



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3867078/25-28

(22) 15.03.85

(46) 15.08.86. Бюл. № 30

(71) Ордена Трудового Красного Знамени Институт физики металлов Уральского научного центра АН СССР

(72) В.А.Сандовский

(53) 620.179.14(088.8)

(56) Дякин В.В., Сандовский В.А. Теория и расчет накладных вихретоковых преобразователей. М.: Наука, 1981, с. 135.

Соболев В.С., Шкарлет Ю.М. Накладные экранные датчики. Новосибирск: Наука, 1967, с. 64.

Авторское свидетельство СССР № 1095060, кл. G 01 N 27/90, 1982.

(54) СПОСОБ РАЗДЕЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Изобретение относится к области контрольно-измерительной техники и может использоваться для неразрушающего контроля физико-механических свойств металлоизделий. С целью расширения диапазона измерения магнитной проницаемости до 300 и выше, при одновременном измерении удельной электрической проводимости  $\delta$  по амплитуде сигнала накладного вихретокового преобразователя, помещенного в магнитоэлектрическую среду, измеряют  $\mu$  на частоте возбуждения, выбранной из условия  $f_H \leq 1,2 \times 10^{-5} \mu_{\min} / \pi R^2 \mu \cdot \delta_{\max}$ , затем включают в вихретоковом преобразова-

теле магнитоэлектрическую среду, изменяют частоту возбуждения вихретокового преобразователя, фиксируя ее значение, при котором фазовый угол сигнала вихретокового преобразователя становится равным заданной величине, определяемой выбранным значением обобщенного вихретокового параметра  $\beta_m$ , и удельную электрическую проводимость определяют по формуле  $\delta = C\mu/f$ , где  $C$  - константа;  $\mu_{\min}$  - минимальное значение  $\mu$  в диапазоне измеряемых величин;  $\delta_{\max}$  - максимальное значение  $\delta$  в диапазоне измеряемых величин;  $R$  - радиус преобразователя. Устройство по сравнению с обычными каналами измерения амплитуды и фазы сигнала вихретокового преобразователя дополнительно содержит канал из генератора напряжения низкой частоты, усилителя, амплитудного детектора блока вычислений, подключенный к вихретоковому преобразователю, помещенному в магнитоэлектрическую среду, канал измерения фазы сигнала подключен к преобразователю без магнитоэлектрической среды и дополнительно содержит блок опорного напряжения, пропорционального  $V_m$ , цифроаналоговый преобразователь, подключенный к блоку вычислений. Способ и устройство, его осуществляющие, позволяют отдельно измерять  $\mu$  и  $\delta$  накладными вихретоковыми преобразователями, по изменению которых определяют результат контроля изделий. 2 с.п. ф-лы, 4 ил.

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и может использоваться для неразрушающего контроля физико-механических свойств металлоизделий на основе измерения магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости вихретоковым методом.

Цель изобретения - расширение диапазона измерения магнитной проницаемости накладными вихретоковыми преобразователями путем раздельного измерения магнитной проницаемости и электрической проводимости.

На фиг. 1 приведена блок-схема устройства, реализующего способ измерения магнитной проницаемости  $\mu$  и удельной электрической проводимости  $\delta$ ; на фиг. 2 - чувствительный элемент, выполненный в виде двух трансформаторных вихретоковых преобразователей, первый из которых размещен в магнитоэлектрической среде; на фиг. 3 - годограф сигнала первого накладного вихретокового преобразователя; на фиг. 4 - годограф сигнала второго вихретокового преобразователя при  $\mu > 20$ .

Способ основан на следующем.

На низкой частоте, определяемой по формуле

$$f_n \leq 1,2 \cdot 10^5 \mu_{\min} / \pi R^2 \mu_{\max} \delta_{\max}, \quad (1)$$

где  $\mu_{\min}$  - минимальное значение магнитной проницаемости в диапазоне измеряемых величин;

$\delta_{\max}$  - максимальное значение удельной электрической проводимости в диапазоне измеряемых величин;

$\mu_0$  - магнитная постоянная;

$R$  - радиус преобразователя, измеряют магнитную проницаемость образца по амплитуде сигнала преобразователя, помещенного в магнитоэлектрическую среду, соприкасающуюся с контролируемым изделием. При этом измерение магнитной проницаемости выполняется в замкнутой цепи, что обеспечивает измерение больших значений магнитной проницаемости (порядка 300 и более).

Возможность измерения  $\mu$  подтверждается годографами (фиг. 3). Видно, что по амплитуде сигнала можно измерять магнитную проницаемость даже в диапазоне больших ее значений, однако для получения однозначности

необходимо измерения выполнять на низких частотах, определяемых выражением (1). После измерения магнитной проницаемости для измерения

удельной электрической проводимости необходимо перейти к унифицированному годографу, что достигается исключением магнитоэлектрической среды. При этом получается годограф, показанный на фиг. 4. Отличительной его особенностью является то, что при  $\mu > 20$  сам годограф не изменяется при изменении  $\mu$  и  $\delta$  изменяется лишь положение рабочей точки на нем. Это позволяет с использованием выражения

$$C = \beta^2 \mu (2\pi R^2 \mu_0), \quad (2)$$

где  $\beta_{\mu}$  - выбранное значение обобщенного параметра,

определить удельную электрическую проводимость

$$\delta = C\mu/f, \quad (3)$$

где  $f$  - частота возбуждения преобразователя.

Устройство, реализующее способ, содержит последовательно соединенные генератор 1 низкой частоты, чувствительный элемент 2, усилитель 3, амплитудный детектор 4 и блок 5 вычислений, последовательно соединенные генератор 6 напряжения высокой частоты, чувствительный элемент 2, фазовый детектор 7, компаратор 8, генератор 9 линейно-изменяющегося напряжения, пиковый детектор 10 и блок 11 управления, подключенный к управляющему входу генератора 6, последовательно соединенные частотомер 12 и цифроаналоговый преобразователь 13, включенные между вторым выходом компаратора 8 и вторым входом блока 5 вычислений, источник 14 опорного напряжения, подключенного к второму входу компаратора 8 и времязадающий блок 15, подключенный к второму входу генератора 9, причем синхронный выход генератора 6 соединен с вторым входом фазового детектора 7, выход генератора 6 также соединен с вторым входом частотомера 12.

Чувствительный элемент 2 (фиг. 2) включает два вихретоковых преобразователя трансформаторного типа, первый из которых размещен в магнитоэлектрической среде 16, образующей рабочую поверхность элемента, примыкающую к контролируемому изде-

лю, а второй размещен в воздухе соосно первому преобразователю. Каждый из преобразователей 18 и 19 содержит возбуждающую и измерительную обмотки.

Генератор 1 напряжения низкой частоты (фиг. 1) подключен к возбуждающей обмотке второго преобразователя 19, измерительная обмотка которого подсоединена к усилителю 3. Генератор 6 напряжения высокой частоты подключен к возбуждающей обмотке первого преобразователя 18, измерительная обмотка которого подсоединена к фазовому детектору 7.

Устройство работает следующим образом.

Генератор 1 питает напряжением низкой частоты, определяемой выражением (1), первый вихретоковый преобразователь 18 (фиг. 2), заключенный в магнитоэлектрическую среду и являющийся составной частью чувствительного элемента 2 (фиг. 2). Со вторичной обмотки этого преобразователя сигнал, содержащий информацию о магнитной проницаемости образца, усиливается усилителем 3, детектируется амплитудным детектором 4 и подается на один из входов блока 5 вычислений. В программе блока 5 предусмотрена коррекция, позволяющая линеаризовать зависимость сигнала вихретокового преобразователя от величины измеряемой магнитной проницаемости. Измеренное значение магнитной проницаемости  $\mu$  индицируется на индикаторе блока 5 (не показан).

Время задающий блок 15 вырабатывает синхронизирующие импульсы с регулируемой длительностью, которыми управляет генератор 9 линейно-изменяющегося напряжения. Напряжение этого генератора запоминается в пиковом детекторе 10 и подается на блок 11 управления, который управляет частотой генератора 6. Последний питает возбуждающую обмотку второго вихретокового преобразователя 19 (фиг. 2), расположенного в чувствительном элементе 2 (фиг. 1), с измерительной обмотки которого напряжение подается на фазовый детектор 7. При этом на выходе фазового детектора 7 напряжение изменяется до некоторого предела, определяемого значением опорного напряжения источни-

ка 14, соответствующего заданному значению фазового угла сигнала преобразователя 19, и соответствующего выбранному значению обобщенного параметра  $\beta$ , голографа (фиг. 4).

По достижении заданного уровня сигнала на выходе фазометра 7 срабатывает компаратор 8, на выходах которого появляются два сигнала: один останавливает генератор 6 линейно-изменяющегося напряжения, второй — запускает частотомер 12. При этом генератор 6 высокой частоты вырабатывает напряжение постоянной частоты, измеряемой частотомером 12 и преобразуемый цифроаналоговым преобразователем 13 в сигнал, поступающий на вход блока 5 вычислений. Некое значение удельной электрической проводимости вычисляется блоком 5 по формуле (3) с учетом выражения (2) для константы  $C$ , вводимой в программу блока 5 вычислений заранее.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ раздельного измерения магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости с использованием накладного вихретокового преобразователя, заключающийся в измерении амплитуды сигнала преобразователя, по которой определяют магнитную проницаемость, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона измерений магнитной проницаемости, измеряют амплитуду сигнала вихретокового преобразователя, размещенного в магнитоэлектрической среде, частота возбуждения которого выбрана из условия

$$E_{\text{в}} \leq 1,2 \cdot 10^6 \beta_{\text{мкл}} / \sqrt{\mu R^2 \mu_0 \beta_{\text{мкл}}},$$

затем исключают в вихретоковом преобразователе магнитоэлектрическую среду, изменяют частоту возбуждения вихревого преобразователя, фиксируя ее значение  $f$ , при котором фазовый угол сигнала вихретокового преобразователя становится равным заданной величине, определяемой выбранным значением обобщенного вихретокового параметра  $\beta_{\text{м}}$ , и удельную электрическую проводимость определяют по формуле

$$\beta = C_{\text{м}} / E,$$

где  $C = \beta_{\text{м}}^2 / 2\pi R^2 \mu_0$ .

- $\mu$  - измеряемая величина магнитной проницаемости;  
 $M_0$  - магнитная постоянная;  
 $\mu_{\min}$  - минимальное значение магнитной проницаемости в диапазоне измеряемых величин;  
 $\delta_{\max}$  - максимальное значение удельной электрической проводимости в диапазоне измеряемых величин;  
 $R$  - радиус преобразователя.

2. Устройство для раздельного измерения магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости, содержащее последовательно соединенные генератор напряжения высокой частоты, чувствительный элемент, фазовый детектор, компаратор, генератор линейно-изменяющегося напряжения, пиковый детектор и блок управления, источник опорного напряжения, подключенный к второму входу компаратора и частотомер, подключенный к выходам генератора напряжения высокой частоты и компаратора, выход блока управления подключен к управляющему входу генератора напряжения высокой частоты, синхрони-

зирующий вход генератора напряжения высокой частоты подсоединен к второму входу фазового детектора, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью расширения диапазона измерения магнитной проницаемости, оно снабжено генератором напряжения низкой частоты, последовательно включенными усилителем, амплитудным детектором и блоком вычисления, цифроаналоговым преобразователем, включенным между частотомером и вторым входом блока вычислений, времязадающим блоком, подключенным к второму входу генератора линейно-изменяющегося напряжения, чувствительный элемент выполнен в виде двух накладных вихретоковых преобразователей трансформаторного типа, первый из которых помещен в магнитодиэлектрическую среду, а второй - в воздухе соосно с первым, генератор напряжения низкой частоты подключен к возбуждающей обмотке второго преобразователя, измерительная обмотка которого подсоединена к усилителю, а генератор напряжения высокой частоты подключен к возбуждающей обмотке первого преобразователя, измерительная обмотка которого подсоединена к фазовому детектору.

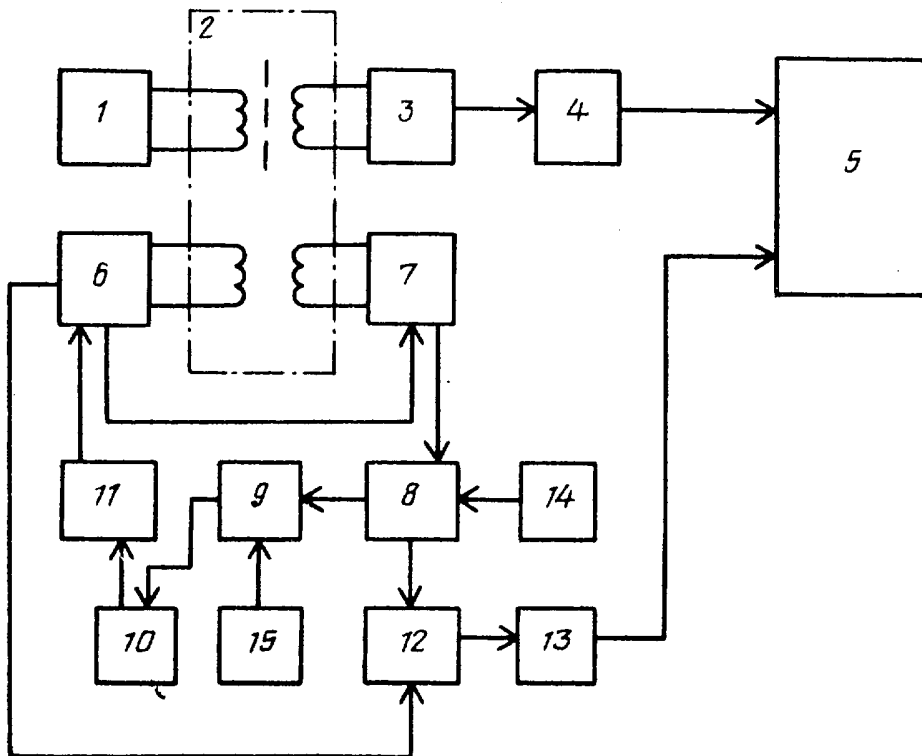
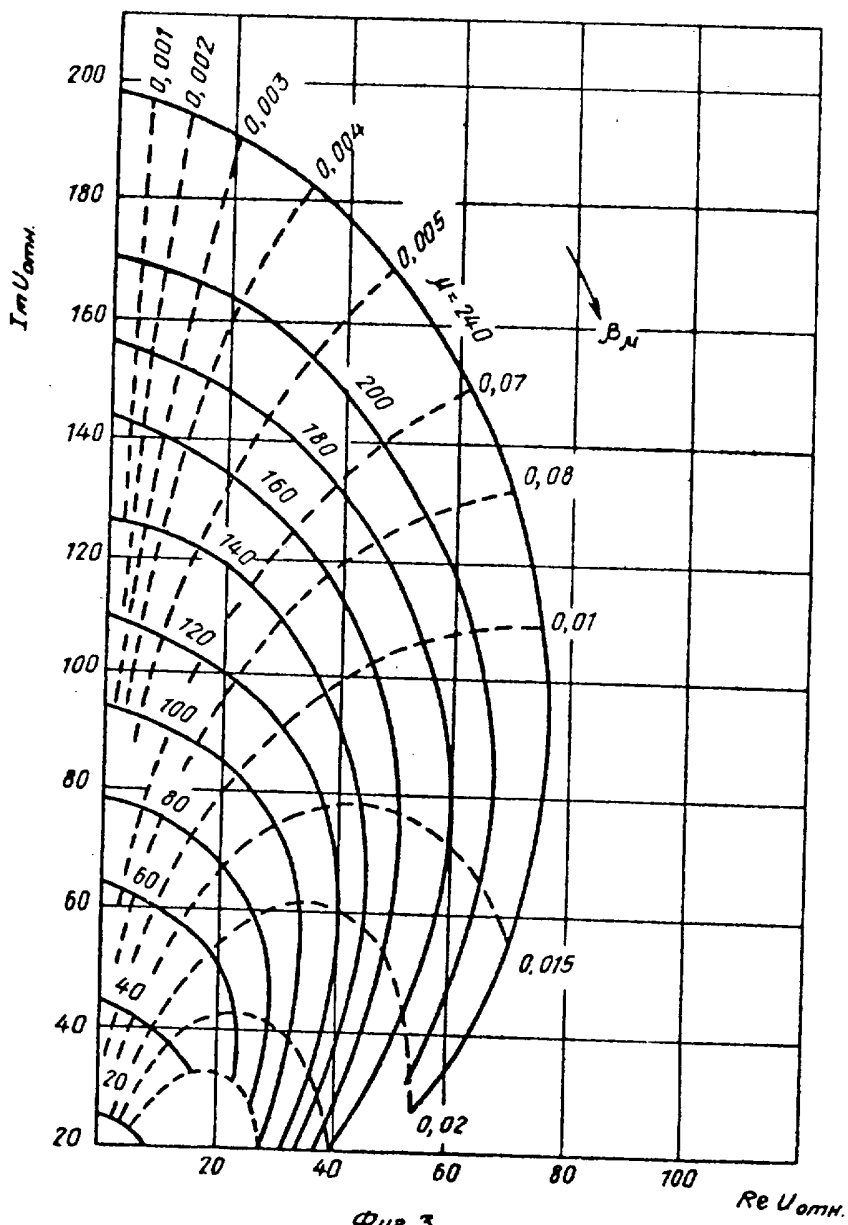
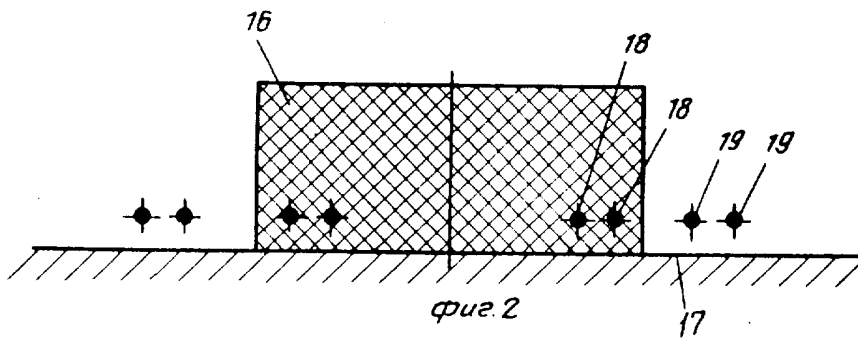
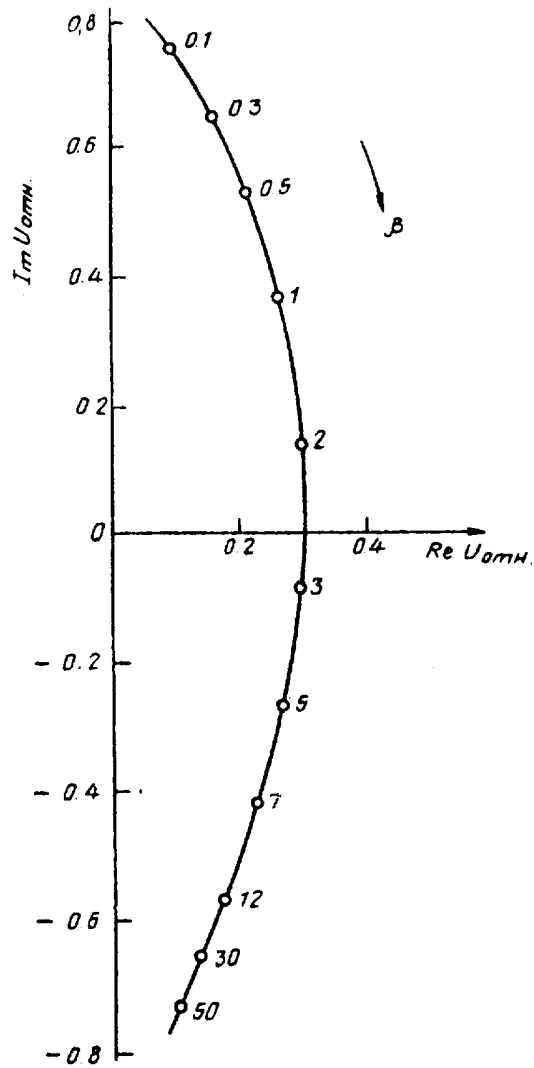


Fig. 1





Фиг. 4

Редактор С.Лисина                      Составитель В.Филинов  
 Техред И.Гайдох                      Корректор С.Шекмар

Заказ 4402/38

Тираж 778

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г.Ужгород, ул.Проектная, 4