

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.

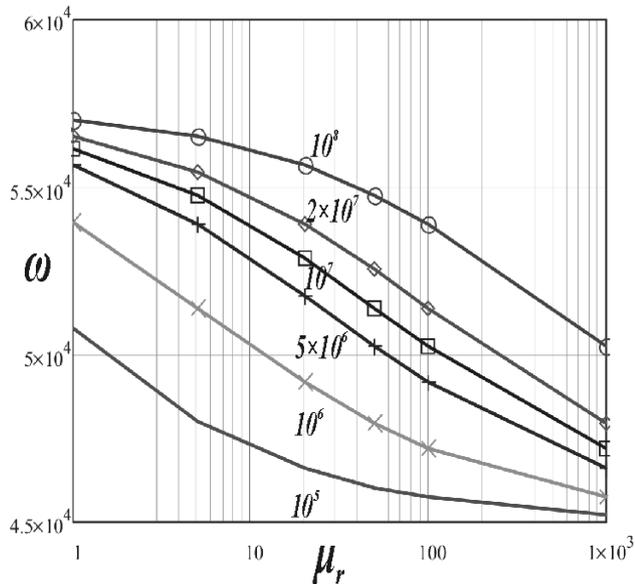


Рисунок 1 – Зависимость частоты переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости γ (МСм/м):
 — 10^5 ; $\times \times \times \times$ — 10^6 ; $+++$ — $5 \cdot 10^6$;
 $\square \square \square$ — 10^7 ; \diamond — $2 \cdot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

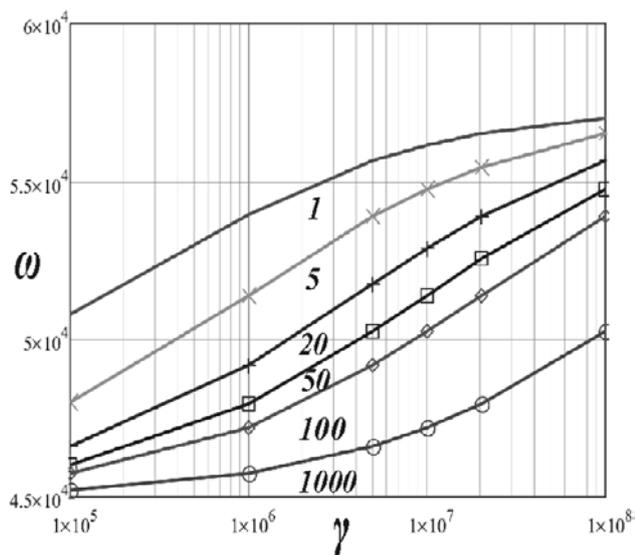


Рисунок 2 – Зависимость частоты переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости μ_r :
 — 1; $\times \times \times \times$ — 5; $+++$ — 20;
 $\square \square \square$ — 50; \diamond — 100; $\circ \circ \circ$ — 1000

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.

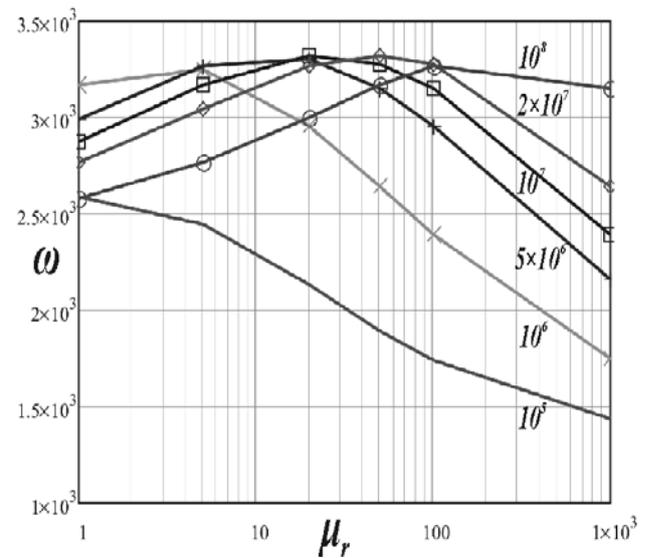


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента затухания переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости γ (МСм/м):
 — 10^5 ; $\times \times \times \times$ — 10^6 ; $+++$ — $5 \cdot 10^6$;
 $\square \square \square$ — 10^7 ; \diamond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

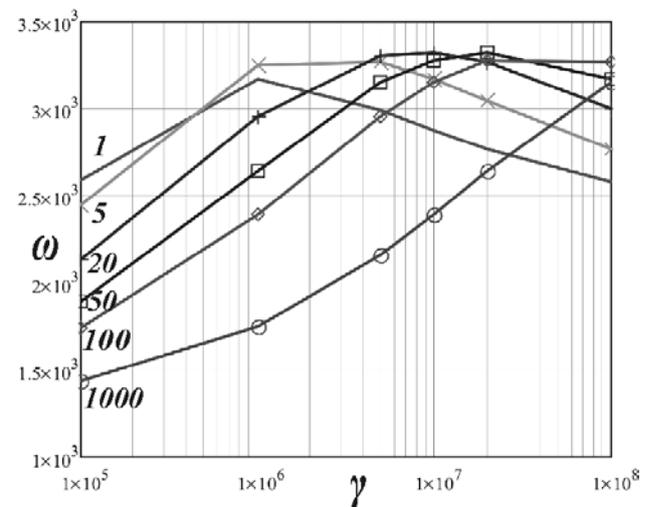


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента затухания переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости μ_r :
 — 1; $\times \times \times \times$ — 5; $+++$ — 20;
 $\square \square \square$ — 50; \diamond — 100; $\circ \circ \circ$ — 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 $\mu_r \geq 500$.

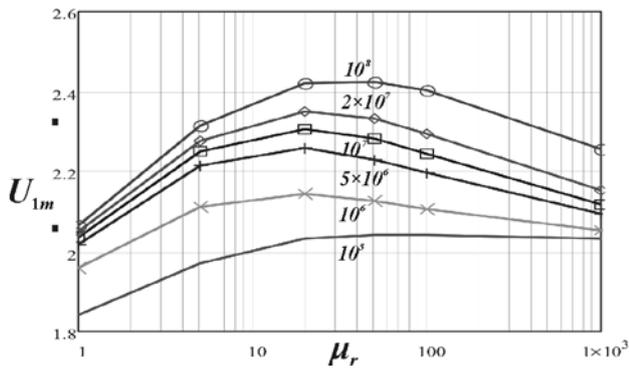


Рисунок 5 – Зависимость амплитуды переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости γ (МСм/м):
 — — — — — 10^5 ; $\times\times\times\times$ — 10^6 ; ++++ — $5 \cdot 10^6$;
 $\square\square\square$ — 10^7 ; $\text{---}\diamond\text{---}$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

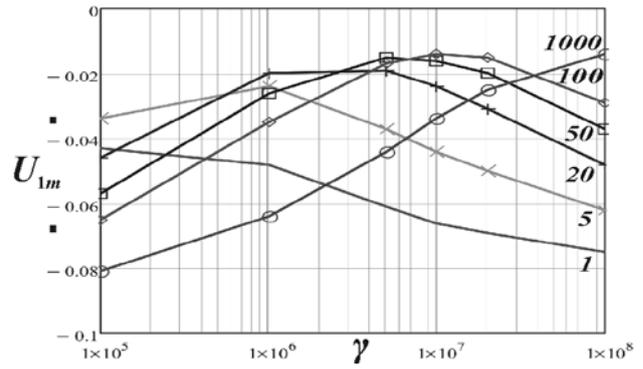


Рисунок 8 – Зависимость начальной величины переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости μ_r :
 — — — — — 1 ; $\times\times\times\times$ — 5 ; ++++ — 20 ;
 $\square\square\square$ — 50 ; $\text{---}\diamond\text{---}$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

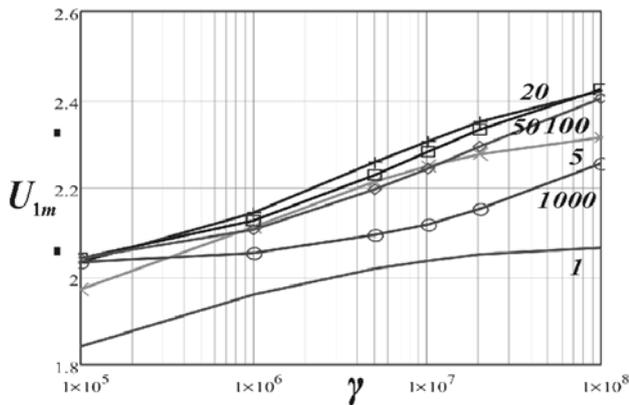


Рисунок 6 – Зависимость амплитуды переходного напряжения датчика от удельной электрической проводимости при разных значениях относительной магнитной проницаемости μ_r :
 — — — — — 1 ; $\times\times\times\times$ — 5 ; ++++ — 20 ;
 $\square\square\square$ — 50 ; $\text{---}\diamond\text{---}$ — 100 ; $\text{---}\circ\text{---}$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

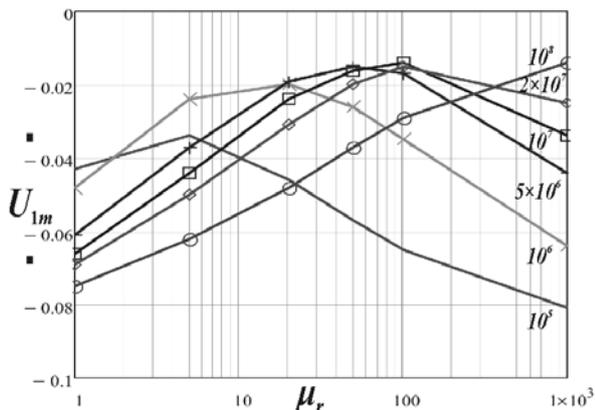


Рисунок 7 – Зависимость начальной величины переходного напряжения датчика от относительной магнитной проницаемости при разных значениях удельной электрической проводимости γ (МСм/м):
 — — — — — 10^5 ; $\times\times\times\times$ — 10^6 ; ++++ — $5 \cdot 10^6$;
 $\square\square\square$ — 10^7 ; $\text{---}\diamond\text{---}$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