

Куц В.А.

**РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ
ВАЛОВ НА ТОКАРНОМ ОБОРУДОВАНИИ**

V.A. Kutz

**AUTOMATIC SYSTEM DEVELOPMENT SCHEMES FEEDBACK CONTROL
TREATMENT NONRIGID SHAFTS TURNING EQUIPMENT**

УДК: 621.824.5: 621.941

В работе приведены результаты разработки автоматической системы управления режимами работ токарного станка при обработке нежестких валов: принципиальная схема, структурная схема по элементам и всей системы.

In work results of working out of an automatic control system are resulted by modes of works of a lathe at processing of nonrigid shaft: the basic scheme, the block diagramme on elements and all system.

Для качественного изготовления нежестких валов на токарном оборудовании необходима стабилизация сил резания, независимо от всевозможных возмущающих воздействий на систему обработки.

Основными параметрами токарного станка при изготовлении нежестких валов, влияющие на их качества, являются скорость резания и жесткость системы. Колебания значений этих параметров существенно сказывается на точности геометрических размеров изделия [1].

В связи с этим, возникают задачи по стабилизации сил резания в технологическом процессе изготовления нежестких валов, которые могут быть решены разработкой соответствующих автоматических систем регулирования вышеназванных параметров, не зависимо от возмущающих воздействий на объект регулирования.

На рис. 1 представлена принципиальная схема автоматической системы управления с обратной связью для обработки нежестких валов на токарном оборудовании.

Предлагаемое устройство работает следующим образом (рис. 1). Обработка детали 4 производится обычным способом. Чувствительный наконечник бесконтактного датчика 6 взаимодействует с неподвижной основой станка. С него постоянно снимается информация о величине отжатия резца. Этот сигнал усиливается усилителем 7, а в интерфейсе 3 преобразуется в двоичный код и поступает в компьютер 2, где заранее заложена информация о требуемых геометрических размерах и физических свойств материала детали. Полученный в результате виртуальный геометрический образ сравнивается в компьютере 2 с требуемыми размерами и в случае их расхождения формируется программа локальных поперечных перемещений резца по длине детали 4. После этого компьютер 2 дает повторную обработку детали 4, после чего весь процесс обработки и кон-

троля повторяется. Это достигается тем, что сигнал рассогласования поступает из памяти компьютера 2 на интерфейс 3, где преобразуется в аналоговый сигнал, воздействующий на электромагнит 11. В этом случае золотник 9 смещается вдоль своей оси, пружина 10 сжимается и тем самым уменьшается кольцевая щель h . Для масла, поступающего из гидравлического насоса 1, закрывается свободный проход в силовой цилиндр 8, на котором расположен суппорт с резцом 5.

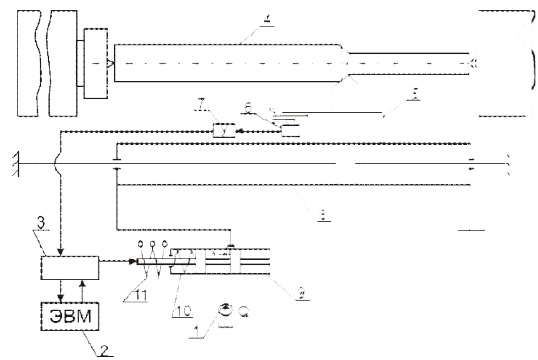


Рис. 1. Принципиальная схема автоматической системы для обработки нежестких валов на токарном станке:
1 – гидравлический насос; 2 – компьютер; 3 – интерфейс;
4 – обрабатываемая деталь; 5 – суппорт с резцом;
6 – индуктивный датчик упругих перемещений;
7 – усилитель; 8 – силовой цилиндр; 9 – регулятор расхода;
10 – пружина; 11 – электромагнит.

Таким образом, поперечная подача резца изменяется. При этом контроль точности изготавливаемой детали повторяется и при необходимости компьютер 2 снова формирует программу локальных перемещений резца и дает повторную обработку, и контроль точности изготавливаемой детали повторяется.

Указанная задача достигается тем, что в способе механической обработки деталей на токарном станке, включающего механическую обработку детали резцом с одновременным контролем получаемых поперечных размеров, которые заносятся в память компьютера для компьютерной обработки экспериментальных данных и построения виртуального геометрического образа детали, в компьютер предварительно закладывают информацию о требуемых геометрических размерах и фактических физических свойствах материала детали. Полученный геометрический образ сравнивается в компьютере с заданными

размерами и в случае их расхождения компьютер формирует программу локальных поперечных перемещений резца по длине детали и даёт команду на её повторную обработку, после чего весь процесс обработки и контроля точности изготавливаемой детали повторяется.

Технический результат достигается за счёт того, что в предлагаемом способе обработки обеспечивается обратная связь между параметрами резания (величиной радиальной подачи и скорости продольного перемещения резца) и геометрическими размерами обрабатываемой детали. Тем самым, за счёт совмещения процесса обработки и диагностики размеров, обеспечивается возможность обработки деталей, в

том числе нежёстких, с любой заданной степенью точности.

Структурная схема автоматической системы

Математические модели систем автоматического регулирования и управления для наглядности можно представить структурными схемами. В этих схемах динамические звенья изображают прямоугольниками, в поле которых записывают соответствующие передаточные функции, а связи между звеньями показывают стрелками, причем операции сложения и вычитания выносят в узлы алгебраического суммирования.

Для удобства построим структурную схему системы, она показана на рис. 2.

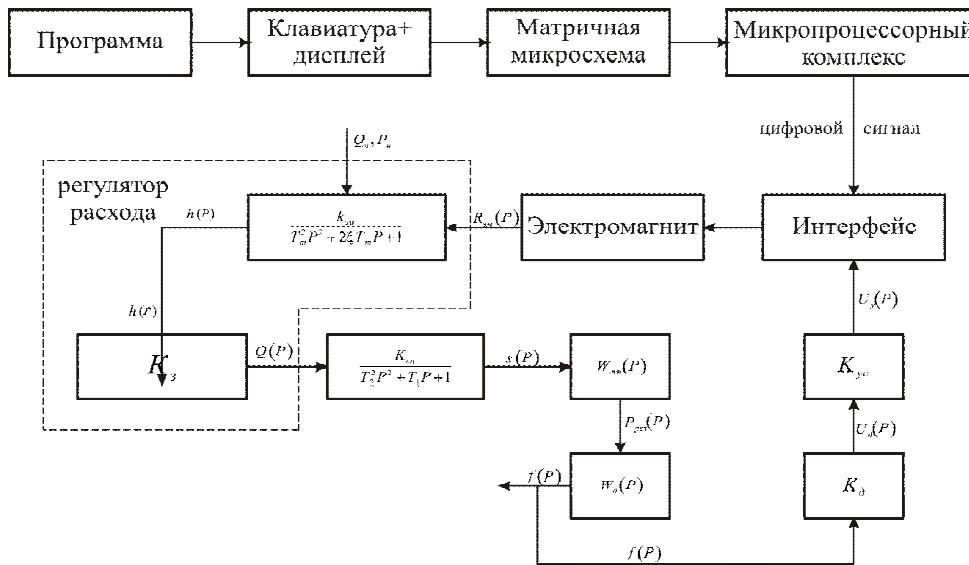


Рис. 2. Структурная схема автоматической системы управления режимами работ станка

Структурные схемы удобно применять при исследовании и проектировании систем, так как они дают наглядное представление о связях между звеньями и о прохождении и преобразовании сигналов. Звено на структурной схеме не обязательно изображает модель, какого либо отдельного элемента. Оно может быть моделью элемента, соединения элементов либо некоторой части системы. Для каждого звена записывают уравнения, исходя из фактических законов, которым подчиняются процессы в нем.

Имея математическое описание звеньев системы и ее структурную схему можно, используя определенные правила преобразования структурных схем, легко получить передаточную функцию системы.

1. *Передаточная функция регулятора расхода* (золотник-электромагнит), структурно представляется в виде:

$$\frac{R_{эм}(p)}{W_3(p)} \rightarrow h(p)$$

Используя принцип Д'Аламбера, составим уравнение динамики регулятора расхода [2]:

$$R_{эм} = m \frac{d^2h}{dt^2} + \alpha \frac{dh}{dt} + ch, \quad (1)$$

где $R_{эм}$ - сила электромагнита;

m - масса движущихся частей электромагнита;

α - коэффициент вязкого трения;

c - коэффициент жесткость пружины;

h - величина открытия рабочего окна золотника.

Если преобразовать дифференциальное уравнение (1) с введением обозначений $T_m = \sqrt{m/c}$ - механическая постоянная времени; $\xi = \alpha/2cT_m$ - коэффициент относительного демпфирования; $1/c = K_{эм}$ - коэффициент усиления, то оно примет следующий вид:

$$T_m^2 \frac{d^2h}{dt^2} + 2\xi T_m \frac{dh}{dt} + h = K_{эм} R_{эм}. \quad (2)$$

$$h(P)(T_m^2 P^2 + 2\xi T_m P + 1) = K_{эм} R_{эм}(P).$$

$$W_3(P) = \frac{h(P)}{R_{эм}(P)} = \frac{K_{эм}}{T_m^2 P^2 + 2\xi T_m P + 1}. \quad (3)$$

2. Расходная характеристика регулятора.

В связи с тем, что к регулятору расхода параллельно подключен редукционный клапан (рис. 1) перепад давления на нем будет постоянным независимо от нагрузки в силовом цилиндре.

Расход жидкости через регулятор выражается следующей зависимостью [2]:

$$Q = \mu \pi d h \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (P_n - P)}, \quad (4)$$

где μ - коэффициент расхода, $\mu = 0,6$;

d - диаметр золотника;

g - ускорение свободного падения;

γ - удельный вес жидкости;

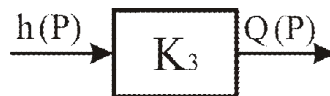
P_n - давление насоса, считаем $P_n = const$;

P - давление в силовом цилиндре;

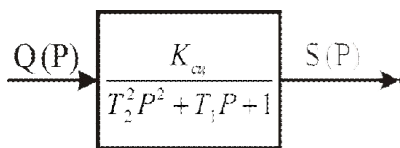
h - величина открытия рабочего окна щели.

$$\Delta P = P_n - P = const, \text{ следовательно } Q = K_3 h, \quad (5)$$

где $K_3 = \mu \pi d \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \Delta P}$ - коэффициент усиления регулятора расхода, структурно можно записать:



3. Силовой цилиндр, как известно, может быть представлен аperiodическим звеном второго порядка при учете сжимаемости рабочей жидкости, структурно имеет вид



$K_{сц}$ - коэффициент усиления силового цилиндра;

T_2 и T_2 - постоянные времени силового цилиндра.

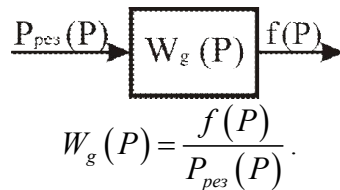
4. *Передачная функция суппорта* (подача – сила резания)

$$W_{\text{суп}}(P) = \frac{P_{\text{рез}}(P)}{S(P)}, \text{ где } P_{\text{рез}} = C_P t^{X_P} S^{Y_P} G^{n_P} K_P,$$

структурно передаточная функция суппорта имеет вид



5. *Перемещение инструмента под действием силы резания* структурно представляется

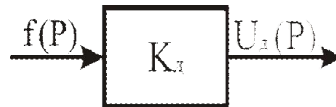


Прогиб детали определяется по формуле: $f = \frac{P_y \ell^3}{70EJ}$, (6) где P_y - радиальная составляющая силы резания.

6. *Передачная функция индуктивного датчика* в связи с тем, что ее инерционность мала по сравнению с более инерционными элементами системы (силовой цилиндр, регулятор расхода), может быть представлено как безынерционное звено

$$U_d(P) = K_d f(P),$$

структурно



7. Аналогично по тем же соображениям представляется *передаточная функция усилителя*

$$U_y(P) = K_{yc} U_d(P),$$

структурно



Использование данной автоматической системы позволяет решить проблему обработки нежестких валов и по сравнению с другими методиками при этом существенно, в несколько раз повышается производительность и точность изготовления обрабатываемых деталей, а также повышается стойкость инструмента за счет стабилизации сил резания.

В заключение хотелось бы отметить преимущества приведенной технологии в сравнении с уже созданными, это:

- повышение точности обработки нежесткого вала, а, следовательно, и качества;
- повышение производительности труда;
- повышение стойкости инструмента;
- отсутствие переналадки системы для обработки валов различных типов и размеров;
- стабилизация упругого перемещения системы СПИД;
- использование компьютерного оборудования, что ведет к автоматизации управления производством.

Литература:

1. Б.С. Балакшин. Разработка и использование систем автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1969. - 506с.
 2. Стрыгин В.В. Основы вычислительной, микропроцессорной техники и программирования. - М: 1989.

Рецензент: д.т.н., профессор Шамсутдинов М.М.