

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

КАФЕДРА «Робототехника и мехатроника»

**Практикум**

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине

«Интеллектуальные системы ЭГПА в концепции ИНДУСТРИЯ 4.0»

Ростов-на-Дону

2025

Составители: старший преподаватель Назаров А.В.

Практикум по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы взаимозаменяемости». ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, 2025 г.

В практикуме кратко изложены теоретические вопросы, необходимые для успешного выполнения лабораторных работ, рабочее задание и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки (код, название):

27.03.05 Инноватика

Ответственный за выпуск:

Зав. кафедрой (руководитель структурного подразделения, ответственного за реализацию ОПОП) Изюмов Андрей Игоревич

© Издательский центр ДГТУ, 2025г.

**Лабораторная работа 1: Моделирование цифрового двойника исполнительного механизма ЭГПА**

**Теоретическая часть**

Цифровой двойник (Digital Twin) — это виртуальная модель физического объекта или процесса, позволяющая проводить симуляции и предиктивную аналитику. Для исполнительных механизмов ЭГПА это может быть, например, сервопривод или клапан. Создание цифрового двойника позволяет исследовать поведение устройства при различных нагрузках, параметрах входного сигнала и внешних условиях. Основные компоненты двойника: физическая модель, датчики, модель управления, канал связи и интерфейс пользователя.

**Цель работы**

* Освоить базовые принципы построения цифрового двойника исполнительного устройства на основе модели поведения.

**Рабочее задание**

* Построить модель серводвигателя с ПИД-регулятором в среде MATLAB/Simulink.
* Проанализировать его поведение при различных коэффициентах регулирования.

**Материально-техническое обеспечение**

* MATLAB/Simulink (доступ через университет или пробная версия).
* Шаблон модели серводвигателя.
* Методичка по ПИД-регулированию.

**Порядок выполнения работы**

1. Запустить MATLAB и открыть Simulink.
2. Создать новый проект и добавить в модель блоки: источник сигнала, серводвигатель, ПИД-регулятор, блок Scope.
3. Настроить параметры ПИД-регулятора: начать с Kp = 1, Ki = 0.1, Kd = 0.01.
4. Запустить симуляцию и проанализировать график выходного сигнала.
5. Изменить параметры регулятора, например, повысить Kp до 3 и сравнить поведение системы.
6. Сделать вывод о влиянии параметров на устойчивость и точность управления.
7. Сохранить модель и результаты в формате .slx и .png.

**Контрольные вопросы**

* Что такое цифровой двойник и каковы его преимущества?
* Как влияет изменение коэффициента Kp на выходную характеристику?
* Какие параметры ПИД-регулятора обеспечивают наилучшую устойчивость?

**Лабораторная работа 2: Программирование контроллера PLC для ЭГПА в среде TIA Portal**

**Теоретическая часть**

Контроллеры программируемой логики (PLC) являются ядром интеллектуальных систем управления. В среде Siemens TIA Portal создаются проекты автоматизации, содержащие логику работы исполнительных механизмов и датчиков. Язык программирования LAD (релейная логика) используется для описания логики включения/выключения, блокировки и автоматизации циклов. В рамках Индустрии 4.0 контроллеры интегрируются в сетевые системы с возможностью удалённого мониторинга и адаптации логики.

**Цель работы**

* Изучить основы программирования контроллеров и реализовать простую автоматическую схему включения насоса по сигналу с датчика давления.

**Рабочее задание**

* Создать LAD-программу в TIA Portal: если давление превышает 2 бар, включается насос. При снижении ниже 1.5 бар — выключается.

**Материально-техническое обеспечение**

* Программа Siemens TIA Portal (доступна в демо-режиме).
* Виртуальный контроллер S7-1200.
* Методические материалы по LAD-программированию.

**Порядок выполнения работы**

1. Запустить TIA Portal и создать новый проект.
2. Добавить контроллер S7-1200 в проект.
3. Перейти к редактору программ и выбрать язык LAD.
4. Добавить контакты и катушки для логики: вход I0.0 (датчик), выход Q0.0 (насос).
5. Реализовать два уровня срабатывания через SET/RESET:
   * Условие SET: давление > 2.0 бар (I0.0 HIGH).
   * Условие RESET: давление < 1.5 бар (I0.0 LOW).
6. Провести симуляцию работы программы.
7. Сделать выводы о гистерезисе в управлении.

**Контрольные вопросы**

* В чём преимущество гистерезиса при управлении насосом?
* Как реализовать аварийное отключение в LAD-программе?
* Какие типы входов и выходов используются в PLC?

**Лабораторная работа 3: Построение системы диагностики на основе анализа сигнатур неисправностей**

**Теоретическая часть**

Современные интеллектуальные системы ЭГПА способны выявлять неисправности на ранних стадиях по изменениям в сигналах от датчиков. Метод анализа сигнатур включает сравнение текущих данных с эталонными шаблонами поведения. Например, отклонения во временных рядах вибрации или звука могут указывать на износ подшипников, разбалансировку и т.д. Простейшие методы анализа включают контроль амплитуды, спектральный анализ (FFT), статистические методы (дисперсия, скос).

**Цель работы**

* Разработать прототип системы диагностики, анализирующей данные вибрации и сигнализирующей о неисправности.

**Рабочее задание**

* Загрузить сигнал вибрации и построить спектр. Сравнить его с эталонным и выявить отличия.

**Материально-техническое обеспечение**

* Python или MATLAB.
* Библиотеки: NumPy, SciPy, matplotlib.
* CSV-файл с сигналом вибрации нормального и неисправного состояния.

**Порядок выполнения работы**

1. Импортировать библиотеку numpy, scipy.fft, matplotlib.pyplot.
2. Загрузить данные сигнала вибрации из CSV: normal.csv и fault.csv.
3. Построить графики сигнала во времени.
4. Выполнить FFT-анализ обоих сигналов.
5. Построить спектры и отметить отличающиеся гармоники.
6. Оценить уровень шума, дисперсию, амплитуду основных пиков.
7. Сделать вывод, по каким признакам можно судить о неисправности.

**Контрольные вопросы**

* Что такое сигнатура неисправности и как она формируется?
* Почему используется спектральный анализ?
* Какие типичные отклонения свидетельствуют о нарушении работы механизма?