



АЛМАСБЕКОВ А.А., САРЫМСАКОВ Б.А.

¹КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика

ALMASBEKOV A.A., SARYMSAKOV B.A.

¹KSTU n.a. I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic

aibekalmasbekov88@gmail.com bakay495.ru@mail.ru

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ДВУХКОНТУРНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТ ТОКАРНОГО СТАНКА

MAIN CHARACTERISTICS OF ELEMENTS OF A TWO-CIRCUIT AUTOMATIC

Илимий макалада төмөнкү материалдар келтирилген:

1) *Кайра иштетүүнүн аяктоочу түрлөрүн аткарууга арналган токардык станокто технологиялык процесстин эки контурдуу автоматтык башкаруу тутуму иштелип чыккан.*

2) *Иштелип чыккан автоматтык система технологиялык процесстин эки параметрлерин жөнгө салууну камсыз кылат: кесүү күчтөрүнүн өзгөрүүсүнө көз карандысыз гидростатикалык багыттамаларга шайман жана көңдөйдү берүүнүн туруктуулугу, бул геометриялык өлчөмдөрдүн тактыгын жана буюмдун бетинин сапатын камсыз кылат;*

3) *Гидростатикалык жуптун сапаттуу иштөөсүн аныктоочу элементтердин бири маалыматтык өлчөөчү шайман - дифференциалдык индуктивдик билгизгич болгондуктан, анын параметрлеринин эсептөөлөрү, анын мүнөздөмөлөрү, ошондой эле ушул билгизгич үчүн күчөткүчтүн мүнөздөмөлөрү келтирилген.*

Өзөк сөздөр: *кубаттуу цилиндр; дифференциалдык индуктивдүү билгизгич; күчөткүч; көңдөй; электромагниттик кыймылдаткыч, стабилдештирүү, токардык станок, гидравликалык колдоо.*

В статье представлены следующие материалы:

1) *Разработанная двухконтурная автоматическая система управления технологическим процессом на токарном станке, предназначенной для выполнения чистовых видов обработок.*

2) *Разработанная автоматическая система обеспечивает регулирование двух параметров технологического процесса: постоянства подачи инструмента и зазора в гидростатических направляющих не зависимо от изменений сил резания, что обеспечивает точность геометрических размеров и качество поверхности изделия;*

3) *Поскольку одним из элементов определяющим качественную работу гидростатической пары является информационно - измерительное устройство - дифференциальный индуктивный датчик, приведены расчеты его параметров, а также характеристика усилителя к этому датчику.*

Ключевые слова: *силовой цилиндр; дифференциальный индуктивный датчик; усилитель; зазор; электромагнитный движитель, стабилизация, токарный станок, гидросуппорт.*

The article presents the following materials:

1) *Developed two-circuit automatic process control system on a lathe, designed to perform finishing types of treatments.*

2) The developed automatic system provides regulation of two parameters of technological process: constancy of the tool feed and the gap in the hydrostatic guides is independent of changes in cutting forces, which ensures the accuracy of geometric dimensions and the quality of the product surface;

3) since one of the elements determining the high-quality operation of a hydrostatic pair is an information-measuring device—a differential inductive sensor, calculations of its parameters are given, as well as the characteristic of the amplifier to this sensor.

Key words: power cylinder; differential inductive sensor; amplifier; gap; electromagnetic propulsion, stabilization, lathe, hydraulic support.

Основными элементами, определяющими работу системы, являются: дифференциальный индуктивный датчик, предназначенный для измерения зазора гидростатических направляющих с последующим преобразованием его в электрический сигнал, от которого зависит качественная работа всей системы, а также возникает необходимость определения характеристики усилителя.

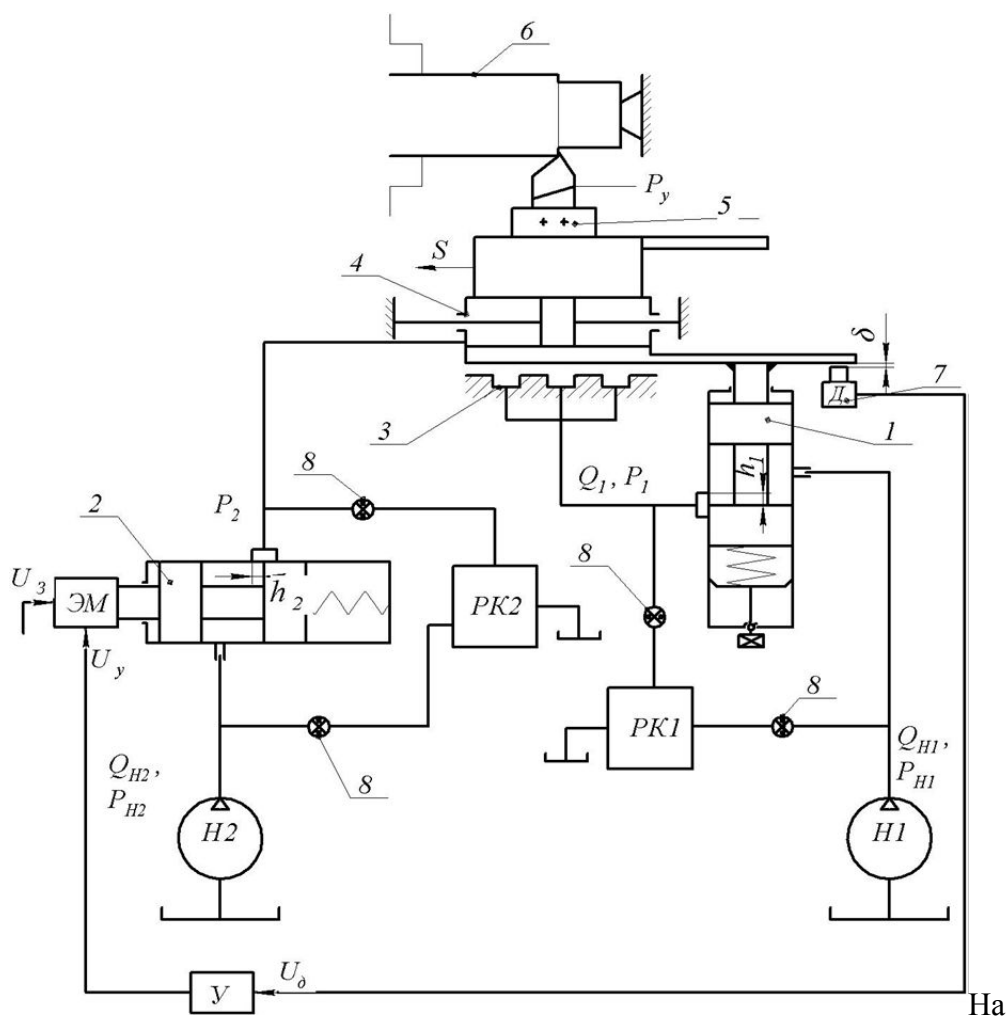


Рис. 1. Схема двухконтурной автоматической системы регулирования подачи суппорта и зазора гидростатических направляющих

H_1, H_2 – насос гидростатических направляющих и силового цилиндра; PK_1, PK_2 – редукционный клапан; P_y – сила резания; S – Подача инструмента; δ – Зазор гидростатической направляющей; Q_1, P_1 – расход и давление; h_1 – соответственно величина открытой рабочей щели; Q_{H1}, P_{H1} – расход и давление насоса; 1 и 2 – регулятор расхода в гидростатических направляющих и силового цилиндра; 3 – гидростатические направляющие; 4 – силовой цилиндр; 5 – гидросуппорт; 6 – обрабатываемая деталь; 7 – дифференциальный индуктивный датчик; 8 – демпферы.



Описание работы принципиальной схемы двухконтурной автоматической системы регулирования подачи суппорта и зазора гидростатических направляющих. Данная схема представлена на рис.1 состоит из двух контуров управления режимами работ при токарной обработке: регулирования подачи инструмента гидросуппорта и автоматической стабилизации зазора в гидростатических направляющих.

Обеспечение постоянство зазора гидростатических направляющих δ обеспечивается следующим образом: при увеличении нагрузки зазор δ уменьшается на что реагирует индуктивный датчик.

Сигнал от датчика усиливается усилителем и усиленный сигнал направляется в электромагнит, при этом сила электромагнита возрастает и перемещает подвижный элемент регулятора расхода, при этом h величина проходной щели увеличивается и расход силового цилиндра гидросуппорта возрастает ровно на столько чтобы стабилизировать величину подачи инструмента.

Одновременно при возрастании нагрузки подвижный элемент регулятора расхода перемещается вниз, поскольку он жестко связан подвижной частью гидростатической направляющей, при этом h величина проходной щели регулятора возрастает и расход поступает в гидростатические направляющие несколько больше. Этим самым обеспечивается постоянство зазора в гидростатических направляющих. При уменьшении нагрузки, при обработке детали все процессы в автоматической системе определяется в обратном порядке.

Для того чтобы регулировать зазор в гидростатических направляющих необходимо установить датчик чтобы фиксировать величину этого параметра. Для этого используется дифференциальный индуктивный датчик [1,2,3].

Параметром входным является зазор под воздействием различных нагрузок которой образуется гидравлической подушкой.

Учитывая это, т.е. если считать, что отвод инструмента и изменение зазора в гидростатической опоре под действием сил резания одинаковым, то упрощается конструктивное решение месторасположения датчика [1,4,6].

Зазор и соответственно увод инструмента обозначается через h и δ , но в дальнейшем будет рассматриваться только изменение зазора [1,4,6].

Величина зазора измеряется щупом датчика, который закреплен с якорем датчика, якорь в свою очередь двигается относительно магнитопровода которое определяет сопротивление в цепи и индуктивность катушки. Перемещения якоря датчика индуктивности с измеряемой величиной h при $U=\text{const}$ [1,4,6]:

$$L = f(h), \quad (1)$$

где L - индуктивность катушки. Ток в обмотке определяют выражением

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 \cdot L^2}}, \quad (2)$$

где I – ток на выходе датчика, U – напряжение, R – магнитное сопротивление сердечника, ω - частота тока.

Индуктивные преобразователи с переменным зазором имеют высокую чувствительность и реагируют на изменение зазора порядка 0,1—0,5 мкм.

Чувствительность преобразователя

$$K_L = \frac{W^2 \cdot \mu \cdot S_0}{2 \cdot h^2}, \quad (3)$$

где W – число обмоток катушки, $\mu = 4 \pi \cdot 10^{-9}$ гн/см - магнитная проницаемость материала сердечника, h – воздушный зазор, S_0 – площади сечения воздушного зазора.

Диапазон измерений перемещений индуктивными преобразователями с переменным зазором 0,1—1 мм [1,4,6].

При увеличении зазора зависимость будет нелинейной $L=f(h)$. Преобразователь с двумя отдельными магнитными цепями и якорем подключенной симметричной мостовой схемой используется для спрямления нелинейности. Такой схемой подключения можно избежать от помех, различных тепловых воздействий и получить чистый сигнал который зависит только от параметра выходного датчика [1,4,6].



Обмотки катушек включают в соседние плечи дифференциальной мостовой схемы. Образованную сравнительную систему объединяют с рабочей системой в единый дифференциальный преобразователь. Это объединение способствует повышению чувствительности в 2 раза, компенсации температурных погрешностей в нулевой точке, снижению усилий магнитного притяжения и спрямлению характеристики [1,4,6].

Для преобразователей с изменяющимся зазором

$$\frac{\Delta L}{L_0} = -\frac{\Delta h}{h_0}, \quad (4)$$

где h_0 — начальное значение зазора Δh - изменение зазора. Линейная характеристика сохранится при

$$\frac{\Delta h}{h_0} = 0,15 - 0,2 \quad (5)$$

Современные конструкции индуктивных дифференциальных преобразователей характеризуются нелинейностью, не превышающей 1%. Поэтому эти преобразователи широко применяют в различных приборах для линейных измерений [1,6].

Сила тока в обмотке преобразователя практически не меняется при изменении воздушного зазора, так как воздушный суммарный зазор и магнитное сопротивление остаются без изменения. Учитывая то, что работа датчика находится в линейной зоне, а его быстродействие велико в сравнении с гидравлическими, механическими узлами станка, то в определенной степени можно идеализировать математическую модель датчика [1,6]:

$$U(h) = k_d \cdot h, \quad (6)$$

где $k_d = \operatorname{tg} \alpha$

$$k_d = 300 \text{ В/м}$$

Передаточная функция датчика

$$W(p)_{\text{дат}} = \frac{\Delta U(p)}{\Delta h(p)} = k_d \quad (7)$$

На рис. 2 представлена зависимость выходного параметра датчика от величины зазора. Формула (6) получена на основании экспериментальных данных, поскольку индуктивный датчик работает с малыми отклонениями рабочей точки, можно считать что характеристики индуктивного датчика линейна.

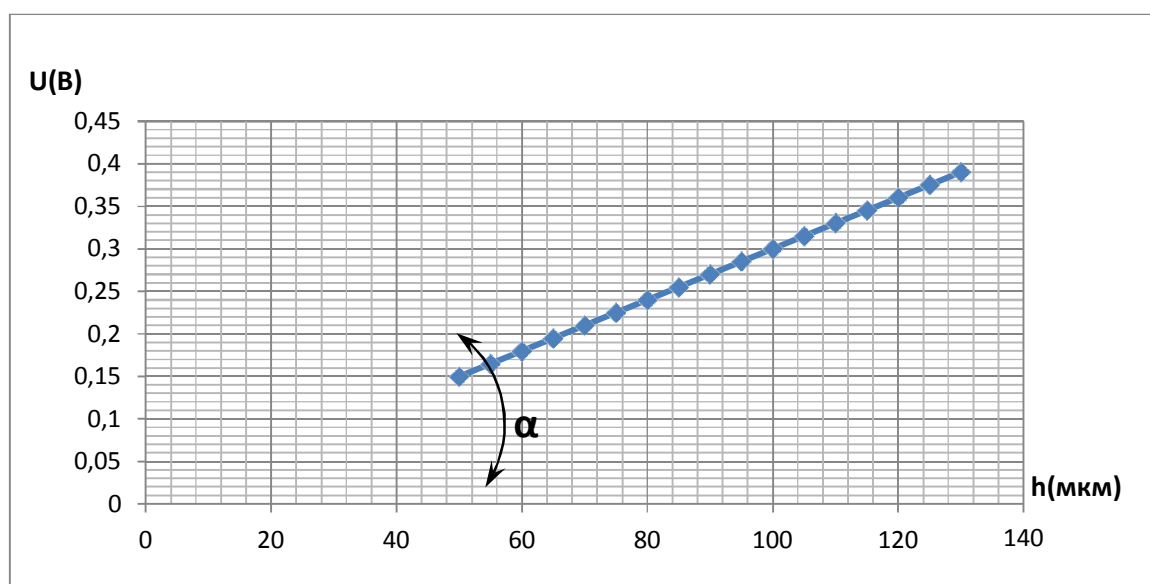


Рис. 2. График изменения напряжения от величины зазора дифференциального индуктивного датчика

Усилитель постоянного тока. В системе мощность сигнала, поступающего от датчика, является недостаточной для срабатывания регулятора, поэтому требуется установления дополнительно промежуточного устройства – усилителя постоянного тока для усиления сигнала датчика.

В системе применен электронный операционный усилитель на 1 ШОУД1Л (рис.3).

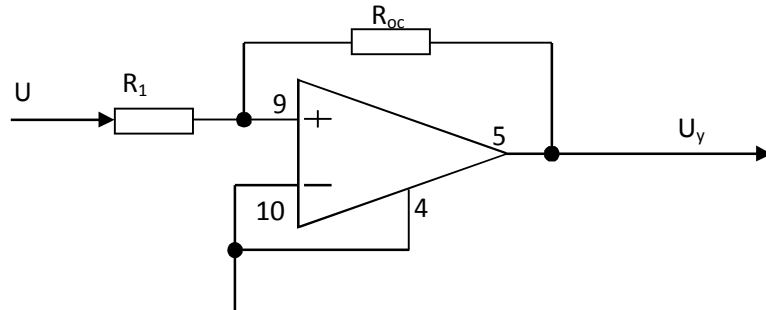


Рис.3. Принципиальная схема операционного усилителя напряжения.

Математическая модель данного звена аналогично математической модели датчика, как звено безинерционное

$$U_y(p) = k_y U(p), \quad (8)$$

где U_y – напряжение усилителя, k_y – коэффициент усиления, U – напряжение на выходе датчика.

Коэффициент усиления звена

$$k_y = \frac{R_{oc}}{R_1} \quad (9)$$

где $R_{oc} = 350 \text{ кОм}$ – сопротивление обратной связи

$R_1 = 780 \text{ Ом}$ – сопротивление на входе

$k_y = 448$

Передаточная функция усилителя

$$W(p)_{\text{аао}} = \frac{\Delta U_y(p)}{\Delta U(p)} = k_y \quad (10)$$

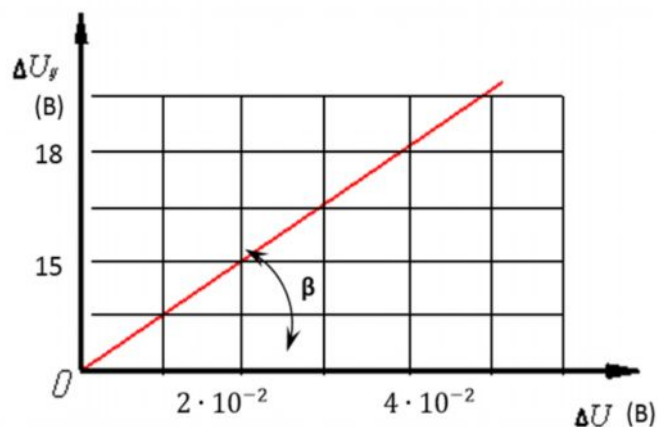


Рис.4. График изменения тока усилителя от напряжения датчика

Выводы.

1) Разработана двухконтурная автоматическая система регулирования режимами работ токарного станка по двум параметрам: подаче инструмента гидросуппорта, и постоянстве зазора.



1) Разработаны математические модели элементов индуктивного

Список литературы

1. Жолудева Н. С. Разработка двухконтурной системы автоматического управления скоростью и зазором [Текст] / Н.С.Жолудева // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. - 2014. - № 32-1. С. 67-76.

2. Акулич Н.В. Технология машиностроения [Текст] / Н.В.Акулич. – Ростов на/Д: Феникс, 2015. - 395 с.

3. Иванов К.М. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения [Текст] / К.М.Иванов, И.Ф.Звонцов. П.П.Серебrenицкий. – М.: Лань, 2018 – 696 с.

4. Муслимов А.П. Двухконтурное автоматическое устройство регулирования подачи инструмента и зазора в гидростатических направляющих суппорта станка [Текст] / А.П.Муслимов, А.А.Алмасбеков // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. - 2018. - № 2 (46). - С. 131-135.

5. Муслимов А.П. Математическая модель регулятора расхода жидкости с жесткой механической связью [Текст] / А.П.Муслимов, А.М.Гинятуллина // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. - 2018. - № 2 (46). - С. 366- 371.

6. Юнусов Ф.И. Динамика регулятора расхода жидкости двухконтурной адаптивной системы для гидростатических направляющих [Текст] / Ф.И.Юнусов // Наука и новые технологии. - 2012. - № 6. - С. 17-19.