

2.4.5 Энергетические системы и комплексы (технические науки)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УСТОЙЧИВОЙ СВЯЗЬЮ

А.А. ШАВАЗОВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук. с. н. с.  
shavazov@inbox.ru

A.A. SHAVAZOV<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech), Senior researcher

Х.М. ЭШКУЗИЕВ<sup>2</sup>, доктор философии, зам. начальника

Kh.M. ESHKUZIYEV<sup>2</sup>, PhD, Deputy Head

Б.Б. ТУХТАЕВ<sup>3</sup>, независимый соискатель

B.B. TUXTAYEV<sup>3</sup>, Independent Researcher

А.О. ХАМДАМОВ<sup>1</sup>, базовый докторант

A.O. XAMDAMOV<sup>1</sup>, Basic Doctoral Student

<sup>1</sup> Институт проблем энергетики АН РУз, Узбекистан, Ташкент

<sup>2</sup> Инспекция по контролю за использованием электроэнергии, нефтепродуктов и газа РУз, Узбекистан, Ташкент

<sup>3</sup> Каршинский государственный технический университет, Узбекистан, Карши

<sup>1</sup> Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Uzbekistan, Tashkent

<sup>2</sup> Inspection for Control in electric power industry, oil products and gas usage at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan, Uzbekistan, Tashkent

<sup>3</sup> Uzbekistan Karshi State Technical University, Uzbekistan, Karshi

**Аннотация.** В статье рассматривается система управляемого электропривода с устойчивой связью, характеризующаяся наличием нескольких управляющих и регулируемых величин, а также перекрестных связей между каналами управления. Проанализированы особенности многосвязных систем автоматического регулирования, показана роль автономности и инвариантности в обеспечении устойчивости и требуемых динамических свойств электропривода. Приведены функциональные и структурные схемы частотно-регулируемого асинхронного электропривода с преобразователем частоты, рассмотрены принципы скалярного и векторного управления. Выполнено математическое описание асинхронного двигателя как объекта управления на основе уравнений движения и электромагнитных соотношений, получены линеаризованные зависимости для момента, тока, магнитного потока и ЭДС статора. Показано, что система имеет три основных входных воздействия – управление частотой, управление напряжением и воздействие со стороны момента нагрузки. Результаты работы могут быть использованы при анализе и синтезе систем управления асинхронными электроприводами с частотным регулированием.

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, частотное управление, преобразователь частоты, скалярное управление, векторное управление, перекрестные связи, автономность, инвариантность, структурный синтез, устойчивость системы, линеаризация, передаточные функции, электромагнитный момент, магнитный поток, ток статора, ЭДС статора, параметр скольжения, динамические характеристики

## Список источников

1. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира.– Т.: Fan va texnologiya, 2009, 464 с.
2. Браславский И.Я., Костылев А.В., Степанюк Д.П. Энергетическая оптимизация пусковых режимов частотных асинхронных электроприводов // Электромашиностроение и электрооборудование. 2006. – № 6. – С. 303-304.
3. Дидыч В. А. Повышение эффективности насосных агрегатов в системах мелиорации и орошения / С. В. Оськин, В. А. Дидыч // Механизация и электрификация сельского хозяйства - 2011. - №6. - С. 23—24.
4. Ишназаров О.Х. Имитационная модель частотно-регулируемых электроприводов пульпа насосов горнорудной промышленности // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, – 2009. – № 6. –С. 58-65.
5. Камалов Т.С. Частотно регулируемый электропривод насосных станций машинного орошения. – Т.: Фан, 2014. – 368 с.
6. Камалов Т.С., Муминов К., Тоиров О.З. Математические модели и структурные схемы асинхронного двигателя общепромышленных механизмов при переменной частоте управления // Инновация – 2009: Тез. докл. Междун. научно-практ. конф. – Ташкент, 2009. – С. 135-137.
7. Камалов Т.С., Муминов К., Ташева Х.Т., Шавазов А.А. Многосвязная система асинхронного электропривода с частотным управлением. // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2012. № 2-3. С. 47-54. (05.00.00; №5).
8. Ковалев В.З., Бородацкий Е.Г. Эффективное использование энергии в насосных установках нефтеперекачивающих станций// Промышленная энергетика. 2000. № 1.
9. Ковалев В.З., Мельников В.Ю., Бородацкий Е.Г. Энергосберегающие алгоритмы управления взаимосвязанным электроприводом центробежных турбомеханизмов. Омск: ОмГТУ. 2000.
10. Шавазов А.А., Ишанова Д. А. // Математические модели и передаточные функции частотно-управляемого асинхронного двигателя. // Volume-08 Oct. - 2022 Website: www.ejird.journalspark.org ISSN (E): 2720-5746

## INVESTIGATION OF A CONTROLLED ELECTRIC DRIVE SYSTEM WITH STABLE CONNECTION

**Abstract.** *The article examines the system with stable connections of a controlled electric drive, characterized by the presence of several control and regulated variables, as well as cross-connections between control channels. The features of multi-variable automatic control systems have been analyzed, and the role of autonomy and invariance in ensuring the stability and required dynamic properties of the electric drive has been demonstrated. Functional and structural diagrams of a frequency-controlled asynchronous electric drive with a frequency converter are presented, and the principles of scalar and vector control are considered. A mathematical description of an asynchronous motor as a controlled object is performed based on the equations of motion and electromagnetic relations, and linearized dependencies for torque, current, magnetic flux, and stator EMF are obtained. It is shown that the system has three main input influences - frequency control, voltage control, and load torque. The results of this work can be used in the analysis and synthesis systems for frequency-controlled asynchronous electric drives.*

**Keywords:** *asynchronous electric drive, frequency control, frequency converter, scalar control, vector control, cross-connections, autonomy, invariance, structural synthesis, system stability, linearization, transfer functions, electromagnetic torque, magnetic flux, stator current, stator EMF, slip parameter, dynamic characteristics*

### References

1. Allaev K.R. Elektroenergetika Uzbekistana i mira.–T.: «Fan va texnologiya», 2009, 464 s.
2. Braclavckij I.Ya., Koctylev A.V., Ctepanyuk D.P. Energeticheskaya optimizaciya puskovyx rezhimov chactotnyx acinxronnyx elektroprivodov // Elektromashinoctroenie i elektrooborudovanie. 2006. – № 6. – С. 303-304.
3. Didych V. A. Povыshenie effektivnosti nacocnyx agregatov v citemax melioracii i orosheniya / С. V. Ockin, V. A. Didych // Mexanizaciya i elektrifikaciya celckogo xozyajctva - 2011. - №6. - С. 23—24.
4. Ishnazarov O.X. Imitacionnaya model chactotno-reguliruemyx elektroprivodov pulpa nacocov gornorudnoj promyshlennosti // Uzbekckij zhurnal «Problemy informatiki i energetiki». – Tashkent, – 2009. – № 6. –С. 58-65.
5. Kamalov T.C. Chactotno reguliruemyj elektroprivod nacocnyx ctancij mashinnogo orosheniya. – T.: Fan, 2014. – 368 c.
6. Kamalov T.C., Muminov K., Toirov O.Z. Matematicheskie modeli i ctрукturnye cxemy acinxronnogo dvigatelya obshepromyshlennyx mexanizmov pri peremennoj chactote upravleniya // Innovaciya – 2009: Tez. dokl. Mezhdun. nauchno-prakt. konf. – Tashkent, 2009. – С. 135-137.
7. Kamalov T.C., Muminov K., Tasheva X.T., Shavazov A.A. Mnogocvyaznaya citema acinxronnogo elektroprivoda c chactotnym upravleniem. // Problemy informatiki i energetiki. – Tashkent, 2012. № 2-3. С. 47-54. (05.00.00, №5).
8. Kovalev V.Z., Borodackij E.G. Effektivnoe icpolzovanie energii v nacocnyx uctanovkax nefteperekachivayushix ctancij// Promyshlennaya energetika. 2000. № 1.
9. Kovalev V.Z., Melnikov V.Yu., Borodackij E.G. Energoberegayushie algoritmy upravleniya vzaimocvyazannym elektroprivodom centrebeznyx turbomexanizmov. Омск: ОмGTU. 2000.
10. Shavazov A.A., Ishanova D. A. // Matematicheskie modeli i peredatochnye funkcii chactotno-upravlyaemogo acinxronnogo dvigatelya. // Volume-08 Oct. - 2022 Website: www.ejird.journalspark.org ISSN (E): 2720-5746

© Шавазов А. А., Эшкузиев Х. М., Тухтаев Б. Б., Хамдамов А. О., 2026