

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахвердов И.Н. Физика бетона. М., Стройиздат, 1981, 180 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. М., Высшая школа, 1987, 234 с.
3. Воронин К.М., Гаркави М.С. и др. О возможности получения высококачественного щебня //М., Строительные материалы, 1989, №8, с.52-55.
4. Ицкович С.М., Чумаков Л.Д., Баженов Ю.М. Технология заполнителей бетона. М., Высшая школа, 1991, 396 с.
5. Вавилов А.В., Елемес Д.Е., Коробова О.А., Ликунев А.В. Процесс грохочения со сложным возбуждением материала на плоских инерционных грохотах /Материалы II науч.-практ. конф «Научный прогресс на рубеже тысячелетий 2007», т.14. «Технические науки». – Днепропетровск: Наука и образование, 2007, с. 62-66.
6. Сурашов Н.Т., Дудкин М.В., Елемес Д.Е. Жол құрылысында кен емес материалдарды сұрыптау процесін жетілдіру //Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ хабаршысы = Вестник ВКГТУ им. Д.Серікбаева, Усть-Каменогорск, 2009, №4, с. 85-87.

УДК 621.658.011.54/011.56

Еренчинов Данияр Кагазбекович – к.т.н., Советник Президента
(Алматы, АО «ДАСУ»)

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ДИСКОВ
С РЕГУЛЯТОРОМ ВТОРОГО ПОРЯДКА ПОЛУАВТОМАТА Д7**

Шаровые краны, как запорная арматура, давно уже стали неотъемлемыми элементами трубопроводов различного назначения. Однако, наличие в пробках сквозного отверстия и паза под шпindel не позволяют применять известные высокопроизводительные способы финишной обработки, используемые в подшипниковом производстве, так как эти способы предполагают доводку партии высокоточных шариков между двумя дисками в кольцевых пазах с конусными или плоскими поверхностями.

Известные способы чистовой обработки: притирка пробки двумя притирами, шлифование пробок чашечным кругом, притирка одним плавающим притиром, шлифование пробки при установке ее на центровую оправку, алмазное хонингование, обкатывание пробки шариковым или роликовым обкатником, обтачивание алмазным резцом обладают общим существенным недостатком – низкой производительностью.

Исходя из изложенного, в АО «ДАСУ» разработан станок-полуавтомат Д7, реализующий способ финишной обработки пробок шаровых кранов обкатыванием в торовом желобе между двумя дисками. Шпindel верхнего диска приводится во вращение клиноремной передачей. Вращающийся диск прижимается к обрабатываемым пробкам, размещенным на неподвижном диске пневмоцилиндра через полые шпиндели.

Исследования работы станка показали, что давление на выходе пневмоцилиндра нестабильно и оказывает существенное влияние на качество и производительность обработки.

Технико-экономические и эксплуатационные требования станка обусловили необходимость поиска и исследования адекватной системы автоматического регулирования давления на выходе пневмоцилиндра.

В данной работе приводится случай, когда уравнение динамики регулируемого объекта имеет вид:

$$T_0 \frac{d\Delta p}{dt} + \Delta p = K_0 \Delta Q + f(t), \quad (1)$$

а уравнение динамики регулятора:

$$T_k^2 \frac{d^2 \Delta Q}{dt^2} + T_g \frac{d \Delta Q}{dt} + \Delta Q = -K_{пер} \Delta p, \quad (2)$$

где T_k^2 и T_g - постоянные времени регулятора, характеризующие соответственно раскачивание колебаний [1].

Для исследования процесса регулирования $\Delta P(t)$ составим уравнение динамики всей системы автоматического регулирования.

Выразим из (1) величину $K_0 \Delta Q$ и продифференцируем ее по времени два раза:

$$K_0 \Delta Q = T_0 \frac{d \Delta p}{dt} + \Delta p - f(t)$$

$$K_0 \frac{d \Delta Q}{dt} = T_0 \frac{d^2 \Delta p}{dt^2} + \frac{d \Delta p}{dt} - \frac{df}{dt}$$

$$K_0 \frac{d^2 \Delta Q}{dt^2} = T_0 \frac{d^3 \Delta p}{dt^3} + \frac{d^2 \Delta p}{dt^2} - \frac{d^2 f}{dt^2}$$

Подставив всё это в уравнение (2), умножив его предварительно на K_0 , получим искомое уравнение динамики системы регулирования:

$$T_0 T_k^2 \frac{d^3 \Delta p}{dt^3} + (T_0 T_g + T_k^2) \frac{d^2 \Delta p}{dt^2} + (T_0 + T_g) \frac{d \Delta p}{dt} + (1 + K_0 K_{пер}) \Delta p = T_k^2 \frac{d^2 f}{dt^2} + T_g \frac{df}{dt} + f(t) \quad (3)$$

Характеристическое уравнение для него будет алгебраическим уравнением третьей степени:

$$T_0 T_k^2 p^3 + (T_0 T_g + T_k^2) p^2 + (T_0 + T_g) p + (1 + K_0 K_{пер}) = 0$$

При положительных коэффициентах уравнения возможны три варианта:

1) все три корня вещественные отрицательные:

$$p_1 = -\frac{1}{T_a}; p_2 = -\frac{1}{T_b}; p_3 = -\frac{1}{T_c} \quad (4)$$

2) один корень вещественный отрицательный, а два комплексные с отрицательной вещественной частью:

$$p_1 = -\frac{1}{T_a}; p_2 = -\frac{1}{T_b} \pm j\omega \quad (5)$$

3) один корень вещественный отрицательный, а два комплексные с положительной вещественной частью:

$$p_1 = -\frac{1}{T_a}; p_2 = -\frac{1}{T_b} \pm j\omega \quad (6)$$

Решение для переходного процесса в случае (4) будет суммой трёх экспонент:

$$\Delta P_{пер} = c_1 e^{-\frac{t}{T_a}} + c_2 e^{-\frac{t}{T_b}} + c_3 e^{-\frac{t}{T_c}} \quad (7)$$

В случае (5) - суммы экспонент и затухающей синусоиды:

$$\Delta P_{пер} = c_1 e^{-\frac{t}{T_a}} + c_2 e^{-\frac{t}{T_b}} \sin(\omega t + C_g). \quad (8)$$

В случае (6) - суммы экспонент и расходящаяся синусоиды

$$\Delta P_{пер} = c_1 e^{-\frac{t}{T_a}} + c_2 e^{-\frac{t}{T_b}} \sin(\omega t + C_g). \quad (9)$$

Произвольные постоянные C_1, C_2 и C_3 определяются во всех случаях из начальных условий.

Для устойчивости системы второго порядка достаточно (как и в системе первого порядка), чтобы все коэффициенты левой части общего уравнения были бы положительными. Это является одновременно условием правильного присоединения регулятора к объекту, так как регулятор должен давать на объект воздействие такого направления, чтобы уничтожить возникшее отклонение регулируемого параметра. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица, называемый алгебраическим, система третьего порядка (3 случай) формулируемая следующим образом. Пусть левая часть дифференциального уравнения системы автоматического регулирования в общем виде составляет:

$$a_0 \frac{d^3 x}{dt^3} + a_1 \frac{d^2 x}{dt^2} + a_2 \frac{dx}{dt} + a_3 x, \quad (10)$$

(вид правой части для устойчивости не играет роли).

Для устойчивости системы необходимо и достаточно:

- 1) чтобы все коэффициенты были положительными

$$a_0 > 0; a_1 > 0; a_2 > 0; a_3 > 0, \quad (11)$$

- 2) чтобы произведение средних коэффициентов было больше, чем произведение крайних коэффициентов

$$a_1 a_2 > a_0 a_3. \quad (12)$$

Соблюдение этих условий обеспечивает отрицательность вещественной части всех корней характеристического уравнения.

Для нашего случая согласно (3) будет

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= T_0 T_k^2; & a_1 &= T_0 T_g + T_k^2 \\ a_2 &= T_0 T_g; & a_3 &= 1 + K_0 K_{рег} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Первое условие (11) обеспечено правильным присоединением регулятора. Второе условие устойчивости (12) выразится согласно (13) в виде:

$$(T_0 T_g + T_k^2)(T_0 + T_g) > T_0 T_k^2 (1 + K_0 K_{рег}),$$

откуда

$$K_{рег} < \left(\frac{1}{T_0} + \frac{T_0 + T_g}{T_k^2} \right) \frac{T_g}{K_0} \quad (14)$$

Это часть ограничения, накладываемое динамикой процесса регулирования на увеличение K , в то время как для уменьшения статической ошибки надо брать K как можно больше.

Выводы:

1. Доказано, что присоединение автоматического регулятора к объекту позволяет существенно улучшить динамические качества объекта: уменьшение длительности переходного процесса и статической ошибки регулирования в $(1 + K_0 K_{рег})$ раз, при этом обеспечивается устойчивая работа системы.

2. Выведенные выше формулы и соотношения позволяют повысить уровень технической обработки и проектировать оборудование применительно к изготовлению изделия любого типа, размеров и назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов Е.П. Динамика систем автоматического регулирования. М., Наука, 2004, 240 с.

**АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

УДК 621.31

Утегулов Болатбек Бахитжанович – д.т.н., профессор (Павлодар, ПГУ)

Утегулов Арман Болатбекович – к.т.н., доцент (Павлодар, ПГУ)

Уахитова Айгуль Ботановна – к.т.н., доцент (Павлодар, ПГУ)

Жанкуанышев Мартебе Куттыкияулы – соискатель (Павлодар, ПГУ)

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 6 – 10 кВ**

Определение тока однофазного в сельских сетях напряжением 6 – 10 кВ позволяет правильно выбрать стратегию по компенсации емкостного тока. Существующие методы определения тока однофазного замыкания на землю в сети 6 – 10 кВ не нашли широкого применения, так как используются методы косвенного определения искомой величины. Для принятия решения в реальном времени по компенсации емкостного тока в сельских сетях напряжением 6 – 10 кВ необходимо разработать устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю.

Для разработки устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в сельских сетях напряжением 6 – 10 кВ необходимо создать архитектуру. Так как одним из основных структурных элементов устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ является архитектура, реализующего разрабатываемый способ, которая определяет и обосновывает его основные функциональные блоки и функциональную схему.

Неотъемлемой частью синтеза средств автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ является разработка математической модели, отображающей процесс функционирования устройства.

Применение математических моделей позволяет проводить исследование (моделирование) логико-временного поведения разрабатываемого устройства, получение сравнительных оценок различных вариантов структуры устройства.

Анализ методов математического определения цифровых вычислительных машин показал, что наиболее эффективными являются методы теории автоматов, позволяющие синтезировать достаточно сложные модели вычислительных устройств для определения прикладных задач. Также в процессе математического определения тока ОЗЗ в электрической сети 6 – 10 кВ используются элементы булевой алгебры, теории графов и алгоритмов.

Разработка устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети 6 – 10 кВ заключается в обосновании и выборе элементной базы основных функциональных управляющих блоков и разработке функциональной схемы устройства. Для выполнения вышеописанных задач необходимо разработать архитектуру реализуемого устройства, позволяющую выделить то, что должно быть реализовано программным способом и дополнительными аппаратными средствами [1], а также предусматривать возможное расширение функциональных возможностей устройства. Архитектура позволяет сформулировать основные требования к элементной базе и произвести сравнительный анализ. Таким образом, разработка архитектуры устройства преследует цель достижения универсальности применения, высокой