

УДК 629.3.027.2

*Тетяна Павлівна Павленко, д.т.н., професор
(професор кафедри «Електричний транспорт», Харківський
національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова);
Владислав Ігорович Скуріхін, к.т.н., доцент
(доцент кафедри «Електричний транспорт», Харківський
національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова);
Віталій Іванович Колотило, к.т.н., доцент
(доцент кафедри «Електричний транспорт», Харківський
національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова);
Іван Валентинович Агарков
(аспірант кафедри «Електричний транспорт», Харківський
національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова)*

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ТРОЛЕЙБУСІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Проведено аналіз сучасних конструкцій систем рульового керування троллейбусів. Визначені технічні рішення, проблеми та особливості роботи підсилювачів з метою подальшого використання їх в системах рульового керування рухомого складу. Для підвищення ефективності та простоти конструкції системи рульового керування під час експлуатації троллейбусів пропонується інноваційне рішення, засноване на впровадженні підсилювача з електродвигуном з ротором, що котиться.

***Ключові слова:** рульове керування, підсилювач рульового керування, енергоефективність, гідропідсилювач, електродвигунок.*

Вступ. Сучасний міський електротранспорт забезпечує обслуговування пасажирів в умовах урбанізації, розширення території багатьох міст, появою великих приміських зон із новими житловими забудовами. Одним з найважливіших напрямів становлення ефективного механізму керування електричним транспортом та стійкістю підприємств міського електричного транспорту є темпи розвитку, з точки зору, економічного, технічного, соціального функціонування [1,2].

Наряду з розвитком сучасних транспортних ліній залишається гостра проблема зношеності міського електротранспорту, наприклад, троллейбуса і його елементів, що потребує постійної їх заміни. Для підвищення ефективності роботи троллейбуса використовуються сучасні науково-технічні рішення, які сприяють створенню елементів, що відповідають технічним стандартам [1,3].

© Павленко Т.П., Скуріхін В.І., Колотило В.І., Агарков І.В., 2018

Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології», 2018. Вип.32. Т.1

Одним із технічних напрямлень є удосконалення системи рульового керування тролейбуса, від конструкції якого залежать компонувальні рішення, – це досягнення вищих показників стійкості і керованості при збільшених швидкостях руху, висота підлоги, спрощення конструкції рульового приводу, висока ремонтпридатність та інше. Тому основними вимогами щодо рульового керування тролейбуса є:

- мінімальне зусилля водія на рульовому колесі;
- мінімальний люфт (свобода ходу) рульового колеса, необхідний для стійкого руху екіпажа на прямих ділянках шляху з високою швидкістю;
- мінімальний вплив на стабілізацію керованих коліс;
- мінімальна передача на рульове колесо ударів від коліс під час руху по нерівностях;
- кінематика повороту без проковзування коліс;
- загальні вимоги надійності, працездатності, ремонтпридатності, мінімальної ваги.

На основі показаних вимог визначені:

- **мета роботи**, яка полягає в розробці рульового керування підвищеної енергоефективності на базі тролейбуса типу ЛАЗ-Е183;
- об'єкт дослідження – конструкції підсилювачів систем рульового керування тролейбусів;
- предмет дослідження – процеси та характеристики, що впливають на енергоефективність роботи систем рульового керування та спрощення конструкції.

Актуальність теми роботи обумовлена доцільністю розробки та створення рульового керування тролейбуса, яке має високу енергоефективність і просту конструкцію в порівнянні з традиційною.

Аналіз роботи і проблем системи рульового керування тролейбуса. Проблема зменшення фізичного навантаження для водіїв при керуванні транспортними засобами виникла ще з появою вантажних та пасажирських перевезень на безрейковому транспорті [1, 2].

Невисокі вимоги до керованості і комфорту дозволяли обходитися однією людською силою. В основному використовувалось рішення створення більшого передавального відношення приводу і діаметра керма. Це сприяло збільшенню числа оборотів керма, що знижало швидкість і точність такого рульового керування.

Сучасне рульове керування тролейбуса – це сукупність механізмів, що забезпечують необхідний поворот передніх керованих коліс для зміни напрямку його руху. Основними елементами керування є рульовий механізм, кермовий привод, пневматичний або гідравлічний підсилювачі керма і слідкуючі системи включення пневматичного підсилювача.

Пневматичний підсилювач має суттєвий недолік, який полягає у нагнітанні або стисканні повітря. Це призводить до запізнювання повороту керованих коліс щодо повороту рульового керма. Згодом стали застосовувати гідравлічний механізм, який позбавлений недоліків пневмопідсилювача.

На даний час на більшості сучасних тролейбусів застосовується гідропідсилювач, який конструктивно об'єднаний в одному агрегаті, або рознесений відносно рульового механізму. Так, на тролейбусах українського виробництва застосовують кулько-гідропідсилювач типу ШВГУ-720 (НВО «Радій», Кіровоград). Гідростанція, яка призначена для приведення в дію гідропідсилювача

керма, складається з гідронасоса, приводного двигуна, масляного бачка з фільтром і трубопроводів низького і високого тиску. Розміщення гідростанції на кожній моделі тролейбуса може відрізнятись, але обов'язковою умовою є вільний доступ до масляного бачка, насоса та двигуна.

Для безпечної роботи тролейбуса на лінії необхідною умовою є забезпечення роботи гідропідсилювача при раптовому зникненні напруги в контактній мережі, щоб водій встиг загальмувати тролейбус і припаркуватись. Для цього конструкцією тролейбуса передбачено аварійне живлення двигуна гідропідсилювача від акумуляторних батарей. На деяких моделях тролейбусів двигуни гідростанції мають маховики, які крутять двигун після його виключення, і, відповідно, гідронасос, що створює необхідний тиск для роботи гідропідсилювача.

Відомі гідравлічні системи керування тролейбуса, що складаються з насосної станції, гідропідсилювача, гідроциліндра і сполучних трубопроводів. Однак в них не забезпечується надійне рульове керування тролейбуса при падінні напруги живлення в контактній мережі. Використання в цьому випадку акумуляторних батарей з малою енергоємністю знижує безпеку транспортних засобів.

Найбільш сучасним технічним рішенням є гідравлічна система рульового керування транспортного засобу, що містить гідроакумулятор тиску, клапанний пристрій, насосну станцію з гідробаком і насосом постійної подачі, що з'єднаний з гідропідсилювачем керма через зворотний клапан і розподільник з електромагнітом. Гідроакумулятор тиску має пристрій зарядки його повітрям і з'єднаний через зворотний клапан з виходом насоса постійної подачі рідини. Клапанний пристрій служить для почергового з'єднання насоса з гідроакумулятором і гідроциліндром гідропідсилювача керма. Однак в такій системі розміри бака обмежені і не можна досягти великої енергоємності гідроакумулятора, що призводить до низької безпеки транспортного засобу.

Відомий гідравлічний рульовий механізм транспортного засобу, що містить гідроруль, з'єднаний з лінією керування, виконаний з гідромотором зворотного зв'язку, диференціальним пристроєм, розподільним і керуючим пристроями, і має також пріоритетний пристрій з поворотною пружиною одного торця, золотником і двома лініями управління

Недоліком відомого гідравлічного рульового механізму є недостатня кількість роботи гідроруля в парі з пріоритетним пристроєм, що виражається в підвищеному запізненні спрацьовування рульового механізму і нестійкості проти автоколивань. Іншим недоліком є підвищені габаритно-масові показники або, при збереженні малих показників, підвищені енергетичні втрати, що пов'язано з необхідністю розміщення на золотнику розподільного пристрою додаткових регулюючих крайок, які виконують функцію керуючого пристрою і задають через лінії керування режим роботи пріоритетного пристрою і рульового механізму в цілому.

На цей час використовуються конструкції рульового керування тролейбусів, які мають мінімальне число шарнірів, рівномірний розподіл опор пружних елементів і несучих вертикальне навантаження шарнірів по довжині тролейбуса. Це приводить до зниження пружної маси, підвищення поперечної жорсткості підвіски без збільшення її вертикальної жорсткості, зниження трудомісткості технічного обслуговування, пониження висоти підлоги в салоні тролейбуса, підвищення маневреності за рахунок зменшення радіуса повороту керованих коліс.

Сучасний вигляд рульового керування для тролейбусів та основні елементи показано на рис. 1 і рис. 2.



Рис. 1. Загальний вид панелі рульового керування та основні елементи:

- 1 – рульове колесо; 2 – рульова колонка; 3 – кожух рульової колонки; 4 – карданний вал рульової колонки; 5 – кутовий редуктор; 6 – карданний вал рульового механізму; 7 – рульовий механізм з вмонтованим гідропідсилювачем; 8 – кронштейн; 9 – сошка; 10 – поздовжня тяга

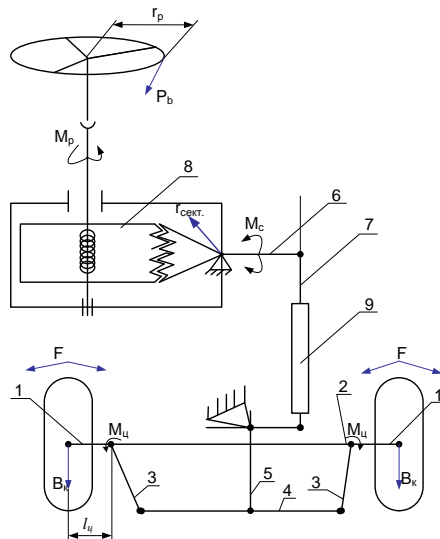


Рис. 2. Конструктивно-кінематична схема системи рульового керування тролейбуса з розрізною поперечною тягою: 1 – цапфа; 2 – балка переднього моста; 3 – важелі;

- 4 – поперечна тяга; 5 – двоплечий важіль; 6 – сошка; 7 – поздовжня тяга; 8 – рульовий редуктор; 9 – гідропідсилювач

Особливістю рульового керування тролейбуса марки ЛАЗ Е183 є наявність електрогідропідсилювача керма виробництва німецької фірми ZF. Такі конструкції більш компактні, тому що питомий тиск, що створюється гідросистемою дорівнює $4\div 7 \text{ Н/мм}^2$ (40–70 бар). Це значення тиску більше, ніж у пневматичних системах у 10 разів, де цей тиск не перевищує $0,6 \text{ Н/мм}^2$.

Рульова колонка і панель приладів тролейбуса марки ЛАЗ Е183 регулюється за висотою і кутом нахилу регульованих коліс, що фіксується пневмоблокуванням. З'єднання елементів рульового керування тролейбуса подане на рис. 1 за допомогою кінематичної схеми.

Електрогідропідсилювачі тролейбусів такого типу обираються з урахуванням характеристик (рис. 3), що мають велике значення при керуванні його рухом.

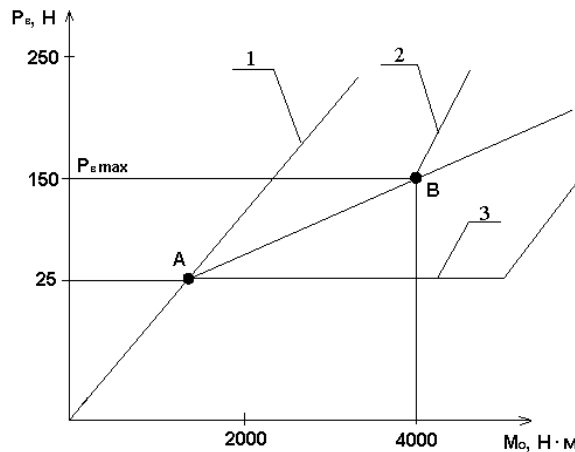


Рис. 3. Залежності зусилля водія P_v від моменту опору M_o підсилювача рульового керування тролейбуса:

- 1 – $P_v = f(M_o)$ – без підсилювача; 2 – з підсилювачем (оптимально підібрані параметри);
3 – з підсилювачем надмірної потужності

Як показано на характеристиках, необхідне виконання вимог руху таким чином, щоб у точці А було включення підсилювача, а в точці В – його вимкнення. При цьому зусилля водія передається на рульову колонку і його величина забезпечує необхідну легкість керування (відчуття дороги).

При надмірній потужності підсилювача (залежність 3) водій не може керувати зусиллям залежно від кута повороту керованих коліс, що перешкоджає керуванню і знижує безпеку руху. При недостатній потужності характеристика буде проходити вище характеристики 2. В цьому випадку водій повинен прикладати до рульового колеса надмірне зусилля для повороту, що збільшує втому водія і погіршує керування тролейбусом.

Схема роботи гідропідсилювача подана на рис. 4.

Недоліками конструкції системи рульового керування тролейбуса з гідравлічним підсилювачем є:

- неможливість тримати рульове колесо в крайньому положенні більше п'яти секунд, інакше відбудеться перегрів масла в системі, що призводить до поломки;
- необхідність частішого обслуговування: заміна рідини, слідкування за рівнем масла в системі, перевірка стану приводів, цілісність шлангів і насоса підсилювача;
- робота насоса гідропідсилювача безпосередньо пов'язана з двигуном, тому насос постійно відбирає у мотора частину потужності, яка при прямолінійному русі, коли гідропідсилювач не задіяний, витрачається даремно;
- неможливість налаштувати режими роботи механізму залежно від умов руху.

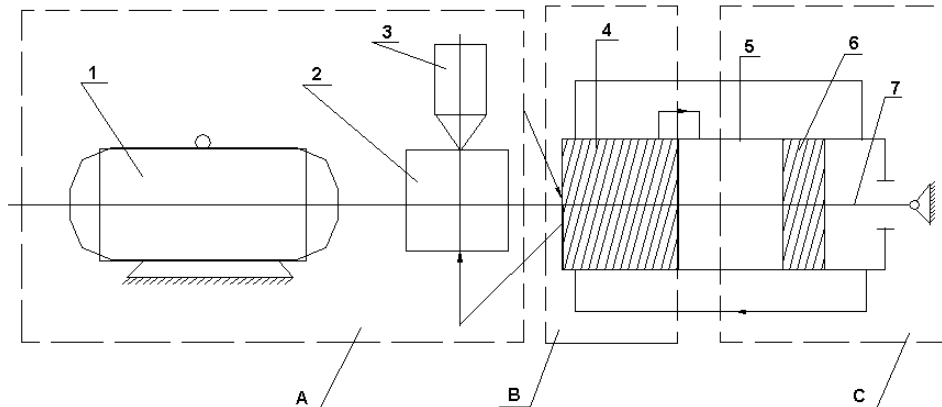


Рис. 4. Схема роботи гідропідсилювача тролейбуса

А – блок живлення (1 - електродвигун, 2 - насос, 3 – фільтр);

В – золотниковий розподільник зі слідкуючим механізмом 4;

С – виконавчий механізм (5 – робочий циліндр, 6 – силовий поршень, 7 – шток)

Тому необхідно шукати інші науково-технічні рішення з урахуванням вимог експлуатації тролейбусів та створювати ефективні конструкції рульового керування, які сприяють підвищенню ефективності та зменшенню зусиль під час експлуатації рухомого складу.

Результати пошуку вирішення проблем рульового керування тролейбусів. Міський тролейбус має специфічну конструкцію рульового керування, яка сприяє змінюванню напрямлення руху транспортного засобу. Але, як свідчить аналіз роботи тролейбусів типу ЛАЗ Е183, швидкість спрацювання його не достатньо висока, а також існують великі зусилля повороту керма, що призводить до незручної комфортності керування.

В даній роботі презентується науково-технічне рішення, яке сприяє підвищенню економічної ефективності і спрощенню конструкції рульового керування тролейбуса за рахунок використання принципів рульового керування автомобілів сучасних конструкцій.

На цей час більшість автомобілів оснащуються підсилювачами рульового керування (рис. 5), а саме: гідравлічними, електрогідравлічними і електричними.



Рис. 5. Підсилювачі рульового керування:

а – гідравлічний, **б** – електрогідравлічний, **в** – електричний

Такі підсилювачі, при використанні деяких технічних рішень, дозволяють швидко змінювати маневреність автомобіля без прикладання значних зусиль. Але вони також мають деякі недоліки.

Наприклад, у гідропідсилювача (рис. 5, а) насос працює від двигуна для підтримки тиску рідини у поршні гідропідсилювача. Цей недолік відсутній у електрогідропідсилювачах (рис. 5, б), де насос для створення тиску приводиться в дію за допомогою електромотора, який може працювати від акумулятора, а значить, при вимкненому двигуні. Такий підхід дозволяє зняти навантаження двигуна, тим самим віддати додаткові кінські сили для руху транспортного засобу. У електропідсилювачі (рис. 5, в) гідравлічна система відсутня. При цьому електромотор через редуктор працює безпосередньо з'єднаний з рейкою рульового приводу. Але такий варіант рульового керування застосовують лише на легкових автомобілях через неможливості передачі високого зусилля електродвигуном рульового приводу колесам на відміну від гідропідсилювача. Якщо використовувати електродвигуни більшої потужності, то під час повороту в низьковольтній мережі автомобіля виникне велике падіння напруги, що не припустимо.

Але всі види підсилювачів, на цей час, мають невисоку ступінь керування при парковці автомобіля, тому водію треба збільшувати кількість обертання керма.

У сучасних автомобілях світового ринку вже почали використовувати технологію рульового керування, за допомогою електронних датчиків і бортових комп'ютерів. Але, на цей час, такі рішення не мають повну удосконаленість чутливих елементів щодо непередбачених перешкод та збільшують вартість автомобіля, що знижує його споживання.

Аналізуючи принципи роботи підсилювачів рульового керування, визначено, що найбільш розповсюдженою є конструкція з рейковим гідропідсилювачем (ГПР). Використання такої конструкції призводить до полегшення роботи рук водія при паркувальних маневрах, коли доводиться здійснювати багато обертів керма при максимальному зусиллі. Також гідропідсилювач такої конструкції послаблює передачу на кермоударів від нерівностей дороги.

Недоліком таких конструкцій ГПР є постійна потреба системи в періодичному ремонті, тому що насос, який прокачує масло по системі, працює постійно, незалежно від того повертається кермо в даний момент або ні. Така робота ГПР відбирає у мотора автомобіля частину потужності.

У німецьких гідро підсилювачах типу ZF Servotronic, які стоять на машинах Audi A6 і A8, BMW 5-й і 7-й серій і всіх моделях Jaguar, використовується електрогідравлічний модулятор тиску. Тому на високій швидкості зберігається особливо добрий контакт з дорожнім покриттям, а відгук коліс на обертання рульового колеса стає чітким і зрозумілим для водія. Крім того, тиск і потік гідравлічної рідини залишаються постійними в будь-який момент часу. Тому в особливих ситуаціях, наприклад, при коригуванні напрямку руху, система працює безвідмовно.

Зазначені властивості забезпечують вкрай високий ступінь точності керування і безпеки водіння автомобіля при збереженні оптимального комфорту управління. Але, в даних типах ГПР відбувається демпфірування наприкінці ходу авто у вигляді шумів при максимальному розвороті коліс.

З урахуванням аналізу проблем, вимог щодо рульового керування троллейбусів та сучасних автомобільних систем пропонується інноваційне рішення підвищення енергоефективності роботи рульових систем троллейбусів за рахунок використання принципу дії електропідсилювачів автомобілів з електродвигунами з ротором, що котиться.

Таке рішення має низку переваг, а саме:

– простоту конструкції, і, як наслідок, обслуговування. Електропідсилювач не має рідини, шлангів, насоса та інших елементів, які потребують періодичного огляду і обслуговування.

– електропідсилювач має більш компактну конструкцію, ніж гідропідсилювач, не займає багато місця у підкузовному просторі;

– електропідсилювач економить енерговитрати, тому що його мотор, на відміну від насоса гідропідсилювача, починає працювати тільки при повороті керма;

– через електронний блок керування можна налаштувати режими роботи електропідсилювача залежно від умов, в яких експлуатується транспортний засіб;

– рульове колесо з електропідсилювачем можна тривалий час тримати в крайньому положенні;

– застосування електродвигуна з ротором, що котиться, дає можливість при поворотах керма реалізовувати великі крутні моменти і відповідно достатні зусилля для повороту керованих коліс, при цьому можливо мінімізувати споживання електроенергії бортової мережі.

Висновки. 1. Проведено аналіз технічних рішень роботи систем рульового керування транспортних засобів, визначені їх переваги та недоліки.

2. Обґрунтовані результати пошуку вирішення проблем підсилювачів рульового керування і визначені шляхи подальших досліджень.

3. За рахунок використання принципу дії систем рульового керування автомобілів визначені ефективні рішення збільшення параметрів енергоефективності рульового приводу шляхом застосування електродвигуна з ротором, що котиться.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Богодистый П.А.* Троллейбусы Украины / П.А. Богодистый, Л.В. Збарский, А.Ю. Палант // Харьков : Золотые страницы, 2017. – 480 с.
2. *Келлер А.В.* Принципы и методы распределения мощности между ведущими колесами полноприводных армейских автомобилей: монография / А.В. Келлер, И.А. Мурог. – Челябинск: Изд. ЧВВАКИУ, 2009. – 218 с.
3. *Мурог И.А.* Математическая модель движения автомобиля / И.А. Мурог // Вестник ЮУрГУ, 2013.
4. *Ноерке, Е., Breuer, S.* Nutzfahrzeugtechnik ATZ/VNZ - Fachbuch, Vieweg + Teubner, 2008.
5. *Isermann, R.* Fahrdynamik-Regelung: Modellbildung, Fahrerassistenzsysteme, Mechatronik ATZ/VNZ - Fachbuch Vieweg + Teubner, 2006.
6. *Максимов А.Н.* Городской электрический транспорт: Троллейбус / А.Н. Максимов // М.: Изд. центр Академия, 2004. – 256 с.
7. *Бертинов А. И.* Электрические двигатели с катящимся ротором [Текст] / Бертинов А.И., Варлей В.В. // Издательство «Энергия». – Москва: 1969.–200 с.
8. *Мурог И.А.* Математическая модель рулевого управления с усилителем гидравлического типа / И.А. Мурог // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2009. – Вып. 14. – № 33 (166). – С. 45-50.
9. *Слепцов М.А.* Основы электрического транспорта / М.А. Слепцов и др. // Транспорт, 2006.
10. *Скуріхін І.Л.* Один з шляхів підвищення керованості троллейбуса / І.Л. Скуріхін, В.І. Скуріхін, Д.В. Бондарев // Сборник «Коммунальное хозяйство городов». – Харків: ХНАМГ, 2012.

11. Скуріхін В.І. Удосконалення рульового приводу тролейбуса ЗиУ-9 / В.І. Скуріхін. // XXXVI Научно-техническая конференция преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства. Ч.2. – Х: ХНАМГ, 2012 р.– С. 69

12. Наний В.В. Аспекты проектирования и испытания двигателей с катящимся ротором/В.В. Наний, А.Г. Мирошниченк, В.Д. Юхимчук, А.А. Дунев, А.М. Масленников, А.В. Егоров, Д.В. Потоцкий // Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – №55. – С. 84-88.

13. Наний В.В. Сравнение конструкций двигателей с катящимся ротором / В.В. Наний, А.А. Дунев, Н.Я. Петренко, А.М. Масленников // II Університетська науково-практична студентська конференція магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», (Харків, 25-27 березня 2008 р.). – Харків : НТУ «ХПІ». – 2008. – Т. 2. – С. 57–58.

14. Yuki Hagimori; Masato Ito; Kenichiro Nonaka; Kazuma Sekiguchi, “Model predictive steering control for independent driving and steering vehicles considering coaxial steering mechanism — Implementation to an embedded CPU”, Asian Control Conference (ASCC), 2015.

REFERENCES

1. Bogodistyy P.A., Zbarskiy L.V., Palant A.Yu., *Trolleybusyi Ukrainyi* [Ukrainian trolleybuses], Kharkov : Golden pages, 2017. – 480 p.

2. Keller A.B., Murog I.A., *Printsipy i metodyi raspredeleniya moschnosti mezhdru veduschimi kolesami polnoprivodnyih armeyskih avtomobiley: monografiya* [Principles and methods of power distribution between the driving wheels of all-wheel drive army vehicles: a monograph] Chelyabinsk: issue: CRBMAIN, 2009. - 218 p.

3. Murog I.A. *Matematicheskaya model dvizheniya avtomobilya* [Mathematical model of car movement], Period. SUSU. 2013.

4. Hoepke, E., Breuer, S. *Nutzfahrzeugtechnik ATZ/VNZ* [Commercial Vehicle Technology ATZ / VNZ]-Textbook, Vieweg Teubner, 2008.

5. Isermann, R. *Fahrdynamik-Regelung: Modellbildung, Fahrerassistenzsysteme, Mechatronik ATZ/VNZ* [Vehicle Dynamics Control: Modeling, Driver Assistance Systems, Mechatronics ATZ / VNZ]- Textbook, Vieweg Teubner, 2006.

6. Maksimov A.N. *Gorodskoy elektricheskoy transport: Trolleybus* [City electric transport: trolley bus] Moscow.: issue. Center Academy, 2004. – 256p.

7. Bertinov A. I., Varley V.V., *Elektricheskie dvigateli s kataschimsya rotorom* [Electric motors with a rolling rotor] issue «Energy », Moscow. 1969.–200 p.

8. Murog I.A. *Matematicheskaya model rulevogo upravleniya s usilitelem gidravlicheskogo tipa* [Mathematical Model of Hydraulic Power Steering] Period. SUSU. part «Mechanical engineering». 2009. pp. 45-50.

9. Sleptsov M.A. *Osnovy elektricheskogo transporta* [Basics of electric transport] Moscow.: Transport, 2006.

10. Skurihin I.L., Skurihin V.I. Bondarev D.V. *Odin z shlyahiv pidvischennya kerovanosti troleybusa* [One way to increase trolleybus handling] Collection "Utilities of cities". Kharkiv, KNAME, 2013.

11. Skurihin V.I., Udoskonalennya rulovogo privodu troleybusa ZIU-9 [Improvement of the steering gear of the trolley bus ZiU-9] XXXVI scientific and technical conference of teachers, graduate students and staff of National University of Urban Economy in Kharkiv. part.2 ", Kharkiv, KNAME, 2012.- p. 69

12. Naniy V.V., Miroshnichenk A.G., Yuhimchuk V.D., Dunev A.A., Maslennikov A.M., Egorov A.V., Pototskiy D.V. (2010). Aspektyi proektirovaniya i ispytaniya dvigateley s kataschimsya rotorom [Aspects of the design and testing of engines of a rolling rotor motor], *Problemi udoskonalennya elektrichnih mashin i aparatlv. Teoriya i praktika* [Problems of improvement of electric machines and apparatuses. Theory and practice], Collection of scientific, Kharkiv: NTU «KHPI», pp. 84-88.

13. Naniy V.V., Dunev A.A., Petrenko N.Ya., Maslennikov A.M. (2008). *Sravnienie konstruksiy dvigateley s kataschimsya rotorom* [Comparing engine designs with a rolling rotor motor], student conference, Kharkiv , NTU «KHPI», Part 2, pp. 57–58.

14. Yuki Hagimori; Masato Ito; Kenichiro Nonaka; Kazuma Sekiguchi, “Model predictive steering control for independent driving and steering vehicles considering coaxial steering mechanism — Implementation to an embedded CPU”, Asian Control Conference (ASCC), 2015.

Татьяна Павловна Павленко, д.т.н., профессор
(профессор кафедры «Электрический транспорт», Харьковский Национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова);

Владислав Игоревич Скурихин, к.т.н., доцент
(доцент кафедры «Электрический транспорт», Харьковский Национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова);

Виталий Иванович Колотило, к.т.н., доцент
(доцент кафедры «Электрический транспорт», Харьковский Национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова);

Иван Валентинович Азарков
(аспирант кафедры «Электрический транспорт», Харьковский Национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова)

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СИСТЕМЫ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Проведен анализ современных конструкций систем рулевого управления троллейбусов. Определены технические решения, проблемы и особенности работы усилителей с целью их дальнейшего использования в системах рулевого управления подвижного состава. Для повышения эффективности и простоты конструкции системы рулевого управления при эксплуатации троллейбусов предлагается инновационное решение, основанное на внедрении усилителя с электродвигателем с катящимся ротором.

Ключевые слова: рулевое управление, усилитель рулевого управления, энергоэффективность, гидроусилитель, электроусилитель.

Tetiana Pavlenko
(Associate Professor of the Department of Electrical Transport of National University of Urban Economy in Kharkiv);

Vladyslav Skurikhin
(Associate Professor of the Department of Electrical Transport of National University of Urban Economy in Kharkiv);

Vitaly Kolotilo
(Associate Professor of the Department of Electrical Transport of National University of Urban Economy in Kharkiv);

Ivan Aharkov
(PhD degree student of the Department of Electrical Transport of National University of Urban Economy in Kharkiv)

ANALYSIS OF PROBLEMS OF THE TROLLEYBUSES STEERING SYSTEM AND PERSPECTIVES FOR THEIR SOLUTION

Electric transport is a necessary part of infrastructure of large cities and is used for the transportation of passengers or cargo. Therefore, the issue of its constant updating or modernization and improvement of some elements is acute.

The analysis of problems during the operation of trolleybuses was carried out and the object of modernization of steering control on the basis of the trolleybus brand LAZ-E183 was determined.

The purpose of the work is to develop steering control of simplified design and increased energy efficiency.

The object of research is design the amplifiers of the steering system of trolleybuses. The subject of the study is processes and characteristics that affect energy efficiency of steering systems.

The scientific novelty is an innovative solution to increase the energy efficiency of the steering system of trolleybuses through the use of an electric motor with rolling rotor, which allows to realize a high torque unlike traditional electric motors.

The practical value of a new technical solution is develop an electric power steering system of trolleybus through the use of an electric motor with rolling rotor, as well as in reducing the size and simplified design of the steering booster.

The application of the engine with rolling rotor makes it possible to reduce the power consumption of the on-board network by switching on the electric power steering only at the moment of turning the trolley, which also increases the energy efficiency of the steering control.

Keywords: *steering, steering booster, energy efficiency power steering, electric power steering.*