

ИЗМЕРЕНИЕ АНИЗОТРОПИИ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ УГЛЕГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2021 г. Павел Валентинович Соломенчук^{1*}, В.А. Сясько¹
¹ – ООО «Константа», 198098 Санкт-Петербург, Огородный пер., 21
* - pavel257@mail.ru, +7 (812) 372-29-03

Одним из применений углеграфитовых материалов является использование их в качестве скользящих электрических контактов, например, как материал для токоприемных контактных вставок пантографов (токоприемников) железнодорожного электроподвижного состава. Нормативными документами [1] регламентируется измерение удельного электрического сопротивление материала вставки. Известно [2], что углеграфитовые материалы обладают значительной анизотропией удельного электрического сопротивления ρ_i , характеризуемой параметром $\gamma = \sqrt{\rho_x/\rho_y}$, обусловленной как особенностями кристаллической решетки графита, так и технологическими особенностями изготовления конечного изделия. Корректный учет направления анизотропии ρ материала при проектировании вставки уменьшает её нагрев под действием электрического тока в процессе эксплуатации.

Стандартом [1] регламентируется использование контактного 4-х электродного метода измерения ρ [2], однако его применение весьма трудоемко, особенно при измерении ρ вставок непрямоугольной формы, когда для проведения измерений необходимо из вставки изготовить прямоугольный образец-свидетель. Классические бесконтактные вихретоковые методы измерения [3] не позволяют измерять анизотропию ρ . Существуют вихретоковые средства, предназначенные для неразрушающего контроля изделий, изготовленных из анизотропных материалов [4], однако они мало пригодны для измерения ρ , ввиду чего был разработан специализированный вихретоковый преобразователь (ВТП), оптимизированный для выполнения данной задачи (рис. 1).

Основной реализованной идеей является создание в объекте контроля (ОК) участка, на котором формируются линейные вихревые токи высокой плотности вдоль заданного направления с одновременным уменьшением плотности вихревых токов, направленных в перпендикулярном направлении на остальных участках ОК, что достигается применением пары обмоток возбуждения в форме сильно вытянутых прямоугольников 1, включенных в противофазе. линейный вихревой ток высокой плотности формируется между ними (зона 2 на рис. 1). Для измерения плотности вихревых токов, над этим участком ОК расположена прямоугольная измерительная обмотка 3, ориентированная тангенциально. Форма обмоток оптимизирована при их моделировании методом конечных элементов.

Для обеспечения возможности использования разработанного ВТП на практике в цеховых условиях используется анализ фазового сдвига вносимой ЭДС на обмотке 3, позволяющий реализовать отстройку от изменения зазора и наклона ВТП относительно ОК. Для этого выходной сигнал измерительной обмотки компенсируется аналогичным по конструкции компенсационным ВТП, расположенным в одном корпусе вместе с измерительным ВТП, но на значительном расстоянии от ОК.

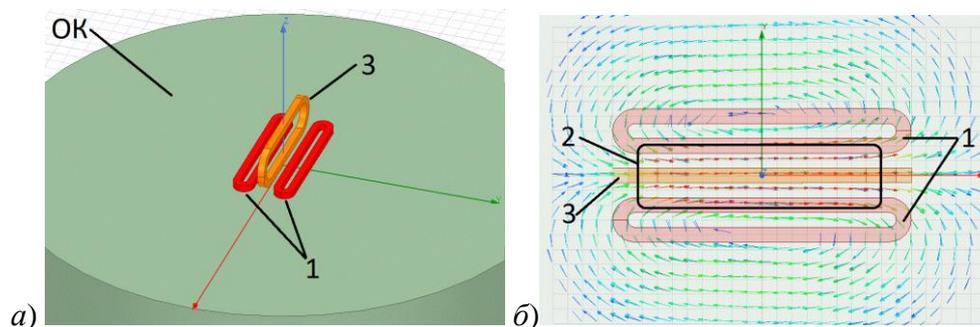


Рис. 1. Модель вихретокового преобразователя: а) внешний вид, б) распределение плотности вихревых токов в ОК под ВТП

На рис. 2 приведена угловая диаграмма зависимости показаний измерителя от угла поворота ВТП относительно направления наибольшего ρ .

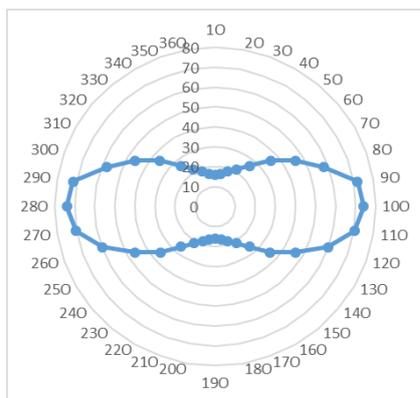


Рис.2. Угловая диаграмма зависимости показаний измерителя от угла поворота ВТП относительно направления наибольшего ρ при значении коэффициента анизотропии $\gamma = 3,16$ ($\rho_x = 10$ мкОм•м, $\rho_y = 100$ мкОм•м)

Расчёты и результаты моделирования подтверждены в процессе испытаний ВТП на мерах удельного электрического сопротивления углеродистых материалов.

В докладе подробно освещены вопросы оптимизации модели ВТП, описана структурная схема и конструкция ВТП. Освещены вопросы градуировки ВТП с использованием мер ρ углеродистых материалов, а так же технология их аттестации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 32680-2014 Токосъемные элементы контактные токоприемников электроподвижного состава. –М: Стандартинформ, 2015. – 14 с. Введен с 2015-09-01.
2. Левашова А.И., Кравцов А.В. Химическая технология углеродных материалов. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 112 с.
3. ГОСТ 27999-87 Измерение удельной электрической проводимости цветных металлов вихретоковым методом. –М: Издательство стандартов, 2014. – 6 с. Введен с 1988-07-01.
4. Потапов А.И. и др. Вихретоковая дефектоскопия углепластиковых изделий. -М: Свен, 2014. С 104-112.