

ння ряду вказаних перетворень електричної системи.

Таким чином, показана можливість застосування методу змінних стану для розв'язання мережевих задач електроенергетики. Як показано в процесі аналізу представленим методом, властивості надмірності змінних стану, що виявляються в електричних мережах, досить легко долаються. Це відкриває широкі можливості для використання розв'язання задач аналізу електричних мереж багаточисельних добре відлагоджених алгоритмів формування рівнянь стану і чисельних методів для їх інтегрування.

1. Герасименко А.А., Федін В.Т. Передача и распределение электрической энергии. – Ростов -н/Д.: Феникс, 2006. – 720 с.
2. Сенди К. Современные методы анализа электрических систем. – М.: Энергия, 1971. – 360 с.
3. Мельников Н.А. Матричный метод анализа электрических цепей. – М.: Энергия, 1972. – 323 с.
4. Идельчик В.В. Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и систем. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
5. Чуа Л.О., Пен-Мин Лин. Машинный анализ электрических схем. – М.: Энергия, 1980. – 640 с.
6. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – К.: Техніка, 1975. – 768 с.
7. Калахан Д. Методы машинного расчета электронных схем. – М.: Мир, 1970. – 344 с.
8. Дьяконов В.П. MathCAD 8PRO в математике, физике и Internet. – М.: Нолидж, 2000. – 512 с.

*Отримано 08.12.2010*

УДК 629.113

В.Х.ДАЛЕКА, В.Ф.ХАРЧЕНКО, доктора техн. наук,  
М.І.ШПІКА, канд. техн. наук, Н.О.ГРИЦЕНКО  
*Харківська національна академія міського господарства*

## **ТЯГОВИЙ ПРИВОД ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ГІБРИДНОЮ ЕНЕРГОУСТАНОВКОЮ**

Показано шляхи вдосконалення існуючих транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання за рахунок впровадження гібридних енергоустановок і тягового електроприводу з асинхронними електродвигунами.

Показаны пути совершенствования существующих транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания за счет внедрения гибридных энергетических установок и тягового электрического привода с асинхронными электродвигателями.

The ways of perfection of existent transports vehicles are shown with combustion engines due to introduction of hybrid power plants and hauling electric drive with asynchronous electric motors.

*Ключові слова:* тяговий привод, гібридна енергоустановка, суперконденсатор, акумуляторна батарея, перетворювач частоти, тяговий електродвигун.

Сьогодні на транспорті значна увага приділяється проблемам економії енергоресурсів та екології. Поява на дорогах великої кількості автомобілів, особливо в мегаполісах, змусила більш уважно поставитись до екологічних проблем ще в минулому столітті. В країнах Європи було прийнято норми Євро, що забороняють використовувати транспорт, в якого рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу перевищує допустимі значення. В містах з'явилися екологічно чисті зони, проїзд автомобілям в які заборонено. Крім того, зусилля націлені на зниження витрат пального, оскільки за прогнозами фахівців запаси нафти можуть вичерпатися за 140 років [1-3].

Зараз практично всі прогресивні виробники автомобільного транспорту проводять наукові дослідження з розробки і впровадження електромобілів та автомобілів з гібридними енергоустановками, оскільки попит на економічні й екологічно чисті транспортні засоби постійно зростає [4]. Електромобілі поки що не знайшли значного поширення в зв'язку з відсутністю акумуляторів з великою ємністю та низькими масо-габаритними показниками, а легкові автомобілі з гібридними енергоустановками вже випускаються серійно. Крім того, з тяговим електроприводом випускаються кар'єрні самоскиди.

В Україні ще недавно у великих і середніх містах домінував міський електричний транспорт, на долю якого припала лівова частка всіх перевезень пасажирів. Та, на жаль, в останні роки міському електричному транспорті приділяється недостатньо уваги. Не оновлюється його рухомий склад, який вже суттєво зношений і постійно кількісно зменшується. Наприклад, у 1995 р. інвентарний парк рухомого складу в депо м.Харкова нараховував 1311 одиниць, а в 2006 р. – тільки 684 одиниці [5], скоротилась чисельність маршрутів в центральній частині міста, в два рази зменшилась кількість депо. Замість тролейбусів і трамваїв для перевезення пасажирів використовуються маршрутні таксі та автобуси з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) або дизелями, що не покращує екологію міста. Тому і для нас є актуальним використання транспортних засобів з гібридними енергоустановками для міських перевезень.

Гібридна енергоустановка з сучасною системою автоматичного керування (САК) забезпечує синергетичне комбіноване використання ДВЗ і тягового електричного приводу. Основним завданням САК гібридної енергоустановки є забезпечення найбільш економічного й екологічно безпечного режиму роботи ДВЗ за рахунок перерозподілу навантаження між ДВЗ та тяговим електроприводом.

Об'єднання позитивних якостей ДВЗ і електричного приводу дозволяє отримати суттєві переваги в порівнянні з традиційною механіч-

ною передачею автомобіля, а саме, підвищення екологічної чистоти, економію палива, поліпшення його динамічних властивостей та підвищення ККД енергоустановки. Розглянемо, за рахунок яких чинників досягаються ці переваги.

Для оцінки енергетичних та економічних показників ДВЗ використаємо його зовнішні швидкісні характеристики, наведені на рис.1.

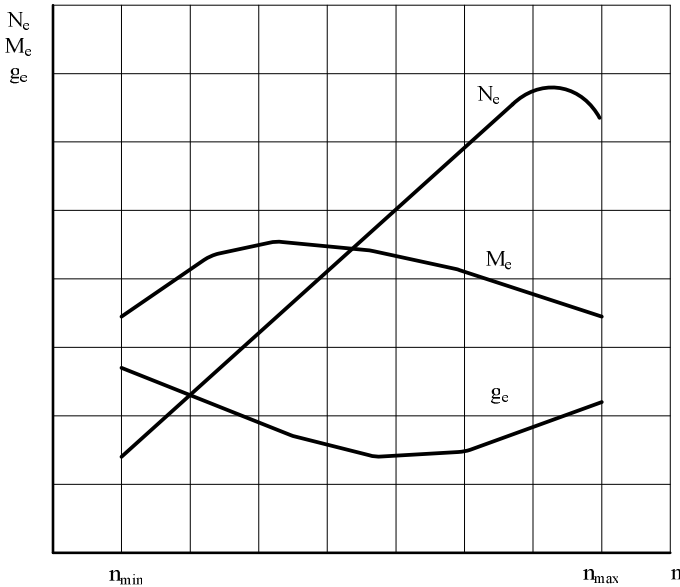


Рис.1 – Зовнішні швидкісні характеристики ДВЗ

Із зовнішніх швидкісних характеристик видно, що ДВЗ працює в оптимальному режимі лише в вузькому діапазоні обертів.

Максимальний ефективний момент на валу  $M_e$  не забезпечується на низьких обертах і досягається за рахунок суттєвого підвищення обертів та ефективної потужності  $N_e$ . При подальшому підвищенні обертів та ефективної потужності  $N_e$  момент на валу  $M_e$  знижується.

Паливна економічність роботи ДВЗ оцінюється питомою ефективною витратою палива  $g_e$ , яка найбільша при низьких обертах і досягає свого мінімуму в середині діапазону.

На основі вищесказаного можна зробити висновок, що на транспортних засобах з ДВЗ при розгоні на низьких обертах неможливо забезпечити економічний режим з високими динамічними показниками.

Найкращі показники можна отримати на середині швидкісного діапазону при незмінних обертах.

При використанні тягового електроприводу, наприклад, асинхронного, можна отримати максимальне значення моменту і високі динамічні показники вже на початку руху транспортного засобу. Але для забезпечення комфортності пасажиром більш доцільним є плавне його наростання до максимального значення (рис.2).

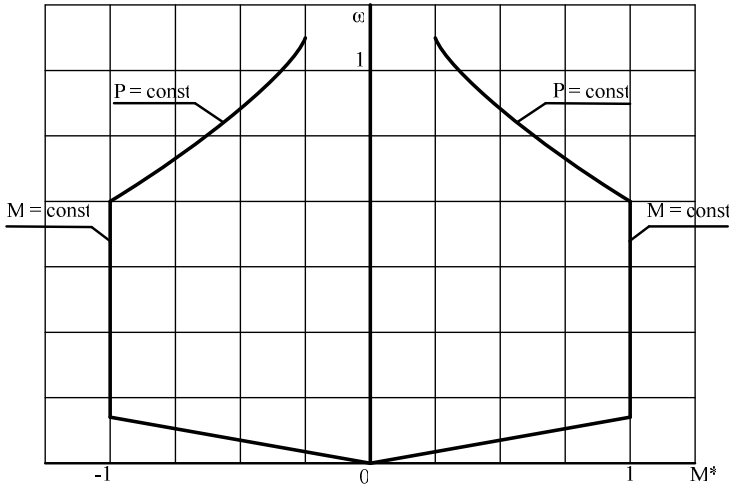


Рис.2 – Механічні характеристики тягового асинхронного електроприводу

Подальша реалізація максимального моменту можлива в швидкісному діапазоні із збільшенням потужності споживання аж до обмеження за потужністю електродвигуна.

При гальмуванні механічна енергія перетворюється в електричну і може акумулюватись для подальшого використання. При цьому підвищується ККД енергоустановки і резервується механічна гальмівна система.

На рис.3 наведена структурна схема гібридної енергоустановки, яка дозволяє розглянути можливі варіанти її технічної реалізації. Відомі три схеми побудови гібридних енергоустановок: послідовна, паралельна та змішана.

При послідовній схемі навантаженням ДВЗ служить генератор, який через перетворювач живить тяговий електродвигун або накопичувач енергії, або їх обох, залежно від навантаження електродвигуна.

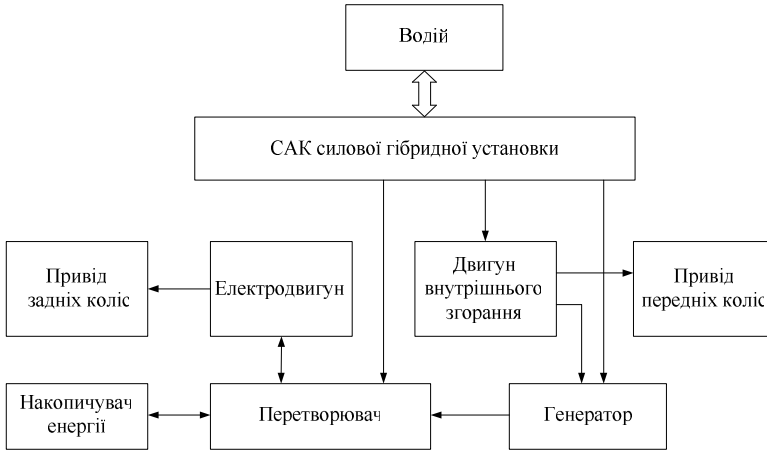


Рис.3 – Структурна схема гібридної енергоустановки

При цьому, для ДВЗ вибирається економний режим роботи і він не зв'язаний з приводом коліс. В якості накопичувача енергії служать акумулятор та суперконденсатор. Переваги такої схеми перед іншими:

- відносно проста САК силової гібридної установки;
- можливість використання ДВЗ меншої потужності в економному режимі;
- відсутність спеціальних вузлів трансмісії для зв'язку ДВЗ з ведучими колесами.

При паралельній схемі ДВЗ і тяговий електродвигун через трансмісію мають зв'язок з ведучими колесами і працюють паралельно. До переваг такої схеми слід віднести можливість одержати на транспортному засобі високі динамічні показники, а до недоліків:

- більш складна САК силової гібридної установки;
- наявність спеціальних вузлів трансмісії для зв'язку ДВЗ з ведучими колесами;
- використання ДВЗ повної потужності в неекономних режимах при регулюванні швидкості.

В змішаній схемі використовується комбінація послідовної і паралельної схем залежно від умов руху транспортного засобу. Така схема застосовується на легкових автомобілях типу Lexus і Toyota.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що на міських транспортних засобах, які використовуються для перевезень пасажирів, доцільно впроваджувати гібридні енергоустановки, вико-

нані за послідовною схемою. Це дозволить отримати всі переваги транспортного засобу з гібридною енергоустановкою при використанні ДВЗ меншої потужності в економному режимі, відносно простої САК силової гібридної установки, відсутності спеціальних вузлів трансмісії для зв'язку ДВЗ з ведучими колесами.

1. Туренко А.Н., Пятак А.И., Кудрявцев И.Н. и др. Экологически чистый криогенный транспорт: современное состояние и проблемы // Вестник ХГАДТУ: Сб. науч. тр. Вып.12-13. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – С.42-47.

2. Богомолов В.А., Кудрявцев И.Н., Пятак А.И. и др. Развитие новейших криогенных технологий для перспективных видов автомобильного транспорта // Автомобильный транспорт: Сб. науч. тр. Вып. 12. – Харьков: РИО ХНАДУ, 2004. – С.67-69.

3. Дубинин А.В., Быков А.А., Колобов М.Г. Гибридный транспорт // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.88. – К.: Техніка, 2009. – С.275-280.

4. Бажинов О.В., Смирнов О.П. та ін. Гібридні автомобілі. – Харків, 2008. – 327 с.

5. Шпика Н.И., Донец А.В. К вопросу модернизации тяговых электроприводов городского электротранспорта // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.76. – К.: Техніка, 2007. – С.354-359.

*Отримано 13.12.2010*

УДК 656

С.В.ОЧЕРЕТЕНКО, канд. техн. наук, М.В.ГОРОБИНСЬКА  
*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ НА ТРАМВАЙНИХ МАРШРУТАХ ПРИ РІЗНИХ ЙОГО УМОВАХ**

Проведено аналіз основних факторів, які впливають на час руху. Встановлено математичні залежності зміни часу руху на трамвайних маршрутах при різних його умовах.

Проведен анализ основных факторов, влияющих на время движения. Установлены математические зависимости изменения времени передвижения на трамвайных маршрутах при различных условиях движения.

The analysis of the main factors influencing the trip time is carried out in the given article. The mathematical dependence of the trip time change on tram routes at different conditions of movement is determined.

*Ключові слова:* трамвай, ходова швидкість, умови руху.

Міський пасажирський транспорт сучасного великого міста являє собою складну соціально-економічну систему, елементи якої здійснюють перевезення пасажирів між центрами транспортного тягіння. У великих містах від 40 до 60% пасажирських перевезень здійснюється наземним електричним транспортом. Останнім часом спостерігається занепад електричного транспорту і розвиток автомобільного. Таку си-