

ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ АИР56В2У1 НА ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ ОВЕН-1

Борисов М.А., Симолов М.Д., Надеждина О.А.

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары

Ключевые слова: электродвигатель, частотное регулирование, программное управление, преобразователь частоты, программируемый логический контроллер, панель оператора.

Аннотация. Электродвигатели серии АИР являются общепромышленными асинхронными трехфазными электродвигателями переменного тока с короткозамкнутым ротором. Они широко применяются в машиностроении, в том числе для изменения скорости резания при обработке различных материалов. Цель работы – разработка и экспериментальная апробация методики программирования частотного преобразователя в среде Codesys 2.3 для управления двигателем АИР56В2У1 с установлением зависимости между частотой выходного напряжения преобразователя и частотой вращения вала двигателя. Установлено, что относительная погрешность частотного регулирования числа оборотов электродвигателя АИР56В2У1 на лабораторном стенде ОВЕН-1 не превышает 3,9%, что позволяет рекомендовать разработанную методику для практического применения и в учебных целях.

FREQUENCY CONTROL OF THE AIR56B2U1 ELECTRIC MOTOR ON THE OWEN-1 LABORATORY BENCH

Borisov M.A., Simolov M.D., Nadezhdina O.A.

Chuvash State University named after. I.N. Ulyanova, Cheboksary

Keywords: electric motor, frequency regulation, software control, frequency converter, programmable logic controller, operator panel.

Abstract. AIR series electric motors are general-purpose industrial asynchronous three-phase AC motors with a squirrel-cage rotor. They are widely used in mechanical engineering, including for varying cutting speeds when processing various materials. The aim of the work is to develop and experimentally test a methodology for programming a frequency converter in the Codesys 2.3 environment for controlling the AIR56B2U1 motor by establishing a relationship between the frequency of the converter output voltage and the rotation frequency of the motor shaft. It has been established that the relative error of frequency regulation of the speed of the AIR56B2U1 electric motor on the OWEN-1 laboratory stand does not exceed 3.9%, which allows us to recommend the developed methodology for practical use for educational purposes.

Электродвигатели типа АИР являются общепромышленными асинхронными трехфазными электродвигателями переменного тока с короткозамкнутым ротором. Они применяются при комплектации различных электроприводов многих механизмов и агрегатов практически во всех сферах промышленности. Двигатели типа АИР, функционирующие совместно с частотными преобразователями, обеспечивают плавное и точное регулирование числа оборотов выходного вала [1]. Изменение числа оборотов необходимо проводить, в том числе, для изменения скорости резания при обработке различных материалов, включая процесс электрохимического шлифования труднообрабатываемых материалов шлифовальными головками из сверхтвердых материалов [2-5]. Также для оптимизации процесса обработки материалов

резанием необходимо изменять число оборотов шпинделя металлообрабатывающего оборудования [6, 7].

Однако, несмотря на широкое распространение указанных частотных систем, существует ряд проблем их использования. В частности, отсутствуют простые и наглядные методики программирования частотных преобразователей для маломощных двигателей. Кроме того, большинство существующих методик не устанавливают зависимости между задаваемой частотой и реальной частотой вращения вала с учетом скольжения.

Для автоматизации производственных процессов зачастую используются компьютерные системы автоматизации и управления на базе приборов ОВЕН [8]. В данной работе предлагается методика проведения частотного регулирования электродвигателя АИР56В2У1 на лабораторном стенде ОВЕН-1 (рис. 1).

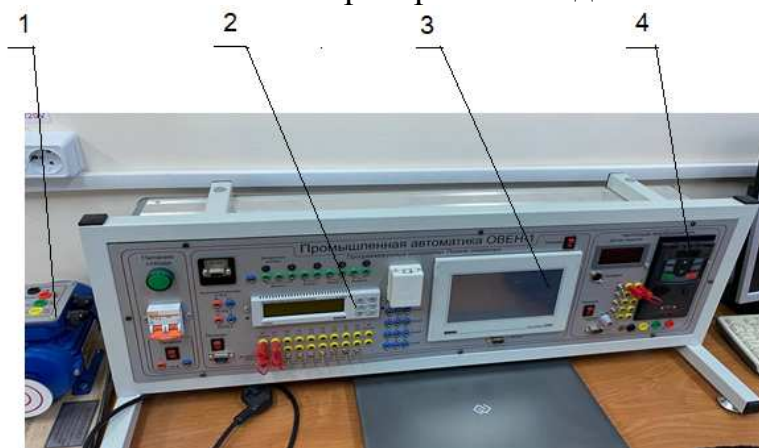


Рис. 1. Лабораторный стенд: 1 – электродвигатель АИР56В2У1; 2 – программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК63; 3 – панель оператора СП307; 4 – частотный преобразователь Efir20

В таблице 1 приведены основные технические характеристики лабораторного стенда.

Табл. 1. Основные технические характеристики лабораторного стенда

Наименование	Значение
Габариты	850x300x300 мм
Масса	15 кг
Питание	220 В
Потребляемая мощность	500 ВА
Частота питающего напряжения	50 Гц

Методика ориентирована на практическое применение в исследовательских лабораториях и в машиностроительном производстве и позволяет наглядно продемонстрировать зависимость между частотой питающего напряжения и скоростью вращения выходного вала асинхронного двигателя.

Программа управления числом оборотов электродвигателя АИР56В2У1 разрабатывалась в среде CODESYS 2.3 – стандартной среде программирования промышленных контроллеров, поддерживающей все пять языков стандарта МЭК 61131-3 (LD, FBD, ST, SFC, IL). Применялся скалярный метод управления частотным преобразователем.

Управление заданием частоты осуществляется с использованием панели оператора СП307, на мониторе которой был создан графический интерфейс (рис. 2).

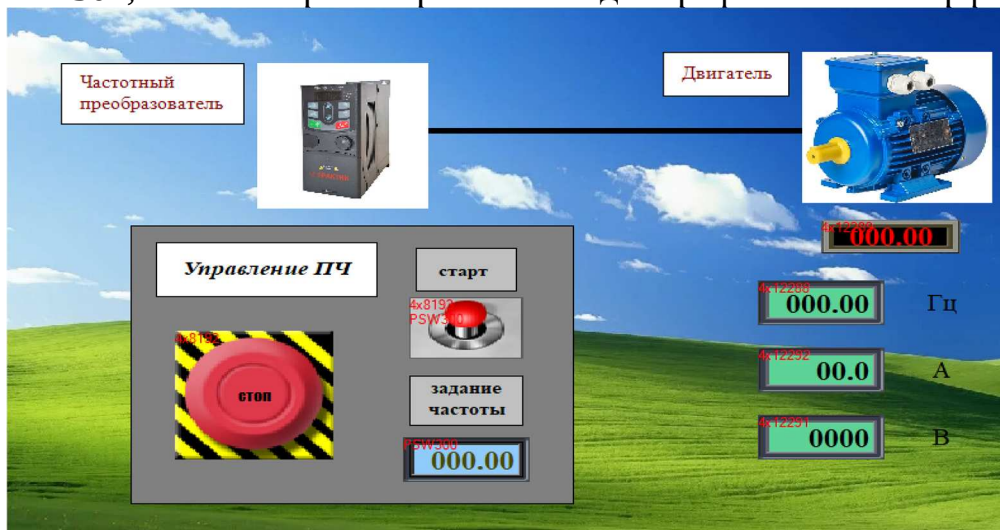


Рис. 2. Интерфейс программы управления числом оборотов электродвигателя АИР56В2У1

Частотное регулирование числа оборотов электродвигателя АИР56В2У1 осуществлялось в следующем порядке:

1. На панели оператора задавалась фиксированная частота питающего напряжения (10, 30 и 50 Гц).
2. Частотный преобразователь Efir20 формировал выходное напряжение соответствующей частоты.
3. После выхода двигателя на установившийся режим (выдержка 10–15 секунд) проводилось измерение фактической частоты вращения вала.
4. Измерения фактической частоты выполнялись лазерным тахометром DT-2234С и индуктивным датчиком AR-LM12-3004NC для верификации.

Для оценки погрешности частотного регулирования числа оборотов электродвигателя АИР56В2У1 были проведены эксперименты. Результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 2.

Табл. 2. Результаты проведенных экспериментов

Частота питающего напряжения, Гц	Расчетная частота вращения выходного вала электродвигателя с учетом скольжения, мин ⁻¹	Фактическая частота вращения выходного вала электродвигателя, мин ⁻¹	Относительная погрешность, %
10	588	565	3,9
30	1764	1710	3,1
50	2940	2895	1,5

Установлено, что относительная погрешность частотного регулирования числа оборотов электродвигателя АИР56В2У1 на лабораторном стенде ОВЕН-1 не превышает 3,9%, что позволяет рекомендовать разработанную методику для практического применения.

Список литературы

1. Панов А.Ю. Частотное регулирование электроприводов: теория и практика. – Екатеринбург: УГТУ, 2022. – 341 с.
2. Надеждина О.А., Борисов М.А. Влияние параметров процесса шлифования нержавеющей стали на шероховатость // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2025. – Т. 12, №3-4. – С. 7-13.
3. Надеждина О.А., Борисов М.А. Устройство для электрохимической обработки и правки инструмента // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2025. – №18. – С. 37-39.
4. Борисов М.А., Николаев В.В. Влияние режимов резания на шероховатость поверхности при электрохимическом шлифовании коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2021. – Т. 8, №3-4. – С. 19-24.
5. Lobanov D., Borisov M., Yanyushkin A., Skeebe V. Influence of the Duration of Current Pulses on the Roughness in the Combined Processing of Corrosion Steel 12H18N10T // Key Engineering Materials. 2022, vol. 910, pp. 397-402.
6. Зворыгин А.С., Борисов М.А., Рафанова О.С. Стенд для исследования процесса электрохимического шлифования // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных. – Севастополь: Сев ГУ, 2020. – С. 64-69.
7. Борисов М.А., Лобанов Д.В., Зворыгин А.С., Скиба В.Ю. Адаптация системы ЧПУ станка к условиям комбинированной обработки // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2024. – Т. 26, №1. – С. 55-65. – DOI: 10.17212/1994-6309-2024-26.1-55-65.
8. Рассказчиков Н.Г. Компьютерные системы автоматизации и управления на базе приборов ОВЕН: лабораторный практикум. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. – 155 с.

Сведения об авторах:

Борисов Михаил Анатольевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии машиностроения;

Симолов Михаил Дмитриевич – магистрант;

Надеждина Оксана Анатольевна – аспирант.