

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.

ЛИНЕАРИЗАЦИЯ СИГНАЛОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ  
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

А.И. Рипан

К одному из основных технологических процессов при изго-

товлении протекторов принадлежит прорезинивание шинной ткани. Резина является одновременно и склеивающим веществом, поддерживающим заданное расстояние между кордными нитями, и изоляционным слоем, который предотвращает трение между каркасом и ремненными слоями протектора. Слои кордной ткани и ремней придают покрышке прочность и износостойкость. Увеличение срока эксплуатации покрышки в большой степени зависит от качества корда, которое определяется точностью каландрирования при прорезинивании шинной ткани.

К основному качественному показателю прорезиненного корда можно отнести его толщину, так как большинство нежелательных факторов, влияющих на обрезинивание, сказываются именно на толщине корда. Например, наблюдаются кратковременные изменения в толщине покрытия ткани, зависящие от скорости валков и возникающие из-за износа подшипников каландра, способа подачи, изменения диаметров валков. Кроме кратковременных изменений профиля обрезиненного корда имеются и долговременные, длительность которых колеблется от нескольких минут до нескольких часов.

Для исключения перечисленных факторов, влияющих на процесс обрезинивания, необходимо создание системы управления прорезиниванием с первичными преобразователями толщины, фиксирующими как кратковременные, так и долговременные изменения и включенных в цепь обратной связи для внесения поправок в работу каландра в целях получения прорезиненного корда заданного профиля. Поставленная цель может быть достигнута при непрерывном измерении толщины корда после каландрирования. Причем для непосредственного включения измерительного преобразователя толщины в цепь регулировки зазора каландра желательно иметь аналоговую зависимость между толщиной корда и его выходным сигналом.

В случае применения в качестве измерителя толщины ультразвукового преобразователя последний в диапазоне измерения имеет некоторую нелинейность, близкую к квадратичной. Расширение диапазона измерения и линейного участка зависимости изменения выходного сигнала усилителя ультразвукового преобразователя от изменения толщины корда может быть достигнуто линейризацией его выходной характеристики. Блок-схема линейризатора, осуществляющего одновременно усиление и линейризацию аналогового сигнала ультразвукового преобразователя толщины,

приведена на рис. 1,а, где I - первичный ультраакустический преобразователь толщины, II - первое усилительное звено, III - звено регулировки коэффициента передачи, IV - второе усилительное звено, V - блок обработки (регистрации или преобразования) результата измерения, 1 - входное сопротивление операционного усилителя первого усилительного звена, 2 - сопротивление в цепи обратной связи операционного усилителя первого усилительного звена.

На рис. 1,б приведена принципиальная схема звена регулировки коэффициента передачи III. Звено состоит из источника опорного напряжения  $U_0$ , суммирующего усилителя I, элемента регулировки коэффициента передачи 2 и переключателя 3.

Линеаризатор работает следующим образом. Напряжение на выходе первичного преобразователя I, поступающее на вход  $U_{вх}$  первого усилительного звена II, определяет напряжение  $U_{вых1}$  на его выходе, подключенном к блоку обработки V.

Причем

$$U_{вых1} = U_{вх} \frac{R_{ос1}}{R_{вх1}} = K_1 U_{вх}, \quad (1)$$

где  $R_{ос1}$  - сопротивление 2 в цепи обратной связи операционного усилителя первого усилительного звена;  $R_{вх1}$  - входное сопротивление I операционного усилителя первого усилительного звена;  $K_1$  - коэффициент передачи первого усилительного звена.

При неизменном значении  $K_1$  зависимость выходного напряжения первого усилительного звена от входного имеет линейный характер и выходное напряжение полностью повторяет характер изменения входного [1]. Однако, если регулировать величину входного сопротивления операционного усилителя первого усилительного звена по диапазону изменения входного напряжения, то его коэффициент передачи будет расти при уменьшении значения  $R_{вх1}$  и уменьшаться при увеличении последнего. Таким образом, нелинейность входного напряжения можно компенсировать нелинейным изменением с противоположным знаком коэффициента усиления первого усилительного звена. Такую регулировку осуществляет звено III.

Входное напряжение воздействует на выходное напряжение первого усилительного звена по двум каналам. Оно поступает на

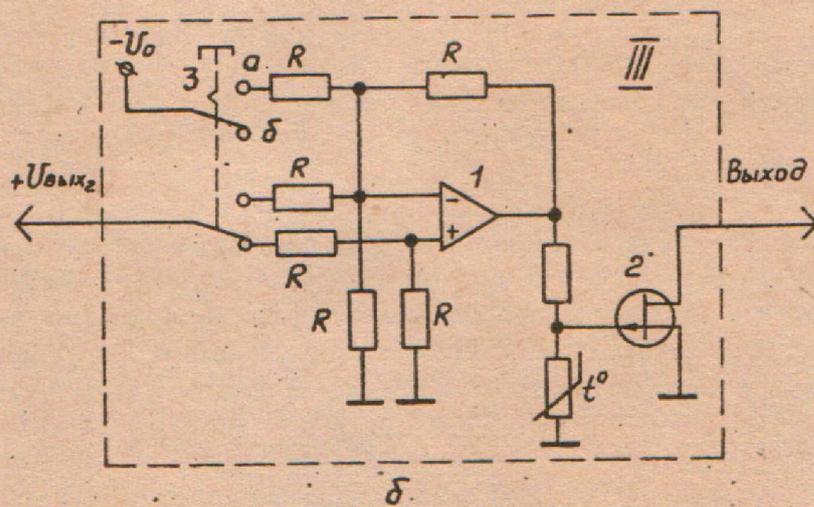
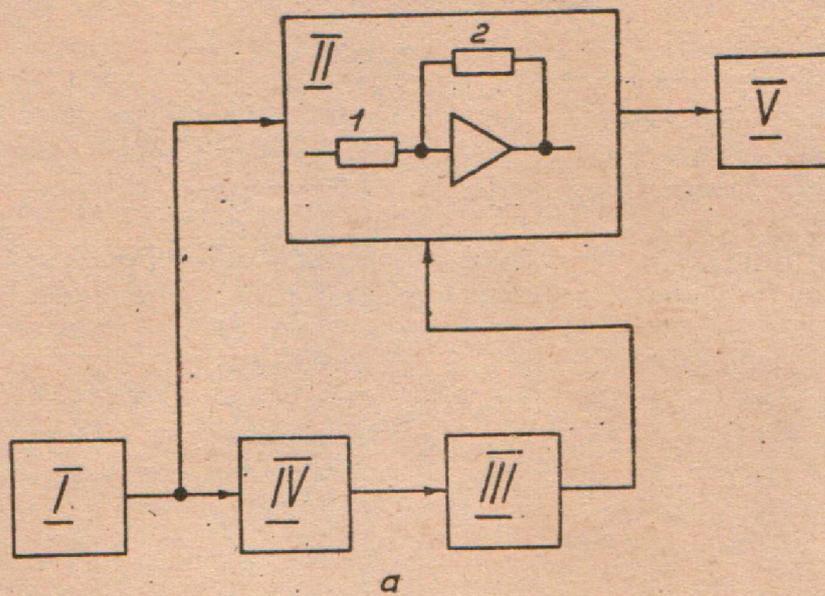


Рис. I. Блок-схема линеаризатора (а), принципиальная схема звена регулировки коэффициента передачи (б)

вход первого звена II и одновременно через второе IV с регулируемым коэффициентом передачи  $K_2$ , определяющим глубину сигнала коррекции, и выходным напряжением  $U_{\text{вык}2}$  связанной зависимостью

$$U_{\text{вык}2} = K_2 U_{\text{вх}} \quad (2)$$

воздействует на элемент регулировки коэффициента передачи первого усилительного звена II. При этом последний изменяет величину  $R_{\text{вх}1}$  [2]. Это изменение по второму каналу от  $U_{\text{вх}}$  выражается зависимостью

$$R_{\text{вх}1} = R_{\text{вх}0} \pm \alpha U_{\text{вык}2} = R_{\text{вх}0} \pm \alpha K_2 U_{\text{вх}} \quad (3)$$

где  $\alpha$  - коэффициент преобразования изменения напряжения на входе регулятора коэффициента передачи первого усилительного звена в соответствующее изменение сопротивления. В выражении (3) второе слагаемое берется со знаком "плюс" при линеаризации характеристики первичного преобразователя с возрастающей чувствительностью, и "минус" - при убывающей чувствительности последнего.

При линеаризации первичного преобразователя с убывающей чувствительностью переключатель 3 (рис. I, б) звена регулировки коэффициента передачи устанавливает в положение "а". В данном случае при  $U_2 = 0$  (исходное состояние) напряжение на выходе суммирующего усилителя I положительно и по модулю равно  $U_0$ , сопротивление элемента регулировки 2 максимально и минимален коэффициент передачи первого усилительного звена. С увеличением напряжения коррекции  $U_2$  уменьшается напряжение на выходе суммирующего усилителя (напряжение  $U_2$  вычитается из напряжения  $U_0$ ), что приводит к снижению сопротивления элемента регулировки и увеличению коэффициента передачи первого усилительного звена.

При линеаризации сигнала первичного преобразователя с возрастающей чувствительностью переключатель 3 устанавливает в положение "б". Суммирующий усилитель работает как повторитель напряжения и увеличение напряжения  $U_2$  приводит к снижению коэффициента передачи первого усилительного звена.

Подставляя выражение (3) в (1)

$$U_{\text{вык}1} = R_{\text{ос}1} \frac{U_{\text{вх}}}{R_{\text{вх}} \pm \alpha K_2 U_{\text{вх}}} \quad (4)$$

Если входное напряжение, например, имеет квадратическую составляющую и описывается выражением

$$U_{вх} = kx \pm cx^2, \quad (5)$$

то, подставляя уравнение (5) в (4), получаем

$$U_{вых1} = x R_{ос1} \frac{R \pm cx}{R_{ав0} \pm \alpha K_2 kx + \alpha K_2 cx^2}. \quad (6)$$

Из уравнения (6) может быть получено условие наиболее полной компенсации нелинейности характеристики первичного преобразователя

$$K_2 = \frac{c R_{ав0}}{\alpha k (k \pm ck)}. \quad (7)$$

Правильный выбор величин и знаков изменения входного сопротивления  $R_{вх0}$  первого усилительного звена и величины передаточного коэффициента  $K_2$  второго усилительного звена позволяет повысить линейность характеристики первичного преобразователя в 60 раз и более в зависимости от степени ее нелинейности и пределов изменения аргумента  $x$ .

Из уравнения (7) видно, что величина сопротивления  $R_{ос1}$  в цепи обратной связи первого усилительного звена 2 не влияет на условие компенсации нелинейности первичного преобразователя. Это дает возможность в устройстве одновременно с компенсацией нелинейности повысить чувствительность первичного преобразователя увеличением сопротивления  $R_{ос1}$ . Последнее наиболее эффективно при линейзации характеристики первичного преобразователя с возрастающей чувствительностью. Снижение чувствительности, т.е. уменьшение коэффициента усиления  $K_1$  первого усилительного звена, вызванное в этом случае увеличением значения входного сопротивления в соответствии с уравнением (3), компенсируется и нормируется после линейзации сопротивления обратной связи первого усилительного звена.

Экспериментальная проверка описанного метода линейзации была выполнена на акустическом преобразователе с пьезокерамическим преобразователем и линейризаторе на микросхемах КТУТ402. Зависимость между изменением толщины контролируемого образца и выходным напряжением первого усилительного звена  $\Pi$  до и после линейзации приведено на рис.2. Промежуточные характеристики

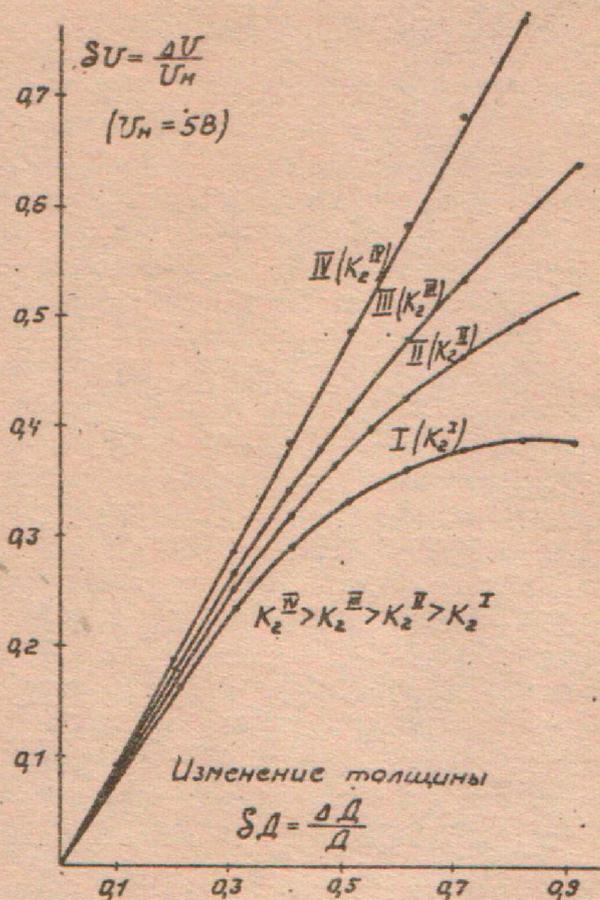


Рис.2. Зависимость между изменением толщины контролируемого образца и выходным напряжением линейризатора I - без коррекции ( $K_2^{\text{I}} = 0$ ); II, III, IV - с увеличением глубины коррекции

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Г у т н и к о в В.С. Интегральная электроника в измерительных приборах. л., "Энергия", 1974. 142с. с ил.
2. Ж и л и н с к а С.Р. -П.П. Измерители отношения и их применение в радиоизмерительной технике. М., "Советское радио", 1975. 300с. с ил.

соответствуют различным значениям коэффициента передачи второго усилительного звена IV.

Наличие на выходе линейризатора нормированного сигнала дает возможность прямого включения последнего совместно с ультразвуковым преобразователем толщины в измерительную цепь отрицательной обратной связи системы автоматического регулирования толщины корда.