

УДК 622-625.28-83

### ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ТОКОВУЮ НАГРУЗКУ ДВИГАТЕЛЕЙ И ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ДВУХОСНЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ

С. Н. Якимец

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: seem@kdu.edu.ua

Приведены результаты исследований влияния изменения коэффициента сцепления колеса с рельсом и коэффициента потока двигателей тяговых электротехнических модулей на динамические и статические параметры движения и токовую загрузку электродвигателей постоянного тока промышленных двухосных электровозов. Дана оценка характеристике движения и ходу протекания процессов в функции параметров тяговых двигателей. Рассмотрены вопросы специфики условий функционирования промышленных электровозов вообще и их электротехнических комплексов в частности.

**Ключевые слова:** двухосный электровоз, электротехнический комплекс, тяговый электропривод, динамические параметры движения.

### ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ НА СТРУМОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ ДВИГУНІВ ТА ПАРАМЕТРИ РУХУ ДВОХОСЬОВИХ ЕЛЕКТРОВЗІВ

С. М. Якимець

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна E-mail: seem@kdu.edu.ua

Приведені результати досліджень впливу зміни коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою та коефіцієнта потоку двигунів тягових електротехнічних модулів на динамічні та статичні параметри руху та струмове навантаження електричних двигунів постійного струму промислових двохосьових електровозів. Дана оцінка характеристики руху та перебігу процесів у функції параметрів тягових двигунів. Розглянуті питання специфіки умов функціонування промислових електровозів взагалі та їх електротехнічних комплексів зокрема.

**Ключові слова:** двохосьовий електровоз, електротехнічний комплекс, тяговий електропривод, динамічні параметри руху.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Эксплуатационный парк промышленных предприятий Украины насчитывает более семи тысяч двухосных электровозов сцепной массой от 7 до 14 кН. Существующие типы отечественных электровозов с названными сцепными массами оборудованы тяговыми электротехническими комплексами (ТЭТК) с неэффективными контактно-резисторными схемами управления частотой вращения тяговых электродвигателей (ТЭД) постоянного тока [1].

В связи с этим актуальна задача разработки новых образцов электровозов с современными видами тяговых электротехнических комплексов и внедрения их выпуска в практику работы электровозостроительных заводов.

Между тем, учитывая экономические проблемы, вектор поведения современных предприятий сориентирован не на приобретение новых типов электровозов, а на модернизацию находящихся в эксплуатации. Эффективным и ожидаемым направлением в этом процессе может быть модернизация существующего парка электровозов путем замены устаревших контактно-резисторных систем на современные электроэнергоэффективные, в числе которых ТЭТК с импульсными системами регулирования напряжения питания ТЭД. Реализация такого подхода позволит в 6...7 раз уменьшить материальные затраты предприятий в сравнении с закупкой новых образцов электровозов а также снизить потребление электрической энергии электровозным транспортом на 20...30 % [2].

Специфика условий функционирования промышленных электровозов вообще и их электротехнических комплексов в частности (в том числе и при эксплуатации в подземных условиях) предполагает анализ и оценку причин, уровней и частоты проявления всех локально влияющих факторов на слагаемые ТЭТК для достижения конечной цели – разработки структуры управления с подсистемой устранения влияния возможных возмущающих факторов на режимы функционирования многодвигательного комплекса в целом [3].

Существующие исследования энергодинамических и электромеханических процессов в тяговом комплексе «промышленный электровоз – вагонетки» достаточны для оценки поведения механического оборудования слагаемых этого комплекса. Однако их глубина явно недостаточна для построения алгоритма его функционирования и системы автоматизированного управления им.

Главным определяющим моментом объективной незавершенности результатов исследований является излишняя обобщенность режимов функционирования промышленных электровозосоставов в общем цикле технологии, особенно при транспортировании полезных ископаемых в подземных условиях, которые далеко не идеальны.

Целью работы является исследование влияния различных параметров функционирования тяговых электротехнических модулей на характеристики движения

и токовую загрузку электродвигателей постоянного тока промышленных двухосных электровозов.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Реальная и необходимая производительность электровозосоставов в условиях подземных выработок обеспечивается использованием «спаренных электровозов» с применением двух и более тяговых единиц. Это решение позволяет увеличить сцепную массу и устраняет необходимость использования внутришахтного транспорта с повышенными массогабаритными показателями, что неизбежно привело бы к существенному увеличению сечений горнокапитальных выработок. К примеру, применение следующих по типовому весовому ряду после 14 кН электровозов – 25-тонных машин потребует увеличения радиуса сечения выработок в среднем на 1,2 м.

Процессы в тяговых двигателях постоянного тока ТЭТК двухосных электровозов при изменении их параметров условно можно формализовать как внутренние и внешние [4]. С учетом анализа работы двигателей постоянного тока последовательного возбуждения и пары «колесо–рельс» наибольшее влияние на динамические и статические параметры движения оказывают изменения коэффициента потока двигателей (фактор внутренних процессов), а также изменение коэффициента сцепления колеса с рельсом (фактор внешних процессов). Изменение активных сопротивлений и индуктивностей цепей двигателей не приводит к существенному (более 2...3 %) изменению динамических и статических параметров движения.

Структура моделируемого состава приведена на рис. 1. Моделирование осуществлялось для группового четырехдвигательного тягового комплекса электровозов с управлением по системе многих единиц, когда каждый из двух электровозов (1 и 2 на рис. 1) имеет по два приводных двигателя постоянного тока (один двигатель типа ДТН 45/27) на одну колесную пару.

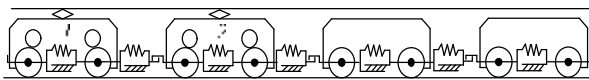


Рисунок 1 – Структура моделируемого состава

Упрощенная электрическая схема моделируемого электровозосостава, содержащего четыре тяговых электротехнических модуля (ТЭТМ) приведена на рис. 2.

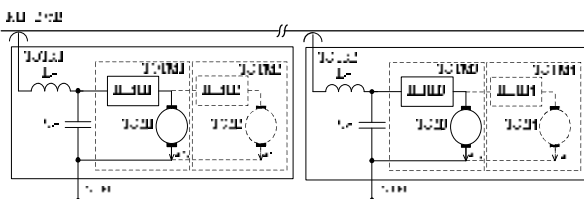


Рисунок 2 – Упрощенная электрическая схема двухблочного электротехнического комплекса двухосных электровозов

Моделирование движения состава было выполнено при различных начальных значениях коэффициента трения и коэффициента потока для трех случаев:

- изменение коэффициента сцепления у первой по ходу оси первого электровоза;
- изменение коэффициента сцепления у обеих осей первого электровоза;
- изменение коэффициента потока двух двигателей первого электровоза.

Результаты моделирования приведены на рис. 3–5.

На рисунках приняты следующие обозначения:

$I_{11}$ ,  $I_{12}$  и  $I_{21}$ ,  $I_{22}$  – токи якоря первого и второго двигателей первого электровоза и первого и второго двигателей второго электровоза;

$M_{11}$ ,  $M_{12}$  и  $M_{21}$ ,  $M_{22}$  – моменты первого и второго двигателей первого электровоза и первого и второго двигателей второго электровоза;

$h_{11}$ ,  $h_{12}$  и  $h_{21}$ ,  $h_{22}$  – КПД первого и второго двигателей первого электровоза и первого и второго двигателей второго электровоза;

$F_{c\mu 1}$ ,  $F_{c\mu 2}$  – сила тяги (сила в сцепке) первого и второго электровозов;

$k_{СК}$  – коэффициент трения скольжения;

$k\Phi$  – коэффициент потока двигателя;

$R$  – активное сопротивление цепи двигателя.

Относительные величины определяются относительно нормального режима (нет изменения параметров, нет проскальзывания).

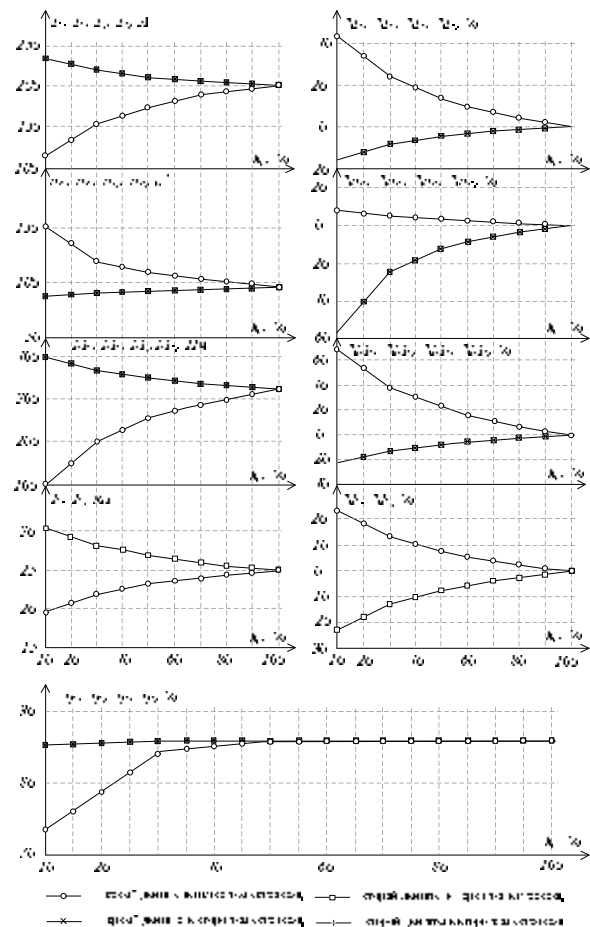


Рисунок 3 – Влияние изменения коэффициента сцепления одной оси

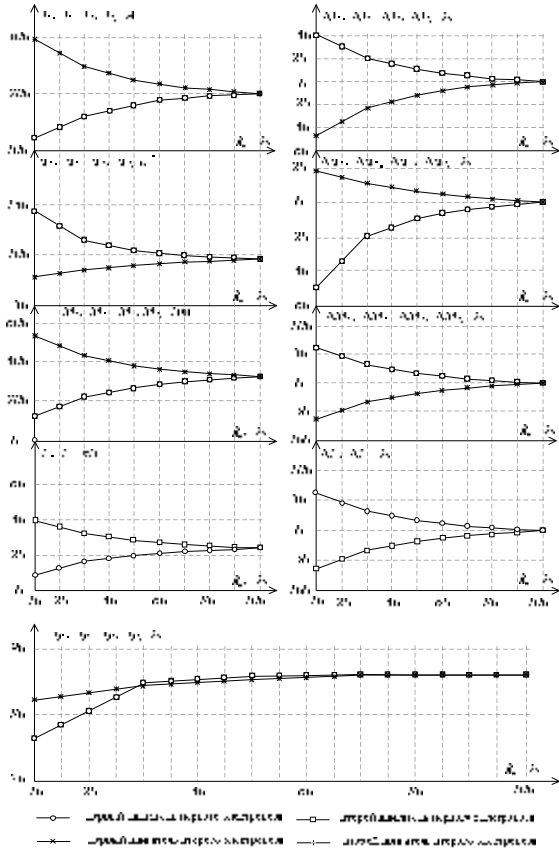


Рисунок 4 – Влияние изменения коэффициента сцепления двух осей

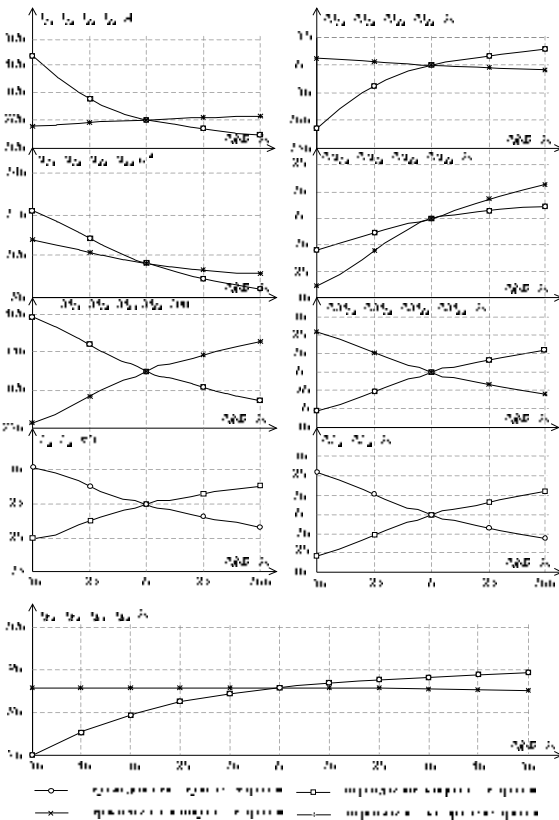


Рисунок 5 – Влияние изменения коэффициента потока двигателей двух осей

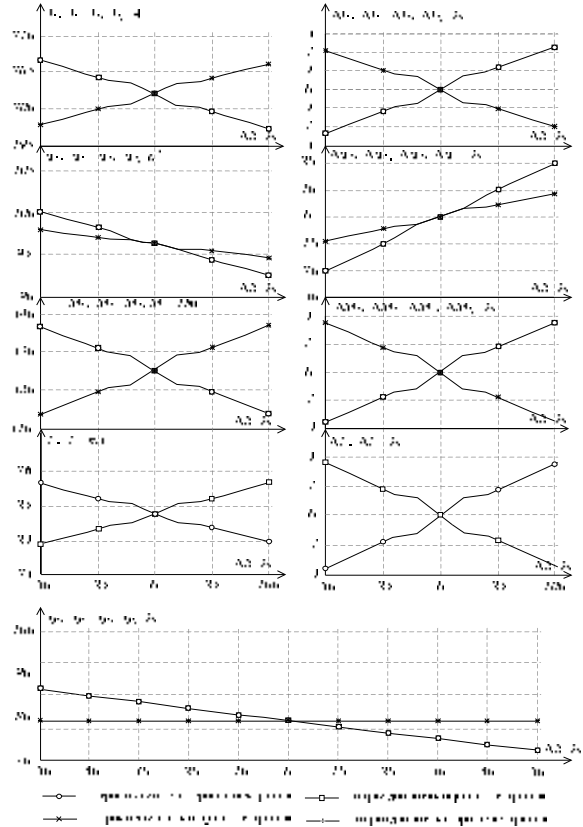


Рисунок 6 – Влияние изменения активного сопротивления двигателей двух осей

**ВЫВОДЫ.** Анализ приведенных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. При незначительном уменьшении коэффициента трения скольжения (до 70 %) рост нагрузки двигателей, оси которых находятся в зацеплении, составляет до 20...30 %. При дальнейшем уменьшении коэффициента трения скольжения менее 50 % происходит существенная (более 40 %) перегрузка по току двигателя той оси, которая осталась в зацеплении. При проскальзывании двух осей ситуация еще более усугубляется и перегрузка одних двигателей доходит до 100 %, а другие разгружаются до 0...10 %. Соответственно снижение силы тяги составляет 50...90 %.

2. При уменьшении коэффициента потока до 30...40 % наблюдается рост тока двигателей на 20...30 %, а при уменьшении потока более 50 % происходит существенный рост тока на 50...100 %. При этом у двигателей с неизменным потоком происходит противоположное изменение токов.

3. При попадании в зону достаточного коэффициента сцепления (в моделируемом случае 97...100 %) происходит увеличение скорости движения при незначительном увеличении силы тяги. Таким образом, процессы при изменении параметров носят нелинейный характер. При уровне изменения до 20...30 % происходит снижение скорости движения при незначительной загрузке отдельных двигателей по току на 20...40 %. Однако изменение перечисленных параметров более чем на 50 % вызывает не только снижение скорости движения, но и значительную перегрузку двигателей по току.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / А.А. Азарян, Ю.Г. Вілкул, Ю.П. Капленко та ін. – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.

2. Енергоефективність та відновлювальні джерела енергії / Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2007. – 560 с.

3. Research of electromagnetic processes in system «IGBT–converter – traction electric motor» in the mode of motor field decay / O.N. Sinchuk, I.O. Sinchuk, A.S. Kljuchka et al. // Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Вип. 4/2010 (63), част. 1. – Кременчук: КрНУ, 2010. – С. 40–43.

4. Проектирование систем управления электроподвижным составом / Под ред. Н.А. Ротанова. – М.: Транспорт, 1986. – 327 с.

**THE INFLUENCE OF OPERATIONAL STANDARDS OF TRACTION ELECTROTECHNICAL COMPLEXES ON MOTOR CURRENT LOADING AND MOTION PARAMETERS OF BIAxIAL ELECTRIC LOCOMOTIVES**

**S. Yakimets**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: seem@kdu.edu.ua

The research results of influence of variety of friction coefficient and flux coefficient of motors of traction electro-technical modules on dynamic and static motion variables and current capacity of DC two-axial industrial electric locomotives are presented. Motion pattern and operational performance as a function of parameters of traction motors are described. The particular problems of operational environment for the industrial electric locomotives generally and their electrotechnical complexes specifically are considered.

**Key words:** two-axial electric locomotive, electrotechnical complex, traction electric drive, motion dynamic parameters.

## REFERENCES

1. *The complex of resource- and energy-saving geotechnologies for mineral development and mining, and technical facilities for their monitoring with control system and mining manufacture optimization system* / A.A. Azaryan, Yu.G. Vilkul, Yu.P. Kaplenko, F.I. Karamahyts et al. – Kryvyi Rig: Mineral, 2006. – 219 p. [in Ukrainian]

2. *Energy efficiency and renewable energy sources* / Edited by A.K. Shydlovskii. – K.: Ukrainian encyclopedic knowledge, 2007. – 560 p. [in Ukrainian]

3. Research of electromagnetic processes in system «IGBT–converter – traction electric motor» in the

mode of motor field decay / O.N. Sinchuk, I.O. Sinchuk, A.S. Kljuchka et al. // *Transactions of Kremenchuk State University*. – Iss. 4/2010 (63) Part. 1. – Kremenchuk: KrNU, 2010. – PP. 40–43.

4. *Electric stock control system design* / Ed. by N.A. Rotanov. – M.: Transport, 1986. – 327 p. [in Russian]

Стаття надійшла 08.10.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Сінчуком О.М.