

УДК 629.421; 629.405

М. В. ХВОРОСТ, д-р техн. наук

М. І. ШПІКА, канд. техн. наук

А. І. БЕСАРАБ, старший викладач

Харківська національна академія міського господарства, м. Харків

## ТЯГОВИЙ АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ДЛЯ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

*Показаны пути совершенствования существующего тягового электропривода городского электрического транспорта за счет внедрения асинхронного электропривода с микропроцессорной системой управления.*

*Показано шляхи вдосконалення існуючого тягового електроприводу міського електричного транспорту за рахунок впровадження асинхронного електроприводу з мікропроцесорною системою керування.*

### Вступ

Міський електричний транспорт (МЕТ) є складовою частиною єдиної транспортної мережі України. Він перевозить до 60 % всіх пасажирів в 54 містах нашої країни.

Серед основних технічних вимог, що пред'являються до сучасного рухомого складу МЕТ, таких як підвищення провізної спроможності, зниження матеріалоемності вагонів, забезпечення заданих прискорень та сповільнень, а також комфортних умов для пасажирів, важливе значення має зниження енергетичних потреб, зменшення затрат на обслуговування та покращення умов праці. Виконання цих вимог наявним рухомим складом проблематично, так як він морально і фізично застарів і в значній мірі зношений.

### Основна частина

Питання реформування рухомого складу МЕТ визначені Державною програмою розвитку міського електротранспорту на період 2007–2015 років [1]. Можливі два шляхи їх вирішення за рахунок використання в складі тягового електропривода (ТЕП):

- імпульсних перетворювачів (ІП) на сучасній елементній базі з мікропроцесорною системою керування (МПСК);
- автономних інверторів напруги (АІН) з тяговими асинхронними електродвигунами (ТАД) та МПСК.

При порівняльному аналізі можна керуватися наступними критеріями:

- енергозбереження;
- затрати на модернізацію;
- експлуатаційні затрати;
- уніфікація електричного обладнання.

Використання ІП дозволяє до 30 % знизити енергозатрати [2], так як вилучаються пускові реостатів. При цьому тягове обладнання з імпульсним регулятором на базі IGBT-транзисторів забезпечує плавне регулювання струму як в пускових режимах, так і в режимах гальмування.

В той же час тяговий асинхронний електропривод дозволяє [3]:

- збільшити в 1,5-2рази осьову потужність;
- підвищити на 20–30% властивості зчеплення;
- зняти принципові обмеження по частоті обертів ротора тягового електродвигуна;
- усунути контактну апаратуру з силових кіл;
- суттєво знизити витрати міді;
- знизити експлуатаційні затрати до 40%;
- збільшити термін служби електрообладнання;
- підвищити ККД електропривода на 1,5–2%.

Затрати на модернізацію ТЕП з ІІ менші, так як використовуються штатні електродвигуни, а ІІ має в своєму складі меншу кількість силових напівпровідникових елементів та більш просту систему керування. В той же час в разі використання ІІ та штатних тягових електродвигунів, наприклад, на трамвайних вагонах ТЗ, потрібно передбачити додатковий статичний перетворювач з асинхронним мотор-вентилятором для примусової вентиляції електродвигунів. А асинхронні тягові електродвигуни виготовляються з самостійною вентиляцією, тому такий перетворювач не потрібен. В даному випадку різниця в затратах між асинхронним електроприводом та електроприводом постійного струму буде менша. В обох випадках потрібно замінювати електромашинні перетворювачі власних потреб на статичні.

При порівнянні асинхронного тягового електроприводу та тягового електроприводу з ІІ і штатними електродвигунами постійного струму слід врахувати той фактор, що штатні електродвигуни мають обмежений ресурс роботи, а при їх заміні потребуються значно більші кошти, ніж для придбання асинхронних електродвигунів.

Експлуатаційні затрати при використанні асинхронного тягового електроприводу значно менші, так як асинхронний електродвигун майже не потребує затрат на обслуговування.

Для оцінки можливостей уніфікації тягового електрообладнання, слід звернути увагу на основні параметри тягових електродвигунів трамвайних вагонів та тролейбусів. Штатні тягові електродвигуни суттєво різняться потужністю, часовими струмами, системами вентиляції та збудження. Тому при модернізації ТЕП трамвайних вагонів та тролейбусів шляхом введення ІІ їх повна уніфікація неможлива. Потребується розробка декількох модифікацій ІІ.

При модернізації вищевказаних ТЕП за рахунок введення АІН з ТАД та МПСК уніфікація тягового електрообладнання можлива, так як відбудеться заміна тягових електродвигунів постійного струму на асинхронні. Потужність ТАД для трамвайних вагонів може складати 55-65 кВт, що дозволить покращити їх динамічні властивості. При цьому два асинхронні електродвигуни, включених паралельно, будуть живитись від одного АІН.

Потужність тягових електродвигунів для тролейбусів може складати 110-130 кВт. Для зчленованих тролейбусів їх необхідно буде ставити два, причому кожен з ТАД буде живитись від свого АІН.

Що ж стосується систем керування, то можна використовувати як системи скалярного, так і векторного керування ТАД [4]. На рис. 1 приведена структурна схема системи керування асинхронного електроприводу тролейбуса з одним ТАД.

До складу системи керування електроприводом входять:

- пульт керування;
- мікропроцесорна система керування;
- системи керування інвертором напруги;
- датчик постійної напруги;
- датчик постійного струму;
- датчики змінного струму за числом фаз ТАД;
- датчик обертів електродвигуна;
- дисплей.

Система керування асинхронним електроприводом підпорядкована і складається з трьох рівнів. Найвищу ієрархію має пульт керування. На другому рівні знаходиться мікропроцесорна система керування. Системи керування інвертора напруги має найнижчий третій рівень. Зв'язок між пультом керування та МПСК здійснюють цифровим каналом зв'язку CAN1, а зв'язок між МПСК та системою керування інвертора напруги – цифровим каналом зв'язку CAN2.

Датчики змінного струму потрібні для забезпечення зворотного зв'язку по фазному струму ТАД при формуванні МПСК закону керування:

$$\frac{U_1}{f_1} = const, \tag{1}$$

де:  $U_1$  – вихідна напруга ІН;  
 $f_1$  – частота фазного струму ТАД.

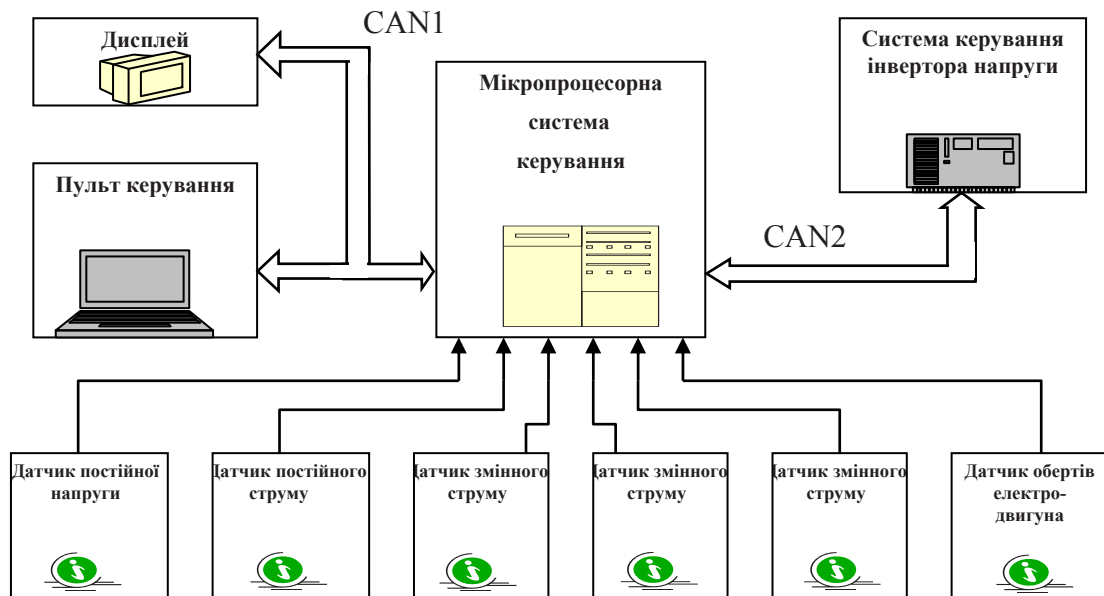


Рис. 1. Структурна схема системи керування асинхронного електроприводу тролейбуса з одним ТАД

Для утворення зворотного зв'язку по потужності, при формуванні МПСК закону керування:

$$\frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = const, \tag{2}$$

необхідні датчики постійного струму та напруги. Датчик обертів ТАД забезпечує роботу частотного каналу МПСК. Дисплей відображає режим роботи та основні параметри електроприводу. Для цього використовується інформаційна система (ІС).

ІС призначена для збору, реєстрації й обробки даних, контролю процесів, що протікають у системі керування й в електроприводі. Вона є складовою частиною системи керування й складається з підсистем збору й обробки даних, зміни коефіцієнтів, зберігання даних, розрахунку контролюючих і діагностуючих параметрів, відображення, як у реальному часі, так і в режимі перегляду даних.

В якості центрального процесора системи керування можна застосувати спеціалізований сигнальний мікроконтролер типу TMS320LF2406А фірми Texas Instruments з набором вбудованих периферійних пристроїв. Даний мікроконтролер має високу продуктивність - до 40 млн. операцій в секунду.

В цифрових каналах зв'язку доцільно використовувати CAN – протокол, так як він відрізняється підвищеною стійкістю до перешкод, надійністю і забезпечує роботу по витій парі на значні відстані. Всі ці якості роблять CAN – протокол доволі привабливим для використання при розробці нових проектів.

При використанні такої системи керування для асинхронного електроприводу зчленованого тролейбуса, кількість датчиків змінного струму, обертів ТАД та система керування інверторами напруги повинні подвоїтись. Така структура системи керування асинхронного електроприводу прийнятна і для трамвайного вагону (рис. 2).

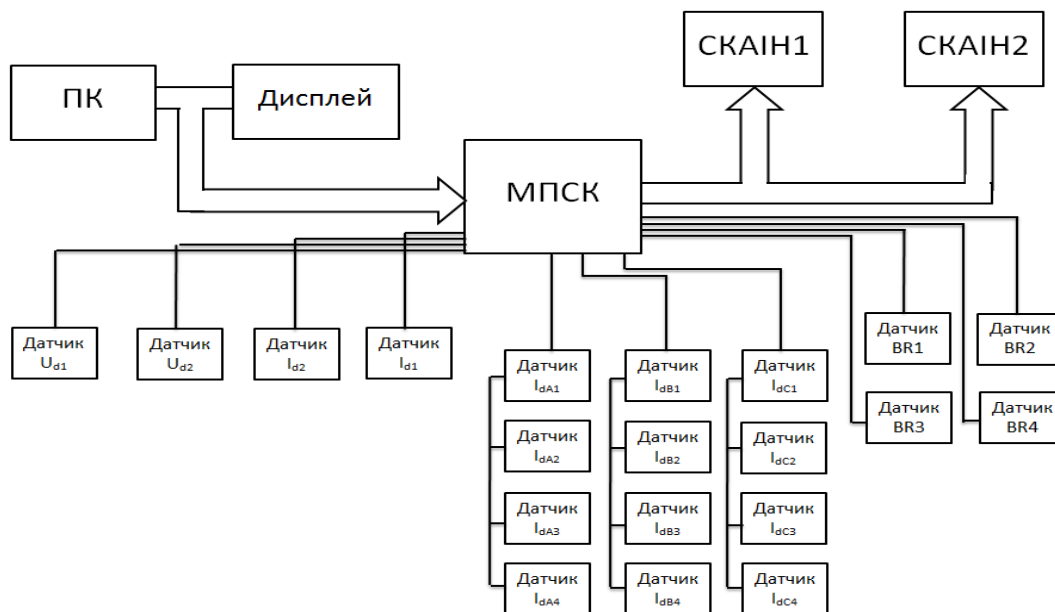


Рис. 2. Структурна схема системи керування асинхронного електроприводу трамвайного вагону

### Висновки

Таким чином, можна зробити висновок, що для вдосконалення існуючого тягового електроприводу міського електротранспорту необхідно впроваджувати асинхронний електропривод. Це дозволить знизити енергетичні та експлуатаційні затрати, провести уніфікацію тягового електричного обладнання, підвищити комфортність поїздки пасажирів. Крім того, впровадження асинхронного приводу з мікропроцесорною системою керування дозволить повністю відмовитись від релейно-контакторної апаратури, забезпечить оптимальні режими керування тяговими й допоміжними навантаженнями, поліпшить експлуатаційні показники, підвищить безпеку руху.

Мікропроцесорна система керування забезпечить задані характеристики електроприводу на протязі всього терміну служби рухомого складу. Застосування мікропроцесорної системи керування дозволить також робити діагностику силового електрообладнання, фіксувати відмови в його роботі та позаштатні режими.

### Список літератури

1. Крамаренко Р. М. Стан та основні напрямки удосконалення роботи міського електричного транспорту в сучасних умовах // Збірка доповідей міжнар. конф. «Міський електротранспорт. Забезпечення сталого функціонування і розвитку». – Ялта, 2008. – С. 8–18.
2. Электрическое оборудование «ALSTOM TV PROGRESS» для транспортных средств. Каталог продукции – Прага: ALSTOM Industry, 2006. – 24 с.
3. Носков В. И. и др. О создании тяговых асинхронный электроприводов в НПО «Электротяжмаш» // Новини енергетики. – 2001. – № 9. – С. 5–7.
4. Потапенко Е. М., Потапенко Е. Е. Робастные алгоритмы векторного управления асинхронным электроприводом. – Запорожье: ЗНТУ, 2009. – 352 с.

## HAULING ASYNCHRONOUS DRIVE IS FOR CITY ELEKTROTRANSPORTU

M. V. HVOROST, Dr. Scie. Tech., M. I. SHPIKA, Cand. Tech. Scie.  
A. I. BESARAB, senior prepodavatel<sup>c</sup>

*Ways of perfection of the existing traction electric drive of city electric transport at the expense of introduction of the asynchronous electric drive with a microprocessor control system are shown.*

Поступила в редакцию 09.02 2012 г.