

Автор:

Атаманова Анастасия Сергеевна

студентка

Научный руководитель:

Чирышев Юрий Владимирович

ассистент

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»

г. Екатеринбург, Свердловская область

**ТЕЛЕВИЗИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕЧИ:
РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Аннотация: в статье рассматривается динамическая имитационная модель следящего привода многофункционального прибора по оценке производительности плавильного агрегата. Назначение системы заключается в поддержании углового значения линии визирования видеокамеры, направленной на вытекающую из плавильной печи струю расплава. Результаты моделирования позволили получить численные значения и настроить систему так, чтобы обеспечить сопровождение объекта с заданными показателями качества.

Ключевые слова: следящая система, компьютерная модель, плавильная печь, шаговый двигатель.

Математическое моделирование сложных технических систем с последующим проведением численных экспериментов в условиях, приближенных к реальности, позволяет избежать дорогостоящих натурных испытаний и вместе с тем получить количественные оценки поведения системы. В данной работе рассматривается телевизионная система по оценке дебита струи расплава, вытекающего из плавильного агрегата [5]. Решается задача отслеживания траектории струи посредством управления перемещением датчика изображений. Прибор для оценки дебита струи расплава, представляет собой систему технического зрения, в со-

став которой входят: 1 – видеокамера; 2 – объектив; 3 – светофильтр; 4 – экстендер; 5 – шаговый двигатель; 6 – блок управления; 7 – усилитель видеосигнала; 8 – источник питания; 9 – защитный кожух (рис. 1а). Изображение струи расплава, формируемое датчиком, представлено на рисунке 1б. Компьютерная модель такого устройства решает задачу разворота платформы таким образом, чтобы в каждый момент времени струя расплава находилась в центре поля зрения, а направление оптической оси датчика совпадало с направлением на объект.

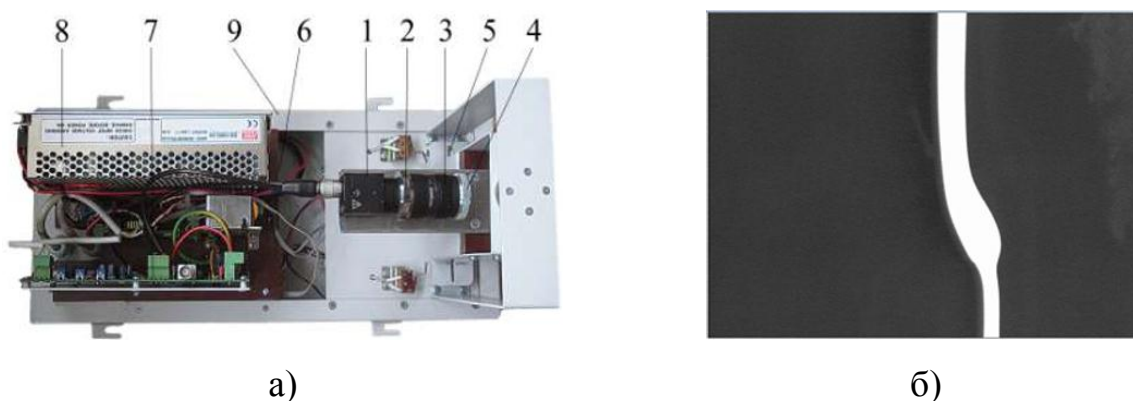


Рис. 1. Многофункциональный прибор оценки дебита расплава:

а) компоновка устройств б) изображение струи расплава

Рассмотрим математическую модель такой системы. Структурная схема телевизионной системы слежения может быть представлена в виде (рис. 2), где θ_p – угловое отклонение объекта, θ – угол оптической оси датчика, $\Delta\theta$ – рассогласование [2].

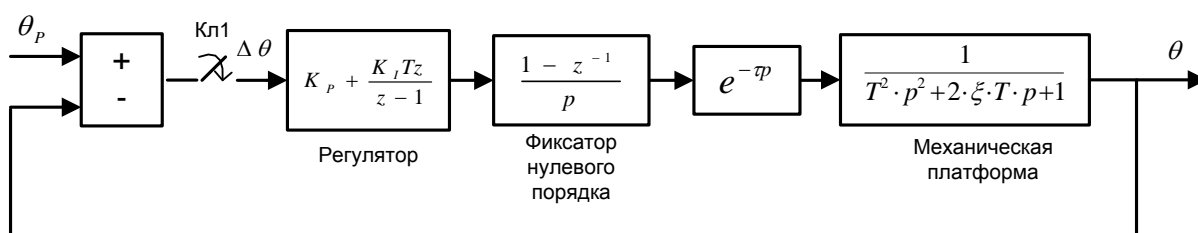


Рис. 2. Структурная схема следящей системы

В качестве цифрового регулятора используется дискретный пропорционально-интегральный ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W_{\text{цп}}(z) = K_p + \frac{K_i T_d z}{z - 1}, \quad (1)$$

где T_d – период дискретизации; z – переменная Z -преобразования; K_P , K_I – коэффициенты регулятора.

В качестве исполнительного устройства используется механическая поворотная платформа, управляемая шаговым двигателем. Приближенное моделирование непрерывной части системы сопровождения по данным видеонаблюдения выполнено на основе теоретических положений и эксперимента [5], в ходе которого определена переходная характеристика системы.

Перед непрерывным звеном включен формирующий элемент. В схеме используется формирующий элемент типа, фиксатора уровня, что соответствует особенности двигателя затормаживаться после каждого шага. Передаточная функция фиксатора имеет вид:

$$W(z) = \frac{1 - z^{-1}}{p} \quad (2)$$

Ключ Кл1 определяет моменты формирования изображений в видеодатчике. Частота замыкания ключа определяется частотой формирования кадров. Время запаздывания τ , обусловленное задержкой, которую вносит канал управления, учтено вводом элемента задержки на данное время.

Разработка компьютерной модели и предварительный анализ применимости системы проведены на основе имитационного модуля в среде программирования MATLAB на основе предложенных в [4] рекомендаций. При тестировании учтено наличие ограничений для угла θ , скорости истечения расплава [3], динамики и дискретности отработки команд шаговым двигателем. Оценка качества сопровождения струи расплава производится по максимальной амплитуде ошибки отработки системой синусоидального сигнала, моделирующего изменение направление на объект [1, с. 151]. Поиск оптимальных параметров ПИ-регулятора, удовлетворяющих техническим условиям в частотной и временной области, осуществлен с помощью пакета Simulink Response Optimization. На рисунке 3 показаны осциллограммы сигнала управления ПИ-регулятора и его составляющие при гармоническом входном сигнале и настройках регулятора, полученных в результате моделирования.

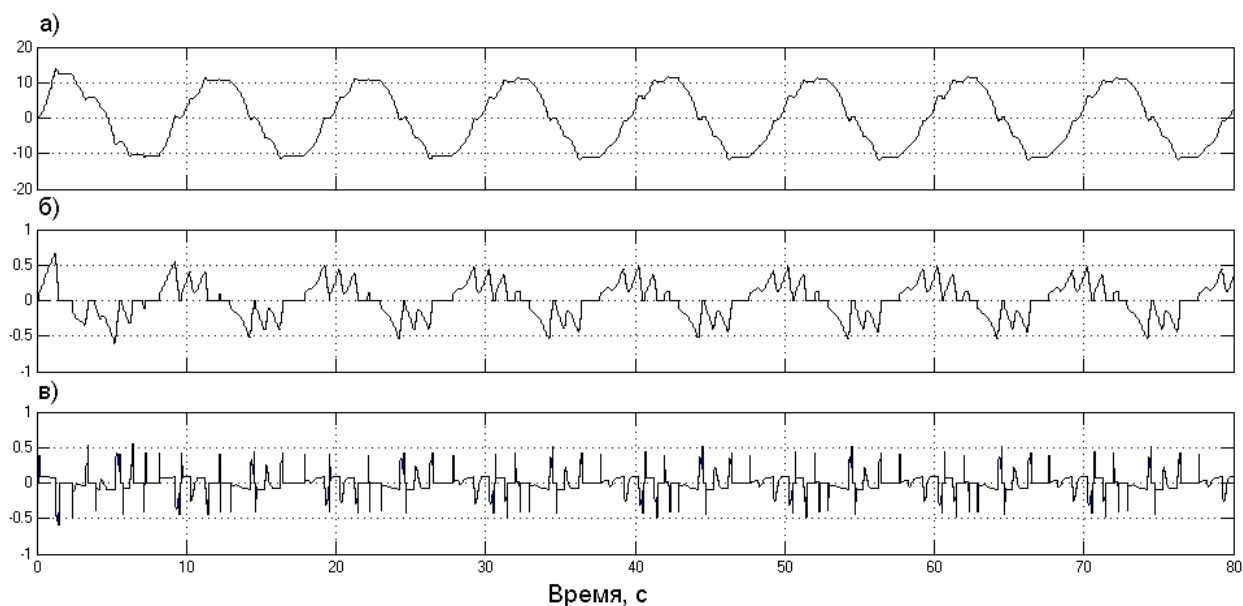


Рис. 3. Осциллограммы сигнала управления а) выходной сигнал ПИ-регулятора б) интегральная составляющая регулятора в) пропорциональная составляющая регулятора

На рисунке 4 изображены осциллограммы входного сигнала системы (угловая траектория направления на объект – кривая 1) и угловая траектория перемещения поворотной платформы (кривая 2).

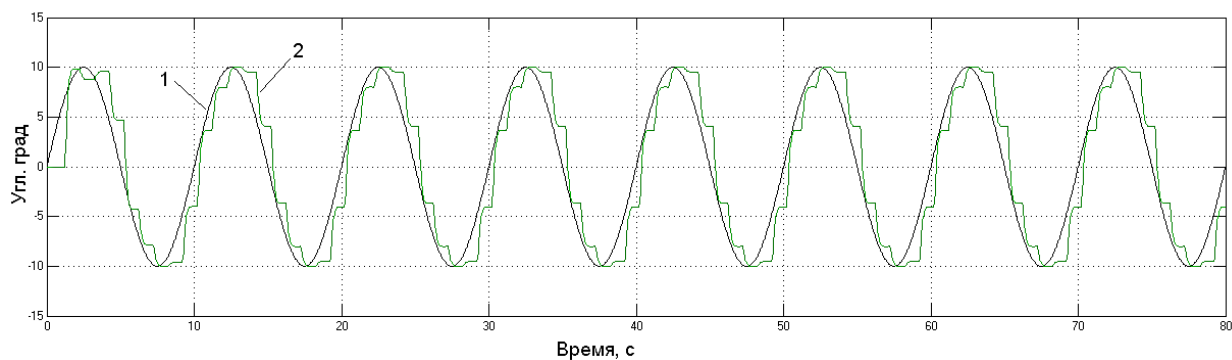


Рис. 4. Осциллограммы входного и выходного сигналов системы

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о возможности достижения заданных точностных показателей, чтобы максимальная ошибка не превышала заданного значения 5 град, время переходного процесса при отработке ступенчатого воздействия составляло не более 2 с, а перерегулирование –

не более 15%. Таким образом, созданы все предпосылки для программной реализации цифрового управления шаговым двигателем для автоматического слежения за струей расплава на основе полученной модели.

Список литературы

1. Алпатов Б.А. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А.И. Степашкин. – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.

2. Атаманова А.С. Математическая модель следящего привода телевизионной системы контроля струи расплава / А.С. Атаманова, С.Г. Завада // European Scientific Conference: сборник статей международной научно-практической конференции. – МЦНС «Наука и Просвещение». – 2017.

3. Доросинский Л.Г. Моделирование струи расплавленного потока при производстве минеральной ваты / Л.Г. Доросинский, В.Н. Круглов, Н.В. Папуловская // Успехи современного естествознания. – 2011. – №1. – С. 128–130.

4. Каганов В.И. Радиоэлектронные системы автоматического управления. Компьютеризированный курс: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 432 с.

5. Круглов В.Н. Разработка модели следящей системы контроля местоположения изображения струи в пределах телевизионного кадра / В.Н. Круглов, Л.Г. Доросинский, Ю.В. Чирышев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2014. – №4 (200). – С. 79–87.