

О. М. Сінчук, д-р. техн. наук, проф.;

Д. А. Шокар'юв;

Є. І. Скапа, асп.;

І. О. Сінчук, канд. техн. наук, доц.

ВИПРОБУВАННЯ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА РУДНИКОВОГО КОНТАКТНО- АКУМУЛЯТОРНОГО ЕЛЕКТРОВОЗА

Подано результати стендових випробувань нового (авторського) варіанта тягового асинхронного електропривода: IGBT–перетворювач–асинхронний електричний двигун, для нових типів вітчизняних двовісних контактних-аккумуляторних електровозів.

Вступ

У шахтах і рудниках України експлуатується більш ніж 3,5 тисяч, двадцяти типів контактних і аккумуляторних електровозів. Практично всі рудникові електровози обладнані неефективними контактними-резисторними видами тягових електроприводів [1].

Актуальність напрямку досліджень. В останні роки на вітчизняних шахтах і рудниках почали з'являтися давно очікувані експлуатаційниками перші нові зразки енергоефективних електровозів з перетворювачами напруги живлення тягових асинхронних двигунів. Зусиллями вчених і машинобудівників на основі наукових вишукувань створений новий для вітчизняної гірничої промисловості вид рудникового електровоза — контактний-аккумуляторний [2], який живиться як від контактної мережі (КМ), так і від тягової аккумуляторної батареї (ТАБ).

Метою роботи є проведення експериментальних лабораторних випробувань для встановлення рівня відповідності отриманих практичних результатів теоретичним викладенням.

Матеріал і результати дослідження

Досліджувався авторський варіант перетворювача напруги живлення [2]. Для реальної оцінки ефективності запропонованого варіанта, досліджувалися і його класичний варіант. Схема випробувального стенда показана на рис. 1. Випробування проводилися за розробленою авторами програмою, яка узгоджувалася з відповідними зацікавленими організаціями.

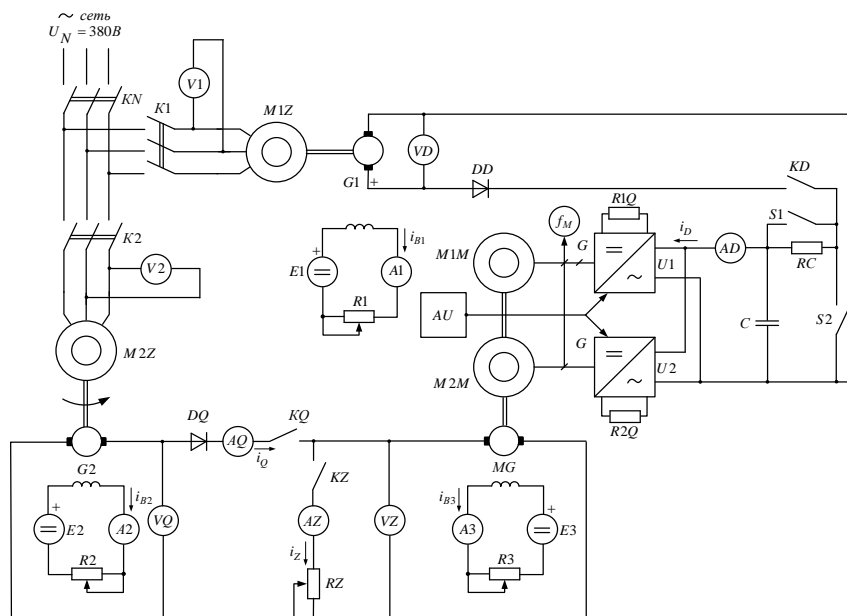


Рис. 1. Схема лабораторного випробувального стенда

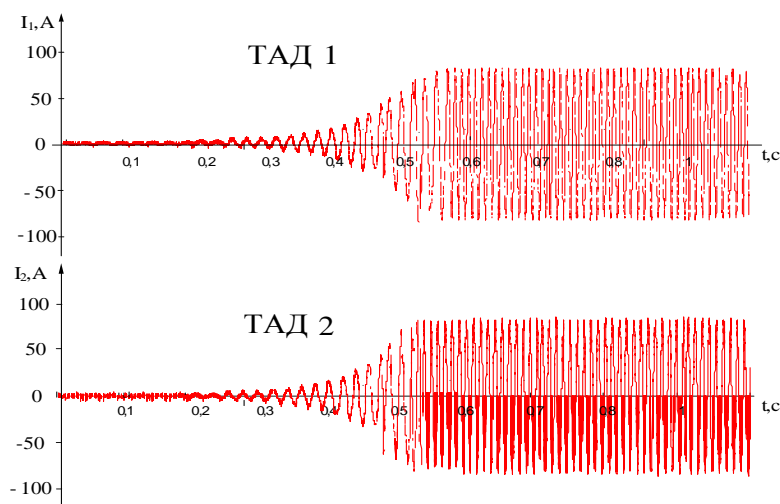


Рис. 2. Осцилограми струмів тягових асинхронних двигунів рудникового контактнo-акумуляторного електровоза в режимі «ТЯГА»

женням з (широтно імпульсною модуляцією) ШІМ напруги.

Моделюючи режим «ГАЛЬМО», проводився аналіз форм кривих вихідного струму інвертора по трьом фазам двигуна.

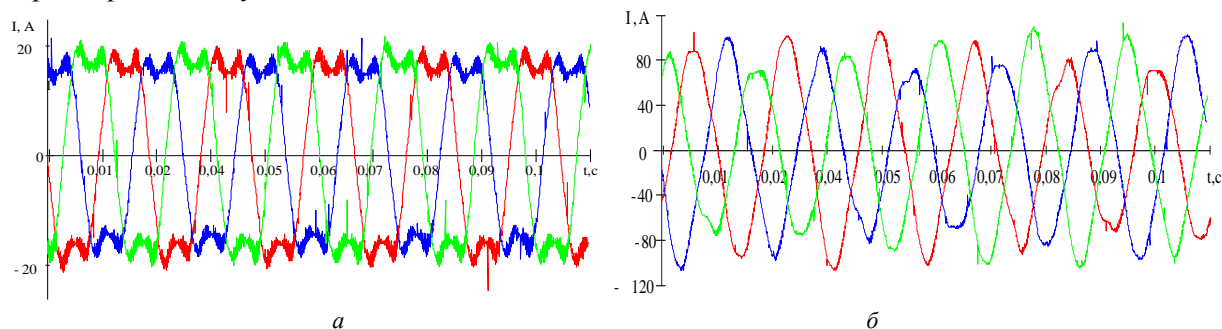


Рис. 3. Осцилограми трифазних струмів асинхронного тягового двигуна: а — у режимі неробочого ходу; б — з навантаженням на валу

На рис. 4а, б показані осцилограми перехідних процесів у (тяговий асинхронний двигун) ТАД електропривода у разі несанкціонованого допустимого зникнення напруги живлення на вході контуру перетворювача електричної енергії, що виникає в момент зникнення живлення (тяговий асинхронний привод) ТАП з навантаженням рівним 0,25 номінального (усталений режим, «ТЯГА», ротор двигуна обертається на стабільній швидкості).

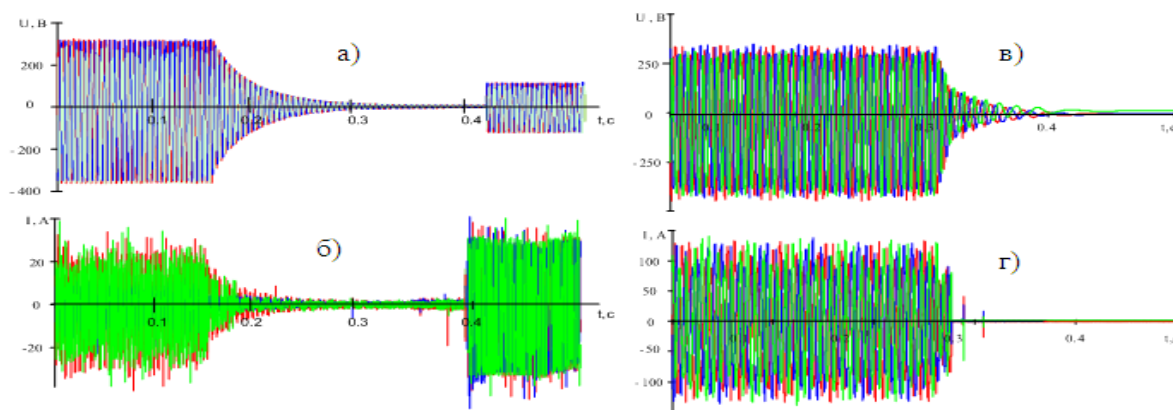


Рис. 4. Осцилограми перехідного процесу: а — напруги; б — струмів на виході ТАД у момент короткочасного зникнення живлення від КМ на вході IGBT – інвертора електропривода електровоза й перемиканням на живлення від акумуляторної батареї; в — напруга; г — струми на фазах тягового асинхронного двигуна ТАД у момент зникнення напруги на вході перетворювача з навантаженням на валу двигуна

Дослідження проводилися в режимах пуску, тяги, гальмування й відривах пантографа електровоза від контактної мережі. Для перевірки режиму пуску здійснювався плавний розгін тягових електродвигунів із заданим регульованим прискоренням.

Осцилограма на рис. 2 показує наростання амплітудного значення струму на момент включення системи в режим «ТЯГА» (часовий відлік ведеться від моменту вмикання на пульті машиніста).

На рис. 3а показана осцилограма трифазного струму двигуна, у режимах неробочого ходу, а на рис. 3б — у роботі під наванта-

Імітація відриву пантографа часової ділянки дорівнює 0,15 с. Спад напруги з рівня 230 В до рівня 0 В відбувається за час менший ніж 200 мс.

«Підхоплення» напруги (живлення від акумуляторної батареї) здійснюється через 0,15 с після усталеного режиму, що відповідає розрахунковій моделі (тяговий електропривод) ТЕП.

На рис. 4в, г показана осцилограма перехідних процесів у тяговому двигуні ТАП у разі відключення живлення електровоза від контактної мережі під номінальним навантаженням на валу двигуна.

Як впливає з осцилограм у тягових асинхронних двигунах з різними системами живлення – КМ і ТАБ електричні перехідні процеси відбуваються практично ідентично.

У ході експерименту також здійснювалися (моделювалися на фізичній моделі — стенді) пуски ТАП під повним навантаженням, при $U = 250$ В і $U = 80$ В, різке скидання й різкий накид навантаження, перемикання джерела живлення: КМ – ТАБ. Сигнал завдання швидкості обертання ротора ТАД протягом експерименту залишався незмінним. Отримані експериментальні характеристики режимів роботи ТАД за законом U/f показані на рис. 5, 6.

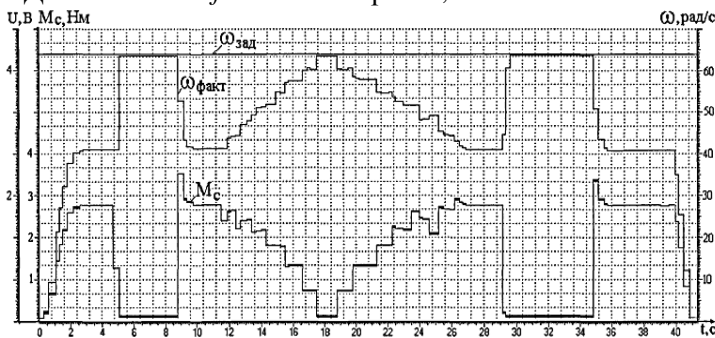


Рис. 5. Експериментальні електромеханічні характеристики у разі живлення тягового електропривода електровоза від тягової мережі ($U = 250$ В)

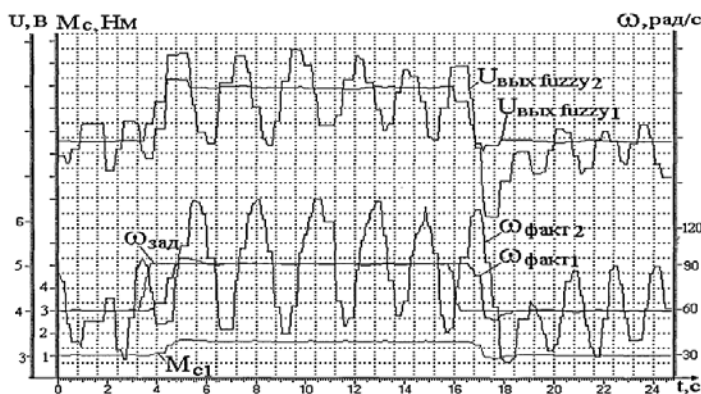


Рис. 6. Електромеханічні характеристики двох двигунів асинхронного електропривода з неоднаковими навантаженнями і неоднаковими електромеханічними характеристиками тягових асинхронних двигунів

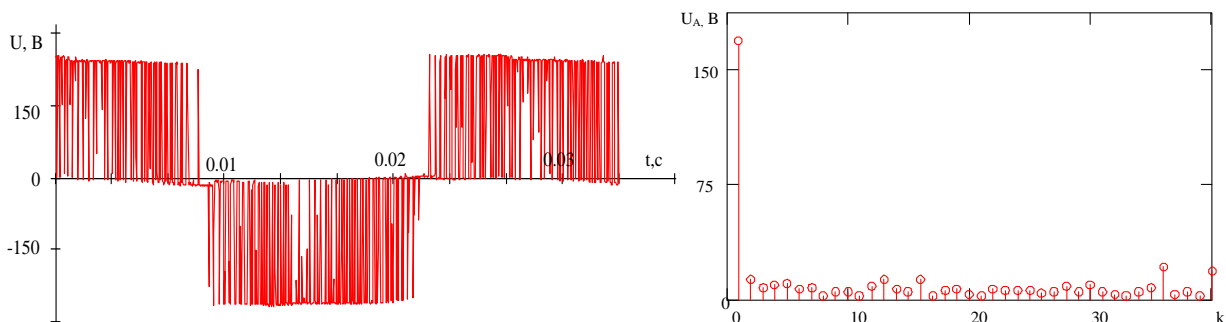


Рис. 7. Графік фазної напруги і гармонічний склад, отримані на виході інвертора напруги із ШІМ при синусоїдальному законі керування

Параметрами для спостереження були обрані такі: сигнал завдання швидкості обертання ротора ТАД, сигнал фактичної швидкості обертання ротора ТАД, отриманий з тахогенератора й сигнал з датчика струму, що характеризує момент опору, створюваний навантажувальною машиною.

У ході експерименту здійснювався пуск приводу під повним навантаженням, різке скидання й накид повного навантаження й покрокове скидання й накид повного навантаження з незмінним сигналом завдання швидкості обертання ротора ТАД.

Оцінювалося також поведіння системи і її показники у функції низки інших факторів (рис. 7, 8).

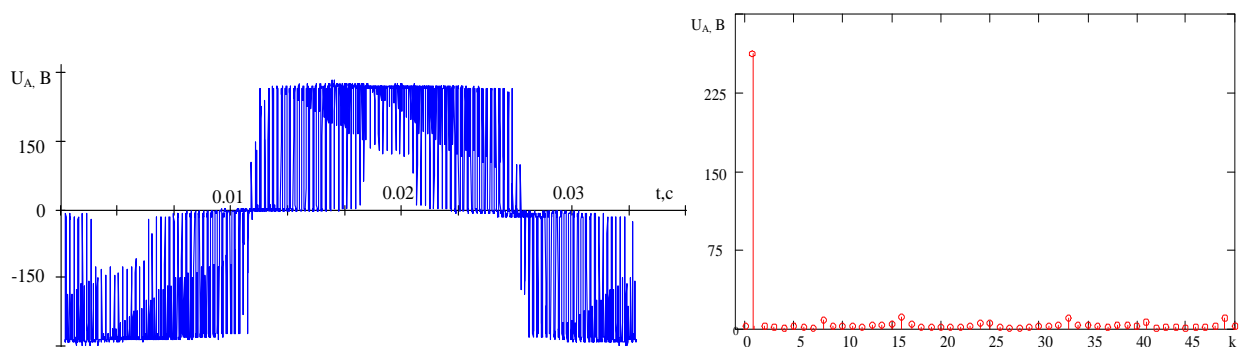


Рис. 8. Графіки фазної напруги і гармонійний склад, отримані на виході інвертора напруги із ШІМ у разі трапецеїдального закону керування

У ході експериментів оцінена адекватність математичної моделі і реальних даних — лабораторного стенда. Як бачимо, розбіжності цілком допустимі і не перевищують 5...8 %.

Висновки

1. Запропонована й розроблена система тягового асинхронного електропривода для контактної-аккумуляторного рудникового електровоза, з такими відмінностями:

- складається із двох блоків IGBT транзисторних перетворювачів, кожний з яких, у свою чергу, складається з трьох однофазних інверторних мостів;
- обмотки двигунів утворюють схему «розімкнутий трикутник»;
- кожна обмотка двигуна приєднана до свого однофазного інверторного моста;
- однойменні обмотки двигунів з'єднані між собою — кінці обмоток першого двигуна з'єднані з початками обмоток другого, тим самим створюються спарені мости;
- гальмові резистори підключені кожний до свого однофазного мосту через пару паралельно з'єднаних тиристорів.

Можливості запропонованої схеми тягового асинхронного електропривода роблять її універсальною — здатною ефективно працювати, як у разі живлення від аккумуляторної батареї, так і у разі живлення від контактної мережі.

2. Стендові випробування експериментального зразка ТЕП підтвердили теоретичні дослідження й ефективність функціонування тягового електропривода в цілому і його елементів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов / Синчук О. Н., Юрченко Н. Н., Чернышев А. А. [и др.] ; под ред. д.т.н., проф. О. Н. Синчука. — К. : Институт электродинамики НАНУ, 2006. — 250 с.
2. Шокарев Д. А. Энергоэффективный тяговый электротехнический комплекс двухсистемного рудничного электровоза / Д. А. Шокарев, Е. И. Скапа, И. О. Синчук // Электротехнічні та комп'ютерні системи. — 2011. — № 03(79).
3. Синчук О. Н. Синергетическая система асинхронного электропривода контактнo-аккумуляторного двухосного электровоза / О. Н. Синчук, Д. А. Шокарев, И. О. Синчук // Електромеханічні і енергозберігаючі системи : науко-техн. сб. — Кременчуг. — 2011. — № 3(12).

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті

Стаття надійшла до редакції 20.10.11
Рекомендована до друку 25.11.11

Синчук Олег Миколайович — завідувач кафедри, **Шокарьов Дмитро Анатолійович** — старший викладач, **Скапа Євгеній Іванович** — аспірант.

Кафедра систем електроспоживання й енергетичного менеджменту, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчуг;

Синчук Ігор Олегович — доцент кафедри електроспоживання й ресурсозбереження.

Криворізький державний університет, Кривий Ріг