

СПОСОБ ОТСТРОЙКИ ОТ ЗАЗОРА И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПРИ ВИХРЕТОКОВОЙ ТОЛЩИНОМЕРИИ

Май Хиу Хиеу
Mai Huy Hieu

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: Huyhieu87@gmail.com

В работе проведён анализ состава вихретоковых методы контроля и способ уменьшение влияния электропроводности и зазора. Также в статье использованы различные методы, для уменьшение влияния электропроводности при контроле толщины изделий вихретоковыми преобразователями
(In the paper was showed an analysis of composition of the current testing methods and the way to decrease the influence of the electrical conductivity and the gap. The article also used a variety of techniques for reducing the influence of the electrical conductivity in the thickness control products eddy current probes.)

Ключевые слова:

Вихретоковый контроль накладными преобразователями, зазор, толщиномер, способ, электропроводность.

(Eddy current control with overlaid transducers, gap, thickness meter, electrical conductivity.)

При измерении толщины (ВТП) зависимости от многих факторов (зазор, μ_a - абсолютная магнитная проницаемость, σ - удельная электрическая проводимость, ω - круговая частота тока возбуждения, R_b - радиус обмотки возбуждения...). Наибольшее влияние оказывают зазор и электропроводность. Практически изменение электропроводности материала связано с изменением химического состава контролируемых изделий и температуры окружающей среды.

Для исключения влияния изменений удельной электропроводности в вихретоковых толщиномерах вводят дополнительный канал измерения проводимости, который осуществляет корректировку показаний толщиномера. Рабочая частота дополнительного канала выбирается более высокой, чтобы изменение толщины контролируемого изделия не оказывало существенного влияния.

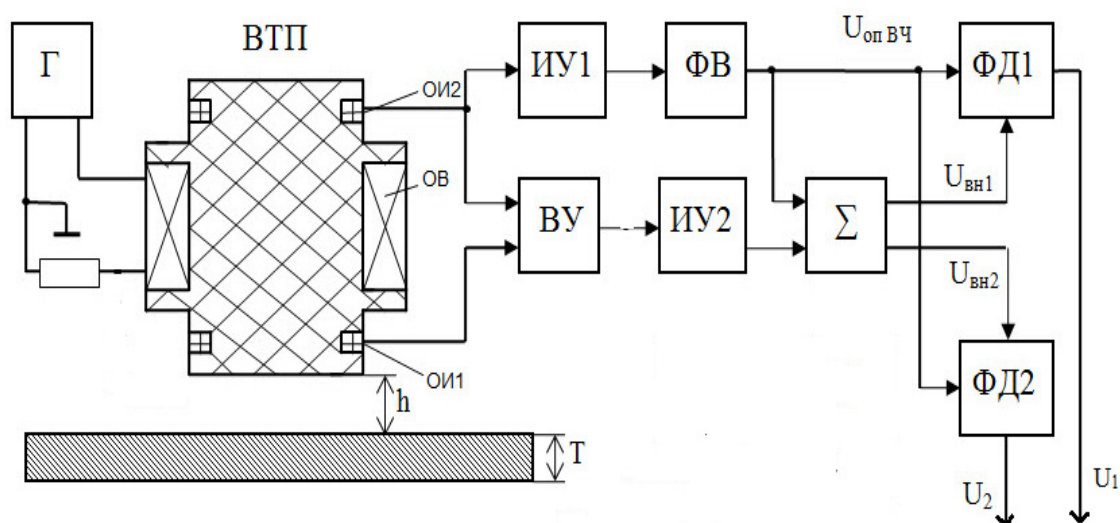


Рис. 1. Структурная схема измерителя электропроводности с двумя поддиапазонами фазовой отстройки от влияния зазора

Г – генератор; ВТП – вихретоковый преобразователь; ИУ – избирательный усилитель;

ВУ – вычитающее устройство; ФВ – фазовращатель; ФД – фазовый детектор

Первый способ будет получать дополнительные напряжения (U_3, U_4, U_5), для уменьшить количество ошибок и получить более точные результаты.

Для более равномерной характеристики вычисляются сигналы $U_3 - U_5$:

$$U_3 = 0,5(U_1 + U_2) + u_{12}$$

$$U_4 = 0,5(U_2 + U_3) + u_{23}$$

$$U_5 = 0,5(U_2 + U_4) + u_{24}$$

Добавочные значения напряжений u_{12}, u_{23} и u_{24} выбираются из условия равенства максимальных значений напряжений $U_1 - U_5$. Выбор максимального значения $U_{\max}$ из всех пяти напряжений осуществляется на программном уровне. При номинальной электропроводности максимальные значения напряжений $U_1 - U_5$ равны. С изменением электропроводности появляется зависимость напряжений $U_{\max}$ от зазора (рис. 2), при этом появляется разность напряжений $\Delta U_{\max}$. [1]

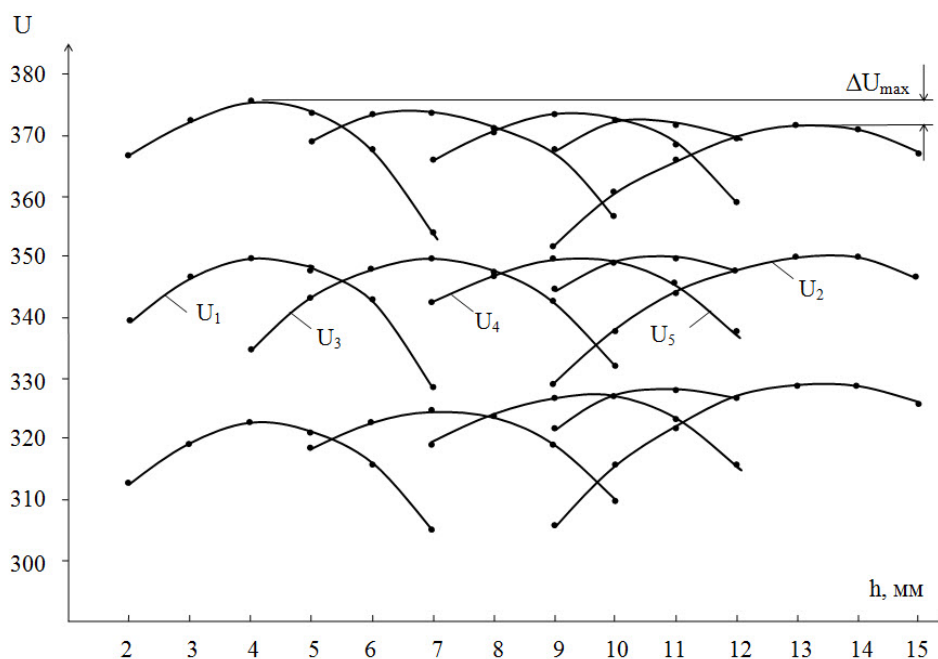


Рис. 2. Зависимость напряжений $U_1 - U_5$ от зазора h при трех фиксированных значениях электропроводности контрольного образца

Для уменьшения этой зависимости величина электропроводности объекта контроля определяется из соотношения

$$U_{\sigma} = U_{\max} + \frac{(U_{\max} - U_0)(h - 4)}{h_{\max} - 4},$$

где $h_{\max} = 13 \text{ mm}$

U_0 – номинальное значение удельной электропроводности.

Второй способ для нахождения уравнение U_1 и U_2 чтобы найти $U_{\max}$ расчет.

Выходные напряжения фазовых детекторов ФД1 и ФД2 (U_1 и U_2) при измерения зазора.

Таблица 1. Зависимость напряжений U_1 от зазора h

$h_{\text{тек}}$	1	2	3	4	5	6	7	8
h	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
U_1	207	219	227	231	228	224	210	196
$U_{\text{Max}(1)} \text{ расчет}$	228	228.32	229.32	231	230.33	233.33	231	233

График (Рис.4) показывает, что уравнение U_1 и U_2 имеет следующие вид параболы :
 $y = ax^2 + C$

Определить выражение U_1 ; $U_1 = ax^2 + C$

(где $x=h$; $C=U_{\max}$; $y=U_1$. текущее значение напряжения при определение зазора)

Коэффициент a : $C = ah^2 + U_1$ ($h=h_{\text{текущий}} - 4 \text{ мм}$ - это зазор при котором U_1 принимает максимальное значение).

Находим коэффициенты a , C :

Когда $U_1(3)=210 \Rightarrow a = \frac{U_1(0) - U_1(3)}{9 - 0} = \frac{231 - 210}{9} = 2.33$ и $C=231 \Rightarrow U_{\max(1)} \text{ расчет} = 2.33 \cdot h^2 + U_1$

Аналогично U_2 : $U_2 = -0.78(h_{\text{тек}} - 13)^2 + 232 \Rightarrow U_{\max} \text{ расчет} = 0.78 \cdot h^2 + U_2$

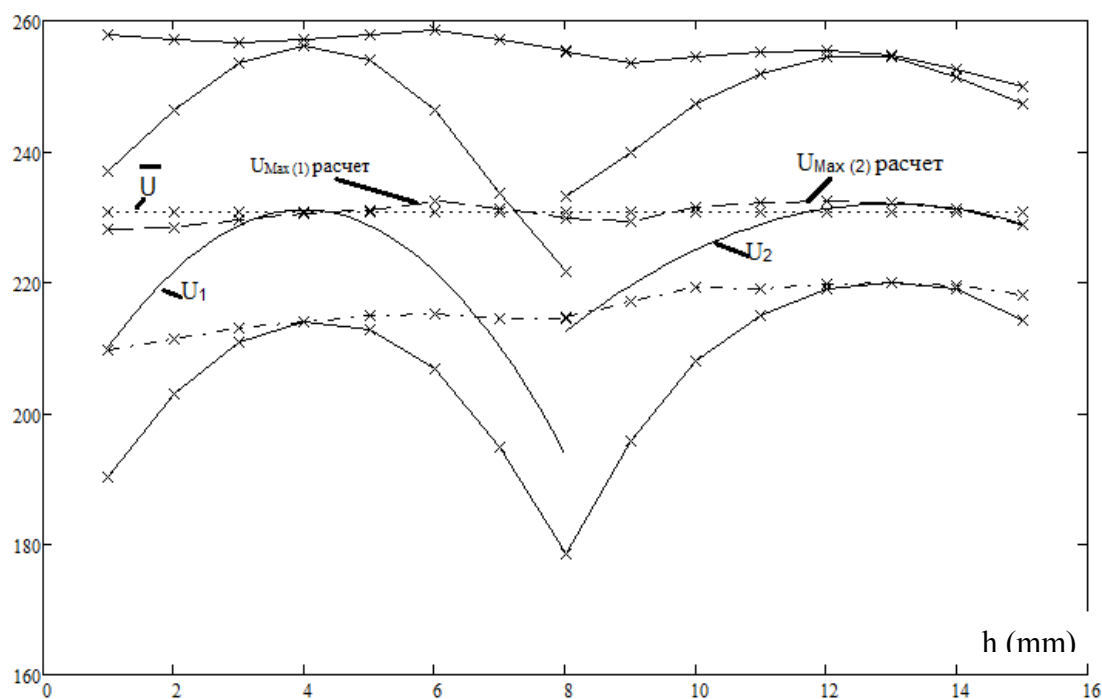


Рис. 4. Зависимость выходных напряжений фазовых детекторов и $U_{\max}$ расчет от зазора h при трех фиксированных значениях электропроводности контрольного образца

Видно, что получит очень хорошие результаты, с погрешностью менее 1.15%.

При $h < 4$ второй способ дает результаты намного лучшие, чем первый способ. При $10 < h < 13$ первый способ дает результаты немного лучшие. На остальных промежутках оба способа дают одинаковый результат. В общем результаты второго метода более стабильны и точны. Поэтому автор советует использовать второй способ для нахождения $U_{\max}$.

Изменения в трех различных значениях толщины, полученный зависимость между зазором и разностью ΔU (где $\Delta U = U_2 - U_1$)

Таблица 2. Зависимость разности напряжений ΔU от зазора h

$h(\text{mm})$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\Delta U(7.9 \text{ mm})$	-134	-123	-111	-98	-79	-59	-42	-12	11	39	82	116	162	206	253	316
$\Delta U(5.1 \text{ mm})$	-135	-124	-111	-99	-79	-61	-43	-12	12	41	81	116	162	207	255	325
$\Delta U(9.8 \text{ mm})$	-135	-123	-110	-97	-78	-60	-40	-11	17	44	86	119	168	211	258	324
$\Delta U \text{ средние}$	-135	-123	-111	-98	-79	-60	-42	-12	13	41	83	117	164	208	255	320

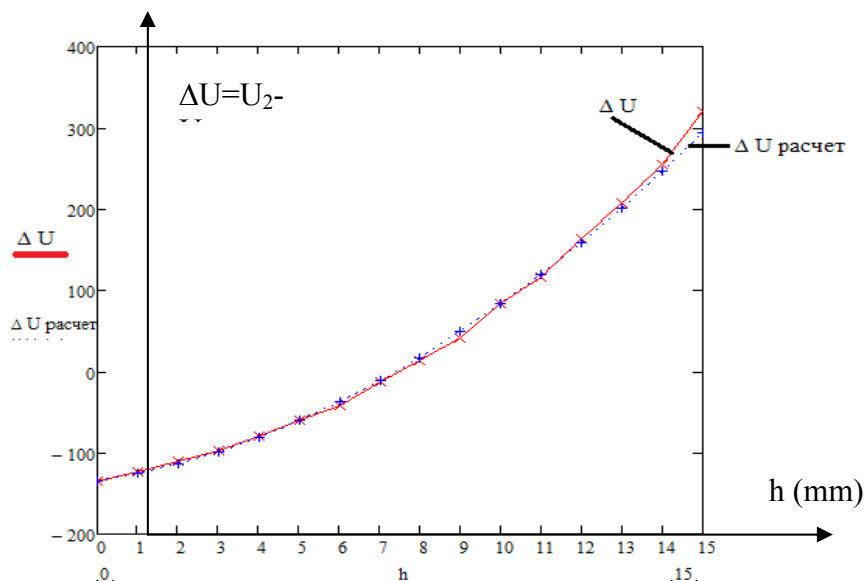


Рис. 3. Зависимость разности напряжений ΔU и ΔU расчет от зазора h

В отличие от напряжений U_1 и U_2 разность ΔU этих напряжений монотонно возрастает во всем диапазоне зазоров (от 1 мм до 15 мм). При небольших изменениях электропроводности ($\pm 20\%$). От изменения напряжения ΔU можно определить зазор.

ΔU можно описать квадратным уравнением: $\Delta U = ah^2 + bh + c$.

Находим коэффициенты a , b , c .

Где $\Delta U = U_2 - U_1$ – разности напряжения ΔU ; h – зазор c – const

$$\text{из рис (3): } \begin{cases} \Delta U(0) = a \cdot 0 + b \cdot 0 + c = -135 \\ \Delta U(5) = a \cdot 5^2 + b \cdot 5 + c = -60 \\ \Delta U(10) = a \cdot 10^2 + b \cdot 10 + c = 83 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} c = -135 \\ 25a + 5b = 75 \\ 100a + 10b = 218 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} c = -135 \\ b = 8.2 \\ a = 1.36 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta U = 1.36h^2 + 8.2h - 135 \text{ как } 1.36h^2 + 8.2h - (135 + \Delta U) = 0$$

Для решения квадратного уравнения можно использовать формулы:

$$D = b^2 - 4ac.$$

$$h_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$$

Зазор h можно определить из выражения:

$$h = \frac{-8.2 + \sqrt{67.24 + 5.44 \cdot (135 + \Delta U)}}{2.72}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Май Хуи Хиеу. Уменьшение влияния электропроводности при контроле толщины изделий вихретоковыми преобразователями // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов: сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции: в 2 т., Томск, 24-26 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 1 - С. 292-295.