

УДК 629.424.4

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ДЕЛ-02 ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ

В.С. Дяченко, асп. О.О. Шкурпела, канд. техн. наук С.І. Яцько

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА ДЕЛ-02 ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ

В.С. Дьяченко, асп. А.А. Шкурпела, канд. техн. наук С.И. Яцко

BUILDING A MODEL TRANSMISSION TRAINS DEL-02 FOR RESEARCH BRAKING MODE

V.S. Dyachenko, postgraduate A. Shkurpela, cand. of techn. sciences S. Yatsko

Розглянуто актуальне питання визначення основних підходів до розроблення математичної моделі тягової електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 для проведення дослідження як штатних, так і нештатних режимів її роботи з метою покращення технічних та експлуатаційних характеристик дизель-поїзда.

Ключові слова: електропередача, дизель-поїзд, асинхронний тяговий електродвигун, математична модель, холостий хід, коротке замикання.

Рассмотрен актуальный вопрос определения основных подходов к разработке математической модели тяговой электропередачи дизель-поезда ДЕЛ-02 для проведения исследования как штатных, так и нештатных режимов ее работы с целью улучшения технических и эксплуатационных характеристик дизель-поезда.

Ключевые слова: электропередача, дизель-поезд, асинхронный тяговий електродвигатель, математическая модель, холостой ход, короткое замыкание.

In the article a question is examined on determination of basic approaches on development of mathematical model of hauling electricity transmission of the traction power diesel train DEL-02 for the leadthrough of research both regular and nonpermanent, its office hours with the purpose of improvement of technical and operating descriptions a diesel is trains.

Keywords: electricity Trains, asynchronous traction motor mathematical model, idle progresses, short-circuiting.

Вступ, постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.

Дизель-поїзд ДЕЛ-02 вітчизняного виробництва обладнаний тяговим приводом змінного струму з асинхронними тяговими двигунами АД906У1, перетворювачами частоти із загальною ланкою постійного струму, мікропроцесорною системою керування та силовим модулем (дизель-генератор) "PowerPак" виробництва фірми MTU (Німеччина) (рис. 1). Дизель-поїзд обладнаний реостатним гальмуванням.

Незважаючи на широке використання на різних рухомих одиницях тягового привода системи «інвертор напруги – асинхронний двигун», продовжуються інтенсивні дослідження щодо поліпшення його як технічних, так і експлуатаційних характеристик [1-4]. При цьому широко використовуються методи математичного моделювання, що дає змогу проводити дослідження складної системи, якою і є тягова електропередача дизель-поїзда ДЕЛ-02.

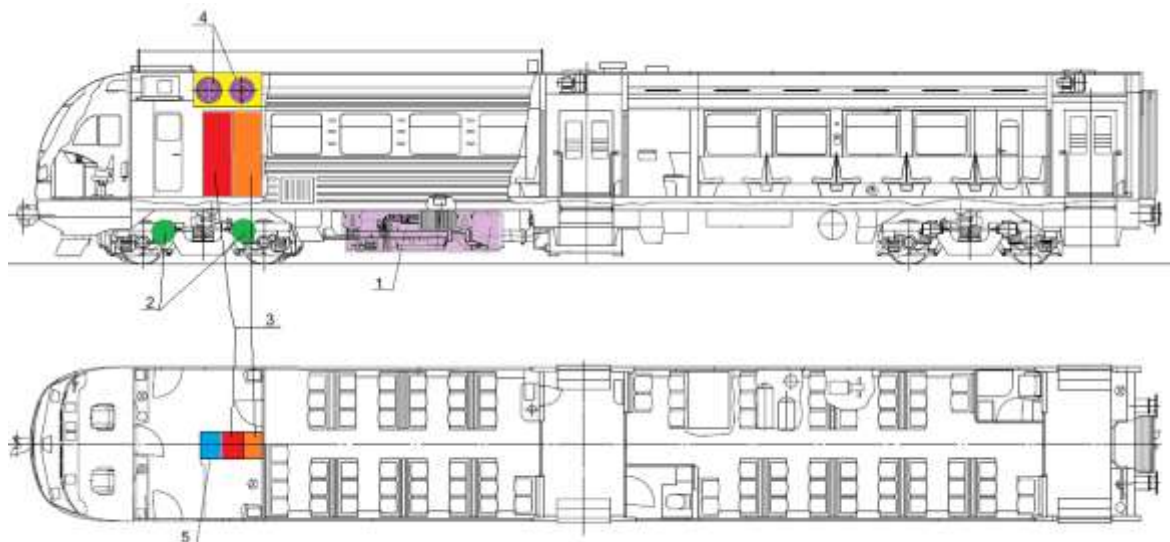


Рис. 1. Розміщення елементів модуля тягової електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02: 1 – силовий модуль "PowerPack"; 2 – асинхронні тягові двигуни; 3 – тягові перетворювачі частоти; 4 – мотор-вентилятори охолодження гальмівних резисторів; 5 – перетворювач власних потреб

Мета роботи полягає у розробленні математичної моделі тягової електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 для проведення дослідження як штатних, так і нештатних режимів її роботи.

Матеріали та результати досліджень. На рис. 2 показано реалізовану

в програмному середовищі MATLAB 7 математичну модель модуля тягової електропередачі (ТЕП) дизель-поїзда ДЕЛ-02. Прототипом даної моделі є модель, яка наведена в роботі [4].

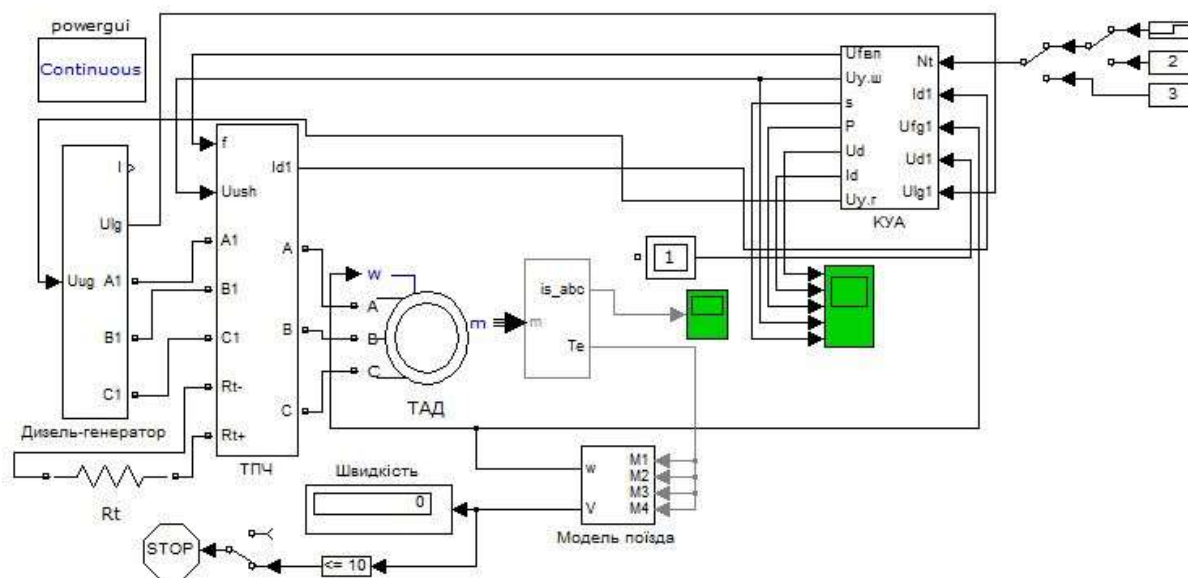


Рис. 2. Модель електропередачі дизель поїзда ДЕЛ-02

Модель системи керування модуля тягової електропередачі в режимі електродинамічного гальмування залишилася незмінною у порівнянні з прототипом та містить:

- блок регулятора напруги тягового синхронного генератора;
- блок обчислення фазного струму тягового асинхронного двигуна;
- блоки регуляторів частоти та напруги автономного інвертора напруги (АІН).

Тривалість циклу роботи програми системи керування складає 2 мс. Система керування транзисторного перетворювача частоти (ТПЧ) згідно із сигналами $U_{уш}$ (глибини модуляції) та $U_{фвп}$ (частоти струму) формує керуючі імпульси трифазного мостового інвертора, реалізованого на базі транзисторів типу IGBT зі зворотними діодами.

Особливістю моделі є попередня підготовка ланки постійного струму, по завершенню якої формується сигнал початку гальмування.

В розглянутій моделі систему тягової електропередачі, що містить АД та певну

механічну частину з пружними зв'язками для дослідження перехідних процесів, подано у вигляді двомасової електромеханічної системи.

Щодо математичної моделі зчеплення колісних пар з рейкою, то поточне значення коефіцієнта зчеплення визначається як

$$\Psi_j = R_j \cdot \Psi_{oj} \cdot \Psi_j \delta, \quad (1)$$

де Ψ_{oj} – потенціальне значення коефіцієнта зчеплення j -ї колісної пари;

R_j – коефіцієнт, який враховує зміну умов зчеплення j -ї колісної пари;

$\Psi_j \delta$ – значення коефіцієнта зчеплення в часткових одиницях j -ї колісної пари, визначеної за універсальною характеристикою зчеплення $\Psi^d = f(u, V)$, де u – величина проковзування колісної пари; V – швидкість руху дизель-поїзда.

Залежність коефіцієнта зчеплення в часткових одиницях від величини проковзування (в часткових одиницях, де за базову величину беруть швидкість руху дизель-поїзда) з допустимою точністю апроксимована виразом (рис. 3)

$$\Psi^d = \text{sign} u^d \cdot \min \left[\left(1 - e^{-10|u^d|} \right), \left(0,3 + 1 / \left(0,5 + 10 \max(0,5; |u^d|) \right) \right) \right] \quad (2)$$

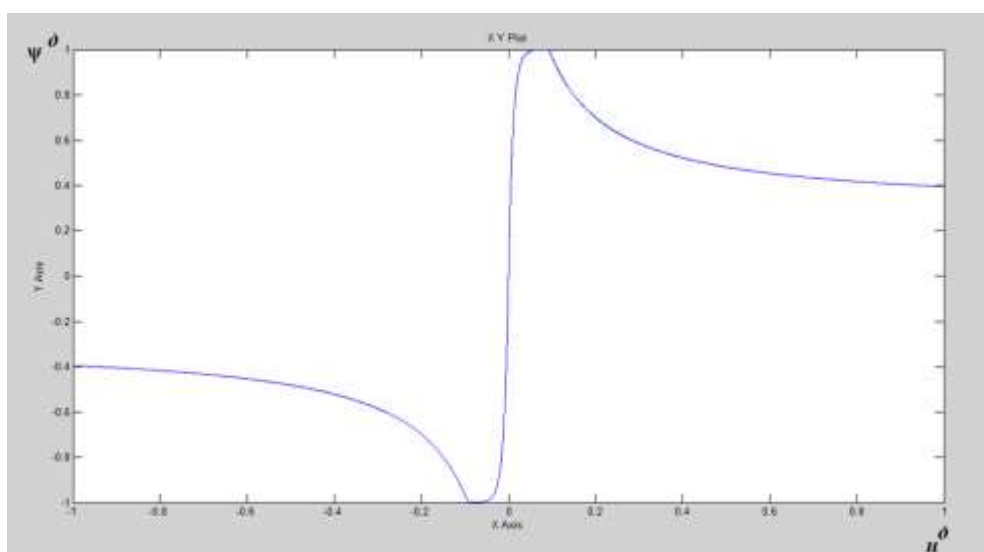


Рис. 3. Графік залежності $\Psi^d(u^d)$

Щодо величини проковзування j -ї колісної пари відносно рейки, то вона визначається шляхом розв'язування диференціального рівняння

$$du_j/dt = (F_j - P_j \cdot \psi_j) / J_j, \quad (3)$$

де F_j – тягове (гальмівне B_j) зусилля на ободі колісної пари, створюване тяговим електричним двигуном;

P_j – вага локомотива, що припадає на j -у колісну пару;

ψ_j – реалізований коефіцієнт зчеплення;

J_j – момент інерції, приведений до осі j -ї колісної пари.

У свою чергу швидкість руху дизель-поїзда визначається розв'язанням такого диференціального рівняння

$$dV/dt = (\sum P_j \cdot \psi_j + \sum W) / \sum M, \quad (4)$$

де V – швидкість руху дизель - поїзда;

$\sum P_j \cdot \psi_j$ – тягове (гальмівне) зусилля;

$\sum W$ – опір руху поїзда;

$\sum M$ – сумарна маса поїзда.

Наведена математична модель дає змогу дослідити роботу ТЕП в штатних та нештатних режимах, в тому числі при наявності відхилень параметрів основного обладнання. Адекватність розробленої моделі реальній тяговій електропередачі була підтверджена шляхом аналізу результатів моделювання та осцилограм, отриманих в умовах рядової експлуатації.

Як ілюстрація характеру процесу електродинамічного гальмування, на рис. 4 наведено фрагмент процесу гальмування дизель-поїзда зі швидкістю 50 км/год, отриманий за допомогою математичної моделі.

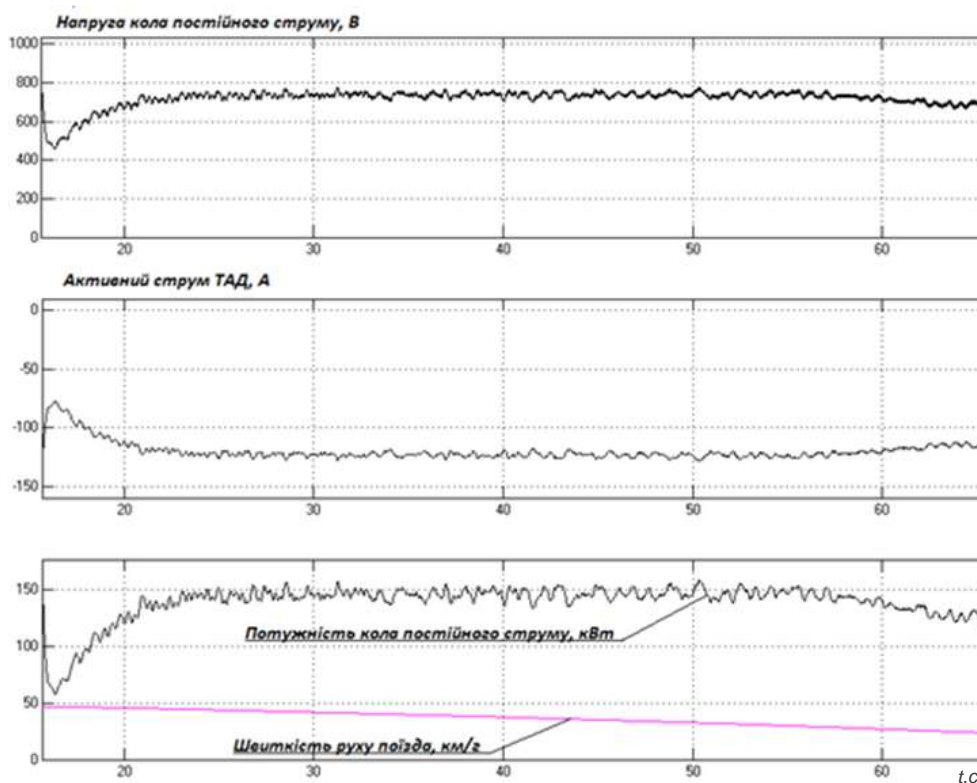


Рис. 4. Результати моделювання режиму гальмування

Висновки. Отримана математична модель модуля ТЕП дизель-поїзда ДЕЛ-02 в режимі електродинамічного гальмування

адекватна об'єкту дослідження та дає можливість проводити дослідження штатних та нештатних режимів роботи

ТЕП. Дана модель може бути використана для уточнення алгоритму системи регулювання з метою забезпечення необхідних динамічних характеристик системи тягової електропередачі в ході всього циклу гальмування.

Список використаних джерел

1. Андрієнко, П.Д. Порівняльний аналіз регуляторів системи керування струмом тягового частотно – керованого електропривода дизель-поїзда ДЕЛ-02 [Текст] / П.Д. Андрієнко, Д.О. Кулагін, О.С. Качур // Електромашинобудування та електрообладнання. – 2010. – № 75. – С. 32-36.
2. Носков, В.І. Створення тягового електроприводу моторвагонних поїздів на базі сучасних інформаційних технологій [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Носков Валентин Іванович; НТУ «ХПІ». – Харків, 2009. – 37 с.
3. Кулагін, Д.О. Підвищення ефективності роботи тягової електропередачі дизель-поїздів ДЕЛ-02 [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Кулагін Дмитро Олександрович; ДП "Держ. н.-д. центр залізн. трансп. України". — К., 2011. — 18 с.
4. Яровий, Г.І. Побудова математичної моделі електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 [Текст] / Г.І. Яровий, Д.В. Ніконенко, О.О. Шкурпела, І.О. Тукалов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 136. – С. 152-162.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.П. Фалендиш

Дяченко Володимир Сергійович, слухач ІППК, гр. МЗ-ЕТ-Б-11.

Яцько Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих систем електричного транспорту.

Шкурпела Олександр Олександрович, аспірант.

Dyachenko V.S., Shkorpela A., postgraduate, Yatsko S., cand. of techn. sciences.