

МИНИСТЕРСТВО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ
И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

КИЕВСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ
имени XXV СЪЕЗДА КПСС

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ
С НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫМ ХАРАКТЕРОМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

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 обрезаживание, 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 обрезаженного корда имеются и долговременные, длительность которых колеблется от нескольких минут до нескольких часов.

Для исключения перечисленных факторов, влияющих на процесс обрезаживания, 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 линеаризацией его выходной характеристики. Блок-схема линеаризатора, осуществляющего одновременно усиление и линеаризацию аналогового сигнала ультразвукового преобразователя толщины,

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

На рис. I,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.

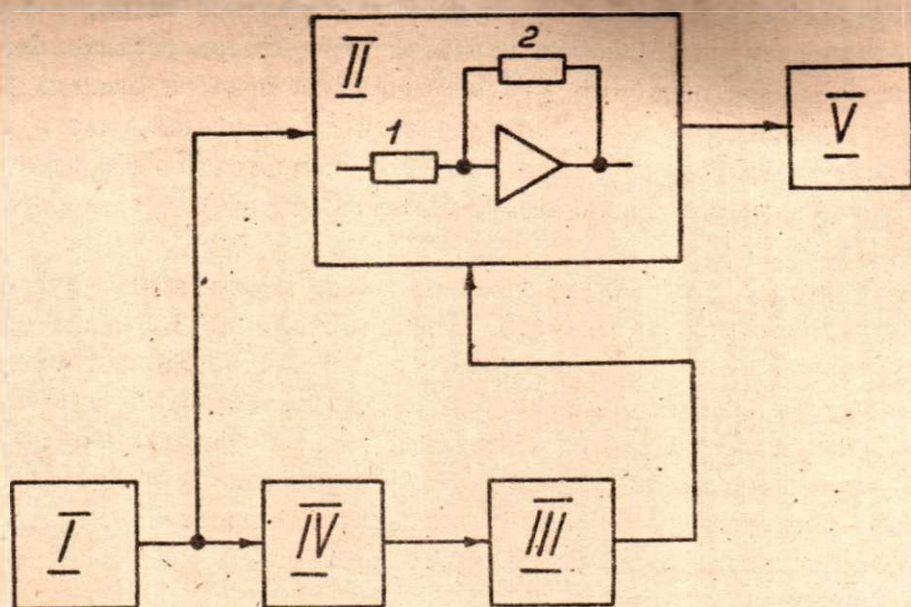
Причем

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

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 [I]. 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



a

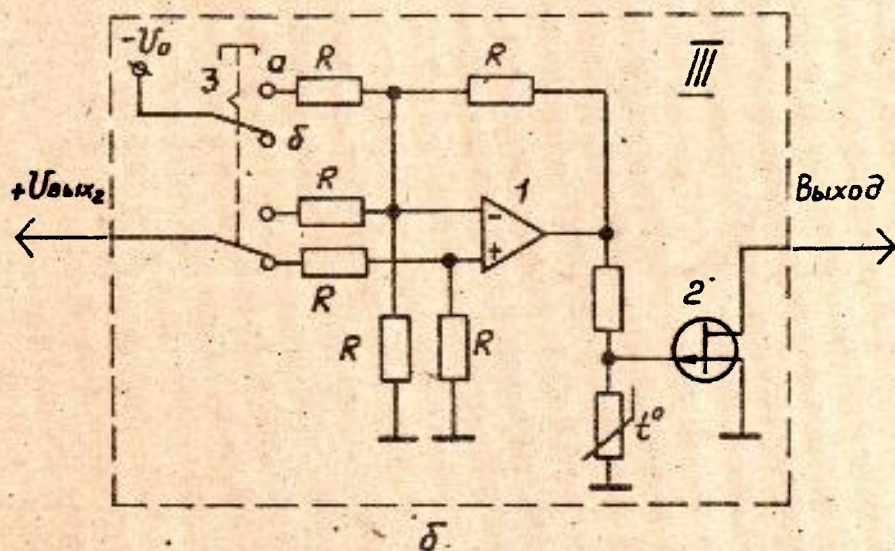


Рис. I. Блок-схема линейризатора (а), принципиальная схема звена регулировки коэффициента передачи (б)

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

$$U_{\text{вых}2} = K_2 U_{\text{ax}}, \quad (2)$$

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

$$R_{\text{ax}1} = R_{\text{ax}0} \pm \Delta U_{\text{вых}2} = R_{\text{ax}0} \pm \Delta K_2 U_{\text{ax}}, \quad (3)$$

где Δ — коэффициент преобразования изменения напряжения на входе регулятора коэффициента передачи первого усилительного звена в соответствующее изменение сопротивления. В выражении (3) второе слагаемое берут 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)

$$U_{\text{вых}1} = R_{\text{ос}1} \frac{U_{\text{ax}}}{R_{\text{ax}} \pm \Delta K_2 U_{\text{ax}}} \quad (4)$$

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

$$U_{вых1} = x R_{ос1} \frac{R \pm cx}{R_{вх0} \pm \Delta K_2 Kx \pm \Delta K_2 cx^2}. \quad (6)$$

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

$$K_2 = \frac{c R_{вх0}}{\Delta K (K \pm cK)} \quad (7)$$

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 линеаризации 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 линеаризации сопротивления обратной связи первого усилительного звена.

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

соответствуют различным значениям коэффициента передачи второго усилительного звена IV.

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

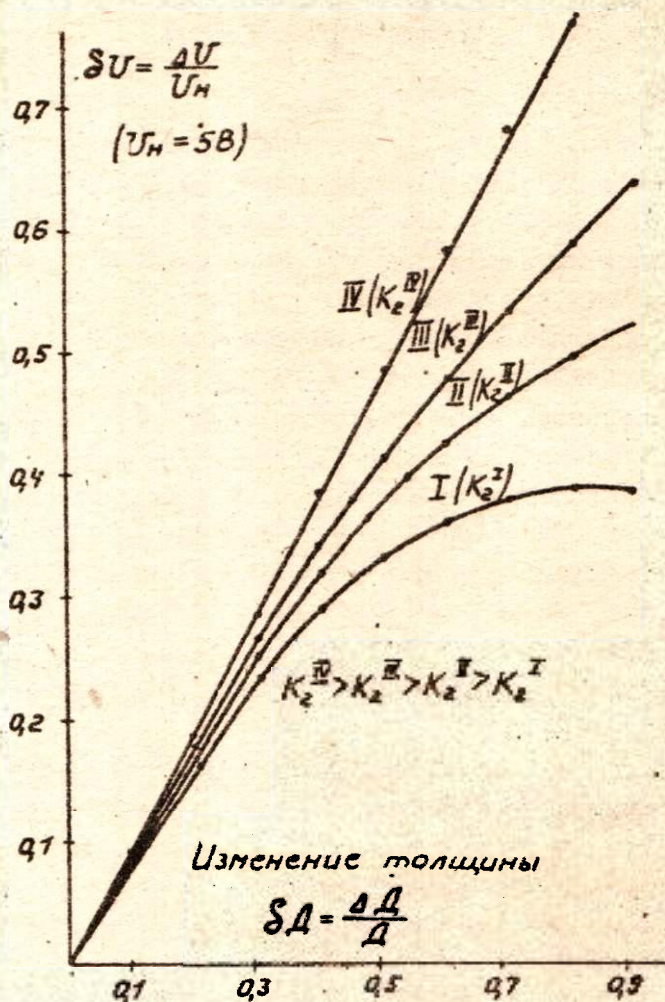


Рис.2. Зависимость между изменением толщины контролируемого образца и выходным напряжением линейизатора I - без коррекции ($K_2^I = 0$); II, III, IV - с увеличением глубины коррекции

ЛИТЕРАТУРА

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