

# ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ НА ВЫХОДНОЙ СИГНАЛ АВТОГЕНЕРАТОРНОГО ДЕФЕКТОСКОПА

В.М. Гречишников, Ю.С. Дмитриев, А.В. Сорочьев  
Самарский государственный аэрокосмический университет,  
г. Самара

В статье рассматривается влияние изменений ширины зазора и удельной электрической проводимости на частоту автогенерации вихревого дефектоскопа.

В автогенераторных дефектоскопах частота автоколебаний зависит не только от электронной части автогенератора, но и от параметров объекта контроля (ОК). Влияние параметров ОК проявляется через вносимые параметры в катушке вихретокового чувствительного элемента (ВТЧЭ). А вносимые параметры ВТЧЭ, в свою очередь, зависят от частоты автоколебаний. Таким образом, зависимость частоты автоколебаний от параметров ОК становится более сложной, чем в приборах с вынужденными колебаниями. Сложность анализа работы автогенераторных дефектоскопов объясняет факт недостаточного количества публикаций на эту тему. Предлагаемая статья – это первая попытка восполнить образовавшийся пробел.

В [1] было показано, что активное сопротивление ( $R_{ок}$ ) и индуктивность ( $L_{ок}$ ) контура вихревых токов в ОК могут быть определены по следующим формулам :

$$R_{ок} = \frac{0,85 \cdot d}{\sigma \cdot \delta^2}; L_{ок} = 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot d \cdot \left[ \ln\left(\frac{4d}{\delta}\right) - 1,75 \right],$$

где  $d = 1,65D + 2,25(H)$  - диаметр “пятна контроля” на поверхности ОК;

$D$  - средний диаметр обмотки катушки ВТЧЭ;

$H$  - ширина зазора между средним витком катушки ВТЧЭ и поверхностью ОК;

$\delta = \frac{D}{2} \cdot \left[ \sqrt{\mu \cdot \sigma \cdot \omega} \right]^{-1}$  - глубина проникновения вихревых токов в материал ОК [2];

$\omega$  - угловая частота вихревых токов;

$\sigma$  - удельная электрическая проводимость материала;

$\mu$  - магнитная проницаемость материала ОК.

Соответственно, вносимые активное сопротивление и индуктивность катушке ВТЧЭ будут описываться следующими соотношениями [1] :

$$R_{\text{вн}} = \omega L_0 \left[ 6,8 \cdot \exp\left(-\frac{6H}{D}\right) \right] \cdot \left[ \frac{R_{\text{ок}}}{\omega L_{\text{ок}}} + \frac{\omega L_{\text{ок}}}{R_{\text{ок}}} \right]^{-1};$$

$$L_{\text{вн}} = L_0 \cdot \exp\left(-\frac{6H}{D}\right) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{R_{\text{ок}}}{\omega L_{\text{ок}}} \right)^2 \right]^{-1},$$

где  $L_0$  - собственная индуктивность катушки ВТЧЭ.

Для резонансного колебательного контура, входящего в состав автогенераторного дефектоскопа [3] и состоящего из параллельно соединенных катушки ВТЧЭ и конденсатора с емкостью "С", угловая частота автоколебаний соответствует уравнению :

$$\omega^2 + \left( \frac{R_0 + R_{\text{вн}}}{L_0 - L_{\text{вн}}} \right)^2 - \frac{1}{[C \cdot (L_0 - L_{\text{вн}})]} = 0,$$

где  $R_0$  - собственное активное сопротивление катушки ВТЧЭ.

При изменении параметров ОК, частота автоколебаний изменяется, что приводит к изменению вносимых параметров в катушке ВТЧЭ. Производя итерационные вычисления до уровня расхождения двух соседних циклов итерации не более одного процента, определяем относительные приращения частоты при изменении ширины зазора.

Здесь принято :

$$\mu = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\Gamma_{\text{н}}}{\text{м}}; L_0 = 32 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}; R_0 = 27 \text{ Ом}; D = 0,003 \text{ м}.$$

Результаты определения относительных приращений частоты графически представлены на рис. 1 (здесь  $\omega_{\infty}$  - значение частоты автоколебаний при  $H = \infty$ ) и могут быть описаны следующим соотношением :

$$\delta\omega = 1 - \left( \sqrt{1 - \exp\left(-\frac{6H}{D}\right)} \right)^{-1}.$$

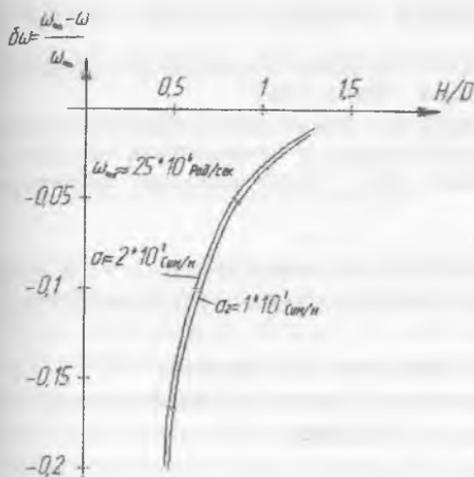


Рис. 1. Зависимость относительных приращений частоты от изменений ширины зазора и удельной электрической проводимости материала ОК

Графики, представленные на рис. 1, показывают :

а) зависимости  $\delta\omega$  от изменения  $\frac{H}{D}$  и  $\sigma$  имеют гиперболический

характер;

б) влияние изменений ширины зазора более сильное, чем влияние изменений удельной электрической проводимости материала ОК;

в) относительные изменения частоты ( $\delta\omega$ ) достаточно велики (до 20 %).

Отсюда можно сделать следующие выводы:

1) большие изменения  $\delta\omega$  не позволяют использовать известные автогенераторы [4] вблизи срыва автоколебаний, то есть при максимальной чувствительности к наличию дефекта по амплитуде;

2) обнаружение дефектов вдали от зоны срыва автоколебаний очень сильно затруднено большим влиянием мешающих изменений ширины зазора;

3) следовательно, для построения высокочувствительного автогенераторного дефектоскопа обязательно необходимо применять средства подавления мешающего фактора – изменения ширины зазора, что реализовано в [3].

#### Список использованных источников

1. Воронцов С.В. Модель вихретокового взаимодействия между ВТП и объектом измерения. Вестник СФ МГУП "Методы и средства технического

обслуживания, экономика и управление сложными системами". Вып.6.М.: Изд-во МГУП 2005г.

2. Соболев В.С., Шкарлет Ю.М. Накладные и экранные датчики для контроля методом вихревых токов. Новосибирск : "Наука", 1967.

3. А.С.№717643 (СССР). Электромагнитный способ обнаружения дефектов в электропроводящих изделиях и устройство для его осуществления. Бюл. №16, 1984.

4. Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. М:Машиностроение, 1980.

## ТРЕБУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОННОЙ ЧАСТИ АВТОГЕНЕРАТОРНОГО ДЕФЕКТОСКОПА

Ю.С. Дмитриев, А.В. Сорочьев  
Самарский государственный аэрокосмический университет,  
г. Самара

Для обеспечения высокой чувствительности (по амплитуде) автогенератора к наличию дефекта в объекте контроля необходимо стабилизировать амплитуду его выходного сигнала вблизи срыва автоколебаний. Стабилизацию целесообразно осуществлять регулировкой коэффициента усиления в электронной части дефектоскопа. Коэффициент усиления удобно регулировать с помощью изменения емкости конденсатора в эмиттерной цепи усилительного транзистора. В автогенераторном дефектоскопе [1] в качестве критерия задания приращений емкости эмиттерного конденсатора используются приращения частоты автоколебаний.

Относительные изменения требуемого (для поддержания стабильной амплитуды автогенерации вблизи срыва колебаний) коэффициента усиления ( $\delta k$ ) электронной части автогенератора можно описать следующим соотношением :

$$\delta k = \delta \omega + \delta R_{\text{конт.}}$$

где  $\delta \omega$  - относительные изменения частоты автоколебаний;

$\delta R_{\text{конт}}$  - относительные изменения эквивалентного активного сопротивления колебательного контура на резонансной частоте.

Приведенное соотношение основано на известных зависимостях [2] коэффициента усиления в каскаде с общим эмиттером от частоты и от сопротивления в коллекторной цепи.

Приращения  $\delta \omega$  и  $\delta R_{\text{конт}}$  имеют противоположные знаки. Поэтому зависимость  $\delta k$  от изменения ширины зазора между катушкой вихре-