

Е.О. МАРИИНСКАЯ, О.Я. БУБИСЬ,

Б.М. ГОРКУНОВ, докт. техн. наук, профессор

Разработка универсальной модели вихретокового преобразователя

Для контроля и диагностирования состояния металлических конструкций ответственного оборудования широко применяется вихретоковый бесконтактный метод неразрушающего контроля (НК), основанный на взаимодействии внешнего по отношению к объекту контроля (ОК) возбуждающего электромагнитного поля с индуцированными в материале ОК вихревыми токами.

Несмотря на достаточное развитие теоретических и прикладных аспектов современных методов и средств вихретокового НК, надежных и эффективных средств получения и обработки экспериментальных данных в настоящее время весьма ограничено. Иными словами, определение функциональных зависимостей между состоянием ОК и сигналами вихретокового преобразователя (ВТП), а также восстановление параметров структуры ОК по измеренным данным разработаны слабо в силу большой сложности и многозначности задачи.

Применение ряда известных в математике методов реконструкции (инверсии) затруднено по причине больших затрат на ресурсы и время выполнения вычислительных операций. Надежный метод инверсии полученных результатов должен опираться на разработанную математическую модель, адекватно описывающую процесс получения экспериментальных данных.

Основным элементом, преобразующим физические явления в электрический сигнал, при вихретоковом контроле, является ВТП. При проектировании ВТП всегда возникает задача определения распределения электромагнитного поля в преобразователе, ОК и окружающем пространстве.

Что касается численных методов расчета, то при всем многообразии методологических подходов они в той или иной мере основаны на дискретизации расчетной области, т.е. за счет аппроксимации уравнений и граничных условий дифференциальная или интегральная краевая задача сводится к системе алгебраических уравнений. В случае дифференциальной краевой задачи находится решение дифференциального уравнения Пуассона или Гельмгольца с соответствующими граничными условиями объектов сложной геометрии, причем для решения можно использовать разработанное программное обеспечение. При существенной неоднородности среды целесообразно воспользоваться методами граничных интегральных и пространственных интегральных уравнений.

Применение перечисленных методов при проектировании ВТП позволяет успешно находить распределение электромагнитного поля в ОК со сложной

геометрией и нелинейными свойствами с достаточно высокой точностью, но при больших затратах машинного времени. На данный момент в современных исследованиях в области вихретокового контроля основной упор сделан на решение проблемы, связанной с разработкой методов обработки информации ВТП, направленных на сокращение временных затрат. Эффективность численных методов расчета оценивается по конечным параметрам: точности и производительности программного продукта, простоте реализации. Среди численных моделей, гарантирующих минимальные упрощения в описании физики процедуры вихретокового контроля, выделяются модели на основе метода конечных элементов. Однако стандартный подход в применении этого универсального численного метода требует значительных вычислительных ресурсов (затрат памяти для хранения данных и времени расчета), особенно для трехмерных задач. Эти затраты численного решения задач можно снизить выбором эффективных схем организации расчетов.

На рис. 1 представлена модель вихретокового трансформаторного преобразователя проходного типа.

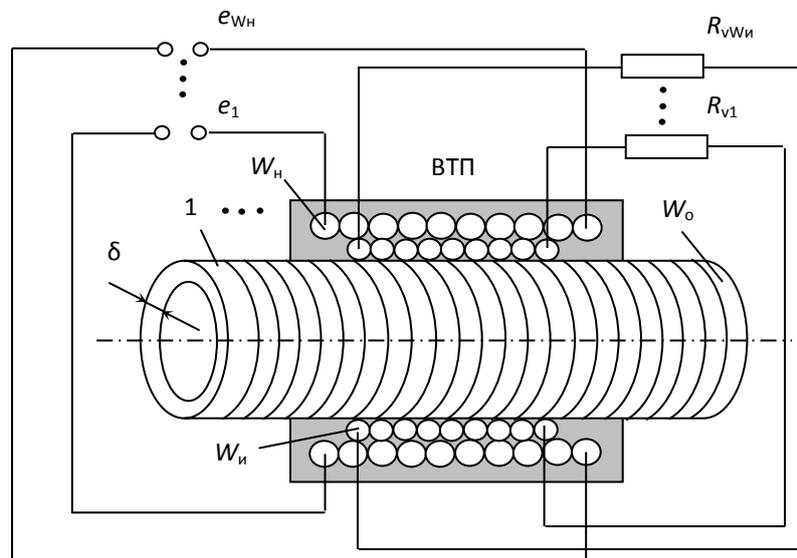


Рис. 1 – Модель вихретокового преобразователя проходного типа с объектом контроля цилиндрической формы

В работе предложены теоретическая обработка и результаты моделирования вихретокового преобразователя проходного типа, основанные на суперпозиции электромагнитных полей токов отдельных витков намагничивающей, измерительной обмоток и вихретоковых токов в объекте контроля, который представлен цилиндрическим электропроводящим образцом. В данной модели каждый виток намагничивающей обмотки замкнутый на источник переменного тока, витки измерительной обмотки подключены к вольтметру с внутренним сопротивлением. Исследованная модель имеет простую реализацию и может быть рассчитана с помощью любого вычислительного устройства.