

УДК621.315.052.7:62.395.14

О. Н. Синчук, д-р техн. наук,
И. О. Синчук, **Э. С. Гузов**, кандидаты техн. наук,
Д. А. Шокарев

ТЯГОВЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ШАХТНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Аннотация. Проведен анализ современного состояния тяговых электрохимических комплексов шахтного электровозного транспорта и отечественных железорудных шахт. Рассмотрены проблемы ныне эксплуатируемых видов электровозов, в частности их эффективность и электробезопасность. Показано, что определяющим фактором в решении проблемы повышения эффективности функционирования шахтных электровозов является их тяговые электрохимические системы, точнее их типы. Как одно из направлений совершенствования транспорта для рудных шахт рассматривается внедрение контактно-аккумуляторных видов электровозов на основе современных структур тяговых приводов типа IGBT-преобразователь-тяговые асинхронные двигатели.

Ключевые слова: электротехнический комплекс, тяговый двигатель, преобразователь, конденсатор, частота, контактная сеть, IGB транзистор

O. Sinchuk, ScD.,
I. Sinchuk, PhD., **E. Guzov**, PhD.,
D. Shokarev

TRACTION ELECTROMECHANICAL COMPLEX MINE CONTACT ELECTRIC LOCOMOTIVE

Abstract. This article analyzes the current state of traction electromechanical complexes of mine electric locomotive transport and domestic iron ore mines. The problems currently exploited species locomotives, in particular, their efficiency and electrical safety. It is shown that the determining factor in deciding the problem of increasing the efficiency of the mining electric traction is their electromechanical systems, or rather their types. As one of the ways to improve transport for ore mines considered introduction contact-electric battery types on the basis of modern structures traction drive type IGBT-inverter-traction induction motors.

Keywords: electrical complex, traction motor, transformer, capacitor, frequency, contact network, IGB transistor

О. М. Сінчук, д-р техн. наук,
І. О. Сінчук, **Е. С. Гузов**, кандидати техн. наук,
Д. А. Шокарєв

ТЯГОВІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ШАХТНИХ КОНТАКТНИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ

Анотація. Проведений аналіз сучасного стану тягових електрохимічних комплексів шахтного електровозного транспорту і вітчизняних залізорудних шахт. Розглянуто проблеми нині експлуатованих видів електровозів, зокрема їх ефективність і електробезпека. Показано, що визначальним чинником у вирішенні проблеми підвищення ефективності функціонування шахтних електровозів є їх тягові електрохимічні системи, точніше їх типи. Як один з напрямків вдосконалення транспорту для рудних шахт розглядається впровадження контактно-аккумуляторних видів електровозів на основі сучасних структур тягових приводів типу IGBT-перетворювач-тягові асинхронні двигуни.

Ключові слова: електротехнічний комплекс, тяговий двигун, перетворювач, конденсатор, частота, контактна мережа, IGB-транзистор

Введение. Различные виды рудного сырья, в том числе железорудного, добываемого в отечественных шахтах и рудниках, являются основным и устойчивым источником пополнения валютных запасов Украины [1, 2].

Для сохранения приоритета на мировом рынке ЖРС необходимо постоянное сдерживание естественного, в связи с понижением уровня (глубин) добычи, процесса повышения себестоимости добываемого

Шокарев Д.А., 2014
сырья, где немаловажной составляющей предстаёт технологический транспорт (ВШТ), основным видом которого в железорудных шахтах является электровозный, обеспечивающий 100 % подземных грузоперевозок руды и доставку горнорабочих к добычным участкам. К сожалению, показатели функционирования ВШТ неутешительны [3].

Неутешительны и показатели надежности и долговечности элементов ТЭМК шахтных электровозов (рис. 1). Обобщая выше приведенные факты и оценивая фактические технико-экономические показатели

© Синчук О.Н., Синчук И.О., Гузов Э.С.,

функционирования ВШТ отечественных железорудных шахт. Отметим, что назрела острая необходимость в проведении процесса научно обоснованного реинжиниринга шахтных электровозосоставов с обязательным внедрением в практику их создания эффективных, скомплектованных на современной элементной базе тяговых электрохимических комплексов электровозов с микропроцессорными системами управления, возможностью мониторинга состояния параметров элементов электрооборудования, а также комплексов защит их от нештатных режимов функционирования.

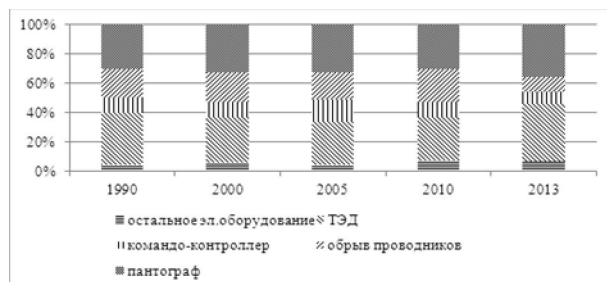


Рис. 1. Динамика изменения количества повреждений основных элементов тягового электрооборудования рудничных электровозов К14 при эксплуатации их в железорудных шахтах Криворожского железорудного бассейна

Материал исследований. На ныне действующих отечественных видах электровозов применяются электропривода с тяговыми двигателями постоянного тока и контактно-резисторной системой управления [5, 6]. Данный тип электропривода в электрической тяге устарел, что в значительной степени определяет низкую эффективность функционирования всего комплекса ВШТ:

- потери энергии в реостатах, составляющие около 30 % – 40 % потребляемой энергии;
- низкая надежность тяговых двигателей, срок службы которых не превышает 2 – 4 месяцев;
- значительные материальные и людские затраты на ремонт и текущее обслуживание тяговых двигателей постоянного тока;
- низкая надежность контроллеров системы управления;
- большая опасность силовых контроллеров в кабине машиниста, крышки которых легко прожигаются электрической дугой;
- ступенчатое регулирование не позволяет в полной мере реализовывать тяговые возможности электровоза;
- существующая система привода ограничивает возможность применения устройств автоматизации управления работой электровозов.

Помимо этого снижение трудозатрат на электровозном транспорте может быть достигнуто применением дистанционного управления электровозами в местах погрузки и разгрузки руды. При этом машинист электровоза выполняет две функции –

загрузку или разгрузку вагонеток и управление электровозом. Передача команд управления на электровоз может производиться по индуктивному или радио – каналу [3].

К сожалению, невзирая на значительное (около 80 %) уменьшение по сравнению с 1990 г. объемов грузоперевозок в шахтах и, следовательно, уменьшения количества горнорабочих, электротравматизм в этих видах горных производств остается высоким (рис. 1) [8]. Одиозной слагаемой этого процесса является КП тяговой контактной сети, где почти 100 % поражений носит летальный исход для пораженных электрическим током [8].

Особую опасность представляет контактная сеть в зонах погрузки руды – в ортах – заездах. Из-за пунктов погрузки нормально проложить контактный провод отводят сторону, а чаще разрывают у пунктов погрузки. Допустимая высота подвески контактного провода в этих выработках всего 1,8 м и есть вероятность прикосновения непосредственно головой, что крайне опасно. Чтобы проехать пункт погрузки машинисту приходится совершать сложные и часто опасные манипуляции с токосъемником.

Многочисленные попытки разработать реле утечки для защиты людей от поражения электрическим током в шахтных контактных сетях не дали положительных результатов из-за крайней сложности решением этой задачи при современном состоянии КП – утечку до 50 мА нужно выделить на фоне тяговых токов, которые в десятки тысяч раз больше [5 – 8].

Как видим, пути совершенствования рудничного электровозного транспорта весьма многообразны. Вместе с тем результаты проводимых в разные годы многочисленных исследований, нацеленных на достижение необходимо-ожидаемого уровня повышения эффективности и безопасности функционирования ВШТ, свидетельствует о том, что пусть даже и эффективными, но все же точечными, локальными методами, достичь этой цели невозможно [5].

Поэтому предлагаемый комплекс реинжиниринга ВШТ железорудных шахт должен, по мнению авторов, выглядеть следующим образом:

- а) создание совершенной тяговой единицы – электровоза с тяговым электрохимическим комплексом, отвечающим современным требованиям и увеличением сцепного веса до 16 – 18 т;
- б) «конструирование» линейки автоматизации движением электровозосоставами по структуре;
- в) создание локальных систем автоматизации управления электровозосоставами при погрузочно-разгрузочных операциях;
- г) создание подсистем управления движением по главным откаточным выработкам.

Как следует из вышеизложенного, первым и основополагающим принципом реализации процесса реинжиниринга ВШТ является создание на базе современных тяговых электротехнических систем новых видов (типов) электровозов.

При этом, обеспечивая требования электробезопасности необходимо понимать, что говоря о «новом» типе, речь должна идти о новом для отечественных предприятий электровозе или, точнее говоря, о новой системе его электроснабжения с обязательностью ликвидации контактного привода, как источника опасности для горнорабочих, в местах погрузки-разгрузки электровозосоставов, т.е. в ортах-заездах.

Прежние попытки решить эту проблему нельзя считать несостоятельными, но и эффективными, в полноте своего решения, также нельзя признать. Практическую реализацию этот принцип приобрел лишь в решениях фирмы ASEA (Швеция), которая создала типовой ряд контактно-аккумуляторных электровозов сцепной массой 6 – 60 т и именно на основе этих – базовых типов электровозов совместно, с фирмой SAAB-SCANIA (Швеция) впоследствии создала сеть автоматизированных систем управления ВШТ для ряда зарубежных рудников и шахт [9].

Более того, и в Украине создан и успешно прошел этап предварительных испытаний на шахтах Криворожского бассейна первый отечественный образец такого электровоза [10], оснащенного современным тяговым электроприводом типа: IGBT-инверторы – тяговые асинхронные электрохимические двигатели с возможностью автоматического управления движением электровозосоставами [10].

Упрощенная схема контактно – аккумуляторного электровоза с асинхронным приводом приведена на рис. 2.

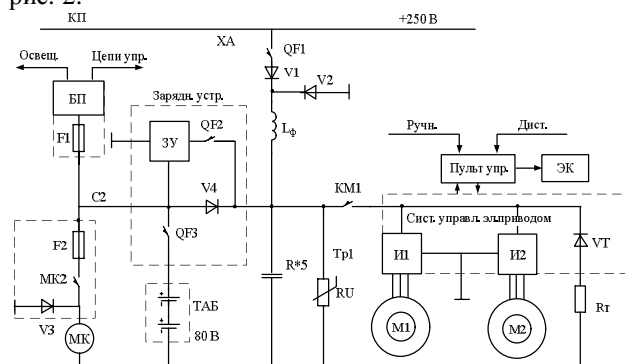


Рис. 2. Упрощённая электрическая схема шахтного контактно-аккумуляторного электровоза

Основными блоками тягового электропривода электровоза являются: пульт управления, система управления электроприводом с инверторами И1, И2 и тормозным чоппером VT, блок питания цепей управления и освещения БП, зарядное устройство ЗУ, аккумуляторная батарея АБ, тяговые асинхронные двигатели М1, М2.

Входной фильтр выполняется отдельным блоком и состоит из индуктивности L и емкости. Кроме этого в состав блока фильтра включены запирающий диод, обратный диод, ограничитель перенапряжений.

Ограничитель перенапряжений исключает появление опасных перенапряжений на конденсаторах, в том числе возникающих при резонансном заряде кон-

денсаторов. При этом не требуется схема предварительного заряда конденсаторов через резистор и потери рабочего времени на заряд.

Двигаясь по главным выработкам, электровоз работает в контактном режиме, получая питания от контактного провода КП через токосъемник ХА. Далее через автоматический выключатель Q F 1 напряжение поступает на входной фильтр, который является общим для системы управления электроприводом и зарядного устройства.

Двигаясь по главным выработкам, электровоз работает в контактном режиме, получая питания от контактного провода КП через токосъемник ХА. Далее через автоматический выключатель Q F 1 напряжение поступает на входной фильтр, который является общим для системы управления электроприводом и зарядного устройства.

Скорость вращения двигателей регулируется автономными инверторами напряжения И1, И2, собранными на силовых IGBT трансформаторах. Диапазон регулирования частоты на выходе инверторов 2 – 100 Гц. При регулировании задается напряжение на тяговых двигателях, а частота автоматически перестраивается в зависимости от задаваемого напряжения и существующей в данный момент силы тяги электровоза в соответствии с соотношениями.

Следует также отметить, что характеристики выпускаемых электровозов недостаточно учитывают специфику их эксплуатации в рудных шахтах. Так коэффициент тяги составляет 0,17, в то время как реальный коэффициент сцепления в рудных шахтах составляет 0,21 – 0,25.

Представляет интерес также увеличение силы тяги и как результат увеличение производительности составов. Сила тяги может быть увеличена как за счет увеличения веса электровоза, так и за счет применения плавного автоматизированного управления электроприводом по закону:

$$\frac{U}{U_n} = \frac{f}{f_n} \sqrt{\frac{F}{F_n}}$$

или

$$u_* = f_* \sqrt{F_*},$$

откуда

$$f_* = \frac{u_*}{\sqrt{F_*}},$$

где – U – задаваемое напряжение на зажимах тяговых электрохимических двигателей; F – существующая сила тяги, зависящая от условий движения; f – частота на выходе инверторов, напряжения.

В результате такого способа регулирования электрохимические характеристики привода получаются мягкими, напоминающими по форме характеристики двигателей постоянного тока последовательно-

го возбуждения. Это обеспечивает оптимальный режим работы, как самого электропривода, так и системы тягового электроснабжения.

Предусматривается также электрическое торможение тяговых двигателей. При этом отключается контактор КМ1 и энергия торможения от двигателей М1, М2 через инверторы отдается тормозному резистору. Интенсивность торможения регулируется тормозным чоппером на транзисторе.

Для обеспечения электробезопасности контактный провод в погрузочных выработках ликвидируется. При этом повышается безопасность не только погрузочных, но и других работ в погрузочных выработках: крепление выработок, монтаж оборудования, уборка путей от просыпавшейся руды, ремонт рельсовых путей и др.

При отсутствии контактного провода питание тягового привода и других устройств электровоза осуществляется от вспомогательной аккумуляторной батареи АБ. По данным расчетов требуемая емкость батареи составляет 350 – 400 А·ч, номинальное напряжение 80 В. С такими параметрами изготавливаются комплектные батареи для электропогрузчиков.

В данном случае применены свинцовые (кислотные) аккумуляторы, имеющие хорошие энергетические и другие характеристики. Так по сравнению с никель – железными, применяемыми на серийных рудничных аккумуляторных видах электровозов, свинцовые аккумуляторы имеют незначительное выделение газов в процессе заряда и могут изготавливаться даже в герметичном исполнении – необслуживаемые.

При работе электровоза на главных выработках – под контактной сетью – происходит автоматическая подзарядка аккумуляторной батареи от контактной сети с помощью зарядного устройства ЗУ. Зарядное устройство обеспечивает импульсное регулирование тока заряда в зависимости от напряжения в аккумуляторах. Для ограничения выделения газов в процессе заряда напряжение на одном аккумуляторе не должно превышать 2,4 В, а на батарее из 40 элементов – 96 В. Необходимый ток подзарядки аккумуляторной батареи определяется соотношением времени работы электровоза под контактной сетью и без контактной сети. Чем больше длина квершлагов и штреков – тем меньше требуемый ток заряда. Согласно расчетов этот ток находится в пределах 50 – 100 А, при этом ток потребляемый из контактной сети составит 20 – 35 А.

От аккумуляторной батареи получают питание не только силовые цепи, но и цепи управления электровоза: мотор компрессора МК и блок стабильного питания БП – для питания цепей освещения и элементов системы управления.

Тяговые асинхронные двигатели М1, М2 должны иметь мощность 45 – 50 кВт, 3 пары полюсов, скорость вращения 1180 об/мин при номинальной частоте 60 Гц. Часовая скорость электровоза составит 11,5 км/час, максимальная – 19,2 км/час.

Асинхронные двигатели в несколько раз дешевле двигателей постоянного тока. Разница в цене двигателей позволяет компенсировать дополнительные затраты на систему управления. В связи с отсутствием щеточно-коллекторного узла надежность асинхронных тяговых двигателей примерно в 5 раз выше, соответственно значительно меньше затраты на обслуживание и ремонт.

Аккумуляторная батарея размещается сверху электровоза сзади кабины, но при разработке новой конструкции РЭ необходимо предусмотреть её «посадку» внутрь электровоза. Масса батареи вместе с ящиком и элементами установки и крепления составляет 1,1 т. Для выравнивания нагрузки на оси требуется дополнительный балласт в передней части электровоза массой около 1 т. Таким образом, масса электровоза увеличивается на 2 т, что позволяет увеличить тяговое усилие на 15 %.

Система управления электроприводом обеспечивает плавное регулирование тока и тягового усилия, а также защиту от буксования. За счет этого максимальное тяговое усилие может быть увеличено еще на 10 – 20 %. В итоге максимальная сила тяги электровоза увеличивается на 20 – 30 % и он будет устойчиво перевозить составы не из 10, а из 12 вагонеток грузоподъемностью 10 т.

За счет плавного регулирования также снижается вероятность и интенсивность буксования, что уменьшит износ колес и рельсов и расход энергии.

Микропроцессорная система управления легко приспособляется для дистанционного управления электровозами при выполнении погрузочных и разгрузочных работ. Целесообразно использовать комплектные устройства промышленного радиоуправления.

Выводы. Оценивая преимущества контактно – аккумуляторных видов электровозов с асинхронным тяговым электромеханическим комплексом по сравнению с ныне эксплуатируемыми контактными можно отметить:

- за счет устранения контактного провода в наиболее опасных местах – погрузочных выработках – существенно повышается безопасность всех видов работ в погрузочных выработках;

- одновременно устраняются затраты на сооружения и эксплуатацию контактных сетей в погрузочных выработках, общая протяженность которых составляет около 30 % протяженности контактной сети шахт;

- применение частотно управляемого асинхронно привода позволяет уменьшить расход электроэнергии на транспорте на 25 – 30 %;

- по сравнению с двигателями постоянного тока в 4 – 5 раз снижаются затраты на ремонт и эксплуатацию асинхронных тяговых двигателей;

- применение бесконтактного регулирования вместо силовых контроллеров в несколько раз повышает надежность системы управления;

– плавное регулирование силы тяги и ограничение максимальных усилий позволяет примерно в четыре раза увеличить надежность элементов механических передач;

– за счет увеличения массы электровоза и плавного регулирования масса состава может быть увеличена на 20 – 30 %;

– применение дистанционного управления электровозом при погрузочно-разгрузочных работах позволяет уменьшить затраты труда и увеличить производительность работ;

– автоматизация процессов управления повышает их эффективность и упрощает работу машиниста;

– отсутствие контактного провода в зонах погрузки исключает опасные манипуляции с токосъемником, изъятие силового контроллера также повышает безопасность работы машинистов.

К недостаткам разработанной системы следует отнести существенные затраты на приобретение и эксплуатацию тяговых аккумуляторов, но человеческая жизнь все-таки дороже.

Список использованной литературы

1. Шидловський А. К. Геоекономіка та геополітика України: Навч. Посібник / А. К., Шидловський, Г. Г. Півняк, М. В. Рогоза, С. І. Випанасенко. – Днепропетровск : Национальний гірничий університет, 2007. – 282 с.

2. Бабец Е. К. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2009 – 2010 гг. Анализ мировой конъюнктуры рынка ЖРС 2004 – 2011 гг. / Е. К. Бабец, Л. А. Штанько, В. А. Салганик и др. – Кривой Рог : Видавничий дім, 2011 – 329 с.

3. Бутт Ю. Ф. Шахтный подземный транспорт: справочное издание. Шахтный локомотивный и рельсовый транспорт / Ю. Ф. Бутт, В. Б. Грядущий, В. Л. Дебелый, А. Н. Коваль, А. Л. Фурман, В. М. Щука, В. А. Яценко // Под общ. ред. Б. А. Грядущего. – Т.1. – Донецк : «ВИК», 2009. – 481 с.

4. Синчук О. Н. Перспективы развития энерго-сберегающего тягового электропривода для рудной и угольной отрасли промышленности Украины / О. Н. Синчук, С. В. Лебедин, О. А. Удовенко, О. В. Пасько // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Інститут електродинаміки НАН України. Частина 1. – К. : – 2006. – С. 50 – 56.

5. Беридзе Т. М. Системы управления рудничным электровозным транспортом: под ред. О. Н. Синчука / Т. М. Беридзе, Э. С. Гузов и др. – М. : Недра, 1993. – 225 с.

6. Волотковский С. А. Рудничная электровозная тяга / С. А. Волотковский. – М. : Недра, 1986. – 189 с.

7. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. – М. : Недра, 1972. – 225 с.

8. Синчук О. Н. Электротравматизм и пути его снижения на электровозном транспорте / О. Н. Синчук, Э. С. Гузов // Безопасность труда в промышленности. – 1980. – № 11. – 120 с.

9. Bertil Oberg, (2002), Computer-Controller ore Information at the LKAB Mine in Kiruna, Sweden *Information of ASEA*, 212 p.

10. Синчук О. Н. Синергетический тяговый асинхронный электротехнический привод для контактно-аккумуляторного двухосного электровоза / О. Н. Синчук, Д. А. Шокарев, Е. И. Скапа, Э. С. Гузов, Ф. И. Караманиц // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – Кременчук : КНУ, 2011. – Вип. 4/2011 (16). – С. 65 – 68.

Получено 07.07.2014

References

1. Shidlovskiy A.K., Pivnyak G.G., Rogoza M.V., and Vipanasko S.I. Geoeconomika ta geopolitika Ukraini [Geopolitics and Geo-Economics of Ukraine *Navch. Posibnik*], (2007), Dnepropetrovsk, Ukraine, *Natsionalniy Girmichiy UnIversitet*, 282 p. (In Ukrainian).

2. Babets E.K., Shtankov L.A., Salganik V.A. i dr. Sbornik tehniko-ekonomicheskikh pokazateley gornodobyivayuschih predpriyatiy Ukrainiy v 2009 – 2010 gg. Analiz mirovoy konyunktury ryinka ZhRS [Collection of Technical and Economic Parameters of Mining Enterprises in Ukraine in 2009 – 2010 years. Analysis of the Global Iron ore Market Conditions 2004 – 2011 gg.] 2004 – 2011 gg., Krivoy Rog, Ukraine, *Vidavnicхий Dim*, 2011, 329 p.

3. Yu.F. Butt, Gryaduschiy V.B., Debelyiy V.L., Koval A.N., Furman A.L, Schuka V.M., and Yatsenko V.A. Shahtnyiy podzemnyiy transport: spravochnoe izdanie. Shahtnyiy lokomotivnyiy i relsovyiy transport [Mine Underground Transport: a Reference Book. Mine Locomotive and Rail Transport], (2009), Pod Obsch. red. B.A.Gryaduschego, Donetsk, Ukraine, *VIK*, Vol. 1, 481 p.

4. Sinchuk O.N., Lebedkin S.V., Udovenko O.A., and Pasko O.V. Perspektivy razvitiya energosberegayuschego tyagovogo elektroprivoda dlya rudnoy i ugolnoy otrasli promyshlennosti Ukrainiy [Prospects for the Development of Energy-Efficient Traction Drive for ore and Coal Industry of Ukraine], (2006), *TehnIchna ElektrodinamIka. Tematichniy Vipusk. Problemi SuchasnoYi Elektrotehnlki. Institut ElektrodinamIki NAN UkraYini*. Chastina 1. Kiev, Ukraine, pp. 50 – 56.

5. Beridze T.M., Guзов E.S. i dr. Sistemyi upravleniya rudnichnyim elektrovoznym transportom. [Control Systems for Electric Vehicles Firedamp: Pod red. O.N. Sinchuka.], (1993). Moscow, Russian Federation, *Nedra*, 225 p.

6. Volotkovskiy S.A. Rudnichnaya elektrovoznaya tyaga.[Tion Miner Electric Traction], (1986). Moscow, Russian Federation, *Nedra*.

7. Edinyie pravila bezopasnosti pri razrabotke

rudnyih, nerudnyih i rossiypnyih mestorozhdeniy podzemnyim sposobom. [Common Safety Rules for the Mining of ore, Non-Metallic and Underground Mining of Placer Deposits], (1972), Moscow, Russian Federation, *Nedra*, 225 p.

8. Sinchuk O.N., and Guzov E.S. Elektrotravmatizm i puti ego snizheniya na elektrovoznom transporte [Electrical Injuries and ways to Reduce it to Electric Transport], (1980), *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti*, No. 11.

9. Bertil Oberg, (2002), Computer-Controller ore Transformation at the LKAB Mine in Kiruna, *Sweden Information of ASEA*, 212 p.

10. Sinchuk O.N., Shokarev D.A., Skapa E.I., Guzov E.S., and Karamanits F.I. Sinergeticheskiy tyagovyy asinhronnyiy elektrotehnicheskiy privod dlya kontakno-akkumulyatornogo dvuhosnogo elektrovoza [Synergistic Asynchronous Traction Drive for Electrical Contact and Battery Electric Biaxial], (2011), *Elektromehanichni ta Energozberlgayuchi Sistemi*, Kremenchuk, Ukraine, *KNU, Vip. 4/2011 (16)*, pp. 65 –68.



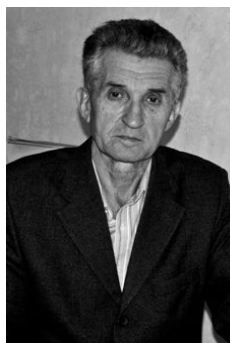
Синчук

Олег Николаевич, д-р техн. наук, проф., зав. каф. автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте. Тел. (056) 409-17-30. E-mail: speet@ukr.net



Синчук

Игорь Олегович, канд. техн. наук, доц. каф. автоматизированных электромеханических систем в промышленности и на транспорте ГВУЗ «Криворожский нац. ун-т». Украина, г. Кривой Рог ул. XXII партсъезда, 11. 50027, г. Кривой Рог. E-mail: speet@ukr.net



Гузов

Эдуард Семенович, канд. техн. наук, доц. каф. автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте, ГВУЗ «Криворожский нац. ун-т имени Михаила Остроградского». Украина, г. Кривой Рог, ул. XXII партсъезда, 11. Тел. (056) 409-17-30. E-mail: speet@ukr.net



Шокареов

Дмитрий Анатолиевич, ст. преподаватель каф. систем электроснабжения и энергетического менеджмента «Криворожский нац. ун-т имени Михаила Остроградского». 39800 г. Кременчуг, вул. Первомайская 20. Тел. (05366) 3-00-50. E-mail seem@kdu.edu.ua