

ТЯГОВОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАХТНЫХ БЕСКОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ С ТИРИСТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

М. В. Рогоза, Ю. А. Папайка, В. А. Бородай

Национальный горный университет

просп. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49600, Украина. E-mail: rogozam@nmu.org.ua

С. Н. Якимец

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: seem@kdu.edu.ua

Рассмотрены перспективы повышения эффективности и безопасности функционирования электровозного локомотивного транспорта в технологических процессах добычи полезных ископаемых. Как перспективный вариант развития подземного транспорта предложен комплекс электрооборудования рельсового транспорта с реализацией индуктивной подачи электромагнитной энергии повышенной частоты подвижным объектам. Рассмотрен вопрос создания, представлено схемное решение и обоснован принцип работы схемы управления тяговым приводом электровоза на основе полупроводниковых преобразователей параметров электромагнитной энергии, которая обеспечивает рациональные тягово-энергетические характеристики комплекса электрооборудования транспорта при регулировании силы тяги и скорости. Обоснована рациональность схемной реализации преобразователя с П-образной схемой соединения реактивных элементов. Проведен анализ внешних характеристик, на основании которого установлено значительное расширение диапазона регулирования напряжения. Представлены результаты исследований тягово-энергетических характеристик силовых цепей системы шахтного бесконтактного электрического транспорта при использовании в схемах управления тяговым приводом электровозов тиристорных преобразователей переменного напряжения шунтирующего действия. Даны рекомендации по выбору рационального варианта преобразователя в схемах управления.

Ключевые слова: шахтный бесконтактный электрический транспорт, схемы управления тяговым приводом, тягово-энергетические характеристики, тиристорные преобразователи переменного напряжения.

ТЯГОВОЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАХТНИХ БЕЗКОНТАКТНИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ З ТИРИСТОРНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ЗМІННОЇ НАПРУГИ

М. В. Рогоза, Ю. А. Папайка, В. А. Бородай

Національний гірничий університет

просп. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49600, Україна. E-mail: rogozam@nmu.org.ua

С. М. Якимець

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: seem@kdu.edu.ua

Розглянуто перспективи підвищення ефективності та безпеки функціонування электровозного локомотивного транспорту в технологічних процесах видобутку корисних копалин. Як перспективний варіант розвитку підземного транспорту запропонований комплекс електрообладнання рейкового транспорту з реалізацією індуктивної подачі електромагнітної енергії підвищеної частоти рухомих об'єктам. Розглянуто питання створення, подано схемне рішення та обґрунтований принцип роботи схеми управління тяговым приводом электровоза на основі напівпровідникових перетворювачів параметрів електромагнітної енергії, яка забезпечує раціональні тягово-енергетичні характеристики комплексу електрообладнання транспорту під час регулювання сили тяги та швидкості. Обґрунтована раціональність схемної реалізації перетворювача з П-подібною схемою з'єднання реактивних елементів. Приведено аналіз зовнішніх характеристик, на основі якого встановлено значне розширення діапазону регулювання напруги. Подано результати досліджень тягово-енергетичних характеристик силових кіл системи шахтового безконтактного електричного транспорту при використанні в схемах управління тяговым приводом электровозів тиристорних перетворювачів змінної напруги шунтуючої дії. Приведені рекомендації щодо вибору раціонального варіанта перетворювача в схемах управління.

Ключові слова: шахтний безконтактний електричний транспорт, схеми управління тяговым приводом, тягово-енергетичні характеристики, тиристорні перетворювачі змінної напруги.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Совершенствование технологических процессов добычи полезного ископаемого тесно связано с технико-экономическими возможностями локомотивного транспорта – одного из основных видов транспорта в горизонтальных выработках шахт [1–3].

Одним из перспективных направлений развития подземного транспорта является создание комплекса электрооборудования рельсового транспорта с индуктивной передачей энергии (транспорта переменного тока повышенной частоты), в котором реализован принцип передачи электромагнитной энергии повышенной частоты подвижным объектам. Это

позволило создать на основе современных достижений в области электротехники, силовой электроники, рудничного электрооборудования шахтные бесконтактные электровозы, имеющих принципиальное отличие от известных подземных локомотивов [4].

Испытания на угольных шахтах Донбасса промышленных образцов электрооборудования такой системы транспорта, не имеющей зарубежных аналогов, показали значительные преимущества бесконтактных электровозов по сравнению с известными типами шахтных локомотивов, возможность и целесообразность развития этого направления [5].

Цель работы – обоснование и разработка предложений по доставке полезных ископаемых в шахтах с повышенной опасностью взрыва рудничной атмосферы с помощью бесконтактных электровозов, оборудованных электротехническими комплексами с импульсными системами регулирования напряжения питания тяговых электротехнических двигателей постоянного тока.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Одним из основных вопросов системы шахтного транспорта с индуктивной передачей энергии заключается в создании схемы управления тяговым приводом электровоза на основе полупроводниковых преобразователей параметров электромагнитной энергии. Эта схема обеспечит рациональные тягово-энергетические характеристики комплекса электрооборудования транспорта при регулировании силы тяги и скорости на основании результатов исследований электромагнитных процессов и характеристик его силовых цепей.

В системе бесконтактного рельсового транспорта (рис. 1) реализован принцип электромагнитной передачи энергии повышенной частоты подвижным объектам.

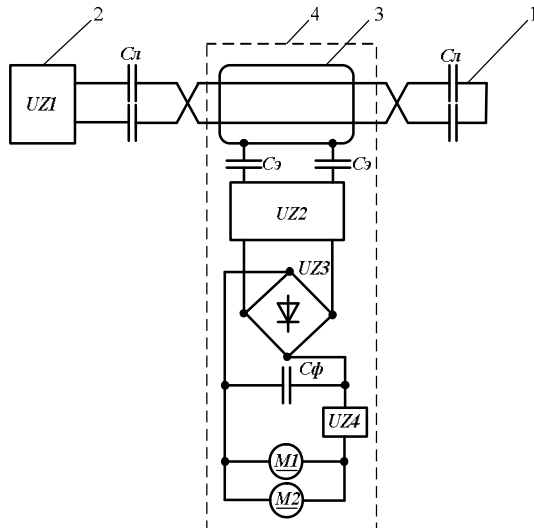


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы транспорта с индуктивной передачей энергии

Система транспорта содержит передающее устройство, выполненное в виде тяговой сети 1, которая подключена к стационарному источнику 2 – тяговому тиристорному преобразователю частоты. Приемник энергии 3 (энергоприемник) установлен на подвижном составе 4 и отделен от тяговой сети воздушным зазором. При применении токов повышенной частоты (5 кГц) и получении соответствующих выходных параметров тягового преобразователя в системе достигается необходимое качество преобразования энергии для питания тяговых двигателей *M1* и *M2* и безопасных условий его эксплуатации в угольных шахтах.

Электровоз развивает максимальную мощность при настройке приемного контура в резонанс напряжений. Таким образом, силовая цепь переменного тока бесконтактного электровоза представляет собой последовательный резонансный контур с высокой добротностью. При индуктивной передаче энергии от тяговой сети к энергоприемнику элек-

тровоза существует определенная связь параметров системы «бесконтактный электровоз–тяговая сеть». В совокупности с повышенной частотой тока и значительной установленной мощностью реактивных элементов приемно-силового контура эти факторы являются характерными особенностями бесконтактного электрического транспорта, которые определяют влияние схемы управления тяговым приводом электровоза на характеристики всей системы транспорта.

Структурно силовую цепь бесконтактного электровоза можно разделить на три участка: цепь переменного тока (цепь приемно-силового контура), выпрямитель и цепь постоянного тока (цепь тяговых двигателей). Ранее выполненными исследованиями [6] установлено, что реализовать управление тяговым приводом с помощью управляемого выпрямителя по общеизвестной мостовой схеме практически не представляется возможным.

В последних разработках бесконтактных электровозов для регулирования тягового привода использован широтно-импульсный преобразователь (ИП) постоянного напряжения *UZ4* в цепи тяговых двигателей (рис. 1). Применение ИП на бесконтактных электровозах, как показывают ранее выполненные исследования [6], позволяет повысить технико-экономические показатели системы бесконтактного электрического транспорта по сравнению со схемой управления на базе механически регулируемого реактора в цепи приемно-силового контура. Однако такая схема управления тяговым приводом, разработанная, в основном, для рудничных аккумуляторных электровозов, при использовании на бесконтактных электровозах, обладает рядом существенных недостатков. Это – наличие громоздкого и дорогого входного фильтра, отрицательное влияние импульсного регулирования напряжения на зажимах тяговых двигателей на их работу, повышение потерь электроэнергии из-за увеличения числа ступеней преобразования параметров электрической энергии и другие.

Применение схем управления тяговым приводом бесконтактного электровоза на основе полупроводниковых преобразователей переменного напряжения (ППН) позволит устранить недостатки, присущие схеме на базе импульсного преобразователя постоянного напряжения. Схемная реализация таких преобразователей должна быть построена на принципе шунтирования полупроводниковым (например, тиристорным) двухполупериодным ключом переменного тока при фазовом управлении дополнительного реактивного элемента (например, дополнительного реактора) или группы таких элементов в цепи переменного тока электровоза [6] – преобразователь *UZ2* (рис. 1).

Наибольший интерес представляет схемная реализация преобразователя, у которого реактивные элементы соединены по П-образной схеме (рис. 2,б), причем параметры этих элементов выбираются таким образом, чтобы при полностью зашунтированном реакторе *L1* элементы *L2–C2*, должны образовывать параллельный резонансный контур, который является в цепи энергоприемника фильтром-«пробкой» [6]. При этом к тяговому двигателю подводится номинальное напряжение, что соответствует режиму работы тягового привода на естественной характеристике. При введенном реакторе *L1* (при

каком-то определенном угле управления α тиристорами $VS1$ и $VS2$ преобразователя $UZ2$) появляется новый параллельный резонансный контур, образованный цепью тяговых двигателей (в пусковом режиме обладает малым сопротивлением и практически шунтирует реактор $L2$, конденсатором $C2$ и реактором $L1$. В параллельном резонансном контуре протекает большой реактивный ток, который является одновременно пусковым током тяговых двигателей, в то время как ток приемно-силового контура I_3 будет весьма мал, т.к. в эту цепь включен параллельный резонансный контур $L2-C2$, обладающий большим активным сопротивлением. Таким образом, имеет место эффект трансформации низкоомного сопротивления тягового двигателя в режиме пуска в высокоомное сопротивление приемно-силового контура. В процессе разгона двигателя возрастает его сопротивление, т.е. шунтирующее действие на реактор $L2$ ослабевает. Уменьшается величина эквивалентной индуктивности $L1$, ток резонансного контура, а значит и ток тягового двигателя уменьшается. Применение такого рода преобразователя позволит существенно сократить потребление электроэнергии за счет уменьшения вносимого в тяговую сеть сопротивления, поскольку ток приемно-силового контура при пуске будет меньше

тока нагрузки.

При рассмотрении таких схем управления, характеристики системы транспорта необходимо представлять в зависимости от тока нагрузки и параметров регулирования. В данном случае таким параметром регулирования является угол включения тиристоров $VS1$ и $VS2$ преобразователя α . Ток нагрузки I_n и угол α являются факторами, которые воздействуют на всю систему бесконтактного электрического транспорта.

Одной из наиболее важных характеристик комплекса электрооборудования транспорта, существенно влияющих на тяговые свойства электровоза и энергетические показатели, является внешняя характеристика приемно-силового контура электровоза $U_n = f(I_n, \alpha)$.

На основании внешних характеристик приемно-силового контура строятся электромеханические характеристики тягового привода электровоза.

Аналитические выражения, описывающие внешние характеристики приемно-силового контура, служат основой для анализа характеристик комплекса электрооборудования системы бесконтактного электрического транспорта, в первую очередь, его энергетических характеристик.

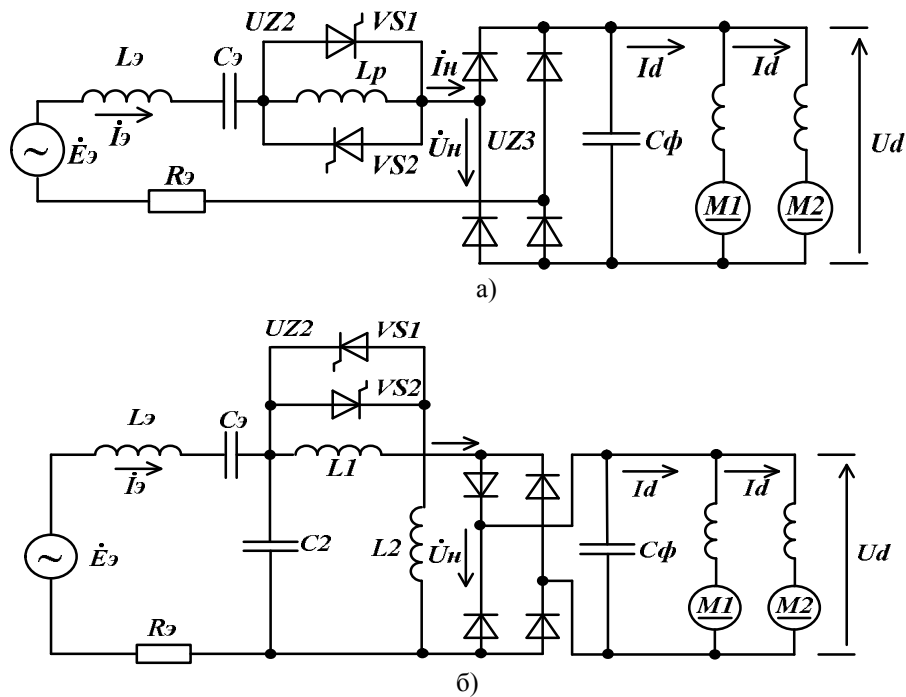


Рисунок 2 – Схема замещения силовой цепи бесконтактного электровоза с П-образным соединением элементов ППН шунтирующего действия

На основе топологического метода направленных графов получено аналитическое описание внешних характеристик приемно-силового контура электровоза для преобразователя с П-образным соединением элементов (рис. 2,б):

$$\dot{U}_H = \dot{E}_3 (B_1 - jB_2) - I_H (B_3 - jB_4), \quad (1)$$

где \dot{E}_3 – ЭДС энергоприемника; B_1, B_2, B_3, B_4 – коэффициенты, учитывающие значения параметров элементов силовой цепи и угла включения тиристоров α :

$$B_1 = \frac{L_2 \left(\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_2} \right)}{\left(\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\pi^2} \omega^2 L_1^2 R_3^2},$$

$$B_2 = \frac{\frac{2\alpha}{\pi} \omega L_1 R_3 \frac{L_2}{C_2}}{\left(\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\pi^2} \omega^2 L_1^2 R_3^2},$$

$$B_3 = \frac{R_3 \frac{L_2}{C_2} \left(\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_2} \right) - \frac{2\alpha}{\pi} \omega^2 L_1 L_2}{\left(\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\pi^2} \omega^2 L_1^2 R_3^2},$$

$$B_4 = \frac{\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} \frac{L_2}{C_2} \omega \left(\frac{2\alpha}{\pi} L_1 + L_2 \right)}{\left(\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\pi^2} \omega^2 L_1^2 R_3^2} +$$

$$+ \frac{\frac{2\alpha}{\pi} \omega L_1 R_3^2 \left(\frac{2\alpha}{\pi} \omega^2 L_1 L_2 - \frac{L_2}{C_2} \right)}{\left(\frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{C_2} + \frac{L_2}{C_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\pi^2} \omega^2 L_1^2 R_3^2}.$$

Внешние характеристики приемно-силового контура электровоза для данной схемы представлены на рис. 3.

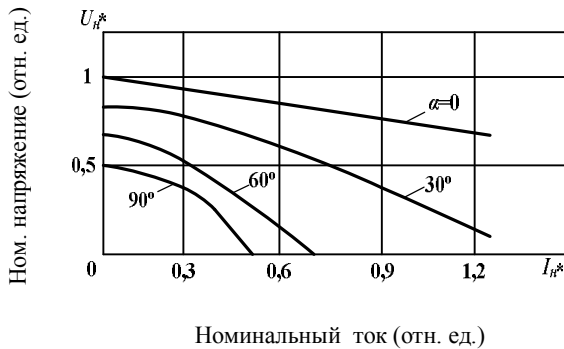


Рисунок 3 – Внешние характеристики приемно-силового контура электровоза для схемы с П-образным соединением элементов ППН шунтирующего действия

Характеристики представлены в относительных единицах в виде $U_{H*} = f(I_{H*})$ при $\alpha = const$. Здесь $U_{H*} = U_H / E_{\mathcal{E}}$, $I_{H*} = I_H / I_{H.ч.}$, где $I_{H.ч.} = 1,1 I_{d.ч.}$ – ток часового режима тяговых двигателей бесконтактного электровоза.

На основании анализа внешних характеристик установлено, что использование схемы управления с П-образным соединением элементов при регулировании наблюдается «автотрансформаторный эффект» изменения напряжения на зажимах тяговых двигателей. Это позволяет значительно расширить диапазон регулирования напряжения, например, по сравнению со схемой на базе ППН шунтирующего действия с дополнительным реактором.

Анализ коэффициента жесткости внешних характеристик приемно-силового контура $\beta_g = |dI_n/dU_n|$ показал, что применение схемы с П-образным соединением элементов позволит существенно (в 5–15 раз в зависимости от условий) увеличить их степень жесткости по сравнению со схемой с дополнительным реактором, что снижает вероятность боксования электровоза [7, 8].

При использовании схемы управления с П-образным соединением элементов действующее значение тока приемно-силового контура I_3 при

регулировании не равно действующему значению тока нагрузки I_n . В этом случае действующее значение тока приемно-силового контура определяется как

$$I_3 = E_{\mathcal{E}} / \sqrt{R_{\mathcal{E}Л}^2 + X_{\mathcal{E}Л}^2} \quad (2)$$

где $R_{\mathcal{E}Л}$, $X_{\mathcal{E}Л}$ – активное и реактивное сопротивление цепи переменного тока электровоза соответственно:

$$R_{\mathcal{E}Л} = R_3 + \frac{R_H}{\left(1 - \frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{L_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\pi^2} \omega^2 C_2^2 R_H^2 \frac{L_1^2}{L_2^2}},$$

$$X_{\mathcal{E}Л} = \frac{\frac{2\alpha}{\pi} \omega L_1 \left[1 - \omega^2 C_2^2 R_H^2 - \frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{L_2} \left(1 + \omega^2 C_2^2 R_H^2 \right) \right]}{\left(1 - \frac{2\alpha}{\pi} \frac{L_1}{L_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{\pi^2} \omega^2 C_2^2 R_H^2 \frac{L_1^2}{L_2^2}}.$$

Сопротивление нагрузки определяется из уравнения внешних характеристик приемно-силового контура как

$$R_H = \left[\left(\frac{E_{\mathcal{E}}}{I_H} B_1 \right)^2 + \left(\frac{E_{\mathcal{E}}}{I_H} B_2 \right)^2 - B_4^2 \right] - B_3. \quad (3)$$

В результате анализа полученных зависимостей $I_3 = f(I_n, \alpha)$ (рис. 3) установлено, что схема управления с П-образным соединением элементов при регулировании позволяет получить эффект уменьшения тока приемно-силового контура электровоза по сравнению с током нагрузки, особенно при $I_n > 0,5 \dots 0,6$. Это позволяет существенно сократить потребление электроэнергии при пуске и регулировании тягового привода.

Одной из наиболее важных энергетических характеристик, существенно влияющей на технико-экономические показатели системы бесконтактного электрического транспорта, являются вносимые в тяговую сеть сопротивления. Это определяется тем, что бесконтактные электровозы индуктивно связаны с тяговой сетью, причем электровозы и тяговая сеть (линия и компенсирующие конденсаторы) являются нагрузкой для источника питания системы бесконтактного электрического транспорта – тягового тиристорного преобразователя частоты UZI (рис. 4).

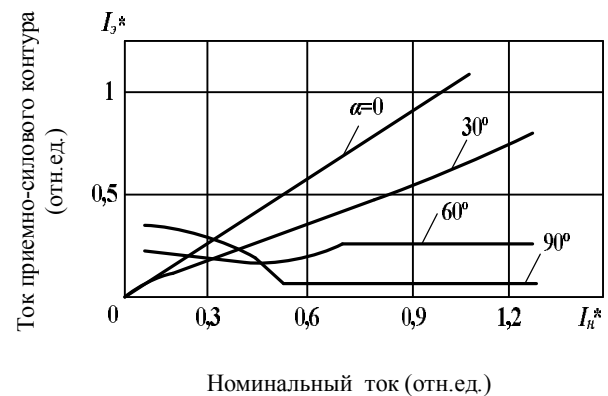


Рисунок 4 – Расчетные зависимости тока приемно-силового контура от тока нагрузки при регулировании для схемы с П-образным соединением элементов ППН шунтирующего действия

Для последних весьма важно знать область изменений активного и реактивного сопротивления тяговой сети при работе одного или нескольких электровозов, поскольку действующее значение тока тяговой сети можно определить [7] как

$$I_{TC} = E_{ТП} / \sqrt{(R_{mc} + R_g)^2 + (X_{mc} + X_g)^2}, \quad (4)$$

где R_{mc} , X_{mc} – активное и реактивное сопротивление тяговой сети; R_g , X_g – активное и реактивное сопротивление тяговой сети, вносимые в тяговую сеть сопротивления бесконтактных электровозов.

Кроме того, диапазон изменения сопротивлений тяговой сети и вносимых сопротивлений необходимо знать для правильного выбора схемы и параметров тягового преобразователя частоты, который должен обеспечивать в тяговой сети режим стабилизированного тока во всем диапазоне изменения нагрузки, поскольку ЭДС энергоприемника электровоза [9]

$$E_{\mathcal{E}} = \omega M I_{T.C.}, \quad (5)$$

где M – взаимная индуктивность приемно-силового контура и тяговой сети.

При допущении постоянства значения M вносимые в тяговую сеть активное и реактивное сопротивления определяются как [9]

$$R_g = \left(\frac{\omega M}{Z_{\mathcal{E}L}} \right)^2 R_{\mathcal{E}L},$$

$$X_g = \left(\frac{\omega M}{Z_{\mathcal{E}L}} \right)^2 X_{\mathcal{E}L}. \quad (6)$$

где $R_{\mathcal{E}L}$, $X_{\mathcal{E}L}$ – активное и реактивное сопротивление приемно-силового контура (цепи переменного тока бесконтактного электровоза); $Z_{\mathcal{E}L}$ – модуль комплексного сопротивления цепи переменного тока электровоза.

Выполненный анализ вносимых в тяговую сеть сопротивлений при регулировании тягового привода – зависимости $R_g^* = f(I_n^*, \alpha)$, $X_g^* = f(I_n^*, \alpha)$, (рис. 5) – показывают, что применение схемы управления с П-образным соединением элементов позволяет снизить уровень вносимых в тяговую сеть сопротивлений (в 1,6–4 раза в зависимости от условий) по сравнению со схемой с дополнительным реактором.

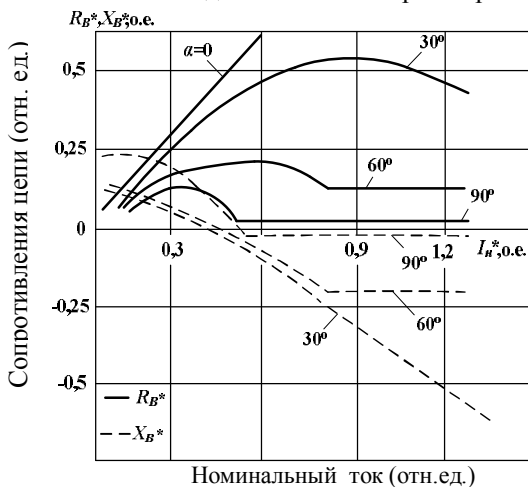


Рисунок 5 – Расчетные зависимости вносимых в тяговую сеть активных и реактивных сопротивлений от тока нагрузки при регулировании для схемы с П-образным соединением элементов ППН шунтирующего действия

Это позволит сократить установленную мощность тягового тиристорного преобразователя частоты, повысить надежность его работы, снизить эксплуатационные расходы.

ВЫВОДЫ. 1. Анализ внешних характеристик приемно-силового контура бесконтактного электровоза с различными вариантами схем управления тяговым приводом на базе тиристорных преобразователей переменного напряжения показывает, что такие схемы целесообразно строить на базе преобразователя переменного напряжения шунтирующего действия с П-образным соединением элементов.

2. В случае использования схемы управления с П-образным соединением элементов при регулировании наблюдается «автотрансформаторный эффект» изменения напряжения на зажимах тяговых двигателей. Это позволяет значительно расширить диапазон регулирования напряжения и существенно (в 5–15 раз в зависимости от условий) увеличить степень жесткости внешних характеристик по сравнению со схемой с дополнительным реактором, что снижает вероятность боксования локомотива.

3. Схема управления с П-образным соединением элементов позволяет получить эффект уменьшения тока приемно-силового контура электровоза по сравнению с током нагрузки, что позволяет сократить потребление электроэнергии при регулировании.

4. Уровень вносимых в тяговую сеть сопротивлений в режиме пуска и регулирования значительно ниже (в 1,6–4 раза), чем в случае применения схемы с дополнительным реактором, что позволит сократить установленную мощность тягового преобразователя частоты, повысить надежность его работы, снизить эксплуатационные расходы.

5. Величины параметров элементов схемы управления с П-образным соединением элементов существенным образом влияют на диапазон регулирования напряжения на зажимах тяговых двигателей, степень жесткости внешних характеристик приемно-силового контура, величину тока приемно-силового контура, уровень вносимых в тяговую сеть сопротивлений. На основании результатов анализа полученных характеристик определены рациональные параметры элементов схемы. Исходя из условия обеспечения рациональных характеристик комплекса электрооборудования бесконтактного транспорта, для выбранных значений параметров схемы даны рекомендации по выбору значения уставки токоограничения пускового режима схемы управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дебелый В.Л., Дебелый Л.Л., Мельников С.А. Основные направления развития шахтного локомотивного транспорта // Уголь Украины. – 2006. – № 6. – С. 30–31.
2. Синчук О.Н., Чумак В.В., Ершов О.В. Импульсные системы управления и защита на рудничном электровозном транспорте: монография. – К.: АДЕФ–Украина, 1998. – 280 с.
3. Синчук О.Н., Лебедин С.В., Синчук И.О. и др. Перспективы развития шахтных электровозов с

энергосберегающими видами тяговых электроприводов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2006. – № 8 (102). – С. 83–92.

4. Синчук О.Н., Синчук І.О., Юрченко Н.Н. и др. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов. – К.: ІЕДНАНУ, 2006. – 252 с.

5. Колпахчан Г.И., Кононов Г.Н., Сорин Л.Н., Хоменко Б.И. Перспективы применения индукторного привода на электроподвижном составе // Электросила. – СПб., 2002. – Вып. 41. – С. 166–172.

6. Пивняк Г.Г., Ремизов И.П., Саратикянц С.А. и др. Транспорт с индуктивной передачей энергии для угольных шахт. – М.: Недра, 1990. – 245 с.

7. Розенфельд В.Е., Староскольский Н.А. Высоочастотный бесконтактный электрический транспорт. – М.: Транспорт, 1975. – 208 с.

8. Рогоза М.В. Исследование жесткости внешних характеристик схем управления бесконтактным электровозом // Горная электромеханика и автоматика. – 1981. – Вып. 38. – С. 18–21.

9. Бунько В.А., Волотковский С.А., Пивняк Г.Г. Повышение безопасности рудничной электровозной откатки. – М.: Недра, 1978. – 200 с.

TRACTION POWER DESCRIPTIONS OF MINE NON-CONTACT ELECTRIC LOCOMOTIVES EQUIPPED WITH ALTERNATING VOLTAGE THYRISTOR RECTIFIERS

M. Rogoza, Yu. Papaika, V. Boroday

National Mining University

prosp. K. Marksa, 19, Dnepropetrovsk, 49600, Ukraine. E-mail: rogozam@nmu.org.ua

S. Yakimets

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

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

Economic feasibilities of electric locomotive transport and prospect of their efficiency and safety increase are examined in the article. The purpose of this analysis is perfection of technological processes of mining. A complex of electrical equipment of claotype transport with the inductive serve of energy is offered as promising way of development of underground transport. Herein, the principle of transmission of high-frequency electromagnetic energy will be implemented into mobile objects. The problem of creation of chart management of the hauling drive of electric locomotive is considered on the basis of semiconductor transformers of electromagnetic energy parameters. It can provide rational hauling-power descriptions of complex of transport electrical equipment at adjusting of tractive and speed force. Schematics of the transport system with the inductive energy transmission is presented with its operation principle grounded. The existent control circuits of traction drive were analyzed with their strong and weak points exposed. As a result of the analysis performed it is suggested to use the control circuits of traction drive of non-contact electric locomotive based on alternating voltage semiconductor converters. In our opinion, the major interest has converter schematics with reactive elements joined on a U-shaped circuit. The external characteristics were analyzed, and it was found the voltage control range extension. As a conclusion recommendations on effective choosing of voltage converters for control circuits are offered.

Key words: mine non-contact electric transport, control circuits of a traction drive, traction power characteristics, AC thyristor rectifier.

REFERENCES

1. Debelyiy, V.L., Debelyiy, L.L. and Melnikov S.A. (2006), “Basic directions of development of mine locomotive transport”, *Ugol' Ukraini*, no. 6, pp. 30–31.

2. Sinchuk, O.N., Chumak, V.V. and Erzhov, O.V. (1998), *Impul'snye sistemy upravleniya i zashhita na rudnichnom jelektrovoznom transporte* [Impulsive control system and defence on a mine electric locomotive transport], ADEF–Ukraine, Kiev, Ukraine.

3. Sinchuk, O.N., Lebedkin, S.V., Sinchuk, I.O., Udovenko, O.A., and Pas'ko, O.V. (2006), “Prospects of development of mine electric locomotives with the energysaving types of hauling electromechanics”, *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dajla*, vol. 8(102), pp. 83–92.

4. Sinchuk, O.N., Sinchuk, I.O. and Yurchenko, N.N. et al. (2006), *Kombinatorika preobrazovateley napryazheniya sovremennyih tyagovyih elektroprivodov rudnichnyih jelektrovoznov* [Combinatorics of transformers of tension of modern hauling electromechanics of mine electric locomotives], IEDNANU, Kiev, Ukraine.

5. Kolpahch'jan, G.I., Kononov, G.N., Sorin, L.N. and Homenko, B.I. (2002), “Prospects of application of

inductor drive on electro-mobile composition”, *Elektrosila*, vol. 41, pp. 166–172.

6. Pivnyak, G.G., Remizov, I.P., Saratikyants S.A. et al. (1990), *Transport s induktivnoy peredachej energii dlya ugolnyih shaht* [Transport with the inductive transmission of energy for coal mines], Nedra, Moscow, Russia.

7. Rozenfeld, V.E. and Staroskolskiy, N.A. (1975), *Vysokochastotnyy beskontaktnyy elektricheskiy transport* [Highfrequency noncontact electric transport], Transport, Moscow, Russia.

8. Rogoza, M.V. (1981), “Research of inflexibility of external descriptions of charts of management a non-contact electric locomotive”, *Gornaya elektromehaniika i avtomatika*, vol. 38, pp. 18–21.

9. Bunko, V.A., Volotkovskiy, S.A., and Pivnyak G.G. (1978), *Povyishenie bezopasnosti rudnichnoy jelektrovoznoy otkatki* [Increase of safety of mine electric locomotive traction], Bowels of the Earth, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 16.04.2014.