

нагрузки между приводными колесными парами, близкое к условиям эксплуатации, и соответственно позволяет увеличить суммарную силу тяги колесных пар с рельсовым полотном, уменьшить длительность нестационарных режимов движения при рабочем цикле шахтного локомотива. Система регулирования тягового усилия позволяет, благодаря реализации управляемого режима вращения колесных пар за счет изменения степени свободы привода, обеспечить наиболее возможную для конкретных условий загрязнения рельсового пути силу тяги.

**Вывод.** Установка системы регулирования и применение механизма согласования тягового усилия между приводными колесными парами позволит при конкретных параметрах шахтного локомотива улучшить его тяговые характеристики и обеспечить более точное перераспределение рабочей нагрузки между приводными колесными парами на участках пути сложного профиля, а также увеличить суммарную силу тяги колесных пар с рельсовым полотном за счет снижения проскальзывания колес.

#### Список литературы

1. Павленко А.П. Динамика тяговых приводов магистральных локомотивов [Текст] / А.П. Павленко. – М.: Машиностроение, 1991. – 192 с.
2. Вериго М.Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / М.Ф. Вериго, А.Я. Коган; под ред. М.Ф. Вериго. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
3. Лужнов, Ю.М. Модель фрикционного контакта колеса с рельсом и возможности управления его свойствами [Текст] / Ю.М. Лужнов, В.А. Попов, Г.М. Седов // Вестник ВНИИЖТ, 2009. – № 1. – С. 30-32.
4. Мишин Н. М. Внешнее трение твердых тел [Текст] / Н. М. Михин. – М.: Наука, 1977. – 219 с.
5. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон ; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 510 с.
6. Ишлинский А. Ю. О проскальзывании в области контакта при трении качения / А. Ю. Ишлинский // Изв. АН СССР. ОТН, 1956. – № 6. – С. 3 – 15
7. Вериго, М.Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / М.Ф. Вериго, А.Я. Коган; под ред. М.Ф. Вериго. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
8. Зиборов, К.А. Экспериментальное определение характеристик сцепления шахтного локомотива при кинематических и силовых несовершенствах [Текст] / К.А. Зиборов, Сердюк А.А., Дерюгин О.В. Вибрации в технике и технологиях, 2000.- №4 (16). - С.60-63
9. Процив, В. В. Экспериментальное определение характеристик сцепления шахтного локомотива в режиме торможения [Текст] / В. В. Процив, А. Г. Мона // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 2. – С. 95 – 97.
10. Ренгевич, А. А. Коэффициент сцепления шахтных электровозов / А. А. Ренгевич // Вопросы рудничного транспорта. – М.: Госгортехиздат, 1961. – Вып. 5. – С. 227 – 246.
11. Вербек Г. Современное представление о сцеплении и его использовании / Г. Вербек // Железные дороги мира. – М., 1974. – № 4. – С. 23 – 53.
12. Хлебников В. Н. Исследование фрикционного взаимодействия колес с рельсами / В. Н. Хлебников // Рефер. сб. «Железнодорожный транспорт за рубежом» / ЦНИИ ТЭИ МПС, 1976. – № 3. – С. 3 – 23.
13. Лужнов Ю. М. Загрязнение поверхностей рельсов и колес подвижного состава / Ю. М. Лужнов, Н. В. Русакова, Р. Г. Черепашенец // Вестник ВНИИЖТ, 1972. – № 4. – С. 38 – 40.
14. Шахтный локомотив [Текст]: патент № 57695 Украина: В61F 5/38. / К. А. Зиборов, В.В. Процив, А.М. Твердохлеб (Украина); заявитель и патентообладатель государственное ВУЗ «Национальный горный университет»; опубл. 10.03.2011, бюл. № 5
15. Зиборов К.А. Принципы построения системы согласования тягового усилия приводных колесных пар шахтного локомотива / К.А. Зиборов, А.М. Твердохлеб, С.А. Воскобойник // “Гірнична електромеханіка та автоматика” №88, 2012. - С. 115 – 120.

Рукопис подано до редакції 01.10.12

УДК 681.5.012: 621.313.52

В.П. ЩОКІН<sup>1</sup>, д-р техн.наук, доц., О.В. ХРОМЕЙ, аспірантка  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

### АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗБУДЖЕННЯМ ТЯГОВОГО ГЕНЕРАТОРА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Проведено аналіз існуючої автоматизованої системи керування збудженням тягового генератора залізничного транспорту з урахуванням критеріїв її практичного застосування. Виявлено основні проблеми автоматизованої системи керування збудженням тягового генератора та запропоновано шляхи їх вирішення з метою підвищення ефективності роботи локомотиву.

**Проблема і її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Проблемам автоматизації залізничного транспорту присвячена значна кількість публікацій як в країнах дальнього зарубіжжя, так і СНД і Україні. Але ряд питань, що стосуються синтезу систем керування для складних об'єктів, потребують подальших розробок та досліджень. Особливо це стосується питань, що пов'язані із розробкою раціональних математичних моделей та методів оптимізації, орієнтованих на застосування засобів обчислювальної техніки та прикладного програмного за-

<sup>1</sup> © Щокін В.П., Хромей О.В., 2012

безпечення. До того ж, поряд з традиційними методами моделювання та оптимізації, які не завжди мають необхідну гнучкість при рішенні конкретних практичних задач з різноманітними обмеженнями, доцільно використовувати нові перспективні методи та технології, які базуються на штучних нейронних мережах, нечіткій логіці та інших.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Результати досліджень автоматизованих систем керування режимами роботи тягового електроприводу на залізничному транспорті викладені у трудах вчених Науково-дослідного інституту тепловозів та шляхових машин, спеціалістів ВАТ «Технологія», ВАТ «НПК «Союзцветавтоматика» та інших. Однак всі вони занадто трудомісткі та потребують масштабних фінансових витрат, тому доцільне створення універсальної системи автоматичного керування режимами роботи тягового генератора.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є створення моделі автоматизованої системи керування режимами роботи тягового електроприводу, розробка способів її реалізації з використанням сучасної обчислювальної техніки і прикладного програмного забезпечення, уточнення структури САР окремих енергетичних систем об'єкта керування згідно заданого критерію з використанням сучасних технологій.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- проаналізувати методи та критерії якості;
- розробити модель об'єкта керування;
- автоматизувати систему керування режимами роботи тягового електроприводу, використовуючи сучасні інформаційні технології та прикладне програмне забезпечення;
- розробити адаптивні регулятори системи керування;
- дослідити систему керування.

Основною задачею автоматизації процесами управління режимами роботи тягового електроприводу залізничного транспорту є максимальне наближення тягової характеристики тягового генератора до необхідної (рис. 1). Створення спеціального програмного алгоритму адаптивного управління для системи автоматичного керування тяговим генератором призведе до найбільш оптимального та ефективного використання енергетичних, трудових та фінансових ресурсів [1].

Заміна існуючої системи автоматичного керування тяговим генератором на адаптивну систему автоматичного керування вирішить такі задачі:

- забезпечення оптимальних витрат палива;
- підвищення коефіцієнту корисної дії об'єкта залізничного транспорту в цілому;
- використання повної потужності тягового генератора в більш широкому інтервалі швидкостей руху;
- економія енергоресурсів на тягу до 10-12%;
- підвищення безпеки руху локомотива [4].

**Викладення матеріалу і результати.** Однією з основних вимог, що висувається до електричної передачі тепловоза, є повне використання вільної потужності дизеля при всіх швидкостях руху. При постійній потужності дизеля і незмінних затратах потужності на привод допоміжних агрегатів тяговий генератор повинен працювати у режимі постійної потужності

$$P_T = I_T \cdot U_T = \text{const}, \quad (1)$$

де  $P_T$  - потужність генератора, Вт;  $I_T$  - струм навантаження генератора, А;  $U_T$  - напруга генератора, В.

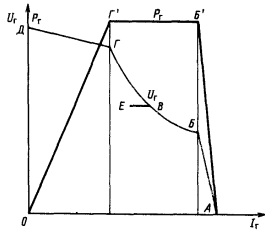
Під час руху тепловоза струм навантаження змінюється в залежності від опору руху поїзда: при збільшенні цього опору і зниженні швидкості руху тягові електродвигуни будуть реалізовувати суттєвий обертальний момент, що призведе до збільшення споживаного ними струму, а відповідно, і струму навантаження генератора. Навпаки, при зменшенні опору руху і збільшенні швидкості руху струм навантаження генератора буде зменшуватись [1].

Для підтримання постійної потужності напруга генератора повинна примушено змінюватись обернено пропорційно струму навантаження

$$U_T = P_T / I_T. \quad (2)$$

Така залежність, що називається зовнішньою характеристикою генератора, має форму гіперболи (рис.1, лінія БГ).

Для зменшення інтенсивності боксування колісних пар на тепловозах може забезпечуватись так звана динамічна жорстка характеристика тягового генератора по напрузі, при якій із зменшенням струму навантаження внаслідок боксування колісних пар напруга не збільшується (лінія ВЕ на рис. 2), і в той же час зміна струму навантаження генератора при відсутності боксування визиває обернено пропорційну зміну напруги (гіпербола БГ).



**Рис.1.** Форма необхідної зовнішньої характеристики тягового генератора  $U_G$  і крива зміни потужності  $P_G$

В області великих струмів навантаження генератора виникає обмеження максимального струму (лінія AB), а в області малих струмів навантаження - обмеження максимальної напруги (лінія ГД) [1].

Номинальна потужність дизель-генератора може бути реалізована лише при номінальній частоті обертання валів дизель-генератора. Для роботи тепловоза з меншою потужністю необхідно зменшити частоту обертання валів дизель-генераторної установки і збудження генератора. Дані операції здійснюються за допомогою контроллера. Зміна потужності по позиціям контроллера повинна бути рівномірною і відповідати роботі силової установки по економічній ефективності[1].

Напруга генератора  $U_G$ , якщо знехтувати падінням напруги у колі якоря, може бути визначена за формулою

$$U_G = C_G \cdot \Phi_G \cdot n \quad (3)$$

де  $C_G$  - постійна величина для даного генератора, що визначається числом пар полюсів і параметрами обмотки якоря;  $\Phi_G$  - магнітний потік полюса генератора, Вб;  $n$  - частота обертання якоря генератора, об/хв.

Магнітний потік полюса  $\Phi_G$  пропорційний струму збудження генератора. Тому, для того щоб отримати необхідну форму характеристики генератора (див. рис. 2) необхідно струм збудження змінювати по визначеному закону в залежності від ряду факторів, що впливають на напругу генератора і потужність дизель-генераторної установки. Така зміна струму збудження генератора на сучасних тепловозах реалізується за допомогою системи автоматичного керування тяговим генератором (рис. 2).



**Рис. 2.** Функції системи автоматичного керування тяговим генератором

Оскільки основним фактором, залежно від якого змінюється напруга генератора, є струм його навантаження, основна САК генератором повинна бути виконана по струму навантаження. Саме вона дозволить наблизити характеристику генератора у заданому інтервалі струмів навантаження до гіперболічної форми. Ця ж САК на початку руху тепловоза забезпечує обмеження пускового струму, а при малих струмах – обмеження максимальної напруги генератора.

Робота тепловоза з пониженою потужністю і зменшеним пусковим струмом, як зазначалося вище, потребує зниження частоти обертання валів дизель-генераторної установки шляхом зменшення позиції контролера. Для реалізації необхідної потужності генератора на проміжних позиціях контролера служить САК генератором по частоті обертання. При роботі тепловоза має місце ряд факторів (окрім струму навантаження генератора), які впливають на потужність генератора, а також на вільну потужність, що передається генератору від дизеля. Тому в доповнення до САК генератором застосовується додаткова САК дизель-генератором по потужності[1].

На сьогодні САК суміщує принципи керування по вільно змінюваному навантаженню та по відхиленню керованої величини. Таку САК називають комбінованою. Принцип комбінованого автоматичного керування застосований у САК тяговим генератором по струму навантаження більшості сучасних тепловозів. Тут основним вузлом регулятора є магнітний підсилювач збудження, обмотки керування якого утворюють вузол сумування сигналів (вузол порівняння). Регулятор включає також селективний вузол СВ, датчик завдання - безконтактний тахометричний блок, а також датчики сигналів – вимірювальні трансформатори струму і навантаження[1].

Амплістат збудження в системі автоматичного управління тяговим генератором є основним вузлом. Він інтегрує сигнали по струму навантаження, напрузі та частоті обертання тягового генератора, по потужності дизель-генератора і подає результуючий і підсилений сигнал на обмотку збудження збуджувача. Але дана САК має суттєві недоліки:

вплив температури обмоток і гістерезису електричних машин, а також напруги допоміжного генератора на напругу і потужність тягового генератора;

перевантаження дизеля чи недовикористання його потужності при зміні потужності тягового генератора, навантаження від допоміжних агрегатів, а також відхилення параметрів, що обмежують потужність дизеля;

неможливість тільки за рахунок даної системи керування отримувати обмеження по струму і напрузі тягового генератора;

складність налаштування характеристики тягового генератора [1].

Усунути вказані недоліки можливо за допомогою заміни системи «амплістат» на оптимальну автоматизовану систему керування збудженням тягового генератора, що дозволить значно підвищити ефективність роботи об'єкта залізничного транспорту, вивільнити робочий час ремонтних бригад, зменшивши цим самим фінансові затрати.

**Висновки і напрямки подальших досліджень.** Отже, на основі проведеного аналізу спеціальних джерел інформації, можна зробити висновок, що використання удосконаленої системи автоматичного керування тяговим генератором є актуальною задачею. Вже зараз можна оцінити економічний ефект за такими критеріями, як зниження витрат палива, зменшення затрат на ремонт тепловоза, підвищення продуктивності тепловоза[2]. Завдяки запланованій гнучкості програмного забезпечення САК та можливості її подальшого вдосконалення і введення в дію, можлива окупність даної системи за рахунок покращення ергономічних, екологічних та техніко-економічних показників об'єкта залізничного транспорту.

#### *Список літератури*

1. Вилькевич Б.И. Электрические схемы тепловозов типов ТЭ10М и ТЭ10У. – М.: Транспорт, 1993. – 144 с.
2. Котов О. Автоматизированная многофункциональная система управления локомотивом // Журнал «СТА». – М.: Недра, 1998. - №4. – с.34 – 40.
3. Сильнищев Р.И. Автоматизация проектирования систем автоматического управления: учеб. для вузов по спец. «Автоматика и упр. в техн. Системах» - М.: Высш. шк., 1991. – 335 с.
4. Сорин Л.Н. Автоматизированные системы управления для железнодорожного транспорта / Сорин Л.Н. // Вісник СНУ ім.Далія, 2011. - №4(158) ч.1. – с. 205 – 207.

Рукопис подано до редакції 05.04.12

УДК 622.34:658.562

М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., О.Л. ТОПЧІЙ  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ КОРИСНОЇ КОПАЛИНИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМУ ОСВОЄННІ РОДОВИЩА**

Розглянуто методи прогнозування якісних показників корисної копалини при комплексному освоєнні родовищ. Виконано детальний аналіз мінливості показників в конкретних умовах оцінювання об'єму і формування якості рудної сировини гірничо-видобувних підприємств.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Прогнозна оцінка середніх значень геологічних показників у надрах - одна з найважливіших при реалізації функцій маркшейдерсько-геологічного управління об'ємом і якістю рудної сировини при комплексному освоєнні родовища. Застосування методів, що засновані на теорії випадкових функцій, дає задовільні результати для блоків малого розміру, мало вивченими за результатами розвідувальних даних[1-3].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Дослідження з перерахованих питань для окремих видів корисних копалин, стадій освоєння родовищ, рівнів і періодів управління розглянуті в роботах В. О. Букринського, В. М. Гудкова, А. Б. Каждана, П. О. Риждова, І. Н. Ушакова, І. І. Фінаревського, У. Крамбейна, Ж. Матерона, Ж.-М. Ренду та ін. При наявності ефективних розробок окремих питань дотепер, однак, відсутні комплексні дослідження, що спрямовані на створення теорії, методів і технологій прогнозування якісних показників корисної копалини при комплексному освоєнні надр.

**Постановка завдання.** Проблема оцінки якісних показників корисної копалини у надрах є досить актуальною для гірничо-видобувної промисловості. Її успішне вирішення можливо тільки на основі глибокого вивчення і обґрунтування функцій і об'єктів маркшейдерсько-геологічного забезпечення, аналізу факторів, що впливають на результати прогнозування, вибору раціонального комплексу математичних методів вирішення завдань і побудови ефективної системи обробки масивів інформації з використанням комп'ютерних технологій.

**Викладення матеріалу та результати.** Руди балансових запасів корисних копалин представляють собою складні мінеральні агрегати, які складаються з суміші рудних і нерудних мінералів - кремнезему, глинозему, вапна, магnezії та ін. Крім того, руди містять у різних кількостях як корисні (залізо, марганець, нікель, ванадій, мідь, титан та ін.), так і шкідливі (сірка, фосфор, цинк, свинець та ін.) домішки. Корисні домішки впливають на якість металу, що виплавляється. Вони можуть мати цінність для самостійного використання. Характер дії шкідливих домішок діаметрально протилежний дії корисних, тому вони повинні бути вилучені повністю або їхній вміст повинен бути доведений до припустимих меж.