



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3370619/18-28

(22) 23.12.81

(46) 30.05.83. Бюл. № 20

(72) Н. Н. Зацепнин, В. Ф. Силук и
И. И. Малько

(71) Институт прикладной физики
АН Белорусской ССР и Белорусский
политехнический институт

(53) 621.317:531.717 (088.8)

(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 364834, кл. G 01 B 7/06, 1971.

2. Авторское свидетельство СССР
№ 892199, кл. G 01 B 7/06, 1981
(прототип).

(54) (57) 1. ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОМАГ-
НИТНЫЙ ТОЛЩИНОМЕР, содержащий
последовательно соединенные источник
возбуждения, преобразователь, пиковый
детектор, блок опорных напряжений с N+2
выходами, блоки выделения верхнего и
нижнего уровней рабочего диапазона,
подключенные параллельно соответствующими
выходами к соответствующим выхо-
дам блока опорных напряжений, порого-
вый блок, первый вход которого соеди-
нен с пиковым детектором, второй - с
выходом блока выделения нижнего уров-
ня рабочего диапазона, первый и вто-
рой блоки вычитания, первые входы кото-
рых связаны с выходом блока выделения
верхнего уровня рабочего диапазона, вто-
рые их входы связаны соответственно
с выходами пикового детектора и блока
выделения нижнего уровня рабочего диа-
пазона, сумматор, регистратор, один из
входов которого соединен с выходом сум-
матора, о т л и ч а ю щ и й с я тем,
что, с целью повышения точности изме-
рений, он снабжен задающим генерато-
ром, распределителем импульсов, блоком

запоминания напряжения рабочего диа-
пазона, блоком запоминания чувстви-
тельности рабочего диапазона, бло-
ком запоминания исходного уровня
рабочего диапазона, логическим бло-
ком, включающим N+2 элемента И,
элементом НЕ, усилителем с управляе-
мым коэффициентом усиления, ключом
защиты от помех, ключом установки ну-
ля, двумя каскадами управления, задаю-
щий генератор подключен к распределе-
телю импульсов, распределитель импульсов
имеет N+1 выход, каждый из которых
соединен с соответствующими ему управ-
ляющими входами блоков выделения верхне-
го и нижнего уровней рабочего диапазо-
на и первыми входами элементов И логичес-
кого блока, первые входы N+1-го и N+2-го
элементов И логического блока объедине-
ны, выход порогового блока через ключ
защиты от помех подключен к управляю-
щим входам блоков запоминания напря-
жения рабочего диапазона, запоминания
чувствительности рабочего диапазона,
запоминания исходного уровня рабочего
диапазона, вторым входам N+1 элемен-
тов И логического блока, через элемент
"НЕ" к второму входу N+2-го элемен-
та И логического блока, выходы N+1
элементов И логического блока связаны
с соответствующими им управляющими
входами усилителя с управляемым коэф-
фициентом усиления, выход N+2 элемен-
та И логического блока через последова-
тельно соединенные первый каскад управ-
ления и ключ установки нуля соединен
с выходом сумматора, второй вход ключа
установки нуля заземлен, выход бло-
ка выделения нижнего уровня рабочего
диапазона через второй каскад управле-
ния подключен к управляющему входу

ключа защиты от помех, выход первого блока вычитания через блок запоминания напряжения рабочего диапазона связан с первым входом сумматора, выход усилителя с управляемым коэффициентом усиления через блок запоминания исходного уровня рабочего диапазона подключен к второму входу сумматора, выход второго блока вычитания подключен к входу усилителя с управляемым коэффициентом усиления и через блок

запоминания чувствительности рабочего диапазона - к второму входу регистратора.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что, с целью повышения быстродействия, в качестве регистратора используется цифровой вольтметр время-импульсного преобразования, первый вход его соединен с одним из входов порогового блока вольтметра, второй - с его интегратором.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано, например, для измерения толщины покрытий или других физических величин.

Известно устройство для контроля толщины покрытий, содержащее последовательно соединенные генератор, электромагнитный датчик, усилитель, пиковый детектор, операционный усилитель, цифровой индикатор и компенсатор [1].

Однако устройство характеризуется необходимостью его юстировки при изменении пределов измерений и недостаточной точностью.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому является цифровой электромагнитный толщиномер, содержащий последовательно соединенные источник возбуждения, преобразователь, пиковый детектор, блок опорных напряжений с $N+2$ выходами, блоки выделения верхнего и нижнего уровней рабочего диапазона, подключенные параллельно соответствующими входами к соответствующим выходам блока опорных напряжений, пороговый блок, первый вход которого соединен с пиковым детектором, второй - с выходом блока выделения нижнего уровня рабочего диапазона, первый и второй блоки вычитания, первые входы которых связаны с выходом блока выделения верхнего уровня рабочего диапазона, вторые их входы связаны соответственно с выходами пикового детектора и блока выделения нижнего уровня рабочего диапазона, сумматор, регистратор, один из входов которого соединен с выходом сумматора [2].

Основным недостатком толщиномера является то, что при значительных не-

линейностях выходного напряжения преобразователя для достижения требуемой точности измерения необходимое количество диапазонов, на которое разбивается характеристика преобразователя, должно быть недопустимо большим, приемлемое количество диапазонов ведет к низким значениям точности измерений. Помимо этого, в известном толщиномере в качестве регистратора используется преобразователь отношение напряжений - временной интервал, что ведет к потере быстродействия и снижению точности измерений.

Цель изобретения - повышение точности и быстродействия измерений.

Поставленная цель достигается тем, что толщиномер снабжен задающим генератором, распределителем импульсов, блоком запоминания напряжения рабочего диапазона, блоком запоминания чувствительности рабочего диапазона, блоком запоминания исходного уровня рабочего диапазона, логическим блоком, включающим $N+2$ элемента И, элементом НЕ, усилителем с управляемым коэффициентом усиления, ключом защиты от помех, ключом установки нуля, двумя каскадами управления, задающий генератор подключен к распределителю импульсов, распределитель импульсов имеет $N+1$ выход, каждый из которых соединен с соответствующими ему управляющими входами блоков выделения верхнего и нижнего уровней рабочего диапазона и первыми входами элементов И логического блока, первые входы $N+1$ -го и $N+2$ -го элементов И логического блока объединены, выход порогового блока через ключ защиты от помех подключен к управляющим входам блоков запоминания напря-

жения рабочего диапазона, запоминания чувствительности рабочего диапазона, запоминания исходного уровня рабочего диапазона, вторым входом $N+1$ элементов И логического блока, через элемент НЕ к второму входу $N+2$ -го элемента И логического блока, выходы $N+1$ элементов И логического блока связаны с соответствующими им управляющими входами усилителя с управляемым коэффициентом усиления, выход $N+2$ элемента И логического блока через последовательно соединенные первый каскад управления и ключ установки нуля соединен с выходом сумматора, второй вход ключа установки нуля заземлен, выход блока выделения нижнего уровня рабочего диапазона через второй каскад управления подключен к управляющему входу ключа защиты от помех, выход первого блока вычитания через блок запоминания напряжения рабочего диапазона связан с первым входом сумматора, выход усилителя с управляемым коэффициентом усиления через блок запоминания исходного рабочего диапазона подключен ко второму входу сумматора, выход второго блока вычитания подключен к входу усилителя с управляемым коэффициентом усиления и через блок запоминания чувствительности рабочего диапазона - к второму входу регистратора.

Кроме того, в качестве регистратора используется цифровой вольтметр времяимпульсного преобразования, первый вход его соединен с одним из входов порогового блока вольтметра, второй - с его интегратором.

На фиг. 1 представлена блок-схема толщиномера; на фиг. 2 - схема формирования линейной шкалы толщиномера.

Толщиномер содержит (фиг. 1) источник 1 возбуждения, связанный с преобразователем 2, выход которого подключен к пиковому детектору 3, пороговый блок 4, первый блок 5 вычитания, подключенные одними из своих входов к пиковому детектору, блоки 6 выделения нижнего уровня рабочего диапазона, блок 7 выделения верхнего уровня рабочего диапазона, блок 8 опорных напряжений с $N+2$ входами, связанный с блоками 6 и 7, распределитель 9 импульсов, подключенный к управляющим входам блоков 6 и 7, задающий генератор 10, соединенный с распределителем 9 импульсов, выходы которого подключены к логическому блоку 11, включающему $N+2$ элемента И (I_1-I_{N+2}), ключ 12 защиты от помех,

подключенный к выходу порогового блока 4, элемент НЕ 13, первый каскад 14 управления, связанный с выходом блока 6 и управляющим входом ключа 12, второй блок 15 вычитания, блоки 16-18 запоминания соответственно напряжения рабочего диапазона, чувствительности рабочего диапазона, исходного уровня рабочего диапазона, управляющими входами подключенные к ключу 12 защиты от помех, сумматор 19, входами соединенный с блоками 16 и 18, регистратор 20, усилитель 21 с управляемым коэффициентом усиления, управляющими входами подключенный к выходам логического блока 11, входом - к второму блоку 15 вычитания, второй каскад 22 управления через ключ 23 установки нуля, связанный с выходом сумматора 19. Регистратор 20 представляет собой цифровой вольтметр, основными узлами которого являются интегратор 24, пороговый блок 25, отсчетный блок 26.

Цифровой электромагнитный толщиномер работает следующим образом.

При установке преобразователя 2 на контролируемый образец напряжение источника 1 возбуждения поступает на преобразователь 2, сигнал которого, несущий информацию о контролируемом параметре, детектируется пиковым детектором 3 и поступает на вход порогового блока 4 и блока 5 вычитания (фиг. 1). Наряду с этим импульсы задающего генератора 10 поступают на распределитель 9 импульсов, на выходе которого распределяются в следующие друг за другом пачки импульсов и по $N+1$ каналам поступают параллельно на управляющие входы блока 7 выделения верхнего уровня рабочего диапазона, блока 6 выделения нижнего уровня рабочего диапазона и на входы $N+2$ элементов И логического блока 11.

В блоке 8 опорных напряжений записана характеристика преобразователя I_d в точках разбиения на диапазоны, т.е. напряжения $I_0, I_1, I_2, \dots, I_{N+1}$ (фиг. 2). Эти напряжения поступают на входы блоков 6 и 7 выделения соответственно нижнего и верхнего уровней рабочего диапазона. Эти блоки представляют собой многоканальные управляемые электронные ключи. Пачки импульсов распределителя 9 импульсов по соответствующим входам открывают каналы электронных ключей блоков 6 и 7, на выходе которых появляются напряжения; на выходе блока

$8 U_1, U_2, \dots, U_{N+1}$; на выходе блока
 $7 U_0, U_1, U_2, \dots, U_N$ (фиг. 2). С выхода
 блока 6 выделения нижнего уровня рабоче-
 го диапазона пачки напряжений $U_1, U_2, \dots,$
 \dots, U_{N+1} поступают на второй
 вход порогового блока 4, на вход каска-
 да 14 управления и на один из входов
 второго блока 15 вычитания. Пороговый
 блок 4 последовательно во времени срав-
 нивает напряжение преобразователя,
 U_0 с напряжениями U_1, U_2, \dots, U_{N+1} и опре-
 деляет значение рабочего диапазона.
 На фиг. 2 представлены 2 случая: U_0 -
 работа во втором диапазоне в интервале
 толщин $N_0 - 2 N_0, U_0$ работа в $N+1$ диа-
 пазоне в интервале толщин $N N_0 - (N+1) N_0$.
 При значении $U = U_0$ во время действия
 второго импульса распределителя 9 им-
 пульсов с помощью порогового блока 4
 сравниваются напряжения U_0 и $U_2 (U_2 > U_0)$
 и на его выходе появляется поло-
 жительное напряжение, которое через
 открытый с помощью каскада 14 управ-
 ления ключ 12 защиты от помех поступа-
 ет на входы элементов И логического
 блока 11 и управляющие входы блоков
 16-18. Одновременно, напряжение бло-
 ка 7 выделения верхнего уровня рабоче-
 го диапазона (фиг. 1) поступает на вто-
 рые входы первого блока 5 вычитания
 и второго блока 15 вычитания. На выхо-
 дах этих блоков появляются соответствен-
 но напряжения $\Delta U_1 = U_1 - U_0$ и $U_1 - U_2 = \Delta U_2$
 (фиг. 2), которые считываются и запоми-
 наются запоминающими блоками 16 и 17.

Элементы И логического блока 11
 служат для управления величиной коэффи-
 циента усиления усилителя 21 с управля-
 емым коэффициентом усиления. В момент
 существования положительного напряже-
 ния на выходе порогового блока 4 второй
 положительный импульс пачки импульсов
 напряжения с распределителя 9 импуль-
 сов поступает на вход второго элемен-
 та И и на его выходе появляется нап-
 ряжение, которое устанавливает коэффи-
 циент усиления усилителя 21 $K_y = 1$.
 На его вход поступает напряжение с
 выхода второго блока 15 вычитания,
 равное $\Delta U_2 K_y$, которое считывается и
 запоминается запоминающим блоком 18
 исходного уровня рабочего диапазона.
 С выхода запоминающего блока 16 нап-
 ряжение ΔU_0 поступает на вход суммато-
 ра 19, на второй вход которого с выхо-
 да запоминающего блока 18 поступает
 напряжение $\Delta U_2 K_y$. На выходе суммато-
 ра 19 появляется напряжение $U_0' +$
 $+ U_2 K_y$, которое через один из выходов

цифрового регистратора 20 время-им-
 пульсного преобразования поступает на
 вход порогового блока 25. Блок 17
 запоминания чувствительности рабочего
 диапазона имеет постоянный коэффициент
 передачи, равный $N+1$. Таким образом,
 с выхода блока 17 напряжение $(N+1) \Delta U_2$
 (фиг. 2) через второй вход цифрового
 вольтметра 20 поступает на вход ин-
 тегратора 24. При постоянной времени τ
 интегратора 24 на его выходе через
 время t появится напряжение

$$U_{\text{вых}} = (N+1) \Delta U_2 K \frac{t}{\tau},$$

где K - постоянный коэффициент.

Так как на второй вход порогового
 блока 25 подается напряжение интег-
 ратора, то в момент времени t_n напряже-
 ние интегратора становится равным
 $K_y \Delta U_2 + \Delta U_0'$. т.е.

$$(N+1) \Delta U_2 K \frac{t_n}{\tau} = K_y \Delta U_2 + \Delta U_0',$$

откуда

$$t_n = \frac{\tau (K_y \Delta U_2 + \Delta U_0')}{(N+1) \Delta U_2 K} =$$

$$= \frac{\tau}{(N+1) K} K_y + \frac{\tau \Delta U_0'}{(N+1) K \Delta U_2} =$$

$$= C_0 K_y + C_0 \frac{\Delta U_0'}{\Delta U_2}, \quad (1)$$

где

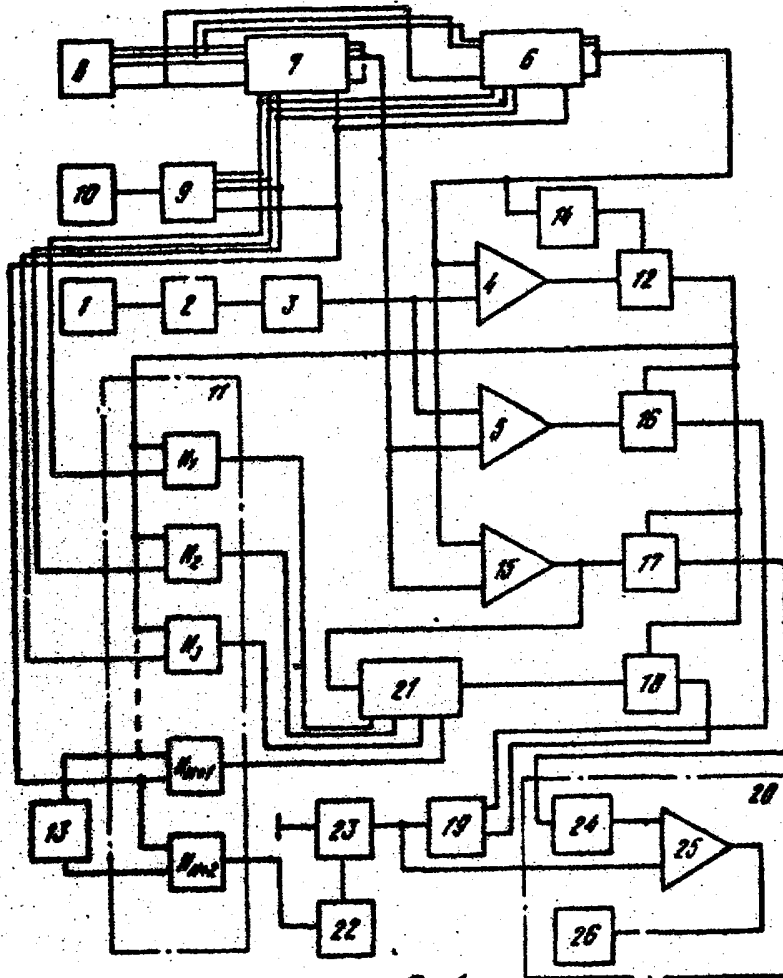
$$C_0 = \frac{\tau}{(N+1) K}$$

Так как значение K_y изменяется диск-
 ретно от 0 при включении диапазона
 до N при включении $N+1$ диапазона, то из
 (1) следует, что значение времени t_n
 определяется первым слагаемым незави-
 симо от значения чувствительности диа-
 пазона ΔU_2 и при измерении толщин
 изменяется дискретно, пропорционально
 значению рабочего диапазона K_y . Для вто-
 рого диапазона $K_y = 1$, т.е. в масштабе
 времени значению C_0 соответствует тол-
 щина N_0 (фиг. 2). При изменении K_y от
 0 до N эквивалентное значение толщины
 изменяется от 0 до $N N_0$. Так как весь
 диапазон разбивается на большое коли-
 чество участков, то даже при сильной
 нелинейности зависимости U_0' от N зна-
 чения $\Delta U_0'$ и ΔU_2 в каждом рабочем
 диапазоне связаны между собой линей-
 ной зависимостью и, так как $\Delta U_0'$ изме-
 няется от 0 до ΔU_2 для второго диапа-
 зона, то значение $\frac{\Delta U_0'}{\Delta U_2}$ изменяется неза-
 висимо от чувствительности ΔU_2 диапа-
 зона от 0 до 1, т.е. второе слагаемое

(1) изменяется от 0 до C_0 , что эквивалентно изменению толщины от 0 до H_0 . Значение $t_{и}$ индицируется в цифровом виде на отсчетном блоке 26 и эта величина пропорциональна контролируемой толщине. Таким образом, для включенного второго диапазона вся шкала толщиномеров будет линейной (на фиг. 2 эта шкала представлена гипотенузой прямоугольного треугольника со значениями катетов $(N+1)H_0$ и $(N+1)\Delta U_2$). При работе на другом диапазоне (на фиг. 2 показаны все соответствующие значения для $N+1$ диапазона) работа узлов толщиномеров осуществляется аналогично. Сравнивая шкалу толщино-

мера для последнего диапазона со шкалой для второго, видно, что, несмотря на различную чувствительность в каждом диапазоне $[(N+1)\Delta U_{N+1} < (N+1)\Delta U_2]$, каждое измерение осуществляется при постоянной чувствительности рабочего диапазона и шкала прибора остается линейной.

Предлагаемое функциональное построение устройства делает возможным реализацию толщиномеров высокой точности, надежности и позволяет обеспечить погрешность измерения менее 3% в сочетании с автоматическим выбором и переключением диапазонов измерения и позволяет уменьшить время измерения до 0,2 с.



Фиг. 1

