

Є.М. Шапран

**МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ
АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ
ДИЗЕЛЕМ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЮ
ПЕРЕДАЧЕЮ ТЕПЛОВОЗІВ**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Є. М. Шапран

*90-річчю Східноукраїнського
національного університету
імені Володимира Даля присвячується.*

**МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ
АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ
ДИЗЕЛЕМ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЮ
ПЕРЕДАЧЕЮ ТЕПЛОВОЗІВ**

Монографія

Луганськ 2010

УДК 629.424.1.05 + 629.4.032
Ш 23

Рекомендовано Вченою радою
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Рецензенти:

- Коссов Є. Є.**, д.т.н, професор, завідувачий відділом Всеросійського науково-дослідного інституту залізничного транспорту
Горбунов М. І., д.т.н., професор кафедри залізничного транспорту Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля
Тартаковський Е. Д., д.т.н., професор, завідувачий кафедрою експлуатації та ремонту рухомого складу Української державної академії залізничного транспорту

Шапран Є. М.

Ш 23 **Мікропроцесорні системи адаптивного управління дизелем та електричною передачею тепловозів:** монографія. Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010.-576 с.: табл. 50; іл. 259; бібліогр. 525 назв.

ISBN 978-966-590-805-0

У монографії розглянуто проблеми ефективного керування процесами передачі потужності у ланках дизель - електрична передача - трибо технічна система - колесо - рейка.

Особливу увагу приділено науково-практичній проблемі підвищення економічності і тягових властивостей тепловозів на базі комплексного підходу до синтезу мікропроцесорних систем адаптивного управління дизелем, електричною передачею та пристроями короткочасного поліпшення зчеплення коліс з рейками.

Робота призначена для інженерів залізничного транспорту, науковців, викладачів вузів і аспірантів, а також може бути корисною студентам і широкому колу інженерно-технічних працівників промисловості і транспорту.

УДК 629.424.1.05+629.4.032
Ш 23

ISBN 978-966-590-805-0

© Шапран Є. М., 2010
© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2010

З М І С Т

П Е Р Е Д М О В А	7
Розділ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЕКОНОМІЧНОСТІ ТЕПЛОВОЗІВ ЗАСОБАМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ТЕХНІКИ	
1.1. Обґрунтування напрямків досліджень.....	10
1.1.1. Обґрунтування системного підходу до вирішення поставлених проблем.....	10
1.1.2. Використання експертних оцінок для уточнення напрямків досліджень.....	13
1.1.3. Методи оцінки тягових властивостей тепловозів.....	17
1.1.4. Вибір комплексного критерію оцінки тягових властивостей та економічності тепловозів в експлуатації.....	20
1.2. Теоретичні аспекти підвищення економічності тепловозів шляхом вдосконалення методів управління енергомеханічною системою.....	33
1.3. Дослідження впливу реальних характеристик зчеплення колеса з рейкою на тягові властивості тепловозів	42
1.4. Огляд досліджень щодо підвищення тягових властивостей тепловозів завдяки вдосконаленню конструкції електричних передач.....	50
1.4.1. Основні напрямки вдосконалення конструкції електричних передач з тяговими двигунами постійного струму.....	50
1.4.2. Аналіз методів виявлення і припинення буксування колісних пар	59
1.4.3. Аналіз існуючих систем регулювання струмів збудження тягових двигунів.....	72
1.4.4. Підвищення тягових властивостей тепловозів завдяки використанню асинхронних тягових двигунів.....	77
В И С Н О В К И Д О Р О З Д І Л У 1	88
Розділ 2. РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛОКОМОТИВІВ	
2.1. Методологічні аспекти визначення коефіцієнтів тертя і зчеплення коліз з рейками	90
2.2. Дослідження залежності потенційного коефіцієнта зчеплення від швидкості руху локомотива.....	98
2.3. Обґрунтування граничних рівнів швидкості ковзання і температури у трибоконтакті коліз з рейками.....	121
В И С Н О В К И Д О Р О З Д І Л У 2	140

Розділ 3. РОЗРОБКА МОДУЛЬНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОСТОРОВОГО РУХУ ТЕПЛОВОЗА

3.1. Основні положення та припущення.....	142
3.2. Уточнення базової моделі просторового руху тепловоза.....	145
3.2.1. Моделювання збурюючих впливів від рейкової колії.....	145
3.2.2. Моделювання сил зчеплення колеса з рейкою.....	152
3.2.3. Моделювання поздовжньо-динамічних сил у потязі.....	159
3.3. Уточнення базової моделі дизель-генератора та електричної передачі тепловоза.....	165
3.4. Оцінка адекватності математичної моделі просторового руху тепловоза.....	178

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 191

Розділ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ДИЗЕЛЕМ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ

4.1. Вибір принципів удосконалення систем управління тепловозів з електричними передачами.....	193
4.2. Вдосконалення структури мікропроцесорних систем адаптивного управління дизелем та електричною передачею.....	195
4.3. Вдосконалення системи управління збудженням тягових двигунів.....	216
4.4. Вибір структури мікропроцесорної системи адаптивного управління електричною передачею для модернізації діючого парку тепловозів -.....	221
4.5. Вдосконалення мікропроцесорних систем адаптивного управління електричними передачами тепловозів з асинхронними тяговими двигунами.....	227
4.5.1. Уточнення напрямків досліджень.....	227
4.5.2. Вдосконалення методу векторного управління електромагнітним моментом асинхронного тягового двигуна	232
4.5.3. Теоретичне обґрунтування енергозберігаючого методу векторного управління асинхронним тяговим двигуном -.....	237
4.5.4. Синтез загальної структури електричної передачі змінного струму з поліпшеними тягово-енергетичними характеристиками	243
4.6. Моделювання впливу структури систем управління електричними передачами на тягово-зчіпні властивості тепловозів.....	249
4.6.1. Вибір методики досліджень.....	249
4.6.2. Аналіз результатів моделювання -.....	251

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 264

Р о з д і л 5. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТЕПЛОВІЗІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ

5.1 Дослідження впливу алгоритмів управління дизель-генератором на паливну економічність тепловозів.....	266
5.2. Уточнення математичної моделі для оцінки економічності тепловозів в умовах експлуатації.....	272
5.3. Підвищення економічності тепловозів завдяки адаптивній зміні параметрів тепловозної характеристики дизель-генератора.....	280
5.4. Синтез мікропроцесорних систем адаптивного управління дизель-генераторами та електричними передачами багатосекційних тепловозів.....	284
5.5. Підвищення економічності роботи пристроїв короткочасного поліпшення зчеплення коліс з рейками.....	306
В И С Н О В К И Д О Р О З Д І Л У 5	317

Р о і д і л 6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

6.1. Мета експериментальних досліджень.....	320
6.2. Експериментальні дослідження коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою.....	320
6.2.1. Вибір конструкції стенової установки.....	320
6.2.2. Результати експериментального дослідження коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою на стендах.....	326
6.2.3. Дослідження процесу формування зчепних характеристик колеса з рейкою методом акустичної емісії.....	330
6.2.4. Експериментальні дослідження тягово-зчепних характеристик тепловозів в експлуатаційних умовах.....	337
6.3. Експериментальні дослідження тепловозів 2TE116 з мікропроцесорною системою адаптивного управління дизель-генератором та електричною передачею.....	344
6.3.1. Конструкція мікропроцесорної системи адаптивного управління.....	344
6.3.2. Результати випробувань мікропроцесорної системи управління дизель-генератором	345
6.3.2.1. Методика та метрологічне забезпечення випробувань	345
6.3.2.2. Результати приймальних та експлуатаційних випробувань тепловозів з- мікропроцесорною системою адаптивного управління.....	346
6.3.3. Експериментальні дослідження електричних передач тепловозів 2TE116 в експлуатаційних умовах.....	356
6.3.4. Дослідження експериментальної конструкції електричної передачі тепловоза з асинхронними тяговими двигунами	365

6.4. Результати експериментальних досліджень пристроїв короткочасного поліпшення зчеплення коліс з рейками	373
6.5. Техніко-економічна оцінка ефективності експлуатації тепловозів з мікропроцесорною системою адаптивного управління.....	375
6.5.1. Методика оцінки ефективності експлуатації тепловозів.....	375
6.5.2. Розрахунок річних експлуатаційних витрат.....	376
6.5.2.1. Зниження річних експлуатаційних витрат на паливо.....	376
6.5.2.2. Розрахунок зниження річних експлуатаційних витрат на обслуговування й ремонт системи управління дизель-генератора.....	377
6.5.2.3. Зниження експлуатаційних витрат за рахунок підвищення тягових властивостей тепловозів.....	380
6.5.3. Визначення економічного ефекту за розрахунковий період і строку повернення капітальних вкладень	381
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6	383
ДОДАТОК А. Математичне моделювання просторового руху тепловоза 2TE116.....	386
ДОДАТОК Б. Моделювання змін геометричних параметрів колеса і рейки.....	403
ДОДАТОК В. Моделювання робочих процесів у дизель-генераторі	410
ДОДАТОК Д. Дослідження динамічних процесів буксування окремого колісно-моторного блоку.....	430
ДОДАТОК Е. Особливості групової роботи колісно-моторних блоків тепловоза.....	442
ДОДАТОК Ж. Реалізація тягових зусиль колісно-моторним блоком при випадкових змінах коефіцієнта зчеплення та осьового навантаження.....	457
ДОДАТОК З. Оцінка граничної точності виміру швидкості ковзання колісних пар датчиками частоти обертання.....	462
ДОДАТОК К. Вибір методів векторного управління асинхронними тяговими двигунами тепловозів.....	472
ДОДАТОК Л. Технічна реалізація мікропроцесорної системи керування дизель-генератором і електричною передачею тепловоза 2TE116	525
ДОДАТОК М. Методика проведення приймальних випробувань тепловоза 2TE116 обладнаного мікропроцесорною системою адаптивного управління	538
ЛІТЕРАТУРА	542