

Л.П. ГАЛАЙКО

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЖИМА ПОСТОЯНСТВА МОЩНОСТИ ДЛЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

В статье рассмотрен вопрос о выборе управляющих параметров для обеспечения режима постоянства мощности в вентильно-индукторном двигателе рудничного электровоза мощностью 13 кВт и частотой вращения 562 мин⁻¹. Проведен анализ статей, изданных в течение 2000-2018 годов в Украине и за рубежом по вентильно-индукторным двигателям для различных приводов на транспорте, где этот режим является обязательным. Анализ показал, что имеется большое разнообразие в выборе управляющих параметров у разных авторов, а также у большинства авторов отсутствует анализ переходных процессов при использовании выбранных управляющих параметров. Автор статьи в предыдущих работах использовал два способа регулирования: фазовое регулирование во всем диапазоне изменения частоты вращения при постоянстве мощности и только фазовое регулирование в начале диапазона и фазовое плюс переключение соединения катушек фазы с последовательного на параллельное при определенной скорости. Использование первого способа приводит к значительному увеличению пульсаций момента с ростом скорости, использование второго способа приводит к резкому увеличению тока инвертора. Предложено осуществлять увеличение питающего напряжения путем переключения соединения аккумуляторных батарей. Рассмотрены переходные процессы в режиме постоянства мощности при изменении момента нагрузки от номинального до момента при максимальной скорости, равной трем номинальным. Для анализа использовалась разработанная автором модель двигателя для переходных режимов в программе Simulink пакета программ Matlab. Управляющие параметры определялись с помощью механических характеристик, рассчитанных на модели двигателя для установившихся режимов. Предложенный способ позволил уменьшить пульсации момента и максимальный ток инвертора. Результаты анализа могут быть использованы при разработке программы для микропроцессора контроллера.

Ключевые слова: модель, программа Simulink, механические характеристики, управляющие параметры, режим постоянства мощности, пульсации момента, ток инвертора.

Л.П. ГАЛАЙКО

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕЖИМУ СТАЛОСТІ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ДВИГУНА РУДНИЧНОГО ЕЛЕКТРОВОЗУ

У статті розглянуто питання про вибір керуючих параметрів для забезпечення режиму сталості потужності в вентильно-індукторного двигуна рудничного електровоза потужністю 13 кВт і частотою обертання 562 хв⁻¹. Проведено аналіз статей, виданих протягом 2000-2018 років в Україні та за кордоном по вентильно-індукторним двигунам для різних приводів на транспорті, де цей режим є обов'язковим. Аналіз показав, що є велика різноманітність у виборі керуючих параметрів у різних авторів, а також у більшості авторів відсутній аналіз перехідних процесів при використанні обраних керуючих параметрів. Автор статті в попередніх роботах використовував два способи регулювання: фазовий регулювання у всьому діапазоні зміни частоти обертання при сталості потужності і тільки фазовий регулювання на початку діапазону і фазовий плюс перемикання з'єднання котушок фази з послідовного на паралельне при певній швидкості. Використання першого способу призводить до значного збільшення пульсацій моменту із зростанням швидкості, використання другого способу призводить до різкого збільшення струму інвертора. Запропоновано здійснювати збільшення напруги живлення шляхом перемикання з'єднання акумуляторних батарей. Розглянуто перехідні процеси в режимі сталості потужності при зміні моменту навантаження від номінального до моменту при максимальній швидкості, що дорівнює трьом номінальним. Для аналізу використовувалася розроблена автором модель двигуна для перехідних режимів в програмі Simulink пакета програм Matlab. Керуючі параметри визначалися за допомогою механічних характеристик, розрахованих на моделі двигуна для сталих режимів. Запропонований спосіб дозволив зменшити пульсації моменту та максимальний струм інвертора. Результати аналізу можуть бути використані при розробці програми для мікропроцесора контролера.

Ключові слова: модель, програма Simulink, механічні характеристики, керуючі параметри, режим сталості потужності, пульсації моменту, ток інвертора.

L.P. GALAYKO

ANALYSIS OF METHODS FOR MAINTAINING THE POWER CONSTANT MODE FOR A SWITCHED RELUCTANCE MOTOR OF A MINE ELECTRIC LOCOMOTIVE

The article discusses the choice of control parameters to ensure a constant power in the Switched Reluctance Motor of a mine electric locomotive with a capacity of 13 kW and a rotation speed of 562 min⁻¹. The analysis of articles published during 2000-2018 in Ukraine and abroad on Switched Reluctance Motor for various drives in transport, where this mode is mandatory. The analysis showed that there is a great diversity in the choice of control parameters among different authors, and also the majority of authors do not have an analysis of transients when using the selected control parameters. The author of the article in previous works used two control methods: phase regulation over the entire range of rotation speed changes with constant power and only phase regulation at the beginning of the range and phase plus switching the connection of phase coils from serial to parallel at a certain speed. Using the first method leads to a significant increase in the ripple of the moment with increasing speed, the use of the second method leads to a sharp increase in the inverter current. It is proposed to increase the supply voltage by switching the connection of the batteries. Transients in the mode of constant power are considered when the load moment changes from the nominal to the moment at the maximum speed equal to three nominal. For analysis, we used the author's engine model for transients in the Simulink program of the Matlab software package. The control parameters were determined using mechanical calculated on the engine model for steady-state conditions. The proposed method allowed to reduce the ripple of the moment and the maximum current of the inverter. The results of the analysis can be used when developing a program for the microprocessor of the controller.

Keywords: model, Simulink program, mechanical characteristics, control parameters, constant power mode, torque ripple, inverter current.

Введение. Вентильно-индукторные двигатели (ВИД), за рубежом Switched Reluctance Motor, находят все более широкое применение в различных областях техники, в частности на транспорте. Обзор ста-

тей в отечественной и зарубежной литературе показал, что ведутся разработки ВИД для следующих видов транспорта: для рудничных электровозов, для электрической трансмиссии тракторов, для электро-

мобилей и гибридных автомобилей, для электрооборудования кораблей, для городского электротранспорта и другие. Как известно, к двигателям электротранспорта предъявляются следующие требования: широкий диапазон частоты вращения и режим постоянства мощности при частоте вращения выше номинальной. Эти требования существенно усложняют разработку качественной программы для микропроцессора контроллера, которая реализует указанные требования. При разработке программы один из вопросов, которые необходимо решить, является выбор управляющих параметров для этого режима работы. Основными критериями при выборе управляющих параметров являются: 1) минимальные пульсации момента; 2) высокая энергоэффективность (низкие потери и большой к.п.д.); 3) низкая стоимость инвертора. В рассмотренных работах, опубликованных в зарубежной и отечественной литературе [1-6], отсутствует однозначное решение этого вопроса.

Так в работе [1] рассматривается ВИД для рудничного электровоза мощностью 7,5 кВт. Для регулирования скорости в зоне высоких скоростей используется ШИМ регулирование напряжения при фиксированных углах включения и отключения, то есть регулируется среднее напряжение, что очевидно требует завышенное значение амплитуды напряжения. В результате такого регулирования при увеличении скорости мощность не остается постоянной, а даже растет, что не соответствует механическим характеристикам, приведенным в работе (смотри таблицу 11 и рисунок 9 в статье).

В работе [2] рассматривается ВИД для гибридного автомобиля мощностью 35 кВт частотой вращения 2000 мин⁻¹. Здесь используется регулирование амплитудного значения напряжения путем переключения соединения аккумуляторных батарей с параллельного соединения на последовательное, а также релейное регулирование тока. Однако целью работы являлось уменьшение пульсаций момента, а не поддержание постоянства мощности.

В работе [3] рассматривается ВИД для рудничного электровоза мощностью 27 кВт. Для реализации режима постоянства мощности предложены четыре способа регулирования:

$$1) \Theta_{on} = \text{var}, \Delta\Theta = \Theta_{on} - \Theta_{of} = \text{var}, U = \text{const};$$

2) $\Theta_{on} = \text{var}, \Delta\Theta = \text{var}, U = \text{const}$; переключение витков;

$$3) \Theta_{on} = \text{const}, \Delta\Theta = \text{const}, U = \text{var};$$

4) $\Theta_{on} = \text{var}, \Delta\Theta = \text{var}, U = \text{const}$; подмагничивание магнитной системы.

Здесь приняты следующие обозначения: Θ_{on} и Θ_{of} — углы между полюсами статора и ротора для рабочей фазы при включении и отключении транзисторов; U — напряжение питания инвертора; $\Delta\Theta$ — длительность импульса напряжения.

Для первого способа выбор числа витков производится по режиму работы при максимальной скорости. При этом значительно увеличивается фазный ток при пуске двигателя и увеличивается стоимость инвертора. Второй способ позволяет существенно уменьшить пусковой ток. Одним из вариантов способа является

переключение катушек обмотки с последовательного соединения при пуске на параллельное в режиме максимальной мощности. Для реализации третьего способа авторы предлагают установить на входе инвертора специальный преобразователь. Для реализации четвертого способа авторы рекомендуют увеличить длительность импульса напряжения до величины более половины периода. Именно этот способ авторы рекомендуют для режима работы в области высоких частот вращения. Проведено сравнение расчетных графиков тока с экспериментальными. Влияние способа на пульсации момента в статье не отражено.

В работе [4], рассматривается решение проблемы обеспечения постоянства мощности при высоких скоростях для ВИД тягового применения. Показано, что увеличение момента при больших скоростях возможно путем уменьшения числа витков. Однако так как при этом растет ток инвертора, предпочтение было отдано способу регулирования со значительным увеличением длительности импульса напряжения, то есть, четвертому способу. Влияние способов регулирования на пульсации момента не исследовалось. Авторы в заключении утверждают, что проблему уменьшения пульсаций момента необходимо рассматривать независимо от способа поддержания постоянства мощности, ссылаясь на целый ряд работ.

В работе [5] судя по заголовку эти две проблемы объединены. Однако в работе основное внимание уделено совершенствованию метода регулирования момента для уменьшения пульсаций момента с использованием функции TSF (torque sharing function). В тоже время вопрос постоянства мощности в тексте статьи не рассматривается. Эксперимент проведен для двигателя малой мощности 2,3 кВт для трех частот вращения 2000⁻¹, 4000⁻¹, 6000⁻¹. Какая из этих частот вращения номинальная и какое отношение имеет этот двигатель к транспорту не объясняется.

Аналогичные замечания можно сделать и относительно работ [6, 7]. В этих работах мощности еще меньше: в работе [6] 750 Вт, а в работе [7] примерно 26 Вт. И наконец, в работе [8], где проведен обширный обзор работ по уменьшению пульсаций момента и созданию малошумного SRM для электромобилей и гибридных автомобилей, в заключении отмечается, что эта проблема пока не решена для широкого диапазона скоростей, который необходим, прежде всего на транспорте.

В работах [9, 10] рассматривается четырехфазный ВИД мощностью 27 кВт, номинальной частотой вращения 1215 мин⁻¹ и максимальной частотой вращения 3645 мин⁻¹, спроектированный для привода рудничного электровоза. Проведено сравнение двух способов регулирования: 1) фазовое регулирование во всем диапазоне изменения частоты вращения при постоянстве мощности; 2) только фазовое регулирование в начале диапазона и фазовое плюс переключение соединения катушек фазы с последовательного на параллельное при скорости, равной двойной номинальной. Для анализа были проведены расчеты переходных процессов от номинального режима до режима с максимальной частотой вращения с помощью разра-

ботанной автором имитационной модели в программе Simulink. Недостатком первого способа являются значительные пульсации момента при больших скоростях. Недостаток второго способа резкое увеличение тока фазы после переключения числа витков, что может отрицательно сказаться на работе инвертора.

Для устранения недостатка второго способа было принято решение вместо переключения числа витков в обмотке произвести увеличение амплитуды питающего напряжения путем последовательного соединения аккумуляторных батарей при скорости, равной двойной номинальной. Для уменьшения пульсаций момента в начальной части диапазона принято решение при скорости равной полтора номинальной увеличить напряжение в полтора раза путем соответствующего переключения батарей.

Цель работы. С помощью имитационной модели в программе Simulink пакета программ Matlab провести сравнение переходных процессов при регулировании скорости в режиме постоянства мощности вторым и третьим способом (переключение соединения

катушек фазы и переключение соединения аккумуляторных батарей).

Описание эксперимента. Моделирование проведено для двигателя мощностью 13 кВт, частотой вращения 562 мин⁻¹ (60 рад/с), с номинальным напряжением 110 В, спроектированного для привода рудничного электровоза на базе двигателя постоянного тока. Проведено три эксперимента: 1) при переключении катушек при скорости 120 рад/с; 2) при переключении батарей при скорости 120 рад/с; 3) при переключении батарей при скорости 90 рад/с и 120 рад/с. Были рассчитаны с помощью модели для установившихся режимов работы [11] углы включения и отключения для требуемой характеристики в режиме постоянства мощности, а также ряд параметров для контроля результатов моделирования переходных процессов для трех способов переключения. Результаты расчета занесены в таблицу 1. Затем проведено моделирование с помощью имитационной модели для переходных процессов [12]. Результаты моделирования представлены на рис. 1-3.

Таблица 1 Результаты расчета на модели для установившихся режимов работы (P=13 кВт)

| Ω , рад/с | U, В | M _{ave} , Н·м | $\Theta_{on} / \Theta_{of}$, град | I _{max} , А | Ψ , вебер | K _r , о.е. |
|---------------------------------------|------|------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------|-----------------------|
| До переключения | | | | | | |
| 60 | 110 | 215,2 | 30/11,4 | 185 | 0,59 | 1,18 |
| 90 | 110 | 145,2 | 33,2/11,2 | 172 | 0,45 | 1,356 |
| 120 | 110 | 109,3 | 35,4/ 11,2 | 172 | 0,378 | 1,628 |
| После переключения соединения батарей | | | | | | |
| 90 | 165 | 145,4 | 28,5/11,4 | 155 | 0,53 | 1,24 |
| 120 | 220 | 110 | 27,4/ 11,2 | 134 | 0,52 | 1,27 |
| 180 | 220 | 72,84 | 29,3/ 11,4 | 86 | 0,375 | 1,3 |
| После переключения соединения катушек | | | | | | |
| 120 | 110 | 110,8 | 27,4/ 11,2 | 270 | 0,26 | 1,27 |
| 180 | 110 | 72,84 | 29,3/ 11,4 | 172 | 0,187 | 1,3 |

В таблице приняты обозначения: Ω угловая скорость; U напряжение питания инвертора; M_{ave} значение среднего момента; $\Theta_{on} / \Theta_{off}$ угол включения и угол отключения (углы между полюсами статора и ротора для рабочей фазы при включении и отключе-

нии транзисторов); I_{max} максимальное значение тока инвертора; Ψ потокосцепление фазы; K_r коэффициент пульсаций момента, отношение максимального мгновенного значения момента к среднему.

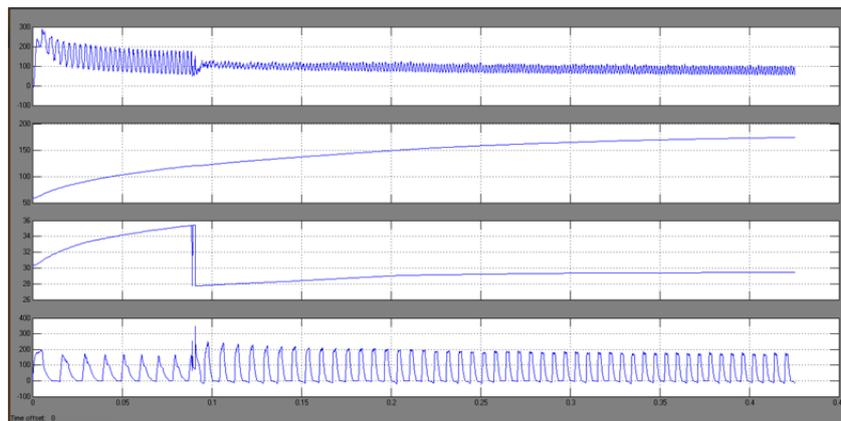


Рис.1 – Зависимости мгновенного значения момента, угловой скорости, угла включения и тока фазы от времени при изменении момента нагрузки от номинального до момента при максимальной скорости в режиме постоянства мощности при переключении соединения катушек фазы с последовательного на параллельное при угловой скорости 120 рад/с.

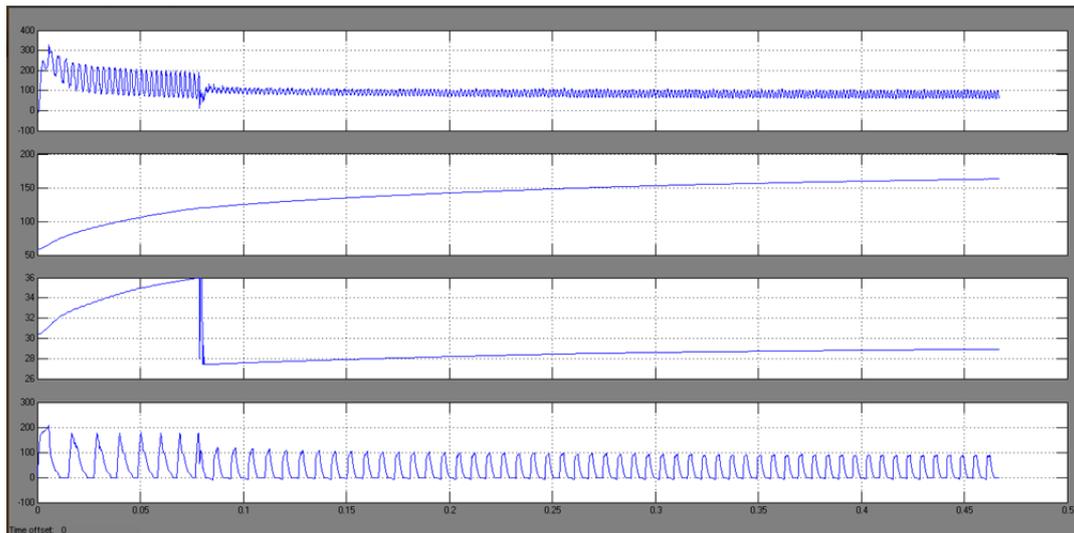


Рис.2 – Зависимости мгновенного значения момента, угловой скорости, угла включения и тока фазы от времени при изменении момента нагрузки от номинального до момента при максимальной скорости в режиме постоянства мощности при переключении аккумуляторных батарей с параллельного соединения на последовательное при угловой скорости 120 рад/с.

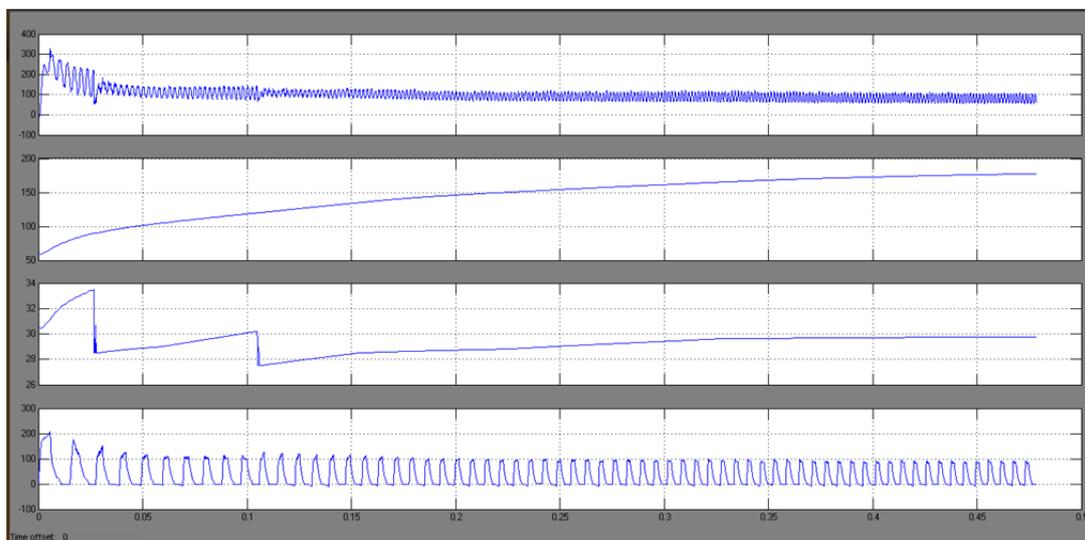


Рис. 3 – Зависимости мгновенного значения момента, угловой скорости, угла включения и тока фазы от времени при изменении момента нагрузки от номинального до момента при максимальной скорости в режиме постоянства мощности при двойном переключении аккумуляторных батарей при угловой скорости 90 рад/с и при угловой скорости 120 рад/с.

Анализ результатов эксперимента. Рис.1 иллюстрирует переход вентильно-индукторного двигателя от номинальной нагрузки 215,2 Н·м к нагрузке 72,84 Н·м в режиме постоянства мощности. При этом скорость (второй график) растет от 60 рад/с до 180 рад/с. Для уменьшения пульсаций момента при скорости 120 рад/с произведено переключение соединения катушек фазы с последовательного на параллельное. Необходимый для обеспечения постоянства мощности угол включения при этом резко изменяется (третий график). Одновременно резко возрастает максимальный ток фазы (четвертый график). Рис.2 иллюстрирует переходный процесс, в котором произведено переключение соединения аккумуляторных батарей с параллельного на последовательное. Пульсации момента существенно не изменились, однако существенно уменьшился ток фазы. Рис. 3 иллюстрирует переходный процесс, в котором произведено два переключения соединения батарей при скорости 90

рад/с и скорости 120 рад/с. При этом по сравнению с предыдущим опытом существенно уменьшились пульсации момента в начальной части диапазона, а максимальный ток фазы изменился незначительно.

Выводы. Проведенный анализ опубликованных источников показал, что, несмотря на очень большое количество публикаций, проблема обеспечения режима постоянства мощности для вентильно-индукторных двигателей для транспорта не решена. Из рассмотренных в статье способов предпочтение необходимо отдать третьему способу, так как он обеспечивает уменьшение пульсаций момента и уменьшение значения максимального тока фазы.

Список литературы

- 1 H.Chen and G. Xie. Double 7.5-kW Three-Phase Switched Reluctance Motors Parallel Drive System for Electric Locomotive Traction. 978-1-4244-1833-6-08/\$25.00 ©2008 IEEE.
- 2 Minguo Ma. An Integrated Switched Reluctance Motor Drive

- Topology With Voltage-Boosting and On-Board Charging Capabilities for Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEVs) / Minguao Ma, Zhongyi Chang, Yihua Hu, et al. IEEE Access, V.6, 2018, p. 1550-1559.
- 3 Л.Ф.Коломейцев и др. Режимы работы тягового электропривода рудничного электровоза с трехфазным реактивным индукторным двигателем. Известия вузов. Электромеханика. № 2. 2002г. С. 18-22.
 - 4 M. Rekik, Besbes, C. Marchand, B. Bulton, S. Loudot, D. Lhotellier. High Speed Range Enhancement of Switched Reluctance Motor with Continuous Mode for Automotive Applications. International Conference on Ecologic Vehicles & Renewable Energies. Monaco. 2007. March 29 – April 1.
 - 5 Jin Ye, Dtrker Bilgin, Ali Emadi An Extended-Speed Low-Ripple Torque Control of Switched Reluctance Motor Drives. 10.1109/TPEL.2014.2316272, IEEE Transactions on Power Electronics.
 - 6 Qingguo Sun, Jianhua Wu, Chun Gan, Yihua Hu, Jikai Si. OSTSF for torque ripple minimization in SRMs. IET Power Electron., 2016, Vol. 9i, Iss. 14, pp. 2741 □ 2750. The Institution of Engineering and Technology 2016.
 - 7 Бушер В.В., Горошко В.В., Хандакжи К.А. Модифицированный метод управления моментом вентильно-реактивного двигателя. Електротехнічні та комп'ютерні системи. 25(101). 2017. С. 44 □ 52.
 - 8 Chun Gan, Jianhua Wu, Qingguo Sun, Wubin Kong, Hongyu Li, Yihua Hu. A Review on Machine Topologies and Control Techniques for Low-Noise Switched Reluctance Motors in Electric Vehicle Applications. IEEE Access. V.6. 2018. Pp. 31430 □ 31443.
 - 9 Галайко, Л. П. Анализ режим постоянства мощности при регулировании числа витков в имитационной модели вентильно-индукторного двигателя. / Л. П. Галайко. – Вестник НТУ «ХПИ», 42'2015, Харьков, 2015, с. 19–22.
 - 10 Галайко, Л. П. Анализ режима постоянства мощности в имитационной модели вентильно-индукторного двигателя / Л. П. Галайко. Труды МКЭЭЭ-2014. Международная конференция «Электромеханика, Электротехнологии, Электротехнические материалы и Компоненты». Сентябрь 21-27. 2014. Алупшта. Крым. С. 117-119.
 - 11 Галайко, Л. П. Имитационное моделирование установившихся режимов работы вентильно-индукторного двигателя. / Л. П. Галайко. – Електротехніка і електромеханіка, 2005, №1, с. 24–26.
 - 12 Галайко, Л.П. Имитационное моделирование вентильно-индукторного двигателя в переходных режимах / Л. П. Галайко. – Вестник НТУ «ХПИ», 48'2005, Харьков, 2005, с. 24–27.
 - Traction. 978-1-4244-1833-6-08/\$25.00 ©2008 IEEE.
 - 2 Minguao Ma. An Integrated Switched Reluctance Motor Drive Topology With Voltage-Boosting and On-Board Charging Capabilities for Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEVs). Minguao Ma, Zhongyi Chang, Yihua Hu, et al. IEEE Access, V.6, 2018, p. 1550-1559.
 - 3 L.F.Kolomeytshev ets. Regimi raboty t'jagovogo elektroprivoda rudnichnogo elektrovoza s trehfaznim reaktivnim induktornim dvigatelem. Izvestiya vuzov. Elektromekhanika. V.2. 2002, pp. 18 □ 22.
 - 4 M. Rekik, Besbes, C. Marchand, B. Bulton, S. Loudot, D. Lhotellier. High Speed Range Enhancement of Switched Reluctance Motor with Continuous Mode for Automotive Applications. International Conference on Ecologic Vehicles & Renewable Energies. Monaco. 2007. March 29 – April 1.
 - 5 Jin Ye, Dtrker Bilgin, Ali Emadi An Extended-Speed Low-Ripple Torque Control of Switched Reluctance Motor Drives. 10.1109/TPEL.2014.2316272, IEEE Transactions on Power Electronics.
 - 6 Qingguo Sun, Jianhua Wu, Chun Gan, Yihua Hu, Jikai Si. OSTSF for torque ripple minimization in SRMs. IET Power Electron., 2016, Vol. 9i, Iss. 14, pp. 2741 □ 2750. The Institution of Engineering and Technology.
 - 7 Busher V.V., Goroshko V.V., Handakgy K.A. Modifitsirovanniy metod upravleniya momentom ventilno-reaktivnogo dvigatelya. Elektrotekhnichni i kompjuterni sistemi. 25(101). 2017. Pp. 44 -52.
 - 8 Chun Gan, Jianhua Wu, Qingguo Sun, Wubin Kong, Hongyu Li, Yihua Hu. A Review on Machine Topologies and Control Techniques for Low-Noise Switched Reluctance Motors in Electric Vehicle Applications. IEEE Access. V.6. 2018. Pp. 31430 □ 31443.
 - 9 Galayko, L. P. Analiz regima postoyanstva moshnosti pri regulirovanii chisla vitkov v imitatsionnoi modeli ventilno-induktornogo dvigatelya. Vestnik NTU KHPI 42'2015. Kharkov. 2015. Pp. 19-22.
 - 10 Galayko, L. P. Analiz regima postoyanstva moshnosti pri regulirovanii chisla vitkov v imitatsionnoi modeli ventilno-induktornogo dvigatelya. Trudi MKEEE. Megdunarodnaya konferentsiya "Elektromekhanika, Elektrotekhnologii, Elektrotekhnicheskie materialy i komponentyi" Sentjabr 21-27 2014, Krim, Alushta, pp.117-119.
 - 11 Galayko, L. P. Imitatsionnoe modelirovanie ustanovivshikhsya rezhimov raboti ventil'no-induktornogo dvigatelya [Simulation modeling of steady state Switched Reluctance motor], "Elektrotekhnika i Elektromekhanika", (2005), No 1, p.24–26.
 - 12 Galayko, L. P. Imitatsionnoje modelirovanije ventil'no – induktornogo dvigatelja v perekhodnikh rezhimakh. [Simulation of Switched Reluctance motor in transient conditions]. Vestnik NTU "HPI", 48'2005, Kharkiv, pp. 24–27.

References (transliterated)

- 1 H. Chen and G. Xie. Double 7.5-kW Three-Phase Switched Reluctance Motors Parallel Drive System for Electric Locomotive

Поступила (received) 05.10.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Галайко Лідія Петрівна (Галайко Лидия Петровна, Galayko Lidiya Petrivna) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри електричних машин, г. Харків; тел.: (0572) 670428; e-mail: lidagalayko@gmail.com.