

Кузьяев Д.Р., Пудовкин А.П.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ПРИ КОНТРОЛЕ ВИХРЕТОКОВЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(damirkuzjaev@gmail.com)

Вихретоковые методы находят все более широкое применение для контроля качества продукции и измерения различных параметров (геометрических и электрофизических) объектов во время их движения. Поскольку скорости движения контролируемых объектов могут быть велики (до 1000 м/с), возникающие в них от скоростного эффекта дополнительные вихревые токи оказывают существенное влияние на измеряемые сигналы. Скоростной эффект является мешающим фактором при электромагнитном контроле. Однако он может быть полезным при измерении скорости и длины [1]. Поэтому скоростной эффект нужно учитывать при разработке эффективного метода контроля.

Скоростной эффект проявляется в том, что точка годографа смещается из статического положения, соответствующее неподвижности объекта контроля (ОК) и вихретокового преобразователя (ВТП), в положение зависящее от величины скорости (рис.1).

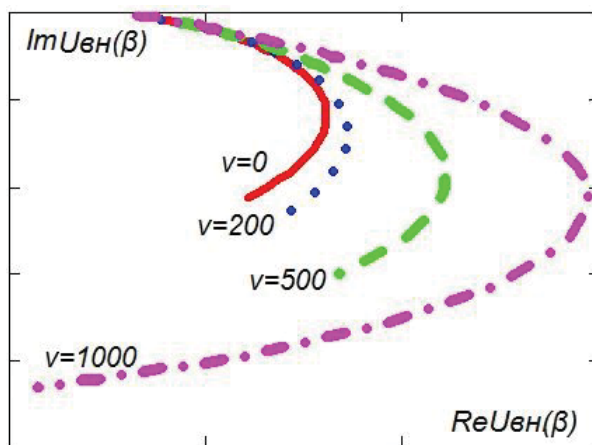


Рис. 1 Годографы комплексного вносимого напряжения ВТП при движении ОК

При контроле накладным ВТП с тремя катушками движущихся многослойных материалов представляет практический интерес анализ вносимых параметров.

Ниже приведено выражение комплексного вносимого напряжения

$$U_{вн} = j \cdot \mu_0 \cdot W_g \cdot W_u \cdot \omega \cdot I \cdot R_1 \cdot \pi \cdot \int_0^{\infty} \varphi_{OK} \cdot e^{-xh1} \times J_1 \left( x \cdot \frac{R_g}{R_u} \right) \times J_1 \left( x \cdot \frac{R_u}{R_g} \right) dx -$$

$$- j \cdot \mu_0 \cdot W_g \cdot W_k \cdot \omega \cdot I \cdot R_2 \cdot \pi \cdot \int_0^{\infty} \varphi_{OK} \cdot e^{-xh2} \times J_1 \left( x \cdot \frac{R_g}{R_k} \right) \times J_1 \left( x \cdot \frac{R_k}{R_g} \right) dx,$$

Влияние скоростного эффекта проявляется в изменении обобщенного параметра для функции влияния объекта контроля [2]

$$q = \sqrt{x^2 - j \cdot \beta^2 \cdot \left(1 - \frac{x \cdot v \cdot \sin \phi}{\omega}\right)},$$

где  $v$  – скорость движения объекта контроля под ВТП.

Тогда формула комплексного вносимого напряжения ВТП с учетом скорости примет вид

$$U_{\text{вн}} = j \cdot \mu_0 \cdot W_g \cdot W_u \cdot \omega \cdot I \cdot R_1 \cdot \pi \cdot \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} \varphi_{\text{ОК}} \cdot e^{-xh1} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_g}{R_u}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_u}{R_g}\right) dx d\phi -$$

$$- j \cdot \mu_0 \cdot W_g \cdot W_k \cdot \omega \cdot I \cdot R_2 \cdot \pi \cdot \int_0^{\pi/2} \int_0^{\pi/2} \varphi_{\text{ОК}} \cdot e^{-xh2} \times J_1\left(x \cdot \frac{R_g}{R_k}\right) \times J_1\left(x \cdot \frac{R_k}{R_g}\right) dx d\phi.$$

Полученные выражения позволяют получить действительную и мнимую составляющую комплексного вносимого напряжения ВТП при движении ОК.

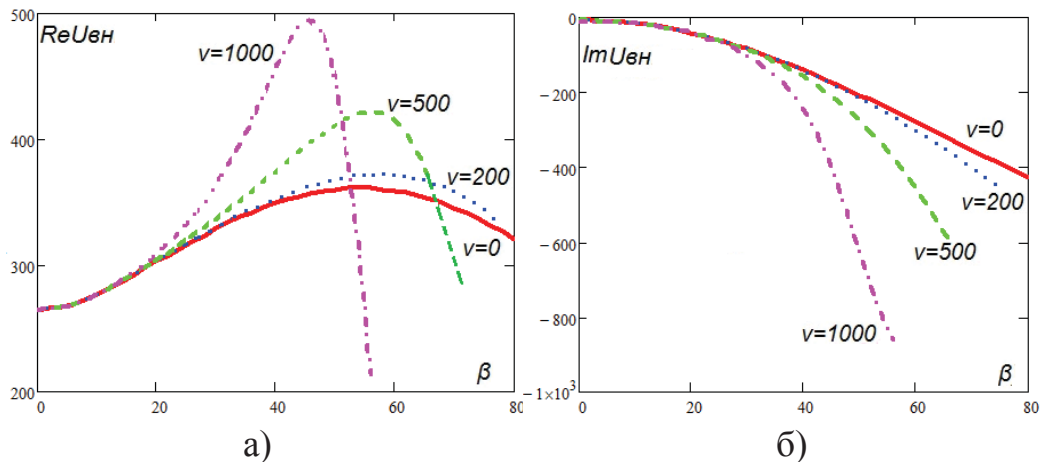


Рис. 2 Влияние обобщенного параметра при различных скоростях движения объекта контроля на действительную (а) и мнимую (б) составляющую комплексного вносимого напряжения вихретокового преобразователя

Рост величины  $\beta$  ведет к увеличению искажения статического годографа за счет движения объекта контроля. Однако при  $\beta < 30$  искажения незначительны. Эта особенность позволит уменьшить влияние скорости, корректируя значения  $\beta = R_g \sqrt{\omega \cdot \mu_0 \cdot \mu \cdot \sigma}$ . Это обстоятельство объясняет целесообразность введения обобщенного параметра скорости

$$v = \frac{v}{R_g \cdot \omega}.$$

Также можно отметить, что малым значениям скорости  $v$  отвечает уменьшенное искажения годографа.

### Библиографический список

1. Гынгазова Г.С., Миляев Д.В. Разработка измерителя длины немагнитных протяженных изделий вихретоковым методом. Информационно-измерительная техника и технологии: материалы III Научно-практической конференции/ Под ред. А.В. Юрченко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – с.172-183
2. Ключев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В 2-х книгах. Под ред. В.В. Ключева. Кн. 2 – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. –352с.

*Кузьяев Д.Р., Пудовкин А.П.*

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Россия, г. Тамбов  
(e-mail: damirkuzjaev@gmail.com)

Существует множество вариантов конструкции вихретоковых преобразователей (ВТП) для контроля различных объектов. Плоские многослойные материалы контролируются в основном накладными ВТП, состоящие из двух катушек [1, с. 410].

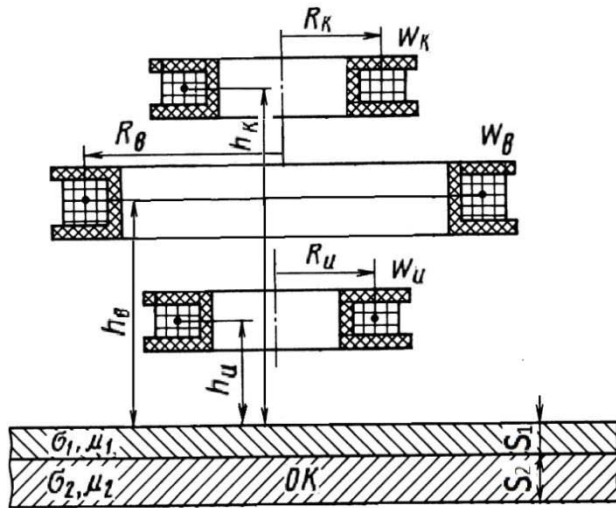


Рис. 1 Модель взаимодействия ВТП с ОК

В данной работе рассмотрим математическую модель взаимодействия ВТП, состоящего из трех катушек: возбуждающей  $W_b$ , измерительной  $W_u$  и компенсационной  $W_k$ , с объектом контроля (ОК). Катушки  $W_u$  и  $W_k$  идентичны по параметрам и включены последовательно встречно. Поэтому можно

считать, что вносимое суммарное напряжение равно

$$U_{вн} = U_{вн2} - U_{вн3},$$

где  $U_{вн2}$  – вносимое напряжение на измерительной катушке;  $U_{вн3}$  – вносимое напряжение на компенсационной катушке.

При отсутствии ОК вносимое напряжение равно нулю.