

УДК 629.423.(24+3) : 001.891.5

Г.С. Ігнатов, О.О. Мельник, А.О. Сулим, В.Р. Распопін, П.О. Хозя

ФУНКЦІОНАЛЬНА РОБОТОЗДАТНІСТЬ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДОСЛІДНОГО ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ВИРОБНИЦТВА ПАТ «КВБЗ»

В даній роботі приведені результати з визначення функціональної роботоздатності основних вузлів тягового та допоміжного електрообладнання.

В 2012 році на ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ») спільно з рядом інших підприємств вперше в Україні виготовлено двосистемний електропоїзд, який призначений для міжрегіонального сполучення зі швидкістю до 160 км/год на електрифікованих залізницях України з номінальною напругою живлення 3000 В постійного струму та 25000 В, 50 Гц змінного струму.

Слід зазначити, що виготовлений вітчизняний електропоїзд має істотні відмінності від тих, що експлуатуються на коліях Укрзалізниці.

Нововведення торкнулося всіх систем електропоїзда, але найбільших змін зазнало електричне обладнання електропоїзда (як тягове, так і допоміжне). Тому актуальність даної статті полягає в аналізі результатів з визначення роботоздатності електрообладнання електропоїзда.

На головних вагонах електропоїзда використане тягове електрообладнання вітчизняних і закордонних виробників, а саме:

- універсальні однофазні струмоприймачі типу DSA 250.32 виробництва фірми «Stemmann-Technik GmbH», Німеччина;

- асинхронні тягові приводи, які включають тягові електродвигуни ТМФ 59-39-4 виробництва фірми «TSA», Австрія, та редуктор SZH-595 виробництва фірми «Voith», Німеччина;

- тягові інвертори FT-500-AFE-3к виробництва фірми «Medcom», Польща;

- розподільчі пристрої високої напруги RWN-2500-3K виробництва фірми «Medcom», Польща;

- вакуумні вимикачі типу MACS M2A 00 EC ZZZ1 виробництва фірми «Secheron», Швейцарія;

- швидкодіючі вимикачі типу UR26-64 виробництва фірми «Secheron», Швейцарія;

- дахові ножові перемикачі RS2510 DS4 та RS2520 ES4 виробництва фірми «Secheron», Швейцарія;

- обмежувачі перенапруг серії «Polim H» виробництва фірми «ABB», Німеччина;

- трансформатори тягові однофазні з вбудованими реакторами типу ОНДЦЭР – 3000/25 – У1 виробництва ПАТ “Укрелектроапарат”, Україна.

В якості допоміжного електрообладнання, яке встановлене на проміжних та головних вагонах, також використані пристрої та системи вітчизняних та іноземних виробників:

© *Г.С. Ігнатов, О.О. Мельник, А.О. Сулим, В.Р. Распопін, П.О. Хозя, 2013*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- система визначення роду струму, вимірювання та обліку споживаної електроенергії з контактної мережі. В дану систему входять датчики вимірювання струму по колу 3000 В MSADC-0013 виробництва фірми «Mors-Smitt», Нідерланди; датчики вимірювання струму і напруги по колу 25000 В, а також напруги по колу 3000 В MSAV25000-14 виробництва фірми «Mors-Smitt», Нідерланди; лічильник електроенергії LEM EM4T виробництва фірми «LEM», Швейцарія;

- перетворювачі напруги PSM-350 та PSM-20 виробництва фірми «Medcom», Польща;

- трансформатори власних потреб ТСН-350 виробництва ПАТ «Укрелектроапарат», Україна;

- акумуляторні батареї, ємністю 160 А·год. В якості елементів батареї використані нікель-кадмієві акумулятори KPM 160P виробництва фірми «FeraK», Чехія;

- кондиціонери АВК-6, АВК-10 та АВК-30С виробництва ПАТ «Завод «Екватор», Україна.

На дослідному електропоїзді реалізовано мікропроцесорну систему управління поїздом, системи захисту від буксування та юзу, передбачено рекуперативне гальмування за наявності на ділянці інших споживачів і реостатне гальмування при їх відсутності, використані тягові трансформатори підвагонного виконання.

Але основною відмінністю нового електропоїзда є те, що використано дві тягових одиниці з кабінами управління, які розміщені на початку та в кінці складу, та проміжні безмоторні вагони. Перевагою даної конструкції, в першу чергу, є зменшення вартості та маси електропоїзда за рахунок використання меншої кількості елементів тягового електрообладнання (тягові трансформатори, тягові інвертори, тягові електродвигуни).

Слід зазначити, що дане рішення побудови тягових елементів показало надійну роботу під час дослідної експлуатації зі швидкостями до 160 км/год.

Електропоїзд складається з дев'яти вагонів: двох тягових і семи проміжних вагонів. Салони проміжних вагонів мають різне виконання інтер'єру в залежності від класу. Живлення електрообладнання цих вагонів здійснюється по міжвагонній магістралі 3 ф×380 В, 50 Гц. Перевагою даної системи електрозабезпечення є надійність і високий рівень безпеки пасажирів та обслуговуючого персоналу. Надійність забезпечується використанням на вагонах двох магістралей 3 ф×380 В, 50 Гц, по одній виконується живлення п'яти вагонів від одного головного вагона, по іншій – чотирьох від другого головного вагона. У разі виникнення аварійної ситуації, є можливість здійснювати живлення всіх дев'яти вагонів від одного головного вагона електропоїзда. Високий рівень безпеки забезпечується відсутністю на вагонах високовольтних кіл (окрім, головних вагонів) та виконанням магістралі по трипровідній схемі без нейтралі. Електрообладнання проміжних вагонів однотипне, виключення становить вагон моделі 62-7069 з місцями для перевезення інвалідів у візках та баром у салоні (до основного електрообладнання тут додається електрообладнання бару та наявність електричних підйомників для інвалідів). Крім того, електропоїзд оснащено комплексним локомотивним пристроєм безпеки (КЛУБ-У). Пристрій призначений для забезпечення безпеки руху електропоїзда на електрифікованих коліях постійного та змінного струму, які обладнанні пристроями автоматичної локомотивної сигналізації безперервної дії (АЛСН).

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Випробування з визначення роботоздатності електрообладнання проводились на всіх вагонах електропоїзда, а для визначення характеристик – окремо на головному вагоні та окремо на проміжному вагоні. Електричні характеристики визначались за допомогою встановлених у відповідні кола датчиків струму та напруги, зв'язаних через АЦП з комп'ютером. Масиви даних записувались за допомогою атестованого програмного забезпечення ЕЛЕКТРО на базі програмного середовища LabVIEW. Також використовувалось програмне забезпечення, розроблене фірмою «Medcom», за допомогою якого записувались дані з системи управління електропоїздом.

Випробування проводились на відповідність вимогам технічного завдання на електропоїзд (далі – ТЗ) та діючим нормативним документам (далі – НД).

На головному вагоні із зав. № 612 та проміжному вагоні із зав. № 712 були встановлені датчики у відповідні кола для визначення струмів, напруг та інших електричних характеристик.

За результатами випробувань встановлено:

- величина обмеження струму заряду акумуляторних батарей становить 31,8 А;
- вихідні параметри перетворювачів головного та проміжного вагонів в усталеному та перехідних режимах відповідають вимогам ТЗ і НД, а саме:
 - величина напруги змінного струму 3 фази 380 В, 50 Гц складає від 380,5 В до 395,8 В;
 - величина напруги постійного струму (110-145) В складає від 119,3 В до 132,3 В;
 - величина напруги постійного струму 24 В складає від 26,2 В до 26,4 В;
- коefficient нелінійних викривлень форми сигналу напруги змінного струму 3 фази 380 В, 50 Гц складає 5,8 %;
- частота змінного струму 3 фази 380 В, 50 Гц складає від 50,0 Гц до 50,7 Гц;
- coefficient пульсацій напруги постійного струму (110 – 145) В складає 0,17 %;
- coefficient пульсацій напруги постійного струму 24 В складає 0,02 %;
- частота струму джерел живлення люмінесцентних світильників головного та проміжного вагонів складає 24010 Гц та 49280 Гц відповідно.

На рис. 1 - 3 представлені осцилограми струмів та напруг силових кіл при короткочасних пусках і гальмуваннях під час руху електропоїзда на швидкості 100 км/год.

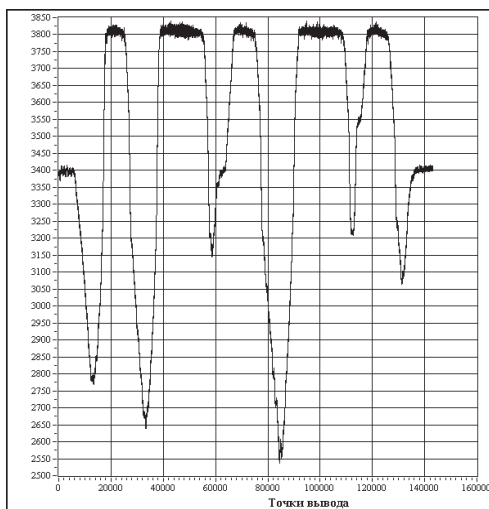


Рис. 1. Графік напруги контактної мережі 3000 В

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

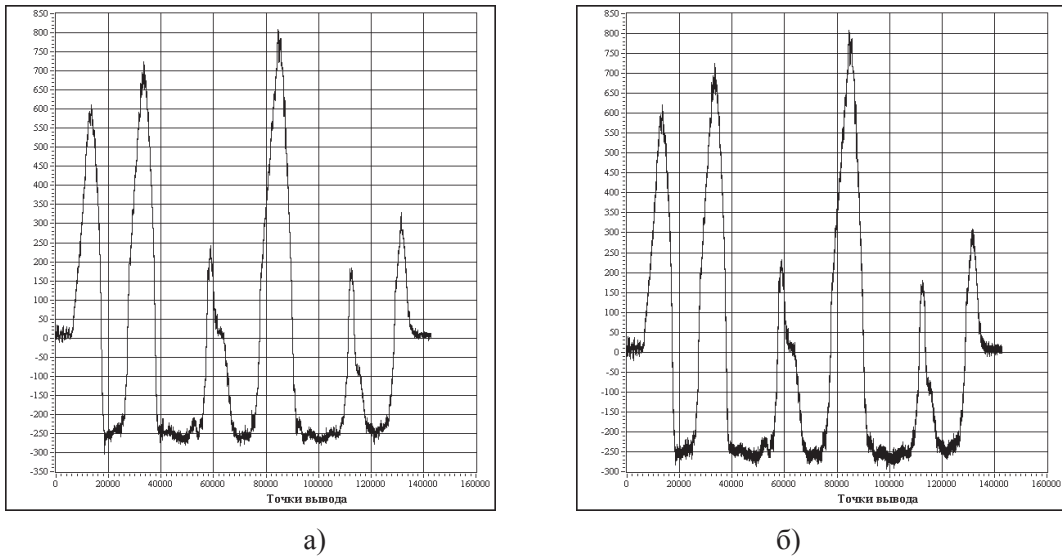


Рис. 2. Графіки загального струму, що споживає електрообладнання електропоїзда:
а) на шині «-»; б) на шині «+»

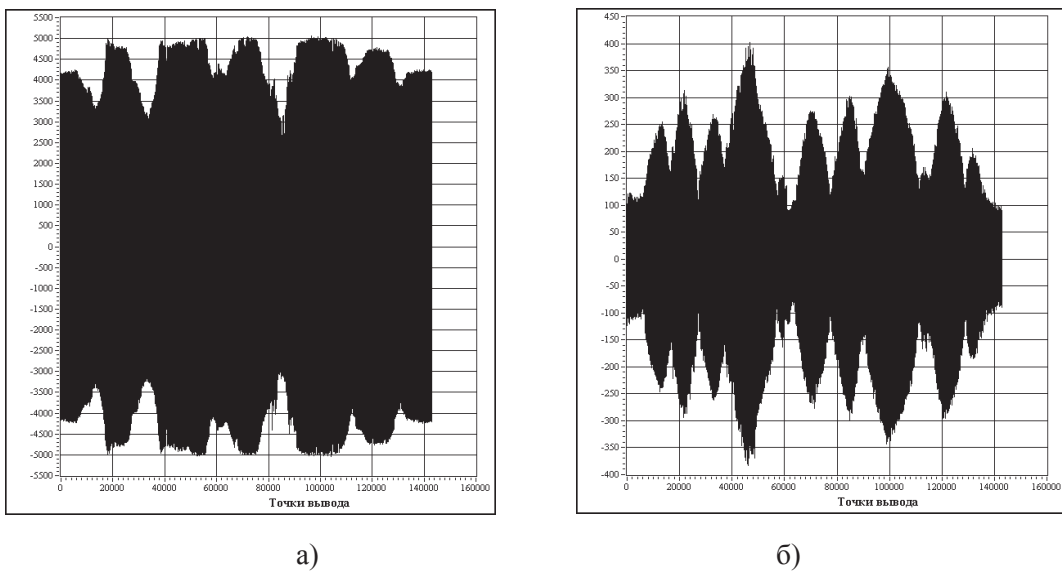


Рис. 3. Графіки напруги а) та струму б) тягового двигуна

З рисунків видно, що тягове обладнання забезпечує стійку роботу при повторних короткочасних пусках і гальмуваннях. Хоча даний режим не є штатним під час експлуатації, але для визначення функціональної робоздатності тягового обладнання він є наглядним і дозволяє відстежити, як тягове обладнання реагує на часту зміну режиму роботи.

Як було зазначено вище, на електропоїзді передбачено рекуперативне гальмування за наявності на ділянці інших споживачів. На рис. 4 - 5 представлені осцилограми напруги контактної мережі 3000 В та 25000 В, 50 Гц і загального струму під час рекуперативного гальмування.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

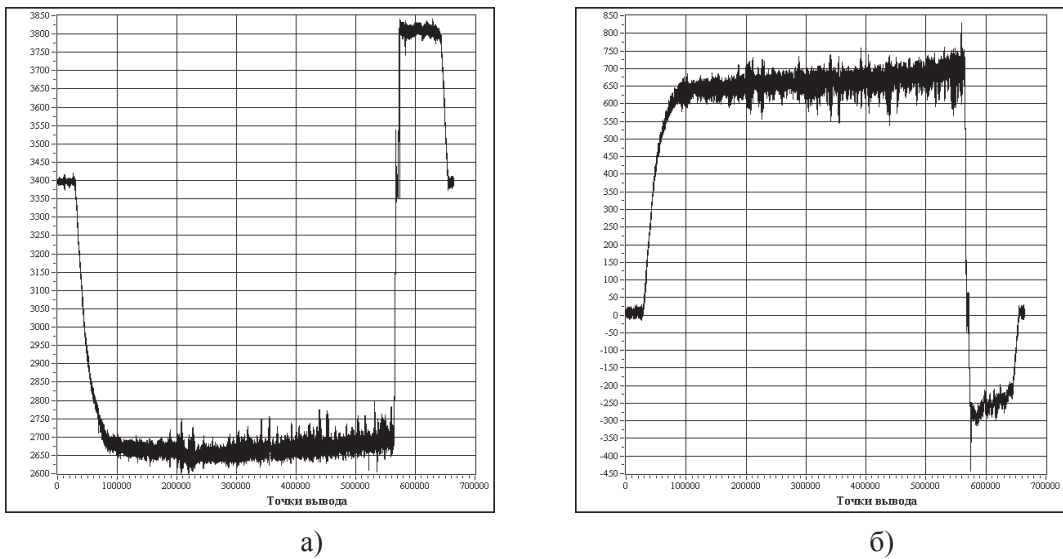


Рис. 4. Графіки напруги контактної мережі 3000 В а) та загального струму, що споживає електрообладнання головного вагона б)

З рисунку видно, що в початковий момент – момент руху з місця величина напруги контактної мережі зменшується (приблизно з 3400 В до 2650 В), а величина струму відповідно збільшується. Далі електропоїзд рухається в режимі тяги, величина напруги контактної мережі коливається приблизно від 2650 В до 2700 В. В момент гальмування виникає збільшення величини напруги приблизно до значення 3800 В, що свідчить про наявність рекуперації.

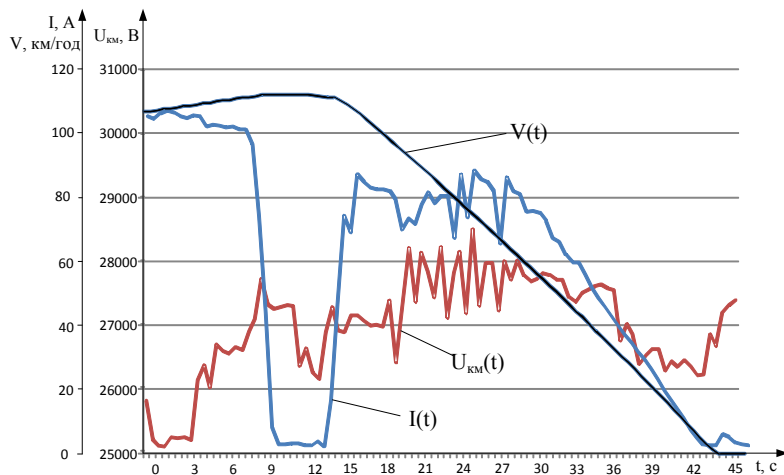
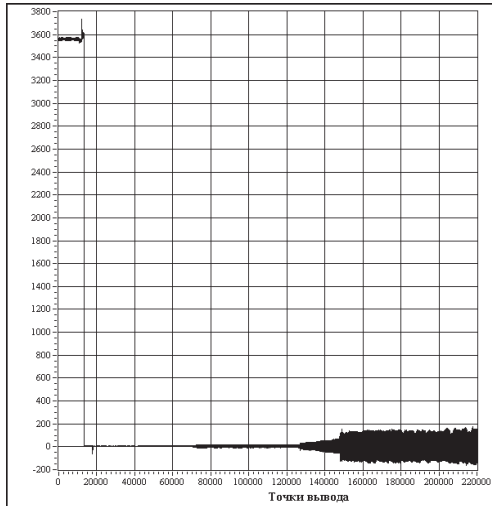


Рис. 5. Графіки напруги контактної мережі 25000 В, 50 Гц, швидкості електропоїзда та загального струму, що споживає електрообладнання головного вагона

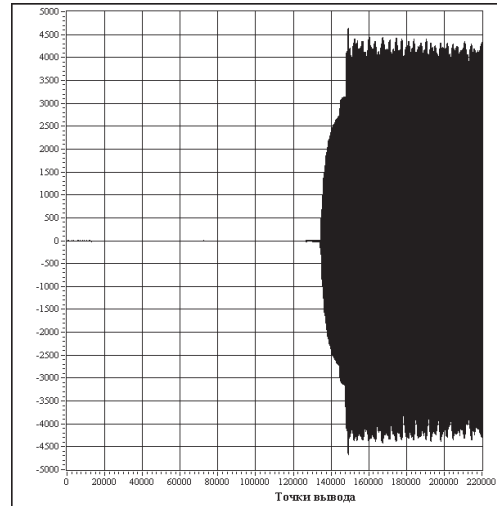
РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Електропоїзд досить вдало пройшов випробування на електрифікованих ко-
ліях 3000 В постійного струму та 25000 В, 50 Гц змінного струму.

На рис. 6 - 7 зображені графіки напруг контактної мережі під час проїзду
місць стикування різного роду струму.

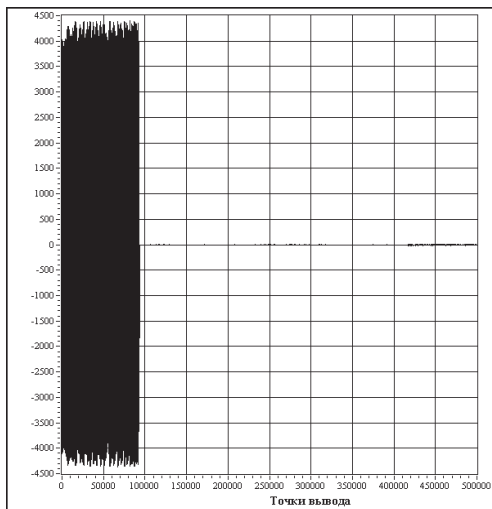


а)

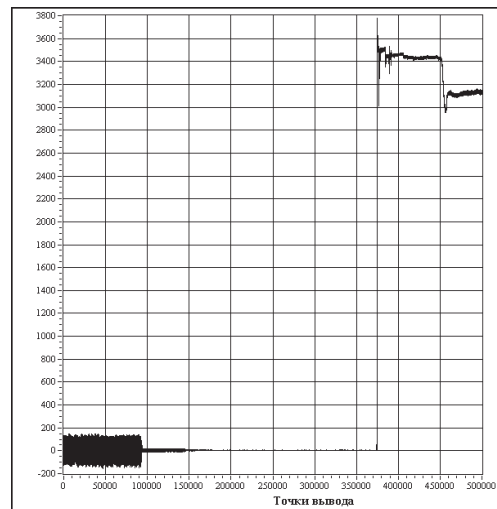


б)

Рис. 6. Графіки напруг під час проїзду місць стикування роду струму з постійного на змінний: а) напруга контактної мережі 3000 В; б) напруга вторинної обмотки тягового трансформатора



а)



б)

Рис. 7. Графіки напруг під час проїзду місць стикування роду струму зі змінного на постійний: а) напруга вторинної обмотки тягового трансформатора; б) напруга контактної мережі 3000 В

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таким чином, ПАТ «КВБЗ» та іншими організаціями вперше в Україні розроблено та впроваджено електропоїзд з головними моторними та проміжними безмоторними вагонами.

Слід зазначити, що під час проведення випробувань електропоїзд виробництва ПАТ «КВБЗ» зарекомендував себе як економічний (за рахунок застосування тягового обладнання, в якому використані асинхронні тягові двигуни, перетворювачі частоти, мікропроцесорна система управління, та реалізації режиму рекуперативного гальмування), надійний (за час випробувань не виникало серйозних збоїв у роботі електрообладнання) та має високий рівень безпеки (за рахунок наявності системи КЛУБ-У, системи контролю нагрівання букс, системи контролю стану гальм, системи контролю замикання на корпус, системи пожежного оповіщення та відсутності на вагонах високовольтних кіл).