

Министерство приборостроения, средств автоматизации
и систем управления

Киевский институт автоматики имени XXV съезда КПСС

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ С
НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫМ ХАРАКТЕРОМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сборник научных трудов

Киев - 1979

УДК 678.4.658.012.011.56.681.3

В сборнике рассмотрены вопросы разработки АСУ шинными заводами, описаны алгоритмы решения некоторых задач АСУ, особенности технического, информационного и программного обеспечения. Отдельные статьи посвящены вопросам автоматизации проектирования АСУП, подробно рассмотрены вопросы управления качеством труда в шинном производстве. Существенное внимание уделено также разработке АСУ ТП, первичным источникам информации о параметрах технологических процессов, вопросам повышения их метрологических характеристик.

Сборник предназначен для инженерно-технических работников, занимающихся разработкой АСУ для предприятий с дискретным и непрерывно-дискретным циклом производства, а также может быть полезен студентам и аспирантам соответствующих специальностей.

Редакционная коллегия: Ходак В.В., Гуманюк М.Н., Шпаковская Д.В., Цареградский Л.Е., Федосенко Г.А.

Сектор издательства и пропаганды научно-технических достижений
Заведующий сектором В.В. Михайленко.

© Киевский институт автоматики имени XXV съезда КПСС, 1979г.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТУРНЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТРОЙСТВ

А.И. Рихан

Основными дестабилизирующими факторами, влияющими на метрологические характеристики ультразвуковых устройств измерения ширины и толщины, являются конвенционные потоки в окружающем зону измерения пространстве и изменение его температуры. Дестабилизирующие факторы влияют на точность измерений, изменяя амплитуды сигналов измерительных приемников устройств, при неизменных ширине и толщине.

Детальные исследования показали, что определяющим дестабилизирующим фактором для устройства измерения толщины является температура окружающей среды. Влияние конвенционных потоков незначительно из-за относительно малых размеров зоны излучения, приема ультразвуковых колебаний и относительно низкой частоты излучения. По той же причине влияние температуры на условия прохождения ультразвуковых волн также практически не сказывается. Температурным воздействиям подвергаются излучатель и приемник ультразвуковых колебаний, в качестве которых применяются пьезокерамические преобразователи.

Контроль толщины методом акустической стоячей волны основан на измерении изменения амплитуды акустического давления в зоне излучения и приема при неизменной частоте ультразвуковых колебаний, определяющей четвертьволновой диапазон измерения.

Основное влияние температуры сказывается на рассогласовании температурных коэффициентов частоты настройки резонансных систем пьезопреобразователей (излучателя и приемника) с температурным коэффициентом частоты задающего генератора. В результате этого, из-за узкой полосы пропускания преобразователей небольшая расстройка их относительно частоты задающего генератора снижает уровень сигнала, снимаемого с приемника, вызывая дополнительную погрешность измерителя толщины.

Автоматическая подстройка частоты задающего генератора под резонансную частоту пьезопреобразователей недопустима, так как последняя приводит к изменению диапазона измерений толщиномера и еще большему росту погрешности измерений. Малоэффективным оказалось и увеличение чувствительности измерительного усилителя приемника ультразвуковых колебаний толщиномера с

ростом температуры. Последнее приводило к параллельному смещению выходной характеристики измерительного усилителя и смещению условного нуля толщиномера.

Для исключения дестабилизирующего влияния температуры окружающей среды на работу толщиномера разработан высокостабильный ультразвуковой генератор, позволяющий компенсировать снижение сигнала на приемнике, вызванное рассогласованием температурных коэффициентов частоты пьезопреобразователей и задающего генератора, соответствующим изменением напряжения возбуждения излучателя.

Принципиальная схема ультразвукового генератора приведена на рис. 1. Генератор состоит из задающего генератора 1; усиленного звена 2 с элементом регулировки его коэффициента усиления 3; детектора 6 и ПИ - регулятора 7, выполненного на интегрирующем усилителе; задатчика интенсивного акустического поля 8 и термоэлемента 9.

В исходном состоянии величина требуемого напряжения возбуждения устанавливается задатчиком 8. Термоэлемент 9 устанавливается в непосредственной близости от пьезоэлементов в акустической головке толщиномера.

Напряжение возбуждения пьезоэлемента можно определить следующим выражением:

$$U_{\text{вых}(\rho)} = U_{\text{г}(\rho)} K_1 K_{\text{пт}} n, \quad (1)$$

где $U_{\text{г}}$ - выходное напряжение задающего генератора 1; K_1 - передаточный коэффициент усилителя 2; $K_{\text{пт}}$ - коэффициент передачи делителя на полевом транзисторе 3; n - коэффициент трансформации выходного трансформатора 5 усилителя мощности 4.

Учитывая, что для схемы неинвертирующего усилителя

$$K_p = 1 + \frac{R_3}{R_2}, \quad (2)$$

$$K_{\text{пт}} = \frac{R_n}{R_1 + R_n} = \frac{\alpha U_{3\text{эл}}}{R_1 + \alpha U_{3\text{эл}}}, \quad (3)$$

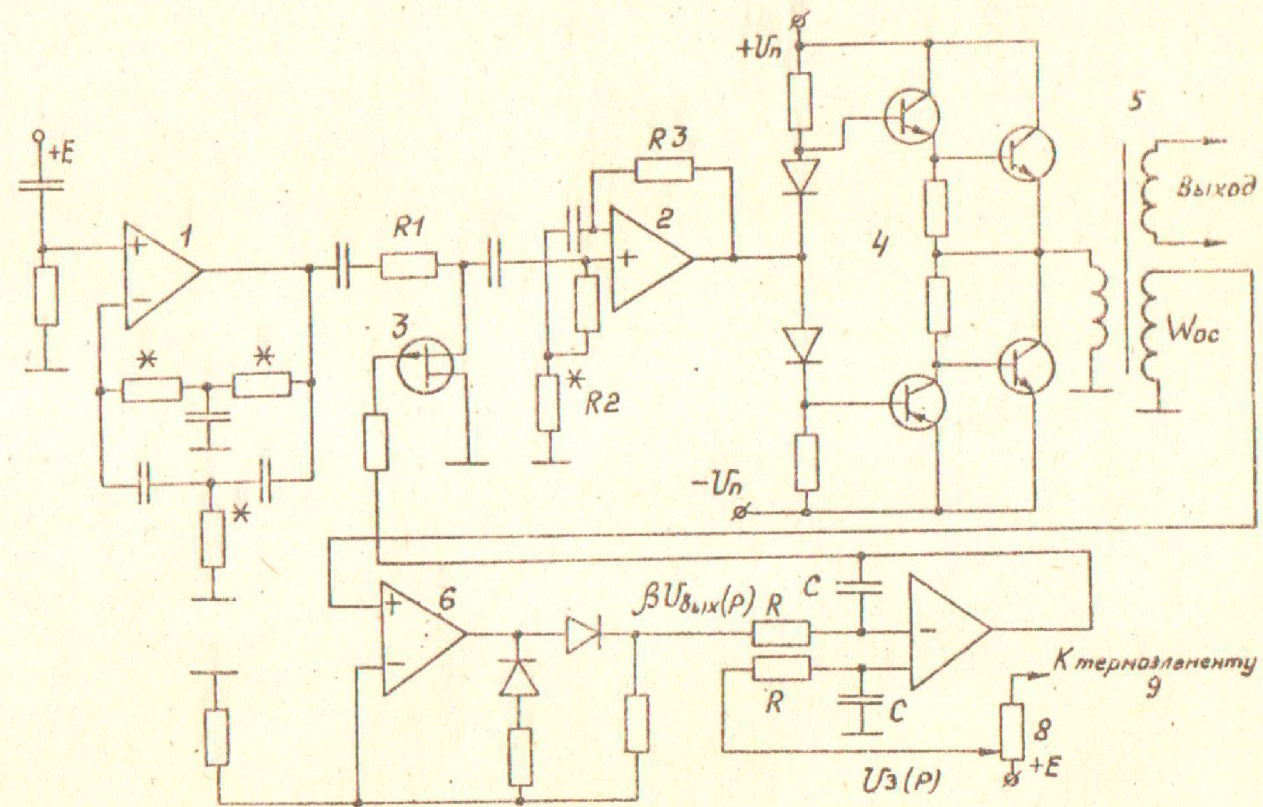


Рис.1. Принципиальная схема ультразвукового генератора

где R_n - управляемое сопротивление между стоком и истоком полевого транзистора; U_{zu} - напряжение затвор - исток; α - коэффициент пропорциональности [3], для выражения напряжения возбуждения пьезоэлемента получаем

$$U_{вых}(\rho) = U_{г}(\rho) \frac{\alpha \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)}{1 + \frac{R_2}{\alpha U_{zu}}} \quad (4)$$

Так как напряжение на затвор полевого транзистора подано с выхода интегратора, то в соответствии с [1] можно записать

$$U_{zu}(\rho) = [U_3(\rho) - \beta U_{вых}(\rho)] \frac{1}{\rho RC} \quad (5)$$

где β - коэффициент обратной связи; $U_3(\rho)$ - напряжение задатчика интенсивности ультразвукового поля; R и C - элементы, определяющие постоянную времени интегрирования.

С учетом (5) выражение напряжения возбуждения генератора принимает вид

$$U_{вых}(\rho) = U_{г}(\rho) \frac{\alpha \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)}{1 + \frac{\rho R_1 RC}{U_3(\rho) - \beta U_{вых}(\rho)}} \quad (6)$$

С увеличением температуры окружающей среды увеличивается величина задающего напряжения на неинвертирующем входе интегратора $U_3(\rho)$, зависящая от параметров термоэлемента 9 и положения задатчика 8. Увеличивается и выходное напряжение интегратора в соответствии с уравнением (5).

Рост положительного напряжения на затворе регулятора 3 приводит к увеличению напряжения возбуждения излучателя. Причем регулятор 7 увеличивает напряжение возбуждения до тех пор, в соответствии с уравнением (6), пока напряжения $U_3(\rho)$ и $\beta U_{вых}(\rho)$ не будут по модулю равны друг другу. Правильным выбором величины первоначального напряжения возбуждения излучателя и параметров термоэлемента достигается практически полная

термокомпенсация измерительного канала толщиномера.

На рис.2 показана графическая зависимость показаний ультразвукового толщиномера от температуры. В испытуемом генераторе, задающий генератор I выполнен на микросхеме КИ40УД7.

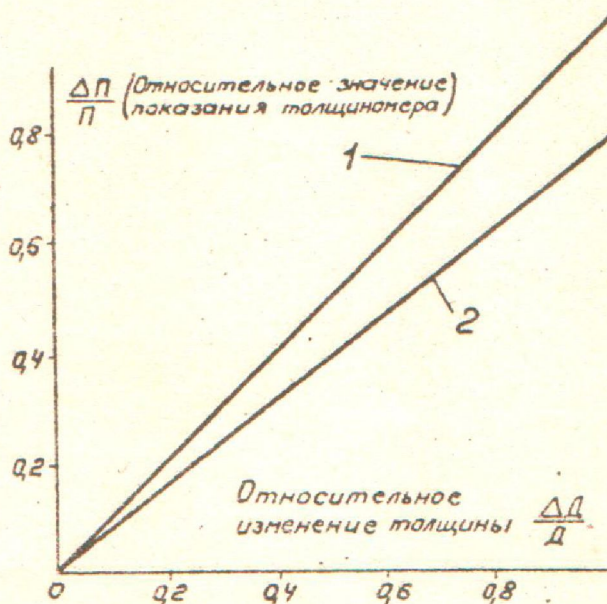


Рис.2. Зависимость показаний ультразвукового толщиномера от температуры:

1 - без коррекции ($t^{\circ} - 20^{\circ}\text{C}$) и с коррекцией ($t^{\circ} - 40^{\circ}\text{C}$); 2 - без коррекции ($t^{\circ} - 40^{\circ}\text{C}$)

Усилительное звено 2, детектор 6 и двухвходовой интегратор 7 реализованы на микросхемах КИУТ402. В качестве регулятора 3 применен полевой транзистор КП103К.

Иной метод стабилизации показаний разработан и исследован для устройства измерения ширины заготовки, на метрологические характеристики которого влияют

изменения температуры окружающей среды и конвекционные потоки в зоне излучения. Принцип работы измерителя ширины основан на ультразвуковом "теновом" методе. Устройство содержит два идентичных узла слежения за положением кромок заготовки и суммирующий блок, исключающий смещение заготовки вдоль оси ее движения. Метрологические характеристики устройства полностью определяются качеством функционирования узлов слежения (рис.3).

Узел содержит акустическую головку I, передвигаемую по хронштейн-линейке II; генерирующий усилитель III с элементом регулирования его коэффициента усиления; корректирующее усилительное

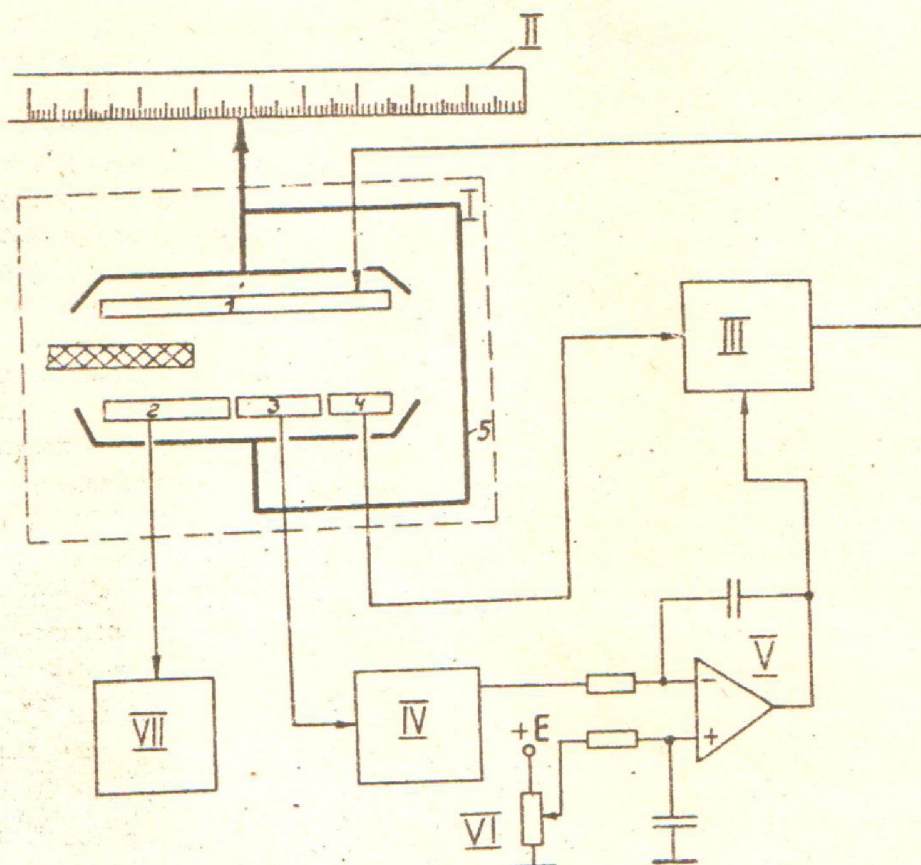


Рис.3. Акустический узел слежения за положением кромки заготовки

звено IV; интегрирующий усилитель V; задатчик интенсивности акустического поля в зоне излучения-контроля VI и измерительный усилитель VII. Акустическая головка состоит из корпуса 5, излучающего пьезопреобразователя I и трех приемников: измерительного 2, корректирующего 3, генерирующего 4.

Для исключения возможного рассогласования температурных коэффициентов частоты настройки резонансных систем пьезопреобразователей (излучателя и приемников) с температурным коэффициентом частоты задающего генератора функции последнего выпол-

няет генерирующий усилитель III [4] .

Из-за нестабильности параметров отдельных элементов и большого коэффициента усиления генерирующего усилителя излучатель I возбуждается, причем в силу его резонансных свойств амплитуда колебаний максимальна на частоте, равной собственной частоте преобразователя. Эти колебания, проходя по воздуху, воздействуют на задающий приемник. Амплитуда сигнала максимальна на собственной частоте преобразователя приемника, которая равна собственной частоте преобразователя излучателя, так как акустическая головка выполнена из однотипных пьезоэлементов.

Сигнал приемника усиливается генерирующим усилителем и снова поступает на излучатель. Суммарный сдвиг фаз сигнала в цепи: задающий приемник - генерирующий усилитель - излучатель - акустический канал - задающий приемник выполняется равным нулю. Оптимальный режим генерирования подбирается изменением глубины положительной обратной связи этой цепи. Одновременно акустический луч излучателя падает на корректирующий приемник, который обеспечивает снижение дестабилизирующих действий конвекционных потоков.

Корректирующий усилитель IV обеспечивает прецизионное усиление и детектирование сигнала приемника 3 до уровня, необходимого для нормального функционирования системы автоматического регулирования сигнала корректирующего приемника. Введение астатизма в цепь регулирования обеспечивает практически абсолютное поддержание равенства акустического сигнала на корректирующем усилителе и сигнала задатчика VI. В установившемся режиме (требуемое положение регулятора VI) схема обеспечивает компенсацию дестабилизирующих влияний конвекционных потоков соответствующим уровнем возбуждения излучателя I.

Измерительный приемник находится в непосредственной близости от корректирующего, что обеспечивает стабилизацию акустического поля и в зоне измерения, где положение кромки заготовки определяется амплитудой сигнала приемника 2.

На рис. 4 приведены графические зависимости сигнала измерительного усилителя VII от изменения ширины заготовки без введения корректирующего приемника и с ним. В испытанном акустическом узле в качестве пьезопреобразователей использовались призмы из титаната бария с резонансной частотой 109 кГц. Расстояние

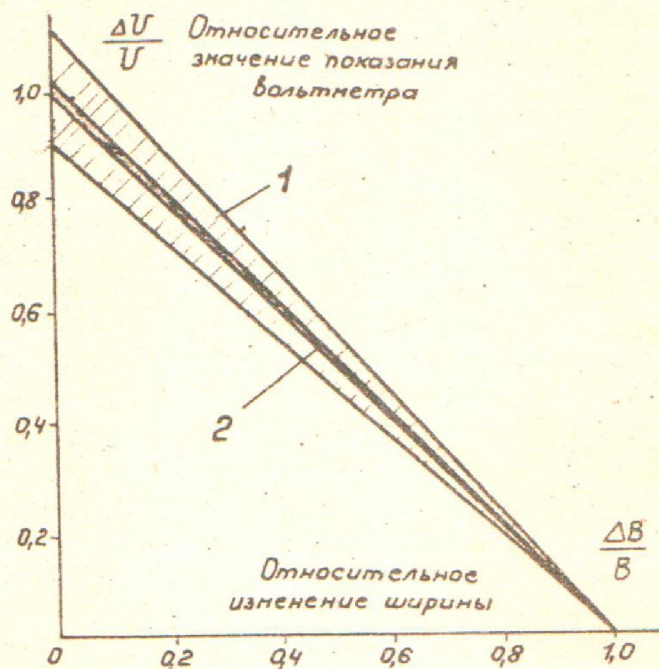


Рис.4. Область флуктации сигнала на измерительном приемнике:

- 1 - без корректирующего приемника;
2 - с введением корректирующего приемника

сацией влияния дестабилизирующих факторов на результаты измерения значительно улучшило метрологические характеристики устройств. На порядок снижено влияние конвекционных потоков в устройстве измерения ширины и достигнута практически полная компенсация погрешности измерителя толщины, зависящая от влияния температуры окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г у т н и о в В.С. Интегральная электроника в измерительных приборах. Л., "Энергия", 1974. 142с. с ил.
2. Р и ш а н А.И. - В кн.: Автоматизация управления шинным производством. Киев, изд.Института автоматизации, 1977, с.119-124.

между излучателем и системой приемников - 110 мм. Генерирующий, корректирующий и измерительный усилители выполнены на микросхемах К1УТ401Б, интегратор - на К1УТ402А.

Введение автоматического регулирования напряжения возбуждения излучателя в устройствах измерения толщины и ширины с целью компен-