3], принцип роботи якої полягає у завчасному регулюванні положення Колею при проходженні нерівностей за допомогою амортизаторів на основі лінійних електродвигунів, які таким чином можуть не тільки компенсувати коливання підвіски, але і перетворювати їх у електричну енергію в режимі рекуперативного гальмування.

Висновки:

1. Показано, що використання активних демпфуючих пристроїв на основі лінійних електродвигунів дозволяє забезпечити принципово нові можливості демпфування транспортних засобів та механізмів ударної дії.

2. Запропоновано нове формулювання принципу випереджаючого керування, який полягає у створенні керуючої дії задалегідь до появи зовнішнього збурення. Застосування даного принципу є найбільш доцільним для транспортних засобів, де його реалізація не викликає технічних ускладнень.

3. Найбільш перспективними для подальших досліджень є активні електромеханічні демпфуючі пристрої, побудовані на основі лінійних електродвигунів, а також на силах електродинамічної взаємодії струмів з магнітним полем або між собою.

Перелік посилань

1. Добромиров В.Н. Конструкции амортизаторов: Учеб. Пособие для студентов вузов / В.Н.Добромиров, А.В.Острецов. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007. – 47 с.

2. Способ автоматического регулирования положения в пространстве транспортного экипажа. Авторское свидетельство СССР № 968952, 22.06.82. Н.Г.Попович, В.И.Теряев, В.А.Гаврилюк и др.

3. Система амортизации Bose Suspension System. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.avpro.by/new/brends/bose/knowledge_center/13-03-05-101825/13-03-05-104744/13-03-06-174557/13-03-06-180612/