

Антон Озулу^{1*}, Борис Любарський²

¹ Аспірант, кафедра електричного транспорту та тепловозобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, 04071, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9524-8006>

² Професор, кафедра електричного транспорту та тепловозобудування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, 04071, Україна. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2985-7345>

* Автор, відповідальний за листування: anton.ozulu96@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ АМОРТИЗАТОРИ

Стаття розглядає питання системи ходової частини швидкісного електропоїзда з нахилом кузова та системою рекуперації коливань. Авторами було розглянуто основні системи підвищення кузова електропоїзда, які використовуються на даний момент. Була висунута основна проблематика цих систем підвищення. Приділяється увага використанню пневморесорного підвищення. Розглянуто люльче підвищення електровоза ВЛ80, та конструкція самого візка. Визначені основні критерії оцінки ефективності перспективних електромеханічних амортизаторів за якими проводиться порівняльна характеристика. У статті охарактеризовано перспективний електромеханічний амортизатор на базі синхронного лінійного двигуна, який може забезпечити як нахил кузова, так і гасіння та рекуперацію коливань. Розглянута функціональна схема керування двома синхронними лінійними двигунами, які встановлені на одному візку. Описана робота системи керування синхронними лінійними двигунами. Описана конструкція лінійного двигуна постійного струму з постійними магнітами. Розглянута функціональна схема керування двома лінійними двигунами постійного струму з постійними магнітами. Приведена конструкція електромеханічного амортизатора компанії «Bose». Проведена порівняльна характеристика трьох перспективних електромеханічних амортизаторів за шістьма критеріями. Зроблено висновки та обрано електромеханічний амортизатор, який забезпечує основні потреби рухомого складу.

Ключові слова: електромеханічний амортизатор, рекуперація, нахил кузова, електрорухомий склад, коливання.

Вступ. Сьогодні основним елементом ходової частини електрорухомого складу є система ресорного підвищення. Альтернативним підходом для підвищення динамічних показників ходових частин, та швидкісних характеристик електрорухомого складу є застосування електромеханічних амортизаторів, які мають можливість рекуперувати частину енергії коливань в електричну енергію з подальшою можливістю її використання на рухомому складі, та виконувати функцію нахилу кузова [8].

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. У швидкісних поїздах як привід нахилу кузова використовуються пневматичні, гідравлічні та електромеханічні системи, які мають низьку переваг та недоліків. Гідравлічна система має велику кількість магістралей і апаратів, які працюють під високим тиском, що знижує загальну надійність системи і підвищує ймовірність витоків робочої рідини. Пневматична система, пристрій якої, по суті, аналогічно гідравлічній, має збільшений час спрацьовування внаслідок невисокої щільності робочого середовища – повітря. Однак її елементи безпосередньо присутні у кожному типі пневматичного ресорного підвищення без якого вже неможливо уявити сучасні швидкісні електропоїзди. Електромеханічна система, що застосовується на сучасних поїздах, не

забезпечує можливість самостійного повернення кузова в початкове положення при відключенні живлення або інших аварійних ситуаціях, що безпосередньо впливає на безпеку руху [1, 2, 5]. Також, для роботи описаних систем нахилу кузова необхідна багата кількість енергії. Завдяки встановлення електромеханічної системи нахилу кузова та рекуперування коливань у ходову частину електровозів, можливо підвищити пропускну здатність залізниці, цим самим вирішується проблема тривалих пасажирських перевезень в Україні.

Мета і завдання дослідження. Визначення основних характеристик електромеханічних амортизаторів з системою нахилу кузова, та визначення найбільш енергоефективної системи для використання у ходовій частині електрорухомого складу. За для вирішення вказаних проблем, буде розглянуто три види систем нахилу кузова та рекуперації коливань.

Матеріали та методи дослідження. На даний час, електромеханічний привод – це сукупність крокового електродвигуна, редуктора і гвинтової пари, що забезпечує лінійне переміщення штоку. Наявність гвинтової пари в цьому типі приводу виключає самоповернення кузова в початкове положення внаслідок її заклинювання при відключенні живлення. Проте, такий тип силового приводу має збалансовані масогабаритні показники, високу швидкодію, малу потребу в обслуговуванні, а також широкий діапазон регулювання. Це зумовило застосування електромеханічного приводу на більшості поїздів з нахилом кузовів, що виробляються в даний час.

Пневморесорне підвішування забезпечує вимогу електрорухомого складу, але потребує додаткового обладнання та його обслуговування, тому характеристики електромеханічного амортизатора будуть розглянуті у порівнянні з пневморесорним амортизатором [7,11].

Для розгляду питання електромеханічних амортизаторів буде використана ходова частина з люльковим підвішуванням, а саме візок електровоза ВЛ80, модель якого подана на рис. 1. Основними критеріями оцінки відповідності вимогам системи рекуперації коливань на нахилу кузова є: коефіцієнт демпфування амортизатора, діапазон робочої частота, тягова характеристика (сила) та потужність.

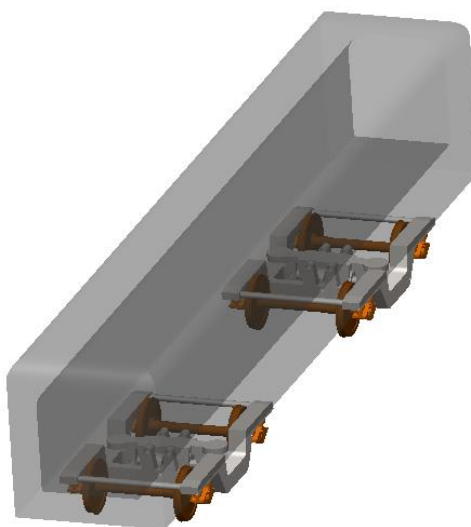


Рис. 1. Модель вагона ВЛ80

Першим, як електромеханічний амортизатор, розглянуто синхронний лінійний двигун, який можливо використовувати як для нахилу кузова, так і для накопичування енергії. Лінійний двигун складається з двох компонентів (рис. 2): 1 – статор, 2 – слайдер з постійними магнітами (ротор).

Працює двигун наступним чином. На обмотки статора подається трифазну напругу (фази зміщені на 120 градусів). У міру наростання амплітуди синусоїди в одній фазі, буде пропорційно збільшуватися струм і електромагнітне поле, створюване навколо обмотки. З

огляду на те, що синусоїда наростає в усіх трьох фазах двигуна по черзі, пік максимального електромагнітного поля буде зміщуватися від однієї обмотки до іншої. Магнітне поле слайдера (ротора) по черзі притягається власними полюсами до протилежного за знаком вектору поля статора.

Перевагами використання синхронного лінійного двигуна є простота конструкції, нескладна система керування та велика швидкість виконання нахилу кузова. Для керування можливо використовувати звичайний перетворювач частоти, задаючи вихідну частоту 0,5 -2 Гц [3]. Якщо порівнювати синхронний лінійний двигун з асинхронним, то можливо визначити переваги синхронного двигуна в тому, що він спорожній працювати з великими повітряними зазорами та має $\cos\phi$ близький до одиниці. При цьому ККД (коефіцієнт корисної дії) може бути до 96 %.

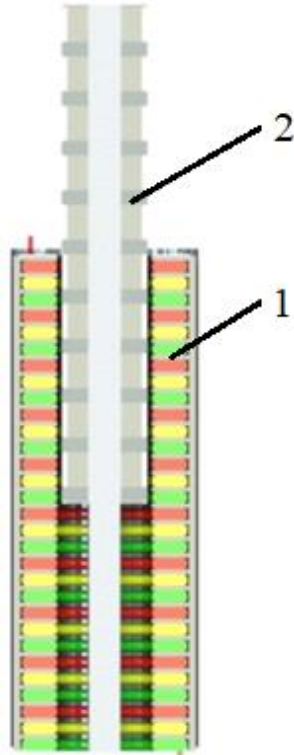


Рис. 2. Синхронний лінійний двигун:

1 – статор, 2 – слайдер з постійними магнітами (ротор).

Функціональна схема системи керування двома синхронними лінійними двигунами, які виконують нахил кузова одного візка, подана на рис. 3. Керування двигунами виконується таким чином: на діодний випрямляч (блок 1) подається зміна напруга, після чого отримується на виході блоку напруга постійного струму та переходить до ланки постійного струму (ЛПС – блок 2). У ЛПС входить пасивний фільтр, а саме: конденсатор та котушка індуктивності. ЛПС під'єднується до блоків транзисторів (блок 4, 5), саме які й подають напругу на синхронні лінійні двигуни (блок 6, 7). Керування транзисторами виконується блоком мікроконтролера (МК – блок 3), при цьому оптимальна частота широтно-імпульсної модуляції (ШИМ) – 3 кГц. Амплітуда, яка подається на двигуни керується завдяки зміні скважності ШИМ [14,15].

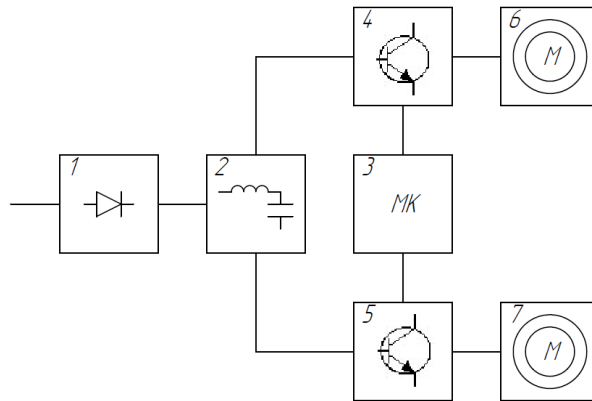


Рис. 3. Функціональна схема керування синхронними лінійними двигунами

Як другий вид двигуна для системи нахилу кузова та рекуперації коливань, розглянуто лінійний двигун постійного струму з постійними магнітами [4,6], який подано на рис. 4, де: 1 – якорь, 2 – постійний магніт, 3 – обмотка якоря, 4 – станина.

Принцип дії амортизатора складається у наступному. Постійний магніт має радіальне намагнічення. Силкові магнітні лінії потоку збудження замикаються по колу: повітряний зазор з якорем та обмоткою якорю, спинка станини, станина, постійний магніт. Потік збудження зчіплюється з обмоткою якоря, що розташована на немагнітному якорі. При руху якоря (до низу або до верху), що обумовлений зовнішніми динамічними силами коливання кузова та візка, якорь рухається. У обмотці якоря виникає ЕРС (електрорухома сила). При замкненні обмотки якоря на навантаження виникає струм якоря. У провідниках обмотки якоря зі струмом виникає сила, яка направлена супротив динамічної сили, що призводить до демпфування коливань кузова. На потік збудження впливає потік реакції якоря, що розмагнічує одну з половин магнітного кола станини (верхню чи нижню) в залежності від напрямлення руху якоря (донизу чи до верху), а іншу (протилежну) намагнічує, що може призвести до насичення магнітного кола та зменшення електромагнітної сили. Усі ці процеси доволі аналогічні процесам в уніполярній електричній машині постійного струму.

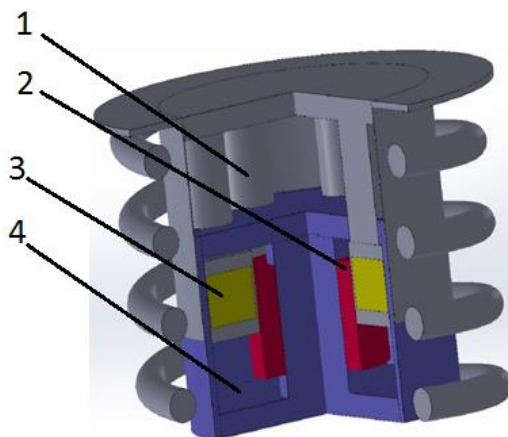


Рис. 4. Лінійний двигун постійного струму з постійними магнітами:

1 – якорь, 2 – постійний магніт, 3 – обмотка якоря, 4 – станина

Цей тип двигуна відрізняється своєю простотою конструкції. Обмотка статора має одну фазу, у той час як синхронний лінійний двигун має три фази.

Функціональна схема системи керування двома лінійними двигунами постійного струму показана на рис. 5. Керування двигунами виконується таким чином: на діодний випрямляч (блок 1) подається зміна напруга, після чого отримується на виході блоку напруга постійного струму та переходить до ланки постійного струму (ЛПС – блок 2). У ЛПС входить пасивний фільтр, а саме: конденсатор та котушка індуктивності. ЛПС під'єднується до блоків тиристорів (блок 4, 5), саме які й подають напругу на лінійні двигуни (блок 6, 7). Керування тиристорами виконується блоком мікроконтролера (МК – блок 3), при цьому оптимальна частота широтно-імпульсної модуляції (ШИМ) – 1-3 кГц [13].

Схема керування схожа зі схемою керування синхронним лінійним двигуном, але відрізняється відсутністю транзисторів та наявністю тиристорів, що зменшує вартість системи керування. При цьому на силу практично не впливає положення якоря відповідно станини, що забезпечує стабільність сил демпфування при зазорах між кузовом та візком.

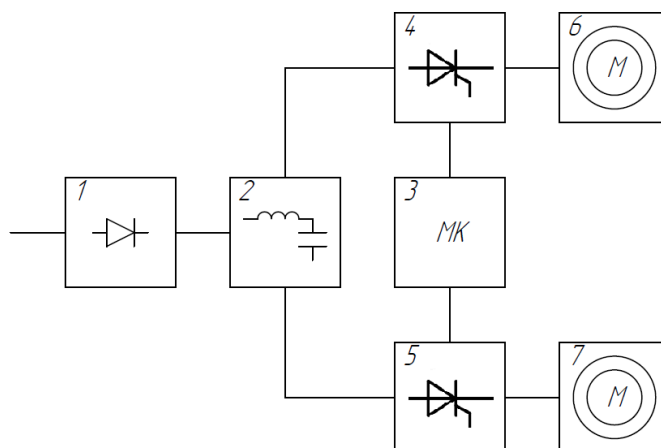


Рис. 5. Функціональна схема керування лінійного двигуна постійного струму

Прагнення щодо використання енергії коливань кузова транспортного засобу призвело в останні часи до створення електромеханічних системи гасіння коливань де в якості поглинаючого елементу виступає генеруюча електромеханічна система [9]. Найбільше поширення такі системи у автомобільному транспорті, тому третім розглянуто амортизатор «Bose» (Bose Suspension System), який показано на рис. 6, де: 1 – шток, 2 – постійний магніт, 3 – обмотка. Модель виготовлена в 1995 році [10,12]. У конструкції на базі седана Lexus LS400 пружинну підвіску замінили на торсіонну, а амортизатори – лінійними електродвигунами, якими через потужні підсилювачі керував комп'ютерний блок на основі інформації від датчиків ходу кожного з коліс. Ідея такої підвіски полягає в наступному: коли колесо опускається в яму під час відбою, електродвигун активно «допомагає» йому переміщатися вниз, а під час стиснення «втягує» колесо вгору. У роботі головна увага приділялася забезпеченню плавності руху автомобіля та зниження крену кузова при поворотах. Пропонується використовувати конструкцію електричного амортизатора, яка включає в себе кручений елемент, зовнішня частина якого виконана з електропровідного матеріалу. Магнітний елемент складається із стрижня, на центральній осі якого розташовані магніти. Зовнішня частина виконана таким чином, що до неї може увійти стрижень із магнітами. Стрижень із магнітами формує магнітне поле, величина якого залежить від того, наскільки введений стрижневий магніт. Корпус одним кінцем підключений до виведення магнітного з'єднання.

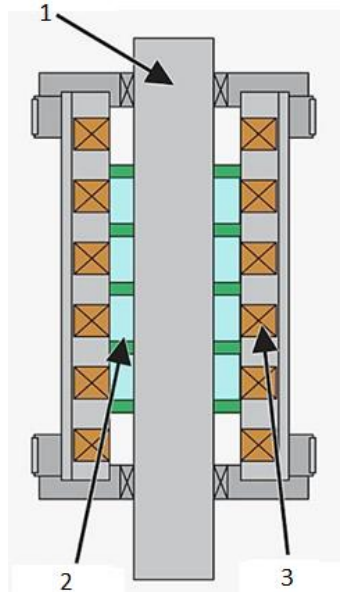


Рис. 6. Амортизатор «Bose»:
1 – шток, 2 – постійний магніт, 3 – обмотка

У таблиці 1 вказані основні характеристики лінійного двигуна, побудованого для використання у системі нахилу кузова.

Таблиця 1. Порівняльна таблиця параметрів електромеханічних амортизаторів

№	Параметр	Синхронний лінійний двигун	Лінійний двигун постійного струму	Амортизатор «Bose»
1	Коефіцієнт демпфування	22,85 кН*с/м	25 кН*с/м	17,5 кН*с/м
2	Діапазон робочих частот	0,5 – 500 Гц	1 – 500 Гц	0,5 – 500 Гц
3	Сила	1600 Н	2000 Н	1250 Н
4	Питома сила	45 Н/кг	44 Н/кг	31 Н/кг
5	Потужність	2000 Вт	2500 Вт	н.д.
6	Питома потужність	57 Вт/кг	55 Н/кг	н.д.

Висновки. Виходячи з отриманих даних, можна сказати, що електромеханічні амортизатори спроможні конкурувати з пневморесорним та гідравлічним підвішуванням у складі ходової частини електропоїзда, а також, мають можливість регулювати силу демпфування в залежності від режимів руху транспортного засобу, що дає можливість не тільки утилізувати енергію коливань рухомого складу, а і повернути її до електричного кола транспортного засобу з можливістю повторного використання. При цьому, одна й та ж сама система може забезпечити нахил кузова електропоїзду без додаткового обладнання. Виходячи з наведених характеристик, можливо сказати, що лінійний синхронний двигун, та амортизатор постійного струму можуть забезпечити потреби електровозбудування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Омеляненко В.И., Любарский Б.Г., Якунин Д.И. Моделирование механизма наклона кузова с приводом на базе линейного электродвигателя // *Залізничний транспорт України*. 2011. № 2. С. 48-52.
2. Єрціян Б. Х. Синтез комбінованої системи нахилу кузова швидкісного електричного рухомого складу : дис. Багіша Хачиковича Єрціяна д-ра технічних. наук : 05.22.09 / Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т", Харків, 2016. 189 с.

3. O. Demydov, B. Liubarskyi, V. Domanskyi, M. Glebova, D. Iakunin, A. Tyshchenko. Determination of optimal parameters of the pulse width modulation of the 4qs transducer for electric rolling stock // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* ISSN 1729-3774, 2018, P. 29-38. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143789>.
4. B. Liubarskyi, N. Lukashova, O. Petrenko, T. Pavlenko, D. Iakunin, S. Yatsko, Y. Vashchenko. Devising a procedure to choose optimal parameters for the electromechanical shock absorber for a subway car // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* ISSN 1729-3774, 2019, P. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176304>
5. M. Yu. Zalogin, B. A. Lyubarsky, S. N. Shuklinov, N. G. Mikhalevich, D. N. Leontiev. Study of Proportional Pressure Modulator on the Basis of Electromagnetic-Type Linear Motor // *Наука и техника*. 2018. №5. С. 440-446. DOI: <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-5-440-446>.
6. B. Liubarskyi, N. Lukashova, O. Petrenko, B. Yeritsyan, Y. Kovalchuk, L. Overianova. Procedure for modeling dynamic processes of the electromechanical shock absorber in a subway car // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* ISSN 1729-3774, 2019, P. 44-52. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181117>.
7. P. Karimi Eskandary, A. Khajepour, A. Wong, M. Ansari. Analysis and optimization of air suspension system with independent height and stiffness tuning // *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 17, No. 5, 2018, P. 807–816. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12239-016-0079-9>.
8. Якунин Д.И., Ерицяня Б.Х., Шаповалов Д.Ю. Развитие имитационного моделирования электромеханической системы привода наклона кузовов // *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. 2012. № 20. С. 98–103.
9. Lei Zuo. Design and characterization of an electromagnetic energy harvester for vehicle suspensions // *Smart Materials and Structures*. 2010. №19. P. 1–11.
10. Сергиенко А.Н., Любарский Б.Г., Самородов В.Б. Анализ конструкций электромеханических преобразователей и выбор схемы электроамортизатора неподрессоренных масс транспортного средства // *Сб. науч. тр. ХНАДУ «Автомобильный транспорт»*. 2012. № 31. С. 18–25.
11. Сердобинцев Е.В., Ёе Вин Хан. Вертикальные колебания метровагона с пневмоподвешиванием // *Мир транспорта*. 2013, № 2. С. 78–84.
18. Bart L.J. Gysen, Tom P.J. van der Sande, Johan J.H. Paulides and Elena A. Lomonova. Efficiency of a Regenerative Direct-Drive Electromagnetic Active Suspension // *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. 2011, № 60 (4), P. 1384–1393. DOI: <https://doi.org/10.1109/tvt.2011.2131160>
19. Kolpakch'yan, P. G., Shcherbakov, V. G., Kochin, A. E., Shaikhiev, A. R. Sensorless control of a linear reciprocating switchedreluctance electric machine // *Russian Electrical Engineering*. 2017. № 88 (6). P. 366–371. DOI: <https://doi.org/10.3103/s1068371217060086>.
20. Y. Xu, J. Zhao, J. Huang. Multiple Linear Motor Control System Based on FPGA // *17th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) : Hangzhou, Oct. 22-25, 2014, China*. P. 2327-2331.
21. Kimura F., Yamamoto A., Higuchi. FPGA implementation of a signal synthesizer for driving a high-power electrostatic motor // *Industrial Electronics (ISIE)*. 2011. P. 1295-1300.

REFERENCES

1. Omelyanenko V.I., Lyubarsky B.G., Yakunin D.I. (2011). Modelirovaniye mekhanizma naklona kuzova s privodom na baze lineynogo elektrodvigatelya [Modeling of the body tilt mechanism with a drive based on a linear electric motor]. *Zaluznychnyy transport Ukrayiny – Railway transport of Ukraine*, 2, 48–52 [in Russian].
2. Yeritsyan B.H. (2016). Syntez kombinovanoi systemy nakhyly kuzova shvydkisnoho elektrychnoho rukhomoho skladu [Synthesis of the combined body tilt system of high-speed electric rolling stock]. *Doctor's thesis*. Kharkiv: NTU "KhPI" [in Ukrainian].
3. O. Demydov, B. Liubarskyi, V. Domanskyi, M. Glebova, D. Iakunin, & A. Tyshchenko (2018). Determination of optimal parameters of the pulse width modulation of the 4qs transducer for electric rolling stock. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* ISSN 1729-3774, 29-38. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143789>.
4. B. Liubarskyi, N. Lukashova, O. Petrenko, T. Pavlenko, D. Iakunin, S. Yatsko, & Y. Vashchenko (2019). Devising a procedure to choose optimal parameters for the electromechanical shock absorber for a subway car. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* ISSN 1729-3774, 16-25. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176304>
5. M. Yu. Zalogin, B. A. Lyubarsky, S. N. Shuklinov, N. G. Mikhalevich, & D. N. Leontiev (2018). Study of Proportional Pressure Modulator on the Basis of Electromagnetic-Type Linear Motor. *Science and technology*, 5, 440-446. DOI: <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-5-440-446>.
6. B. Liubarskyi, N. Lukashova, O. Petrenko, B. Yeritsyan, Y. Kovalchuk, & L. Overianova (2019). Procedure for modeling dynamic processes of the electromechanical shock absorber in a subway car. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* ISSN 1729-3774, 44-52. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181117>.
7. P. Karimi Eskandary, A. Khajepour, A. Wong, M. Ansari (2018). Analysis and optimization of air suspension system with independent height and stiffness tuning. *International Journal of Automotive Technology*, 5, 807–816. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12239-016-0079-9>.

8. Yakunin D.I., Yeritsyan B.H., Shapovalov D.Yu. (2012). Razvitiye imitatsionnogo modelirovaniya elektromekhanicheskoy sistemy privoda naklona kuzovov [Development of simulation modeling of the electromechanical system of the drive of an inclination of bodies]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "Kharkivs'kyi politekhnichnyi instytut" – Bulletin of National technical university "Kharkiv polytechnic institute"*, 20, 98–103 [in Russian].

9. Lei Zuo (2010). Design and characterization of an electromagnetic energy harvester for vehicle suspensions. *Smart Materials and Structures*, 19, 1–11.

10. Sergienko A.N., Lyubarskiy B.G., Samorodov V.B. (2012). Analiz konstruksiy elektromekhanicheskikh preobrazovateley i vybor skhemy elektroamortizatora nepodressorenykh mass transportnogo sredstva [Analysis of the designs of electromechanical converters and the choice of the electric shock absorber circuit for the unsprung masses of the vehicle]. *Sb. nauch. tr. KHNADU "Avtomobil'nyy transport" – Col. scientific. tr. KhNAHU "Automobile transport"*, 31, 18–25 [in Russian].

11. Serdobintsev, E. V., Ye Win Han (2013). Vertikal'nyye kolebaniya metrovagona s pnevmo podveshivaniyem [Vertical Oscillations of the Metro Wagon with Pneumatic Suspension]. *Mir transporta – World of transport*, 2, 78–84 [in Russian].

1. Bart L.J. Gysen, Tom P.J. van der Sande, Johan J.H. Paulides and Elena A. Lomonova (2011). Efficiency of a Regenerative Direct-Drive Electromagnetic Active Suspension. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 60 (4), 1384–1393. DOI: <https://doi.org/10.1109/tvt.2011.2131160>.

2. Kolpakhch'yan, P. G., Shcherbakov, V. G., Kochin, A. E., Shaikhiyev, A. R. (2017). Sensorless control of a linear reciprocating switched reluctance electric machine. *Russian Electrical Engineering*, 88 (6), 366–371. DOI: <https://doi.org/10.3103/s1068371217060086>.

3. Y. Xu, J. Zhao, J. Huang (2014). Multiple Linear Motor Control System Based on FPGA. *17th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*. (pp. 2327-2331). Hangzhou.

4. Kimura F., Yamamoto A., Higuchi (2011). FPGA implementation of a signal synthesizer for driving a high-power electrostatic motor. *Industrial Electronics (ISIE)*, 1295-1300.

Anton Ozulu¹, Boris Lyubarsky²

¹ Ph.D. student, Department of Electric Transport and Diesel Engineering, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", st. Kirpychova, 2, Kharkiv, 61002, 04071, Ukraine

² Professor, Department of Electric Transport and Diesel Engineering, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", st. Kirpychova, 2, Kharkiv, 61002, 04071, Ukraine

PROSPECTIVE ELECTROMECHANICAL SHOCK ABSORBERS

The article considers the issue of the system of the running gear of a high-speed electric train with a body inclination and the system of oscillation recovery. The authors considered the main suspension systems of the electric train body, which are currently used. The main problems of these suspension systems were put forward. Attention is paid to the use of air-spring suspension. The pipe suspension of the VL80 electric locomotive and the construction of the trolley itself are considered. The basic criteria of an estimation of efficiency of perspective electromechanical shock-absorbers on which the comparative characteristic is carried out are defined. The article describes a promising electromechanical shock absorber based on a synchronous linear motor, which can provide both body tilt and damping and recovery of oscillations. The functional scheme of control of two synchronous linear motors which are established on one cart is considered. The operation of the control system of synchronous linear motors is described. The design of a linear DC motor with permanent magnets is described. The functional control scheme of two linear DC motors with permanent magnets is considered. The design of the electromechanical shock-absorber of the Bose company is resulted. The comparative characteristic of three perspective electromechanical shock-absorbers on six criteria is carried out. Conclusions are made and an electromechanical shock absorber is selected, which provides the basic needs of rolling stock.

Keywords: electromechanical shock absorber, recuperation, body tilt, electric rolling stock, oscillations.