

13. R i o u a l, M., & Sicre, C. (2000) Energization of a No-Load Transformer for Power Restoration Purposes: Modeling and Validation by on Site Tests. *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, 3, 2239–2244. Doi: 10.1109/PESW.2000.847704.
14. K a h r o b a e e, S., Algrain, M. C., & Asgarpour, S. (2013) Investigation and Mitigation of Transformer Inrush Current During Black Start of an Independent Power Producer Plant. *Energy and Power Engineering*, 5, 1–7. Doi: 10.4236/epe.2013.51001.
15. N a g p a, I. M., Martinich, T. G., Moshref, A., Morison, K., & Kundur, P. (2006) Assessing and Limiting Impact of Transformer Inrush Current on Power Quality. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21 (2), 890–896. Doi: 10.1109/TPWRD.2005.858782.
16. *R e l a y Protection Guidelines. Edition 12. Current Protection of Zero-Phase-Sequence from Earth Short Circuit*. Moscow, Energia, 1980. 86 p. (in Russian).
17. D r o s d o v, A. D., Zasytkin, A. S., Kuzhekov, S. L., Platonov, V. V., & Podgorny, E. V. (1986) *Electrical Circuits with Ferromagnetic Cores in Relay Protection*. Moscow, Energoatomizdat. 255 p. (in Russian).

Представлена кафедрой
электрических станций

Поступила 11.11.2014

УДК 621.333-23.018.53.629.423.1

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Инж. ХИЛЬМОН В. И.¹⁾, канд. техн. наук, доц. ОПЕЙКО О. Ф.²⁾,
инж. ОДНОЛЬКО Д. С.²⁾

¹⁾НТПЦ «Белкоммунмаш»,

²⁾Белорусский национальный технический университет

E-mail: oopeiko@bntu.by

Актуальность исследований динамических режимов многодвигательного тягового электропривода определяется его широким применением в рельсовом электрическом транспорте. В статье выполнен анализ двухдвигательного тягового электропривода с питанием двух параллельно включенных асинхронных электродвигателей от одного преобразователя частоты с векторным управлением и датчиками скорости каждого из электродвигателей. Методом лабораторных исследований и имитационного моделирования проведен анализ двухдвигательного асинхронного электропривода с учетом параметрических возмущений, а также с учетом ограниченного момента сцепления колес с рельсами. Так как двигатели одной серии могут иметь отличия в параметрах, для включения на параллельную работу необходим подбор машин с наименьшим отличием сопротивлений и индуктивностей обмоток. Для этого использовали метод параметрической идентификации каждого из электродвигателей, а также электродвигателя, эквивалентного двум, включенным параллельно. Результат идентификации был применен в настройке управления.

Анализ режима буксования тягового электропривода в связи с трудностями его воспроизведения в лабораторных условиях проводили математическим и имитационным моделированием с учетом ограничения силы сцепления, характерного для рельсового транспорта. Предложенная имитационная модель построена с учетом упругих деформаций в кинематической цепи, передающей тяговое усилие. Модель позволяет проанализировать динамику системы в различных условиях при буксовании.

Представлены результаты лабораторных исследований и имитационного моделирования динамических режимов двухдвигательного электропривода. На основании полученных

данных можно сделать вывод, что близость параметров двигателей, подключаемых параллельно к преобразователю, имеет важное значение для устойчивости к буксованию.

Ключевые слова: многодвигательный электропривод, рельсовый транспорт, анализ динамики.

Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

THE ANALYSIS OF RAILWAY MULTI MOTORS ELECTRICAL DRIVE DYNAMIC

KHILMON V. I.¹⁾, OPEIKO O. F.²⁾, ODNOLKO D. S.²⁾

¹⁾*NTPC-Belkommunmash,*

²⁾*Belarusian National Technical University*

The importance of multi motors electrical traction drive dynamic analysis is denoted by its large application in electrical driving railway vehicles. In this paper an analysis is presented for two induction motors traction drive with frequency inverter, vector control, and speed sensors of each electrical drive. The goal of this work is the analysis of two induction motors electrical drive, taking into account parametric perturbations and also a limited moment of wheel-rail adhesion, by laboratory study and simulation. Because of difference between motor's parameters, it is necessary for parallel work to select motors with identical resistances and inductive winding. For this purpose the parametric identification method was used for each electrical drive, and also for two parallel motors. The result of identification was used in control setting.

The slippage of the traction drives is difficult to reproduce in laboratory; therefore a mathematical modeling and simulation of mechanical part with a traction force restriction, specific for railway transport, were carried out. The suggested simulation is built with account of elastic deformations in kinetic chain, transforming traction force. The model permits to study a dynamic system in various circumstances.

The results of laboratory investigations and simulation of dynamic regimes for two motor electrical drives are presented in this article. The results of analysis show, that a minimal difference between any parameters of two motors, parallel connected to convertor, is important for the slippage stability.

Keywords: multimotor drive, railway transport, analysis of dynamics.

Fig. 4. Tab. 1. Ref.: 10 titles.

Тяговый электропривод рельсового транспорта в настоящее время выполняется на основе асинхронных электродвигателей с векторным управлением [1–5]. При двухзонном регулировании скорости с ослаблением магнитного потока векторное управление способно обеспечить все необходимые для тягового электропривода режимы работы.

Поскольку потокосцепление и момент, которые являются выходными регулируемыми величинами каналов управления, не доступны для непосредственного измерения, эти величины оцениваются косвенно, на основании суммарного тока фаз статора, измеряемого датчиками тока, а также значений скоростей и напряжения, формируемого автономным инвертором напряжения (АИН). Таким образом, два параллельно включенных электродвигателя при синтезе замкнутой системы рассматриваются как один двигатель удвоенной мощности. Такое допущение справедливо лишь в случае, если двигатели идентичны. В то же время двигатели подвержены как внутренним (параметрическим), так и внешним возмущениям, что вызывает различия в динамике приводимых ими осей. Из внутренних возмущений, действующих на двигатели, наиболее значительны изменения сопротивлений обмоток статора и ротора. Из внешних возмущений – моменты нагрузки, которые могут различаться. От степени равномерности распределения нагрузок на приводы зависит устойчивость к буксованию.

Анализ динамики двухдвигательного асинхронного тягового электропривода с учетом условий сцепления колес с дорожным покрытием является актуальной задачей [1–5] для формирования пусковых, тормозных режимов и выхода из буксования. Режим буксования трудно воспроизвести в лабораторных условиях, поэтому использование математических моделей механической части привода с учетом ограниченности силы сцепления колес с дорожным покрытием является важной задачей. В [3–5] рассматриваются вопросы формирования управления тяговыми электроприводами рельсового транспорта с ограничениями на момент привода для предотвращения буксования. В [3, 4] анализ систем привода выполнен методом моделирования. В частности, в [4] механическая часть двухдвигательного привода постоянного тока электровоза представлена упругой системой с пятью сосредоточенными массами, а в качестве возмущения рассмотрен коэффициент сцепления колесной пары. При разработке систем управления режимами пуска, торможения и выхода из буксования и юза актуальным остается изучение влияния внешних и внутренних возмущений электропривода.

Целью исследований авторов являлся анализ метода лабораторных испытаний и имитационного моделирования двухдвигательного асинхронного электропривода с учетом возмущений, а также с учетом ограниченного момента сцепления колес с рельсами. Такой анализ помогает в предотвращении буксования.

Электропривод имеет структуру, показанную на рис. 1, и содержит два асинхронных короткозамкнутых электродвигателя двух осей тележки, подключенных к одному преобразователю UZ электрической энергии – АИН с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). На каждой оси расположен инкрементальный энкодер (BQ_1, BQ_2) для получения сигналов углов поворота и скоростей двигателей. Система векторного управления содержит два канала управления – потокосцеплениями роторов и электромагнитными моментами, – которые формируют сигналы управления потокосцеплениями и моментами в устройстве MCU , построенном на основе сигнального процессора.

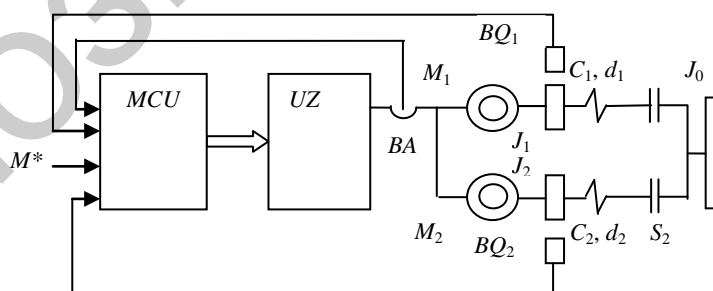


Рис. 1. Двухдвигательный тяговый электропривод

Механическая часть тягового электропривода представлена упругим соединением каждой из ведущих осей с конструктивными элементами тележки. Благодаря упругой деформации усилие от осей передается транспортному средству. Схема, показанная на рис. 1, учитывает механическую

часть в виде трехмассовой системы [1] с упругими связями C_1 , C_2 и коэффициентами демпфирования d_1 , d_2 . Однако следует учесть, что тяговое усилие возникает только при условии сцепления колес с рельсами, которое реализуется в звеньях S_1 , S_2 кинематической схемы, учитывающих контакт колеса с рельсом. На рис. 1: J_1 , J_2 – приведенные к валу электродвигателя моменты инерции вращающихся частей; J_0 – приведенный момент инерции поступательно движущейся части. Движение к J_0 передается от колес через их сцепление (S_1 , S_2) с рельсами. Момент сцепления колес с рельсами обычно ограничен [1, 6, 7], что следует учитывать при моделировании системы.

Для включения на параллельную работу подбираются двигатели одного типа, тем не менее их параметры могут отличаться. Для подбора двигателей с близкими параметрами применяются методы идентификации [8–10]. В результате идентификации для двух параллельно включаемых двигателей АИР90Л4У3 (2,2 кВт, 1420 об/мин, 380 В) получены параметры электромагнитной схемы замещения, представленные в табл. 1. В результате идентификации можно получить значение постоянной времени ротора T_2 , а определить сопротивление фаз ротора можно лишь при допущении $L_2 \approx L_{12}$.

Таблица 1

Результаты идентификации параметров

Параметр	Двигатель		Параллельно включенные M_1 , M_2
	M_1	M_2	
Сопротивление фазы статора R_1 , Ом	3,500	3,580	1,840
Сопротивление фазы ротора R_2 , Ом	2,800	2,805	1,300
Индуктивность статора L_1 , Гн	0,305	0,340	0,161
Индуктивность рассеяния статора L_{σ} , Гн	0,022	0,022	–
Индуктивность взаимная L_{12} , Гн	0,294	0,330	0,149
Постоянная времени ротора T_2 , с	0,108	0,121	0,125

Результаты лабораторных испытаний получены для двухдвигательного электропривода с двумя электродвигателями АИР90Л4У3 (2,2 кВт, 380 В, 1420 об/мин), подключенными к одному преобразователю. Для значений параметров, представленных в табл. 1, выполнен расчет регуляторов каналов потокосцепления и момента. Каждый из двигателей оснащен датчиком скорости, что позволяет использовать в системе управления два сигнала скорости. Процесс разгона и торможения для случая, когда моменты нагрузки электродвигателей равны, показан на рис. 2.

Процесс изменения скорости происходит для двух двигателей одинаково, что видно по совпадению графиков скоростей на рис. 2б. Суммарные значения составляющих тока I_x , I_y на рис. 2в показывают, что заданные диаграммы разгона (рис. 2а) до скорости, выше синхронной, с ослаблением потокосцепления и торможения до остановки выполняются. Таким образом, имеющаяся разница в параметрах электродвигателей не оказывает влияния на работоспособность двухдвигательного электропривода.

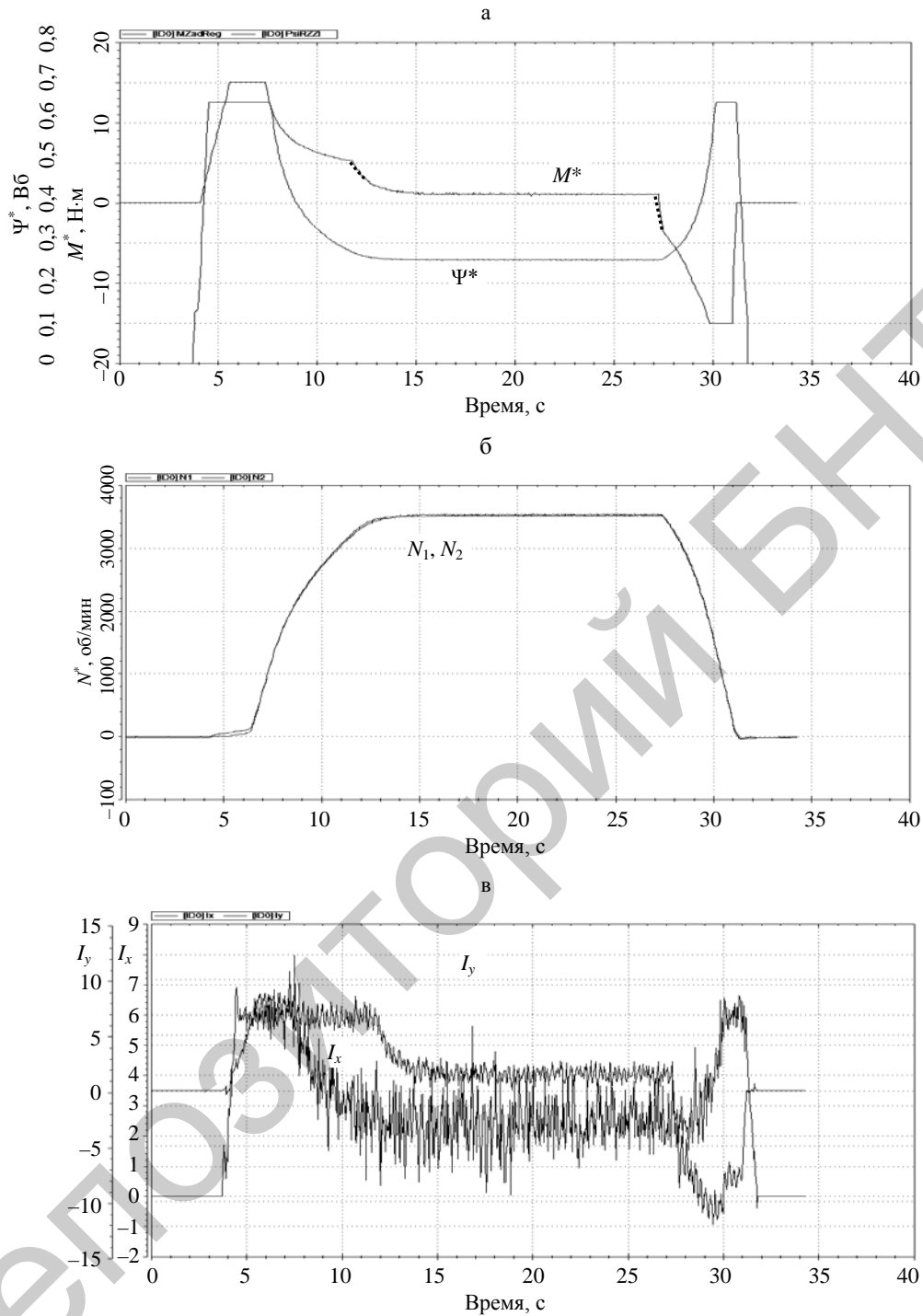


Рис. 2. Разгон и торможение привода при равенстве нагрузок АД₁ и АД₂:
 а – задание момента M^* и потока Ψ^* ; б – скорости N_1 и N_2 ;
 в – токи I_x, I_y в двухдвигательном приводе

Для многодвигательного электропривода рельсового транспорта важным свойством является устойчивость к буксованию. Исследование динамики электропривода с учетом условий сцепления колес с рельсами в лабораторных условиях затруднительно, а на имитационной модели элек-

тропривода возможно. Условие сцепления колес с рельсами [1, 6, 7] имеет вид

$$|M| \leq |M_{sc}(v)| = f_t(v)N\rho. \quad (1)$$

где M – момент, развиваемый приводом колеса; M_{sc} – момент сил сцепления, наибольший при данной скорости v ; N – сила нормального давления, перпендикулярная площадке контакта колеса с рельсом; $f_t(v)$ – коэффициент трения скольжения, зависящий от скорости v ; ρ – радиус приведения. Зависимость $f_t(v)$ имеет вид [4]

$$f_t(v) = (a + bv)\exp(-cv) + d, \quad (2)$$

где a, b, c, d – постоянные, зависящие от природы тел и давления. Зависимость $M_{sc}(v)$ принимает вид

$$M_{sc}(v) = f_t(v)N\rho = N\rho((a + bv)\exp(-cv) + d). \quad (3)$$

Механическое движение трехмассовой системы с двумя двигателями описывается системой уравнений:

$$\begin{aligned} J_1\dot{\omega}_1 &= M_{D1} - M; \quad \dot{M}_{C1} = c_1(\omega - \omega_1); \\ J_2\dot{\omega}_2 &= M_{D2} - M_2; \quad \dot{M}_{C2} = c_2(\omega - \omega_2); \\ J_0\dot{\omega} &= M_1 + M_2 - M_c, \end{aligned} \quad (4)$$

где все величины приведены к валам электродвигателей и приняты следующие обозначения: M_{D1}, M_{D2} – моменты двигателей; M_1, M_2 – моменты нагрузки на каждый двигатель, передаваемые упругими связями; M_{C1}, M_{C2} – моменты упругих сил, пропорциональные величине деформации, т. е. разности приведенного к валу двигателя положения транспортного средства и углов поворота валов двигателей; C_1, C_2 – жесткости упругих связей, приведенные к валу каждого электродвигателя; M_c – момент сил сопротивления движению, зависящий от уклона пути, сил трения и других причин.

Моменты M_1, M_2 действуют лишь при условии сцепления колес с рельсами и определяются выражениями:

$$M_1 = s_1M_{C1}; \quad M_2 = s_2M_{C2}, \quad (5)$$

где s_i – логическая переменная, отображающая условие сцепления колес с рельсами: $s_i = 1$ при наличии сцепления, т. е. при $M_{sc}(v) > M_{Ci}$, иначе $s_i = 0$ ($i = 1, 2$); s_1, s_2 – переменные, определяемые аналитически в соответствии с выражением

$$s_i = \frac{1}{2}(1 + \text{sign}(M_{sc} - M_{Ci})). \quad (6)$$

Имитационная модель механической части привода основывается на схеме рис. 1, уравнениях (1)–(6) и предназначена для исследования динамики тягового электропривода с учетом режимов буксования. В модели

в момент нарушения условий сцепления происходит изменение структуры упругого звена, учитывающее изменение силы тяги до нуля. Моделирование системы выполнено для двух случаев: когда отличие параметров двигателей не превышает 5 % и когда сопротивления отличаются на 10 %.

Процесс разгона и торможения при близких параметрах двух двигателей и одинаковых моментах нагрузки на них (рис. 3) показывает близкие по значению моменты и скорости двигателей АД₁, АД₂. Приведенная к валу двигателя скорость $\omega = v/\rho$ транспортного средства (где v – линейная скорость; ρ – радиус приведения) показана на рис. 3. Таким образом, если разница в параметрах двух двигателей не более 5 %, сцепление колес с рельсами не нарушается и происходит управляемый разгон транспортного средства.

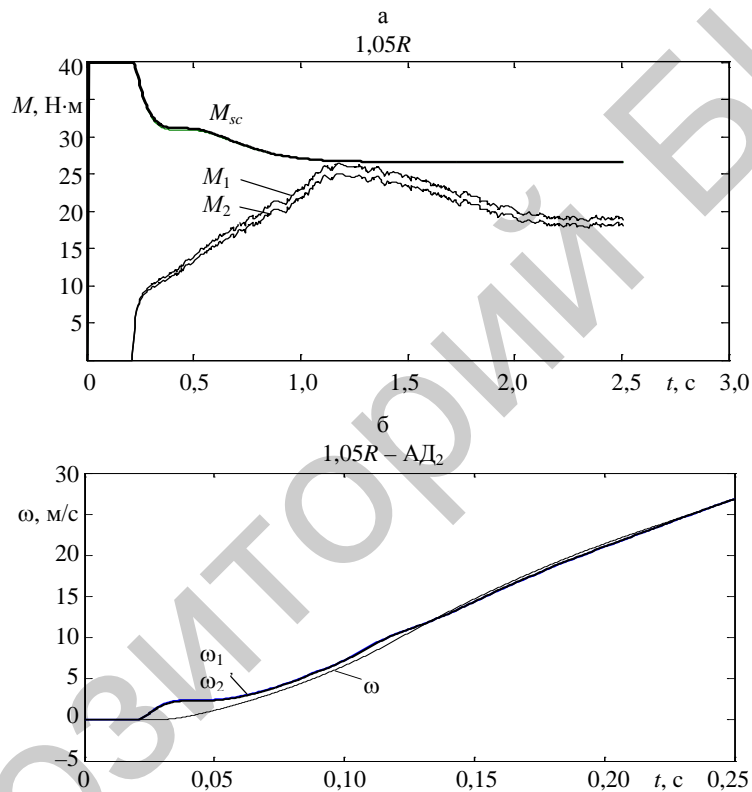


Рис. 3. Процесс разгона и торможения при параметрах двух двигателей, отличающихся не более чем на 5 %: а – момент двигателей; б – скорость

В случае, когда АД₁ имеет расчетные параметры, а сопротивления обмоток АД₂ меньше на 10 % по отношению к сопротивлению АД₁, процесс разгона показан на рис. 4. Сцепление колес с рельсами нарушается в момент времени $t = 1,2$ с, как видно из рис. 4б, как только момент сцепления первого колеса превышает предельное значение. После этого M_2 возрастает и, в свою очередь, превышает значение момента сцепления. Вследствие буксования колес разгон транспортного средства прекращается, происходит его торможение, сопровождаемое увеличением скорости двигателей. После уменьшения моментов двигателей условия сцепления восстанавливаются, а скорости двигателей уменьшаются.

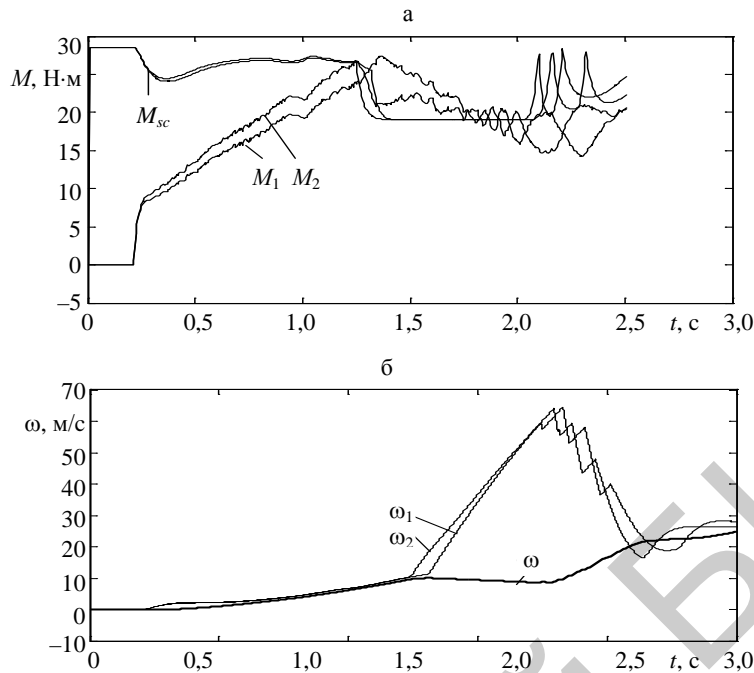


Рис. 4. Процесс разгона и торможения при сопротивлениях обмоток АД₂, меньших на 10 % по отношению к АД₁: а – момент двигателей; б – скорость

Анализ результатов моделирования показывает, что при плохих условиях сцепления колес с рельсами различия в параметрах электродвигателей способствуют буксованию. Поэтому если используется параллельное включение двигателей, рекомендуется применять методы идентификации [7–9] с тем, чтобы подобрать экземпляры двигателей с наименьшими различиями параметров.

ВЫВОДЫ

1. В двухдвигательном электроприводе двигатели, подключенные параллельно к одному преобразователю, должны иметь близкие значения параметров, что способствует их наиболее полному использованию по мощности.

2. Если сопротивления обмоток двигателей отличаются, при одном и том же задаваемом суммарном токе статорных обмоток один из двигателей будет развивать момент, больший заданного, что при плохих условиях сцепления может привести к буксованию. Для предотвращения буксования следует задавать пусковой момент, меньший, чем момент сцепления, на величину, пропорциональную разности параметров. Это приводит к недоиспользованию электропривода по мощности, причем чем больше разница в параметрах, тем меньше степень использования мощности электропривода.

3. Подбор двигателей для параллельной работы рекомендуется выполнять с использованием идентификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д и н а м и ч е с к и е процессы в асинхронном тяговом приводе магистральных электровозов // Ю. А. Бахвалов [и др.]; под ред. А. А. Зарифьяна. – М.: Маршрут, 2006. – 374 с.
2. Ж а р о в, И. А. Критерии оценки работы противоюзных устройств электроподвижного состава / И. А. Жаров, С. Б. Курцев, А. А. Макас // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – № 3. – С. 39–44.
3. С а ф и н, А. Р. Выбор рациональных схем управления тяговым электроприводом трамвая на основе разработки имитационной модели / А. Р. Сафин // Электротехника. – 2013. – № 1. – С. 57–61.
4. А р т е м е н к о, А. Н. Система автоматического выравнивания нагрузки тягового электропривода карьерного электровоза / А. Н. Артеменко // Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. 4, ч. 3. – С. 56–58.
5. П р о ц е н к о, Д. П. Управление тяговым электроприводом трамвая при наличии ограничений по сцеплению / Д. П. Проценко // Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. 3, ч. 2. – С. 42–44.
6. К р а г е л ь с к и й, И. В. Коэффициенты трения: справ. пособие / И. В. Крагельский, И. Э. Виноградова. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроительной литературы, 1955. – 188 с.
7. О п е й к о, Ф. А. Колесный и гусеничный ход / Ф. А. Опейко. – Минск: Изд-во Академии сельскохоз. наук БССР, 1960. – 228 с.
8. О д н о л ь к о, Д. С. Идентификация состояния трехфазных асинхронных двигателей / Д. С. Однолько // Электроника, автоматика и измерительная техника: межвузовский сборник научных трудов с международным участием; под науч. ред. Г. В. Миловзорова. – Уфа: Уфимский гос. авиационный тех. ун-т, 2011. – С. 21–25.
9. О д н о л ь к о, Д. С. Алгоритм отслеживания «дрейфа» параметров асинхронного двигателя для микропроцессорных систем управления / Д. С. Однолько // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації: Зб. наук. праць X Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених і спеціалістів, Кременчук 28–29 березня 2012 р. – Кременчук: КрНУ, 2012. – С. 142–143.
10. О д н о л ь к о, Д. С. Аналитическое исследование процесса синтеза наблюдателя параметров асинхронного двигателя / Д. С. Однолько // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11 апреля 2012 г. – Минск: Бизнесофсет, 2012. – С. 140–141.

REFERENCES:

1. B a k h v a l o v, Yu. A., Buzalo, G. A., Zarif'ian, A. A., Kolpakhch'ian, P. G., Petrov, P. Iu., Sorin, L. N., & Ianov, V. P. (2006) *Dynamic Processes in Asynchronous Traction Drive of Main-line Electric Locomotives*. Moscow, Line Route. 374 p. (in Russian).
2. Z h a r o v, I. A., Kurtsev, S. B., & Makas, A. A. (2011) Evaluation Criteria of Antiskid Devices Operation in Electrical Driving Railway Vehicles. *Vestnik Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Zheleznodorozhnogo Transporta* [Bulletin of the Research Institute of Railway Transport], 3, 39–44 (in Russian).
3. S a f i n, A. R. (2013) Choice of Optimal Control Variants of Electric Traction Drive of Tramway on the Base of Imitation Model Development. *Elektrotehnika* [Electrical Engineering], 1, 57–61 (in Russian).
4. А р т е м е н к о, А. Н. (2010) Automatic Load Equalization System of Electric Traction Drive for Open-Cast Electric Locomotives. *Visnik Kremenchuts'kogo Natsional'nogo Universitetu Imeni Mikhaïla Ostrograds'kogo* [Bulletin of the Kremenchug National University Michael Ostrogradskii], 4, Part 3, 56–58 (in Russian).
5. П р о с е н к о, Д. П. (2010) Electric Traction Drive Control of Tramway When Track Adhesion is Limited. *Visnik Kremenchuts'kogo Natsional'nogo Universitetu Imeni Mikhaïla Ostrograds'kogo* [Bulletin of the Kremenchug National University Michael Ostrogradskii], 3, Part 2, 42–44 (in Russian).
6. К р а г е л ь с к и й, И. В., & Vinogradova, I. E. (1955) *Friction coefficient*. Moscow, State Scientific-Engineering Publication of Mechanical Engineering Literature. 188 p. (in Russian).
7. О п е й к о, Ф. А. (1960) *Wheeled and Truck Track*. Minsk, Publication of Academy of Agricultural Sciences of BSSR. 228 p. (in Russian).

8. O d n o l k o, D. S. (2011) Condition Identification of Three-Phase Asynchronous Engines. *Elektronika, Avtomatika i Izmeritel'naia Tekhnika: Mezhvuzovskii Sbornik Nauchnykh Trudov* [Electronics, automation and Measuring Devices: Interuniversity Collection of Scientific Papers]. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 21–25 (in Russian).

9. O d n o l k o, D. S. (2012) Algorithm of Track Out “Dreifa” of Asynchronous Engine Parameters for Micro-Processing Control Systems. *Elektromekhanichni ta Energetichni Sistemi, Metodi Modeliuvannia ta Optimizatsii. Zbirnik Naukovikh Prats' X Mizhnar. Nauk.-Tekhn. Konf. Molodikh Uchenikh i Spetsialistiv* [Electromechanical & Power Systems, Methods of Modeling and Optimization. Collection of Scientific Publications of the X International Scientific-Engineering Conference of Young Scientists and Specialists]. Kremenchuk: Kremenchug National University Michael Ostrogradskii, 142–143 (in Russian).

10. O d n o l k o, D. S. (2012) Analytical Investigation of Synthesis Process for Observation of Asynchronous Engine's Parameters. *Innovatsionnye Tekhnologii, Avtomatizatsiia i Mekhatronika v Mashino- i Priborostroenii: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf.* [Innovation Technologies, Automation and Mechatronics in Mechanical Engineering and Instrument-Making Engineering: Materials of International Scientific-Practical Conference]. Minsk, Biznesofset, 140–141 (in Russian).

Представлена кафедрой электропривода
и автоматизации промышленных установок
и технологических комплексов

Поступила 07.04.2014

УДК 551.594.2; 621.315.1

ГРОВОЯЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ГРОВОЗАЩИТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН

**Акад. НАН Азербайджана, докт. техн. наук, проф. ГАШИМОВ А. М.,
канд. техн. наук ХЫДЫРОВ Ф. Л.**

*Азербайджанский научно-исследовательский
и проектно-изыскательский институт энергетики*

E-mail: info@pei.az

Представлены результаты анализа параметров ветра на территории строительства ветроэнергетических парков на севере Азербайджанской Республики. С помощью экстраполяции рассчитаны скорости потока ветра на высотах 80 и 100 м. В условиях Азербайджанской Республики потенциал ветра вначале определяли на высоте 10–15 м от поверхности земли на основе данных флюгера, установленного на гидрометеорологической станции, расположенной в черте города Баку. Последующие измерения проводили на высоте 40 м с помощью анемометра, расположенного за чертой города в южном направлении. Установлено, что на высоте 100 м скорость ветра существенно превышает скорость ветра на высоте 22 м. Следовательно, высота 100 м является рентабельной для построения и эксплуатации ветряных сооружений. Результаты фактических измерений показали, что скорость ветра зависит от высоты и времени суток. Изменение в течение месяца потока ветра соответствует изменению суточного графика мощности энергетической станции, и коэффициент корреляции двух процессов оказывается достаточно высоким и составляет 0,61. Для построения парка ветровой электрической станции необходимо в течение одного года на различных высотах (до 100 м) непрерывно проводить фактические измерения параметров ветра. В противном случае размещение вет-