

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК

Східноукраїнського
Державного Університету

№ 1 (11) 1998

ВИДАВНИЦТВО СУДУ

Луганськ 1998

полостей, неизбежно возникающими при разлёте, либо на стадии захлопывания. Причин, приводящих к искажению форм кавитационной полости, можно указать много, однако основными, вероятно, необходимо признать следующие: сам процесс образования кавитационных полостей на неоднородностях в жидкости (микропузырьках, взвешенных микрочастицах, микропорах на поверхности раздела жидкость– твердое тело) носит достаточно случайный характер, чем и объясняется случайный характер первоначальной формы. На стадии захлопывания возникает Релей-Тейлоровская неустойчивость [5], поскольку в этом случае $\nabla\rho$ направлен против вектора ускорения.

Литература:

1. Хорбенко. Ультразвук в машиностроении. Москва, Машиностроение, 1974г.
2. Марков. Ультразвуковая обработка материалов. Москва, Машиностроение, 1980г.
3. Нигматулин. Динамика многофазных сред. Москва, Наука, 1987г.
4. Лаврентьев, Б В Шабат. Проблемы гидродинамики и их математические модели. Москва, Наука, 1977г.
5. Перник. Проблемы кавитации. Ленинград, Судостроение, 1966г.
6. Теляшков, Г. А. Гулый, А. Г. Полевик, В. А. Охитин. Исследование стадии схлопывания парогазовой полости в воде. В сб: Электрический разряд в жидкости и его применение. Киев, Наукова думка, 1977г.
7. Поздеев. Прикладная гидродинамика электрического разряда в жидкости. Киев. Наукова думка. 1980г.
8. Голубничий, Ю. И. Лысиков, Е. А. Попов. Динамика газового эллипсоида инициированного лазерным излучением с учетом внешнего противодавления. XII конференция по когерентной и нелинейной оптике. Москва, МГУ, 1985г.

УДК 620.179.14

ВЫБОР СПОСОБА ЧИСЛЕННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ Э.Д.С. ВИХРЕТОКОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

В.Я. Гальченко

Приводятся сведения об эффективном подходе к решению задач по определению э.д.с. вихретоковых преобразователей дефектоскопов, учитывающем такие факторы, как наличие воздушного зазора, форму и размеры дефектов, расположение преобразователя относительно объекта контроля.

Конечной целью моделирования процессов вихретокового контроля объектов является определение комплексной э.д.с., наведенной в измерительной обмотке преобразователя. Исследование характера функциональной зависимости, связывающей выходной сигнал вихретокового преобразователя (ВТП) с геометрическими и электрофизическими параметрами объекта, позволяет осуществить анализ выбранной конструкции и режимов работы ВТП, а в случае необходимости произвести их коррекцию с целью увеличения информативности индуцированного сигнала.

При решении краевых электродинамических задач дефектоскопии приближенные модели процессов токовихревого контроля объектов можно строить на основе интегральных уравнений (ИУ) [1]. При этом решение поставленной задачи может быть получено с минимальными вычислительными затратами и высокой степенью точности. В работе [1] содержатся

подробные сведения о применении непрямого метода граничных ИУ применительно к задачам дефектоскопии, где решение исходной задачи выражается через функции плотности, не имеющие реального физического смысла. После определения функций плотности, значения реальных физических параметров задачи, и в частности э.д.с. ВТП, могут быть получены путем простого интегрирования по введенным фиктивным источникам.

Результатом решения электродинамической задачи в постановке [1] является определение распределения кусочно-постоянных аппроксимаций плотности вторичных источников $\dot{\mathbf{i}}$ и $\dot{\sigma}$ на элементах поверхности объекта контроля, где $\dot{\mathbf{i}}$ - вектор плотности простого слоя электрического тока; $\dot{\sigma}$ - плотность простого слоя магнитных зарядов. Дальнейшая задача заключается в определении э.д.с. ВТП по найденным значениям фиктивных источников.

Известно, что для линейной среды и квазистационарного монохроматического электромагнитного поля э.д.с. ВТП может быть определена в виде:

$$\dot{\mathbf{e}} = -j\omega w_u \dot{\Phi}; \quad (1)$$

где $\dot{\Phi}$ - магнитный поток, сцепленный с измерительной обмоткой ВТП;

ω - круговая частота;

w_u - число витков измерительной катушки ВТП.

Один из путей вычисления потока $\dot{\Phi}$, предлагаемый в работе [1] как наиболее предпочтительный для задач токовихревой дефектоскопии, заключается в определении значений вектора магнитной индукции в каждой точке поверхности S_k , ограниченной контуром измерительной катушки ВТП, и последующего интегрирования по всей заданной поверхности

$$\dot{\Phi} = \oint_{S_k} \dot{\mathbf{B}}(\mathbf{P}) dS_P. \quad (2)$$

Разумеется, что при этом для вычисления значений индукции в проводящей и непроводящей средах используются определенные ранее значения фиктивных источников:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{B}}_0(\mathbf{Q}) &= -\frac{\mu_0}{4\pi} \text{grad}_Q \oint_S \frac{\dot{\sigma}(\mathbf{P})}{r_{QP}} dS_P + \dot{\mathbf{B}}_{cm}(\mathbf{Q}); \\ \dot{\mathbf{B}}(\mathbf{Q}) &= \mu\mu_0 \text{rot}_Q \oint_S \dot{\mathbf{i}}(\mathbf{P}) \cdot \dot{\mathbf{g}}_H dS_P, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\dot{\mathbf{B}}_0$, $\dot{\mathbf{B}}$ - индукция в непроводящей и проводящей средах;

r_{QP} - модуль расстояния между точкой наблюдения Q и точкой истока P;

S - поверхность объекта контроля;

$\dot{\mathbf{g}}_H$ - фундаментальная функция Грина для бесконечного однородного трехмерного проводящего пространства;

$\dot{\mathbf{B}}_{cm}$ - индукция электромагнитного поля в непроводящей среде, созданная сторонними источниками.

Э.д.с. ВТП, рассчитанная в соответствии с (1 - 3), учитывает наличие воздушного зазора между ВТП и объектом контроля, геометрию дефекта и особенности расположения ВТП в пространстве относительно объекта контроля. Но данные действия по выполнению расчетов

сопряжены со значительной вычислительной работой. Более эффективным методом вычисления потока $\dot{\Phi}$ является его выражение через векторный потенциал $\dot{\mathbf{A}}$

$$\dot{\Phi} = \oint_L \dot{\mathbf{A}}(\mathbf{P}) d\mathbf{l}_P, \quad (4)$$

где для вычисления потока достаточно знать только значение $\dot{\mathbf{A}}$ на контуре L , ограничивающей поверхность S_k .

В задачах электромагнитной дефектоскопии обычным является физическое размещение измерительной катушки ВТП с некоторым воздушным зазором по отношению к объекту, что характерно как для проходных, так и для накладных ВТП. При определении индукции вне проводящего пространства в соответствии с постановкой задачи [1] считается, что поле в этой области потенциально и может быть рассчитано посредством магнитных зарядов плотностью

$\dot{\sigma}$. Тогда вектор $\dot{\mathbf{A}}$ в (4) согласно рекомендациям [2] может рассматриваться как векторный потенциал поля статических зарядов и определяться в соответствии с формулой

$$\dot{\mathbf{A}}(\mathbf{P}) = \frac{1}{4\pi_s} \oint_S \dot{\sigma}(\mathbf{P}') \frac{\bar{\mathbf{r}}_{QP} \times \bar{\mathbf{V}}}{r_{QP} \cdot (\bar{\mathbf{r}}_{QP} - \bar{\mathbf{r}}_{QP} \cdot \bar{\mathbf{V}})} dS_{P'}, \quad (5)$$

где $\bar{\mathbf{V}}$ – единичный вектор, имеющий направление от заряда к поверхности S_k , ограниченной контуром L .

В работе [2] доказано, что вектор $\dot{\mathbf{A}}$ из (5) удовлетворяет соотношениям

$$\begin{aligned} \text{rot } \dot{\mathbf{A}} &= \dot{\mathbf{B}} = -\mu \text{ grad } \varphi_M; \\ \text{div } \dot{\mathbf{A}} &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

и, следовательно, может использоваться для вычисления электростатического потока через поверхность S_k .

Таким образом, в случае использования в расчетах формул (1), (4) и (5) задача численного вычисления э.д.с. ВТП может быть существенно упрощена.

Литература:

1. Гальченко В.Я. Информационные модели в теории и практике электромагнитной дефектоскопии. - Луганск: Изд-во ВУГУ, 1997. - 262 с.
2. Тозони О.В. Метод вторичных источников в электротехнике. - М.: Энергия, 1975. – 296 с.

УДК 538.13:621.3.013

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ВЕКТОРАМИ МИКРО- И МАКРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Ю.А. Бранспиз

На основе использования специального интегрального равенства, сводящего объемное интегрирование некоторой комбинации дифференциально-векторных операций над двумя векторами к соответствующему поверхностному интегралу, получено новое аналитическое соотношение между векторами микро- и макромагнитного по-