

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВЕЛИЧИН К ФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ОБЪЕКТА ПРИ КОНТРОЛЕ ИМПУЛЬСНЫМ ВИХРЕТОКОВЫМ СПОСОБОМ

Яцун А. М.

Львовский национальный аграрный университет

*Проанализированы чувствительности вихретокового преобразователя накладного типа и даны рекомендации относительно рационального отбора информации о параметрах объекта контроля.*

**Постановка проблемы.** Для контроля геометрических размеров и физико-механических параметров электропроводных материалов, деталей, изделий и конструкций используют методы и средства электромагнитного контроля. Исследование и разработка средств неразрушающего контроля материалов и изделий импульсным вихретоковым методом включают вопрос чувствительности информативных величин к соответствующим размерам и параметрам. В случае первичного преобразователя параметрического типа информативной величиной часто служит напряжение на нем после выключения первичной измерительной цепи с конденсатором от источника постоянного напряжения, когда возникают в цепи собственные затухающие колебания, которые периодически повторяются при питании цепи преобразователя импульсами прямоугольной формы (от мультивибратора). При этом актуальным является исследование чувствительности переходного напряжения на первичном преобразователе к параметрам объекта контроля с целью выявления оптимальных моментов времени для отбора и разделения многопараметровой информации. Ограничимся здесь напряжением на обмотке возбуждения.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В литературе [1] обоснована форма напряжения питания и тока в обмотке возбуждения вихретокового преобразователя, дана оценка характера коммутации и определены основные величины первичной измерительной цепи для выделения полезной информации об объекте контроля на возбуждающей и измерительной обмотках. В литературе [2] получено выражение в операторной форме для напряжения на обмотке возбуждения накладного экранированного кольцевого первичного преобразователя прямоугольного поперечного пересечения над проводящей пластиной после выключения первичной измерительной цепи с конденсатором от источника постоянного напряжения.

**Цель статьи.** Выполнение анализа чувствительностей вихретокового преобразователя накладного типа с формированием рекомендаций относительно оптимальных моментов для отбора информации о параметрах объекта контроля.

**Основные материалы исследования.** Переходное напряжение на обмотке возбуждения первичного преобразователя прямоугольного поперечного сечения над проводящей пластиной аппроксимировано выражением

$$u_1(t) = U_{1m} e^{-\delta t} \sin(\omega t + \beta). \quad (1)$$

Погрешность от аппроксимации не превышает 0,15 %.

На рис. 1–8 представлены (в логарифмическом масштабе по оси абсцисс) результаты расчетов в программной среде MathCAD чувствительности круговой частоты, коэффициента затухания, амплитуды и начальной величины переходного напряжения на обмотке возбуждения накладного экранированного кольцевого первичного преобразователя (датчика) прямоугольного поперечного сечения над проводящей пластиной к ее магнитной проницаемости и электрической проводимости при питании первичной измерительной цепи периодическими импульсами прямоугольной формы величиной в 1 В. Эти расчеты выполнены для таких значений параметров и геометрических размеров (размеры даны в м):  $W_1 = 1000$  – количество витков преобразователя;  $R = H = 0,1$  – радиус и высота цилиндрического экрана;  $d_1 = 0,05$  – расстояние от пластины (объекта контроля) к верхнему диску экрана;  $d_2 = d = 0,01$  – толщина пластины;  $d_3 = 0,04$  – расстояние от пластины к нижнему диску экрана;  $r_1 = 0,015$  – внутренний радиус преобразователя;  $a_1 = b_1 = 0,01$  – размеры поперечного сечения кольцевого преобразователя;  $D = 0,005$  – расстояние между датчиком и объектом контроля. Параметры элементов первичной измерительной цепи [1]:  $R_1 = 100$  Ом – активное сопротивление обмотки преобразователя;  $R_d = 1000$  Ом – активное сопротивление, включенное последовательно с преобразователем;  $C1 = 10^{-8}$  Ф – емкость конденсатора, включенного параллельно преобразователю.

**Выводы.** Из результатов расчетов, представленных на рис. 1 и рис. 2, можно сделать вывод, что зависимость круговой частоты собственных затухающих колебаний переходного напряжения от относительной магнитной проницаемости и удельной электрической проводимости имеет однозначный и монотонный характер, причем с увеличением магнитной проницаемости частота падает, а с увеличением электрической проводимости – растет. Поэтому частота затухающих колебаний может служить информативной величиной при контроле магнитной проницаемости и электрической проводимости.

Коэффициент затухания можно использовать в качестве информативной величины для оценки магнитной проницаемости ферромагнитных материалов и изделий (рис. 3), когда  $\mu_r \geq 150$ .

Информативной величиной для определения электрической проводимости ферромагнитных объектов контроля может быть и коэффициент затухания (рис. 4), если  $\gamma < 3,5 \cdot 10^5$  МСм/м.

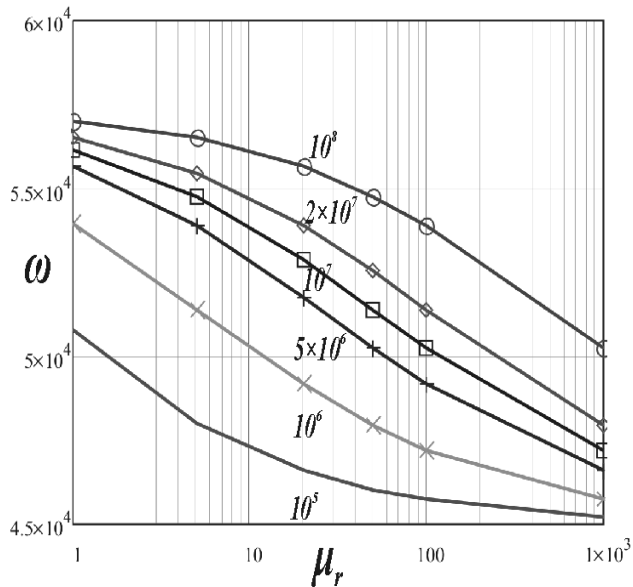


Рисунок 1 – Зависимость частоты переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости  $\gamma$  (МСм/м):  
 —  $10^5$ ;  $\times\times\times\times$   $10^6$ ;  $++++$   $5 \cdot 10^6$ ;  
 $\square\square\square$   $10^7$ ;  $\diamond$   $2 \cdot 10^7$ ;  $\circ$   $10^8$

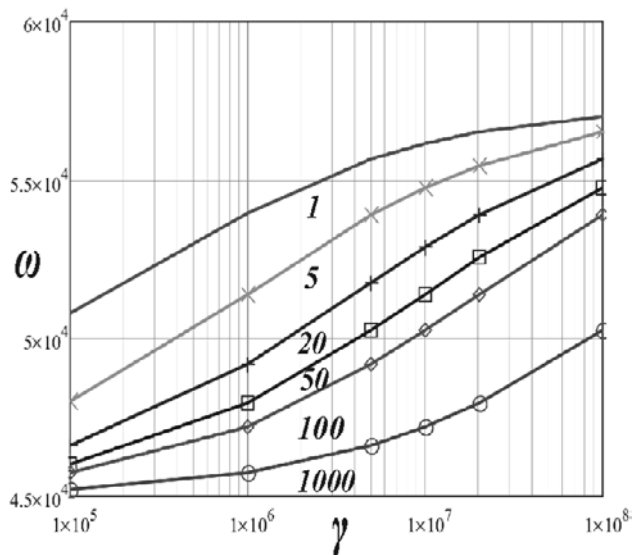


Рисунок 2 – Зависимость частоты переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости  $\mu_r$ :  
 —  $1$ ;  $\times\times\times\times$   $5$ ;  $++++$   $20$ ;  
 $\square\square\square$   $50$ ;  $\diamond$   $100$ ;  $\circ$   $1000$

Амплитуда переходного напряжения датчика чувствительна к магнитной проницаемости в области  $\mu_r \leq 20$  и менее чувствительна – в области  $\mu_r \geq 100$ , а в области  $20 \leq \mu_r \leq 100$  – слабо чувствительна к магнитной проницаемости и может использоваться

для "отстраивания" от нее при контроле электрической проводимости, что видно из рис. 5 и рис. 6.

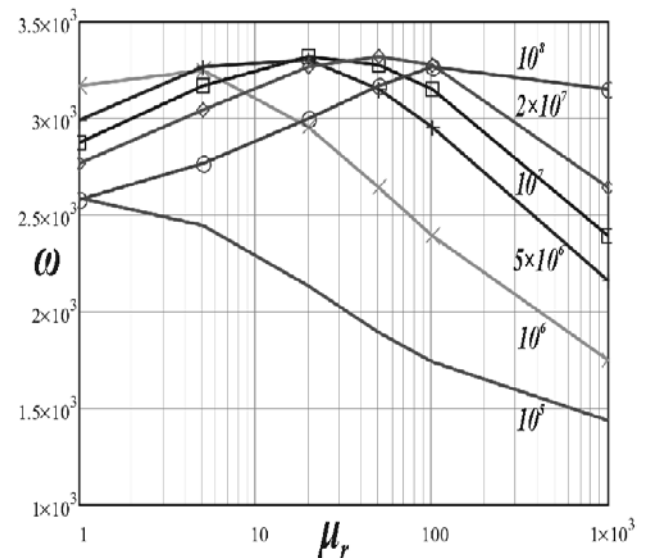


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента затухания переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости  $\gamma$  (МСм/м):  
 —  $10^5$ ;  $\times\times\times\times$   $10^6$ ;  $++++$   $5 \cdot 10^6$ ;  
 $\square\square\square$   $10^7$ ;  $\diamond$   $2 \cdot 10^7$ ;  $\circ$   $10^8$

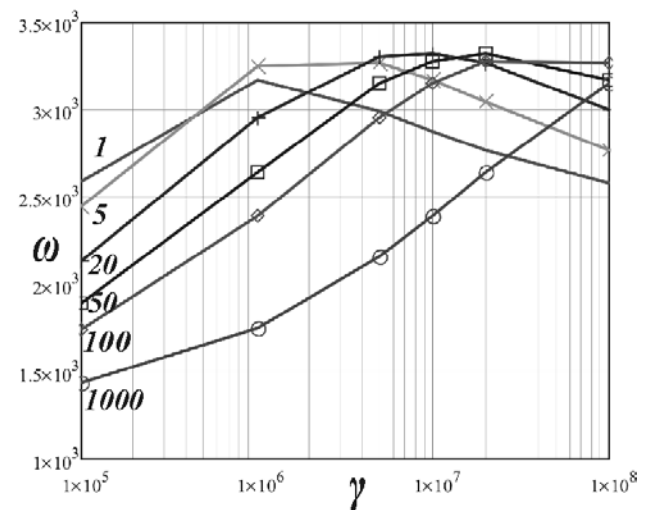


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента затухания переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости  $\mu_r$ :  
 —  $1$ ;  $\times\times\times\times$   $5$ ;  $++++$   $20$ ;  
 $\square\square\square$   $50$ ;  $\diamond$   $100$ ;  $\circ$   $1000$

Начальная величина переходного напряжения датчика  $U_{10} = U_{1m} \sin \beta$  (рис. 7 и рис. 8) мало информативна. Она может использоваться только для приближенной оценки величины электрической проводимости неферромагнитных объектов контроля или магнитной проницаемости ферромагнитных материалов и изделий с высокими магнитными свойствами  $\mu_r \geq 500$ .

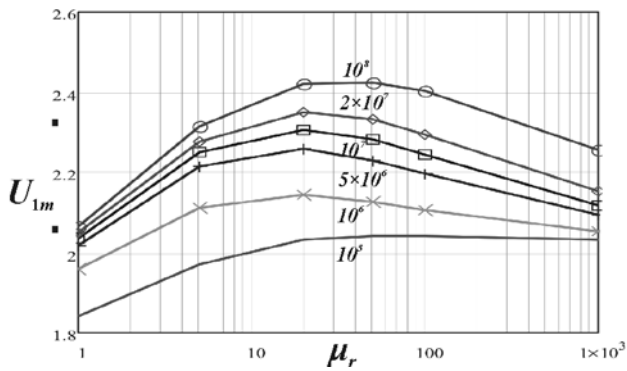


Рисунок 5 – Зависимость амплитуды переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости  $\gamma$  (МСм/м):  
 — — — — —  $10^5$ ;  $\times\times\times\times$  —  $10^6$ ;  $\text{++++}$  —  $5 \cdot 10^6$ ;  
 $\square\square\square$  —  $10^7$ ;  $\text{---}\diamond\text{---}$  —  $2 \cdot 10^7$ ;  $\text{---}\circ\text{---}$  —  $10^8$

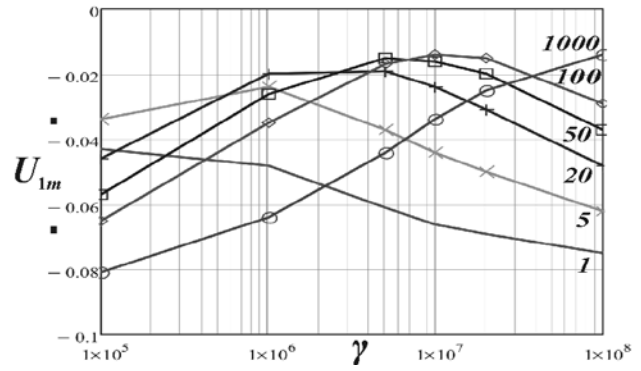


Рисунок 8 – Зависимость начальной величины переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости  $\mu_r$ :  
 — — — — — 1;  $\times\times\times\times$  — 5;  $\text{++++}$  — 20;  
 $\square\square\square$  — 50;  $\text{---}\diamond\text{---}$  — 100;  $\text{---}\circ\text{---}$  — 1000

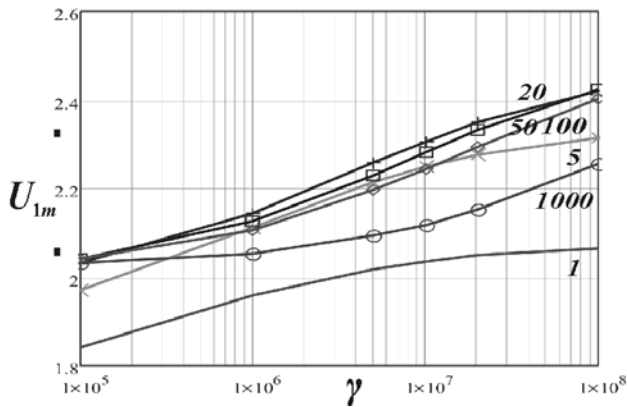


Рисунок 6 – Зависимость амплитуды переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости  $\mu_r$ :  
 — — — — — 1;  $\times\times\times\times$  — 5;  $\text{++++}$  — 20;  
 $\square\square\square$  — 50;  $\text{---}\diamond\text{---}$  — 100;  $\text{---}\circ\text{---}$  — 1000

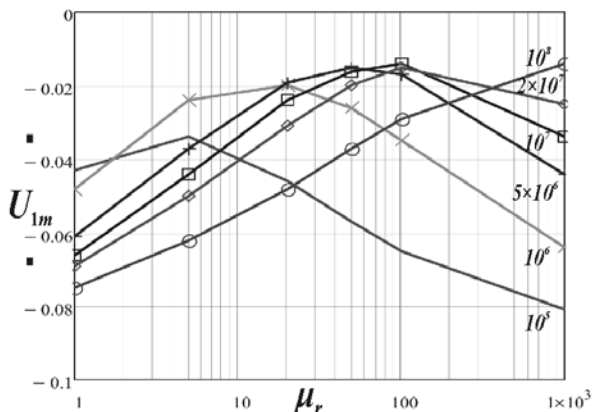


Рисунок 7 – Зависимость начальной величины переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости  $\gamma$  (МСм/м):  
 — — — — —  $10^5$ ;  $\times\times\times\times$  —  $10^6$ ;  $\text{++++}$  —  $5 \cdot 10^6$ ;  
 $\square\square\square$  —  $10^7$ ;  $\text{---}\diamond\text{---}$  —  $2 \cdot 10^7$ ;  $\text{---}\circ\text{---}$  —  $10^8$

### Список использованных источников

1. Яцун М. Виділення інформації вихрострумове-го перетворювача на елементах первинного вимірювального кола у переходному режимі / М. Яцун, А. Яцун // Теоретична електротехніка – 2005. – Вип. 58. – С. 183–188.
2. Яцун М. А. Разработка теории экранированных вихретоковых преобразователей и их применение для контроля труб нефтяного сортамента : дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук: 05.02.11: защищена 03.11.83 : утв. 23.11.84 / Яцун Михаил Андреевич. – Ивано-Франковск, 1983. – 374 с. – Библиограф. с. 312–336.

### Анотація

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВОСТЕЙ ІНФОРМАТИВНИХ ВЕЛИЧИН ДО ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА ПРИ КОНТРОЛІ ІМПУЛЬСНИМ ВИХРОСТРУМОВИМ МЕТОДОМ

Яцун А. М.

*Проаналізовані чутливості вихрострумове-го перетворювача накладного типу та подані рекомендації стосовно раціонального відбору інформації про параметри об'єкта контролю.*

### Abstract

#### RESEARCH OF SENSITIVITIES OF INFORMATION VALUES TO PHYSICAL PARAMETERS OF OBJECT AT CONTROL IN THE PULSE VORTEX-CURRENT WAY

A. Yatsun

*Are analyzed the sensitivities of the vortex-current transformer of laid on type and recommendations of rather rational selection of information on parameters of object of control are made.*