

САК, параметри роботи електроприводу далекі від потрібних: тривалість перехідного процесу 5 с, зміна швидкості обертання при навантаженні на 34%.

Для забезпечення потрібних характеристик використано різні типи регуляторів: статичний, пропорційний (П – регулятор), астатичний, інтегруючий (І-регулятор), астатичний, пропорційно інтегруючий (ПІ - регулятор) та пропорційно-інтегро - диференційний (ПІД - регулятор). Вивчена робота електроприводу із кожним з цих регуляторів і проаналізовані параметри його роботи. Показано, що під час роботи з ПІД регулятором, при оптимально підібраних параметрах регулятора, характеристики електроприводу з вентильним двигуном задовольняють високим вимогам точності і якості роботи. Час перехідних процесів зменшився до 0,03 с. Точність регулювання швидкості в динамічних режимах становить 0,15%.

В результаті виконаної роботи розроблена математична модель електроприводу, яка дозволяє проектувати вентильні електроприводи різного призначення, відповідно до технічних вимог їх експлуатації та експериментально підібрати близькі до оптимальних параметри регулятора.

Показано, що вільне програмне забезпечення, а саме математичний пакет Scilab/Xcos дозволяє моделювати складні технічні пристрої і одержувати моделі, які знаходять вимогам практики, аналогічні як моделі, побудовані з використання ліцензійного пакету Matlab/Simulink.

## **ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАМВАЙНИХ ВАГОНІВ ТИПУ ТЗ-ВПНП**

*Дорогавцев Д.О., Бєлєвцов Є.В.*

*Науковий керівник – Далека В.Х. проф., д.т.н.*

У Салтівському трамвайному депо м. Харкова з 127 одиниць рухомого складу, що знаходяться в регулярній експлуатації, 33 одиниці з електронною системою керування. Це трамвайні вагони Tatra ТЗМ, ТЗА, ТЗ ВПА, Т6В5, Т6А5 та ТЗ-ВПНП. Решта трамвайних вагонів обладнані реостатно-контакторною системою керування.

У 2010 році фірма "Політехносервіс" спільно з чеськими фахівцями налагодила виробництво кузовів напівнизькою підлогою вагона ТЗUA-3, на базі виробничих потужностей Калуської заводу комунальної техніки. У 2011-2012 роках було зібрано 6 трамваїв типу ТЗUA-3 "Каштан" для Києва з кузовами Калуського виробництва. З 2016 року складання власних трамваїв на основі кузовів Калуського виробництва була налагоджена в Одесі, а з 2017 року - в Запоріжжі та Харкові.

Харківський частково низькопідлоговий вагон отримав індекс ТЗ-ВПНП (скорочено від "Вагон Переобладнаний Низькопідлоговий").

Кузов для першого вагона ТЗ-ВПНП надійшов з Калуша до Харкова в квітні 2016 року. Збірка вагона проводилася підприємством "Технології електротранспорту" на базі КП "Салтівське трамвайне депо" і зайняла трохи більше року. на відміну від київських, одеських і запорізьких побратимів. ТЗ-ВПНП отримав оригінальний дизайн лобової і задньої частин кузова, що робить вагон лише віддалено схожим на чеські Vario LF. ТЗ-ВПНП відрізняється від ТЗUA-3 також і по "начинці": на вагоні встановлені нові візки, тягові електродвигуни ТЕ-026 аналогічні вагонам Tatra-T6A5, транзисторна система управління "Чергос" замість Cegelec TV-Progress, виконано оригінальне оформлення салону з кондиціонером.

Таким чином, трамвайний вагон типу ТЗ-ВПНП це – сучасний чотирьохвісний, частково низькопідлоговий трамвайний вагон, який обладнано електронною системою керування тяговим електроприводом, візками з подвійним підсиленням колісних пар, системою дискових гальм, електродвигунами постійного струму, сучасним кузовом Українського виробництва. Вагон має естетичний зовнішній вигляд, що дає йому змогу легко вписуватися в архітектуру сучасного Харкова.

Перші ходові випробування вагона ТЗ-ВПНП пройшли в квітні 2017 року, після чого він був представлений журналістам. За результатами випробувань в конструкцію вагона було внесено ряд змін, зокрема, встановлено кватирки в бокових вікнах (спочатку планувалася вентиляція тільки за допомогою кондиціонування салону), крім бічних камер зовнішнього спостереження з'явилися дзеркала заднього виду. Вагон був повторно презентовано журналістам, громадськості та місцевим влади 22 серпня 2017 року, і вже з наступного дня почав роботу з пасажирами.

Показники пасажиромісткості вагону типу ТЗ-ВПНП:

- кількість місць для сидіння – 29;
- загальна пасажиромісткість вагона – 147 пас.
- маса порожнього вагона в спорядженому стані –  $(20,2 \pm 0,5)$  т;
- маса завантаженого вагона, не більше – 30,3 т;
- середня навантага на будь-яку з осей, не більше – 7,9 т.

Показники електроспоживання - витрати електроенергії під час розгону вагона до швидкості 45 км/год–  $610 \pm 50$  Вт·год.

Електрообладнання тягової електропередачі і система електроприводу вагона ТЗ-ВПНП, забезпечують:

- плавний безреостатний пуск і регулювання швидкості руху в тяговому режимі в діапазоні швидкостей аж до конструкційної;
- рух в режимі вибігу;

- службове рекуперативне (при наявності підключеного до контактної мережі споживача) і реостатне (при відсутності споживача або напруги мережі електричне гальмування в діапазоні швидкостей від конструкційної до 2 ... 3 км/год з подальшим автоматичним переходом на гальмування механічно (колодковим) гальмом до повної зупинки трамвая;
- екстрене гальмування при спільній роботі електричного (механічного) і електромагнітного рейкового гальма;
- автоматичне заміщення механічним гальмом електричного при відмові останнього або при зупинці;
- зміна напрямку руху (реверсування тягових електродвигунів);
- маневровий режим руху по паркових коліях (зі швидкістю до 5 км / год) з допоміжного пульта;
- рух при автономному ході (від акумуляторної батареї);
- рух на двох тягових асинхронних електродвигунах при відмові одного з перетворювачів;
- автоматичне переведення стрілок під струмом;
- захист електроприводу від юза;
- захист силових ланцюгів від протікання надмірних струмів при перевантаженнях, при відхиленнях напруги контактної мережі;
- контроль пильності водія і зупинку вагона при її втраті.

У ході роботи було зібрано інформацію про відмови трамвайних вагонів, які експлуатуються на маршрутах Салтівського трамвайного депо у лінії за 2018-2019 роки.

Аналізуючи статистичні дані по відмовам рухомого складу за цей період бачимо що більша частина відмов трапляється з причини несправності ланцюгів керування, несправності прискорювача на трамвайних вагонах типу ТЗ, несправності інших комутаційних елементів та апаратів. На відміну від вагонів ТЗ на вагонах з електронною системою керування відмов набагато менше і всі вони не зв'язані з електричними колами керування, чи комутаційними елементами, оскільки більша частина контакторів вмикається з малим струмом, що забезпечує більший ресурс їх роботи і меншу вірогідність відмов.

Усі відмови та несправності трамвайних вагонів з електронною системою керування в 2018-2019 роках сталися не з причини несправності електронної системи керування, а з причини короткого замикання електропроводки, корозії металу, чи сторонніх причин, отож можемо зробити висновок що експлуатація трамваїв з електронною системою керування є більш надійною у порівнянні з реостатно-

контакторною. При експлуатації таких вагонів жодного разу не сталося затримки руху в наслідок відмови системи керування через недостатнє обслуговування, чи незадовільний технічний стан. Вважаємо за необхідне додати також наступну інформацію: В депо експлуатуються вагони ТЗ-ВПНП з бортовими номерами 575, 585, та 4010 – за весь період експлуатації даних вагонів не сталося жодної відмови у роботі даних вагонів.

Практика експлуатації таких вагонів показує, що сучасний рухомий склад майже не має відмов на маршрутах та не створює умов для затримки руху міськелектротранспорту, при якісному та своєчасному технічному обслуговуванні та ремонті.

Досвід експлуатації трамвайних вагонів з електронними системами керування, зокрема, вагонів типу ТЗ-ВПНП показує, що для забезпечення якісного обслуговування пасажирів та роботи в конкурентних умовах на ринку пасажироперевезень в місті, необхідно оновлювати рухомий склад, а також необхідно модернізувати вже наявний рухомий склад шляхом проведення капітальних ремонтів з модернізацією основних систем вагону. Оскільки рейковий транспорт є економічним, енергоефективним та екологічно чистим, отож за міським електротранспортом майбутнє.

## **НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ТРАНСПОРТІ**

*Денисов Д.П., Рогоза І.О.*

*Науковий керівник – Смирнов О.П., д-р техн. наук, професор,  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)*

Транспортна політика країн ЄС націлена на різке зменшення залежності від імпорту нафти, а викиди вуглекислого газу на транспорті до 2050 р. планується знизити на 60 %. Для міського транспорту передбачається застосування екологічно чистих транспортних засобів та видів палива. До 2030 р. рух автомобілів на традиційних видах палива у містах буде скорочено на 50 %, а до 2050 року буде повна заборона їх застосування у містах.

Актуальність дослідження полягає в необхідності впровадження та застосування сучасних енергозберігаючих технологій на транспорті. Це гармонійно вписується у загальну концепцію сталого розвитку суспільства, яка націлена на підвищення добробуту населення і забезпечення здорової, надійної, економічної, соціальної та екологічної основи розвитку як для сьогодення, так і для майбутніх поколінь.