

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ УСИЛЕНИЯ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСХОДОМЕРА ГАЗА

Реент А. В., магистрант; Кузнецов Д. Н., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет, г.Донецк, ДНР»)

Современные ультразвуковые расходомеры обладают рядом неоспоримых достоинств. Они не имеют подвижных частей, обеспечивают большой динамический диапазон (до 200) и высокую точность измерений (до 0,5%), пригодны для измерения расхода реверсивных потоков, устойчивы к загрязнению, имеют широкие возможности самодиагностики. Кроме того, в них отсутствуют потери давления [1].

Известной проблемой ультразвуковых расходомеров газа является необходимость подстройки уровня измерительного сигнала при изменении рабочего давления газа. Дело в том, что уровень принимаемого сигнала изменяется пропорционально давлению газа, и при изменении давления в широких пределах коэффициент усиления измерительного усилителя так же должен изменяться в широком диапазоне. В противном случае возникают сложности с расшифровкой измерительного сигнала и достоверностью результатов измерений. Кроме давления газа на уровень сигнала также влияют уровень загрязнения ультразвуковых (УЗ) датчиков и явление сноса акустических колебаний при больших скоростях потока газа. Все эти факторы необходимо учитывать при определении диапазона регулировки усиления.

Целью работы является разработка системы автоматической регулировки усиления (АРУ) для ультразвукового расходомера газа, которая должна поддерживать неизменным уровень измерительного сигнала при изменении давления газа в газопроводе, скорости потока газа и при загрязнении УЗ датчиков.

Сформулируем требования к системе АРУ. Расходомер рассчитан для эксплуатации в диапазоне рабочих давлений газа от 0,1 до 10 МПа (в 100 раз) при скоростях потока от 0,2 до 40 м/с. На скоростях потока свыше 30 м/с наблюдается явление сноса акустических колебаний, что требует дополнительного запаса по усилению сигнала порядка 10 раз. Таким образом, диапазон регулировки коэффициента усиления усилителя АРУ должен быть не менее 1000 раз.

Предлагается выполнить АРУ по принципу следящей системы со ступенчатым изменением коэффициента усиления с шагом в 5 %. Если уровень измерительного сигнала окажется меньше номинального, то система АРУ будет последовательно увеличивать коэффициент усиления с шагом в 5%, если больше – уменьшать.

Определим необходимое число ступеней регулировки усиления:

$$n = \frac{\ln(1000)}{\ln(1,05)} = 141,6 \approx 142.$$

На рисунке 1 представлено предложенное схемное решение усилителя системы АРУ. Стабилизация амплитуды измерительного сигнала осуществляется посредством управления коэффициентом передачи усилительного каскада на операционном усилителе (ОУ) DA1 с помощью двух 7-разрядных цифровых потенциометров R1 и R2.

Регулировка коэффициента передачи осуществляется по принципу следящей системы. Если измеренная амплитуда измерительного сигнала меньше требуемой, то происходит увеличение коэффициента передачи на одну ступень (на 5 %), если же амплитуда больше – уменьшение коэффициента передачи на одну ступень.

Диапазон возможных значений коэффициента передачи усилителя АРУ: от 0,05 до 50. Число ступеней коэффициента передачи: 142.

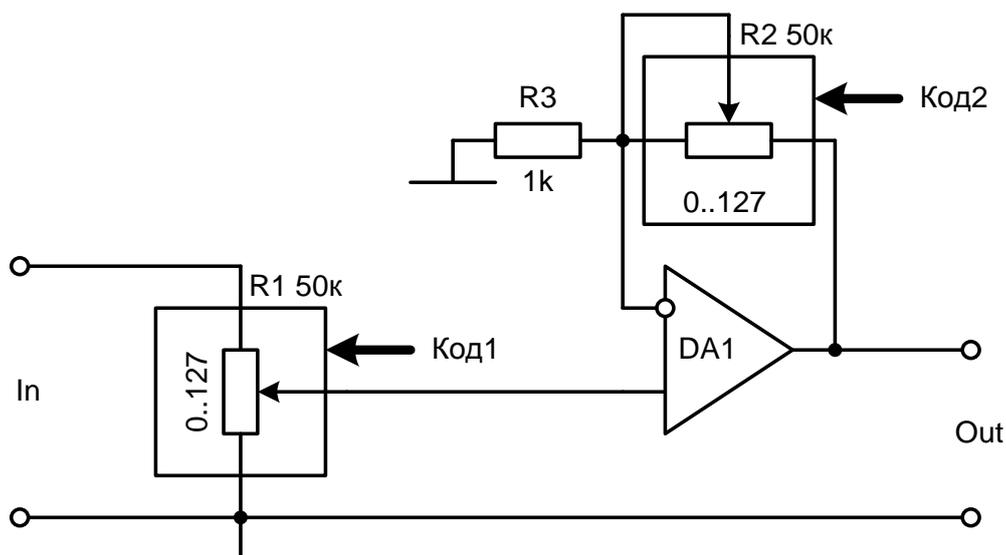


Рисунок 1 – Усилитель АРУ

Приведем основные расчетные соотношения для схемы усилителя системы АРУ. Коэффициент передачи входного делителя на потенциометре $R1$:

$$K_D = \frac{Kod1}{KodMax} = \frac{Kod1}{127}.$$

Сопротивление потенциометра $R2$:

$$R2(Kod2) = \left(1 - \frac{Kod2}{KodMax}\right) \cdot R2_{max} = \left(1 - \frac{Kod2}{127}\right) \cdot 50k.$$

Коэффициент усиления усилителя на ОУ без входного делителя:

$$K_U(Kod2) = 1 + \frac{R2(Kod2)}{R3}.$$

Суммарный коэффициент передачи усилителя АРУ:

$$K_S(Kod1, Kod2) = K_D(Kod1) \cdot K_U(Kod2).$$

Выполним математическое моделирование и определим относительное изменение коэффициента передачи усилителя АРУ при изменении на единицу кодов потенциометров $Kod1$ и $Kod2$. Результаты моделирования приведены на рисунках 2 и 3 соответственно. Из результатов следует, что данные зависимости нелинейные и это существенно затрудняет определение необходимых значений кодов цифровых потенциометров для реализации ступенчатой регулировки усиления с выбранным шагом в 5 %.

Для решения задачи определения необходимых значений кодов цифровых потенциометров $R1$ и $R2$ для каждой из 142 ступеней регулировки усиления АРУ разработана программа в среде Delphi. Данная программа из 16384 возможных комбинаций кодов цифровых потенциометров выбирает 142 кода, обеспечивающих требуемый шаг регулировки. Окно программы с результатами расчетов приведено на рисунке 4.

Программа реализует следующий алгоритм. Вначале формируется массив всех возможных значений коэффициента передачи усилителя АРУ $K_{Sот}$ 0.008 до 51 с выравниванием по возрастанию. Всего 16384 значения. Затем выполняет расчет необходимых 142 значений коэффициента передачи усилителя АРУ с выбранным шагом в 5 % от 0,05 до 51. На третьем финальном шаге программа формирует итоговый массив коэффициентов АРУ.

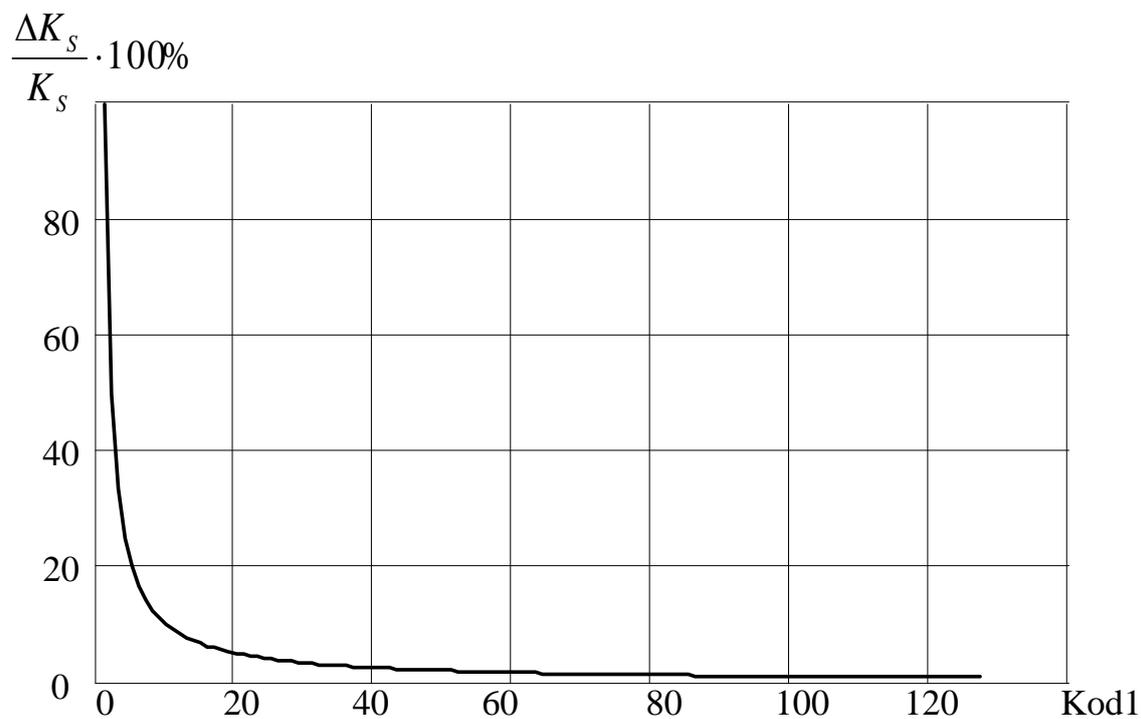


Рисунок 2 – Зависимость относительного изменения коэффициента передачи усилителя АРУ при изменении на единицу кода цифрового потенциометра R1

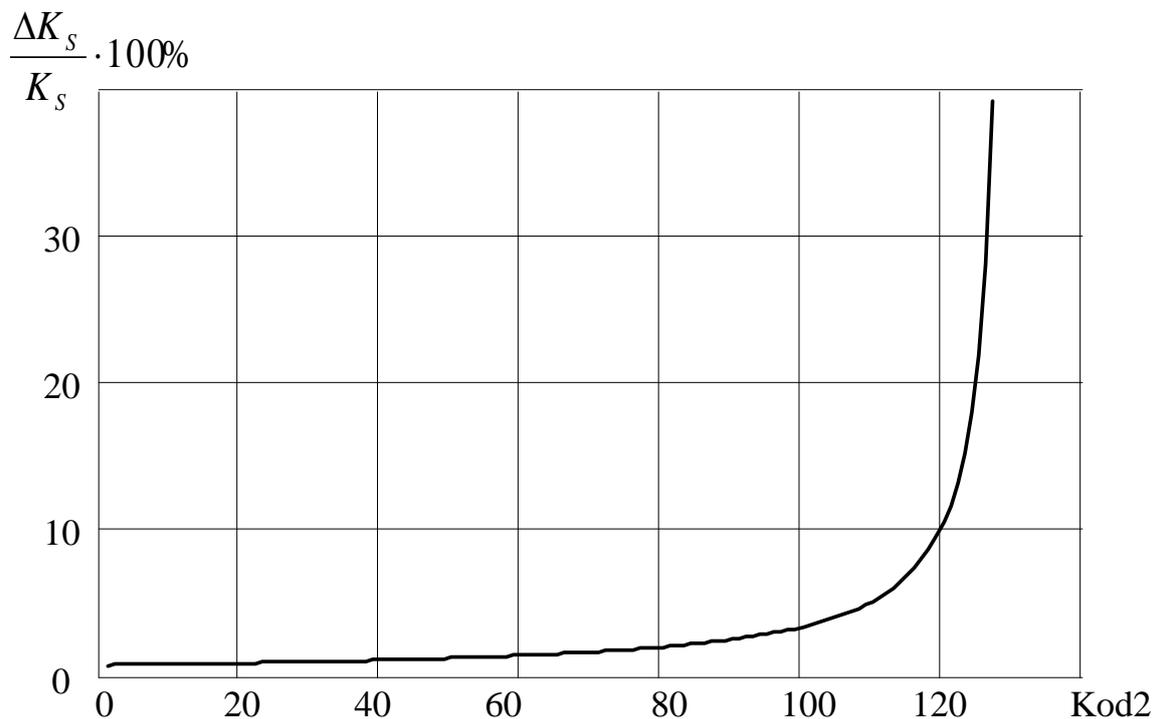


Рисунок 3 – Зависимость относительного изменения коэффициента передачи усилителя АРУ при изменении на единицу кода цифрового потенциометра R2

Уровень измерительного сигнала определяется и стабилизируется по амплитуде первого перегиба (рис. 5).

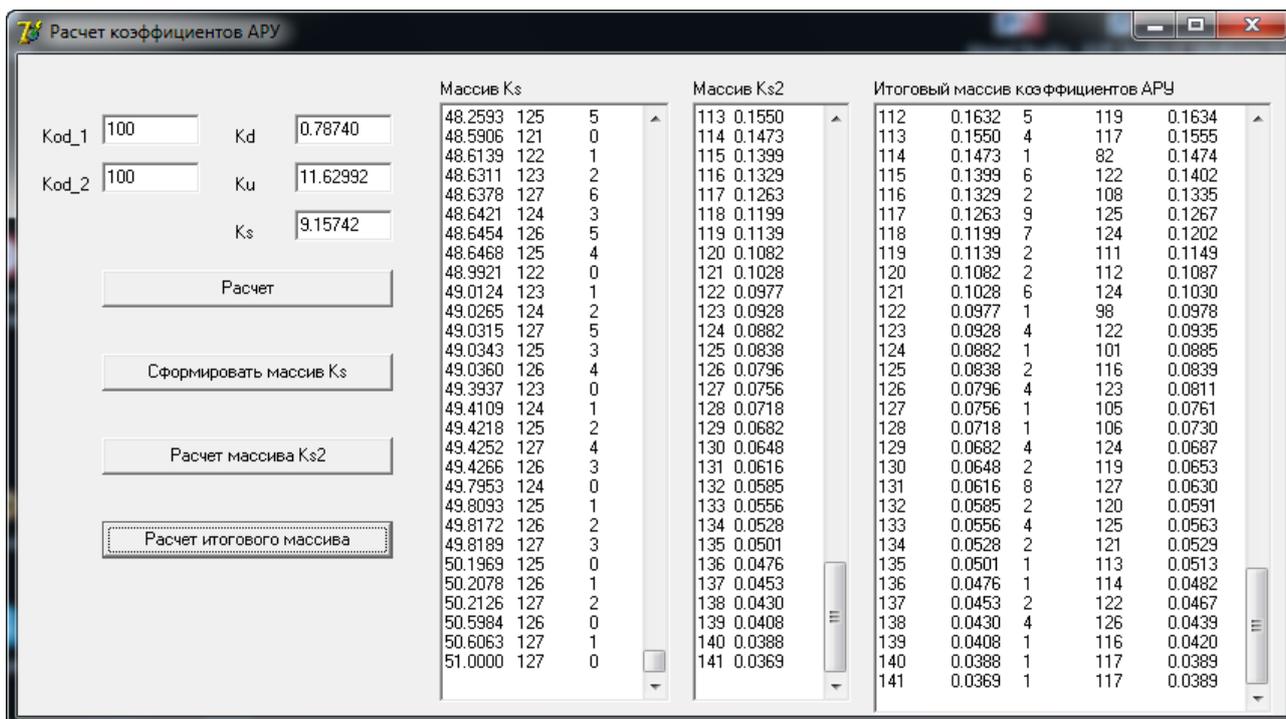


Рисунок 4 – Программа на Delphi для расчета коэффициентов АРУ

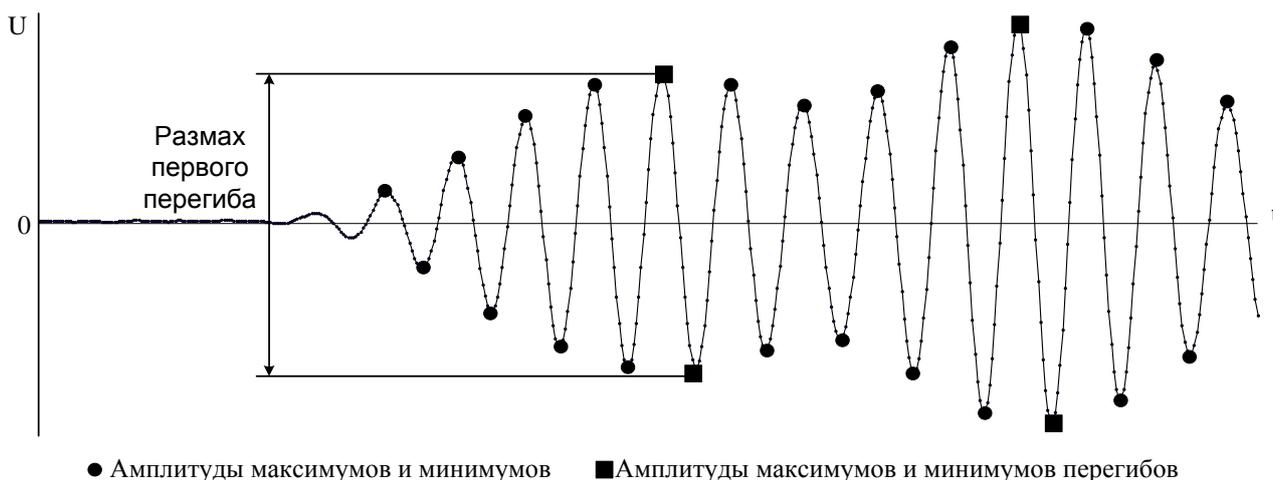


Рисунок 5 – Определение уровня измерительного сигнала по амплитуде первого перегиба

Выводы.

1. Предложенная система АРУ ультразвукового расходомера газа реализует принцип следящей системы со ступенчатой регулировкой коэффициента передачи измерительного усилителя с шагом в 5 % и обеспечивает диапазон регулировки коэффициента передачи не менее 1000.

2. Разработанная в среде Delphi программа позволяет из 16384 возможных комбинаций кодов (положений) цифровых потенциометров R1 и R2 выбрать 142 значения, обеспечивающих требуемый шаг перестройки коэффициента передачи усилителя АРУ равный 5 %.

Перечень ссылок

1. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества: справочник / П. П. Кремлевский. – [4-е изд., перераб. и доп.]. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 701с.