

Организация обратной связи по положению цилиндра пробойника на основе измерения давления

08, август 2015

Вититнев А. Ю.¹, Толстых А. В.¹,

Григорьев А. В.^{1,*}

УДК: 62-543.64

¹Россия, ООО «ФЕСТО-РФ»

* a.grigorev@ru.festo.com

Введение

Контроль положения пневматических цилиндров, используемых для перемещения пробойников электролизеров на алюминиевых заводах, является задачей повышенной сложности. Два основных негативных фактора – это высокие температуры (температура электролита более 900°C) и сильные магнитные поля (рабочий ток в электролизере РА400 – 400 кА).



Рис. 1. Цех электролиза



Рис. 2. Пробойник

Задача регулировки хода цилиндра очень важна для технологии электролиза, т.к. пробойник должен погружаться в электролит на определенную величину, при этом уровень электролита не является постоянным. В связи с этим во многих случаях контроль и регулировку производят вручную – если при визуальном осмотре глубина погружения не соответствует требуемой, используется механическая настройка положения цилиндра. Основные недостатки данного способа – низкая оперативность и высокие трудозатраты.



Рис. 3. Пробойник при неправильном погружении



Рис. 4. Датчик давления Festo

Учитывая актуальность и сложность задачи, был разработан метод непрямого контроля положения цилиндра при помощи измерения давления, подаваемого в пневматическую сеть электролизера, давления в наполняемой полости цилиндра и использования математических алгоритмов. Преимуществами данного метода является бесконтактный способ измерения и возможность выноса элементов системы из области наиболее высоких температур. Кроме того данный способ позволяет использовать стандартный цилиндр пробойника без дополнительных доработок.

1. Описание метода решения задачи

Для построения математической модели было использовано уравнение Клапейрона-Менделеева для состояния воздуха в полости цилиндра вида:

$$P V = m R T,$$

где P – абсолютное давление в цилиндре;

V – объем воздуха в цилиндре;

m – масса воздуха в цилиндре;

R – универсальная газовая постоянная;

T – температура сжатого воздуха.

Т.к. в данном случае нет возможности учитывать некоторые факторы (в частности, система не снабжена контролем температуры сжатого воздуха), то математическая модель была дополнена условиями самонастройки системы, которая производится при выдвижении штока цилиндры на полный (заранее известный) ход.

На рисунке 5, 6 и 7 представлено измерение хода цилиндра (диаметр 200 мм, ход 400 мм) до и после самонастройки (по оси ординат указывается текущий ход цилиндра в мм, по оси абсцисс – порядковый номер измерения, которые производятся каждые 25 мс). Данные, получаемые с пневматической системы (синий график), сравнивались с системой прямого измерения хода цилиндра низкой точности с шагом измерения 10 мм, при этом для пневматической системы на рисунке 5 были использованы заведомо некорректные параметры системы.

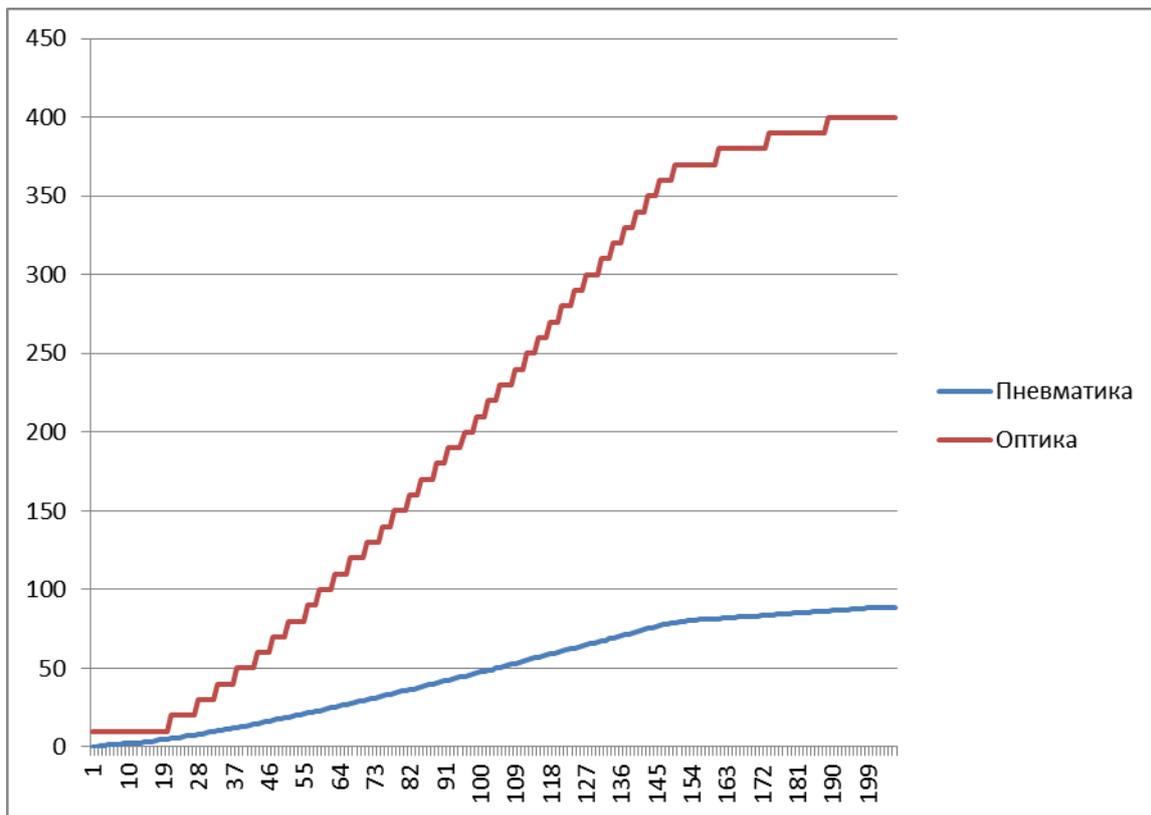


Рис. 5. Контроль положения до самонастройки

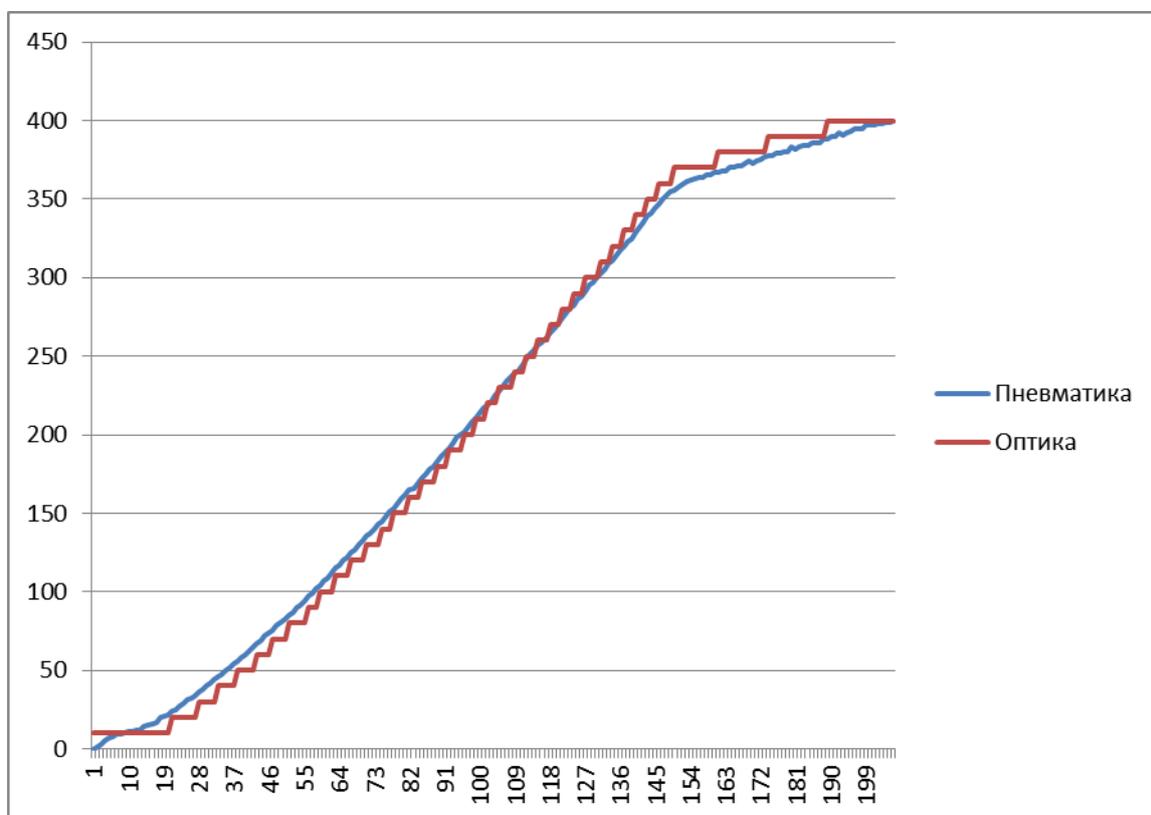


Рис. 6. Контроль положения после самонастройки

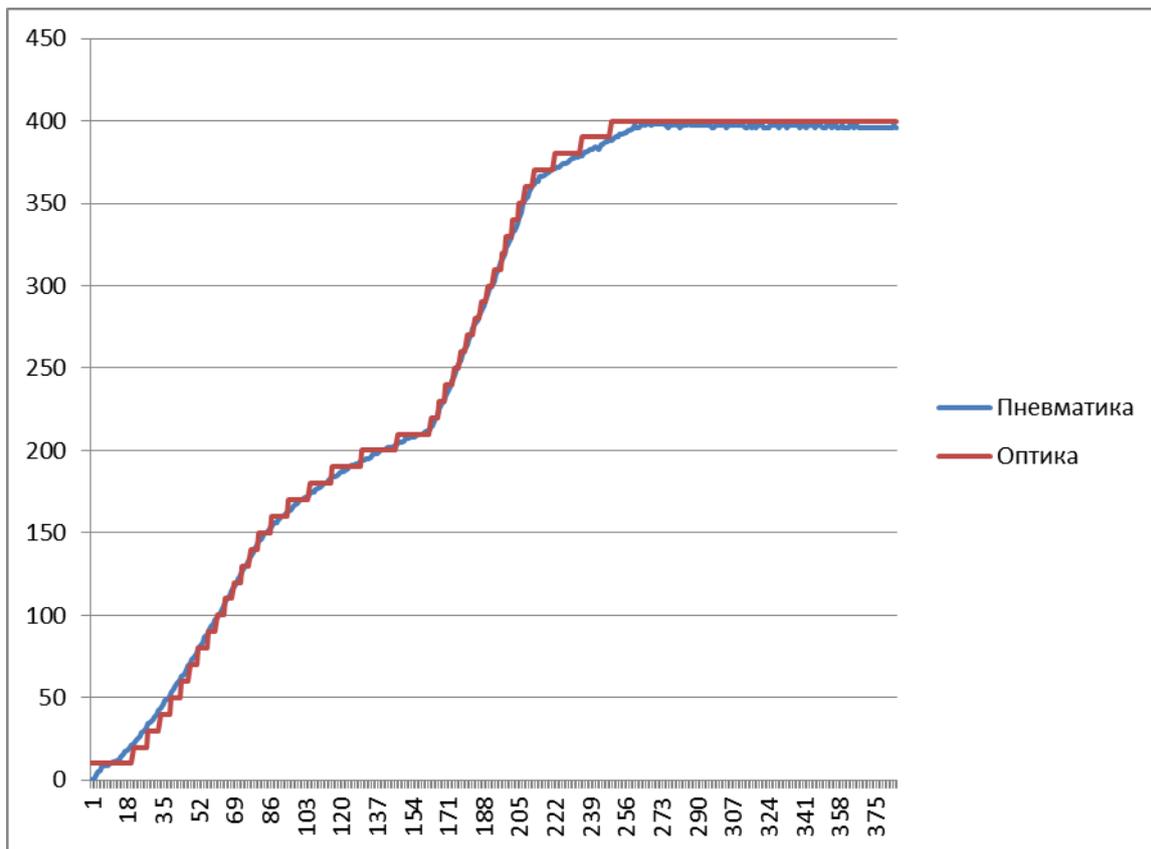


Рис. 7. Контроль положения при возникновении препятствия на пути цилиндра



Рис. 8. Центральный шкаф системы

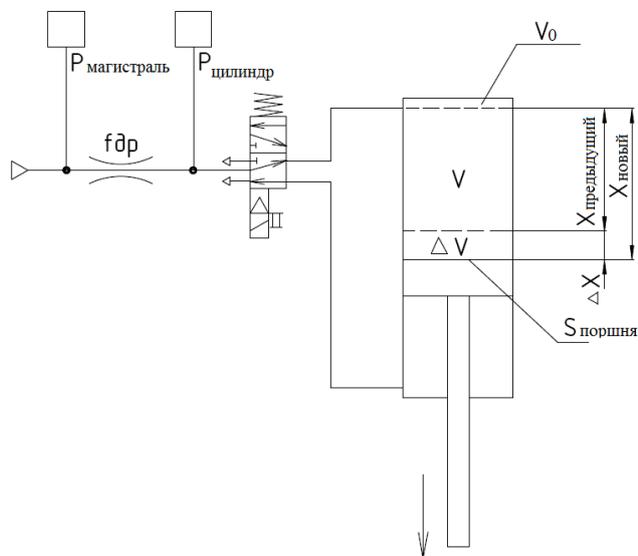


Рис. 9. Принципиальная схема системы измерения

Полученные в ходе лабораторных испытаний данные подтвердили, что даже при неправильных параметрах характеристика движения штока цилиндра, полученная пневматическим методом, повторяет форму характеристики реального движения, а после выпол-

нения самонастройки обеспечивает более высокую точность, чем система прямого измерения, использованная для сравнения.

На основании этих результатов были изготовлены изделия для одного из российских алюминиевых заводов, и полученные данные были подтверждены многолетней успешной эксплуатацией в реальных промышленных условиях.

2. Принцип действия

Система измерения получает показания датчиков давления на входе в пневматическую систему электролизера и в линии подачи воздуха в цилиндр. Для обеспечения перепада давления, необходимого в математической модели, был использован нерегулируемый пневматический дроссель.

При получении команды на движение цилиндра производится оценка начального состояния и расчет начальной массы воздуха:

$$P_0 V_0 = m_0 R T,$$

где P_0 – атмосферное давление;

$V_0 = S_{\text{поршня}} x_0$, т.е. параметр x_0 характеризует «мертвый» или «вредный» объем цилиндра.

Затем рассчитывается начальный массовый расход воздуха G_0 через дроссель по следующей формуле:

$$G_0 = \mu_{\text{дроссель}} f_{\text{дроссель}} \sqrt{\frac{2}{RT}} \sqrt{P_{\text{цилиндр}} (P_{\text{магистраль}} - P_{\text{цилиндр}})}.$$

Далее запускается цикл вычислений с заданным шагом по времени. После промежутка времени Δt получаем новое состояние системы и новую величину массового расхода G_1 :

$$P_1 V_1 = m_1 R T,$$

где P_1 – определяется показаниями датчика давления полости цилиндра;

m_1 – рассчитывается на основании среднего расхода через дроссель.

Изменение массы воздуха в полости цилиндра рассчитываем по следующим формулам:

$$\Delta m = \frac{G_0 + G_1}{2} \Delta t;$$

$$m_1 = m_0 + \Delta m.$$

Новый объем воздуха цилиндра V_1 оцениваем по формуле:

$$V_1 = \frac{m_1 R T}{P_1} = V_0 + x S = (x_0 + x) S.$$

Таким образом мы получаем расчетное значение текущего хода цилиндра x :

$$x = \frac{m_1 R T}{P_1 S} - x_0.$$

Заключение

Описанная система отличается простотой реализации и высокой надёжностью, а также помехозащищённостью и стойкостью к воздействию сильных электромагнитных полей.

Эксплуатационные характеристики данного метода организация обратной связи по положению цилиндра пробойника на основе измерения давления подтверждены многолетней эксплуатацией на одном российских алюминиевых заводов.

Достигнутый результат позволяет рекомендовать использование описанного метода и в других областях промышленности – там, где применение обычных методов измерения затруднено либо условиями эксплуатации, либо применяемым оборудованием.

Список литературы

1. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов: Справочное пособие. (Сер.: Библиотека конструктора). М.: Машиностроение. 1975. 272 с.
2. Гликман Б.Ф. Математические модели пневмогидравлических систем: Учебное пособие. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. 368 с.
3. Пашков Е.В., Осинский Ю.А. Промышленные мехатронные системы на основе пневмопривода: Учебное пособие. Севастополь: СевНТУ. 2007. 401 с.