

Рис. 4

На основании представленных результатов авторами определены пространственно-временные закономерности изменения величины нормальной составляющей магнитного поля H_n с расстоянием до оси линейного источника магнитного поля.

Результаты данной работы могут быть использованы при

расчетах магнитных полей в различных областях техники.

УДК 620.179

Прохождение импульсов магнитного поля через препятствия

Павлюченко В. В., Дорошевич Е. С.

Белорусский национальный технический университет

Целью работы является определение зависимостей напряженности импульсного магнитного поля, прошедшего через электропроводящие материалы, от их параметров для контроля свойств материалов, а также для формирования пространственно-временных конфигураций магнитного поля и управления магнитными полями.

Исследования проведены на тиристорной установке с записью импульсов тока линейного источника импульсного магнитного поля на осциллограф с послесвечением. В качестве датчиков магнитного поля использовали магнитные носители и датчики Холла. Эксперименты проводили с использованием импульсов магнитного поля в виде полусинусоиды (полуволны) и линейнонарастающих до постоянной величины напряженности магнитного поля.

Препятствиями для прохождения импульсного магнитного

поля являются объекты, содержащие свободные или связанные электрические заряды. Свободные электрические заряды в объекте под действием импульсного магнитного поля двигаются направленно, и созданный ими электрический ток в каждом слое материала проводника, создает магнитное поле, направление которого выше этого слоя совпадает с направлением магнитного поля первичного источника, а ниже имеет противоположное направление. В результате, складываясь векторно с внешним полем, поле индукционных токов препятствует проникновению магнитного поля в глубь материала.

Аналогичным образом действуют токи смещения связанных зарядов. Однако величина этих токов и величина напряженности создаваемого ими магнитного поля во много раз меньше аналогичных величин, обусловленных движением свободных зарядов.

В случае падения плоской электромагнитной волны на поверхность проводящего полубесконечного пространства индукционные токи создают контуры, располагающиеся параллельно поверхности полупространства.

При воздействии на поверхность электропроводящего полупространства магнитным полем близко расположенного к этой поверхности и параллельного ей прямолинейного токопровода индукционные токи стремятся повторить линию тока внешнего токопровода с противоположным направлением тока, который “расплывается” на поверхности материала и ослабляется с глубиной.

Если электропроводящий объект имеет конечные размеры, индукционные токи в этом материале создают замкнутые контуры сложной формы. При плоскостных размерах объекта порядка расстояния от его поверхности до токопровода и меньше импульсное магнитное поле действует следующим образом:

1. Воздействует на материал, создавая в нем сложные контуры индукционных токов.
2. Замыкает контуры индукционных токов вблизи краев объекта в глубину, уменьшает величину токов объекта и частично поляризует края объекта, создавая таким образом своеобразные токи смещения.
3. Обходит объекты с разных сторон, создавая “боковые” и “нижние” поверхностные токи и одновременно распространя-

ется далее за объект, образуя за ним область частичной “тени”, угасающей с удалением от объекта.

4. Проходят через центральную часть объекта с ослаблением и задержкой.

В силу пунктов 3 и 4 вторичное действие (отражение) импульсного магнитного поля самого первичного источника, выполненного в виде линейного токопровода, мало. Аналогичным образом ведет себя и набор тонких параллельных прямолинейных токопроводов.

Зависимости величины максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля $H_{\text{тм}}$ на поверхности алюминиевой пластины d_1 , расположенной параллельно оси прямолинейного источника импульсного магнитного поля, от толщины d_2 алюминиевой пластины, наложенной на источник поля с противоположной стороны и параллельной первой пластине, показаны на рис. 1: 1 – $d_1 = 0$, т. е. нижняя пластина отсутствует, 2 – $d_1 = 7,0 \cdot 10^{-5}$ м, 3 – $d_1 = 2,3 \cdot 10^{-4}$ м, 4 – $d_1 = 8,0 \cdot 10^{-4}$ м, 5 – $d_1 = 3,0 \cdot 10^{-3}$ м, 6 – $d_1 = 0$, $d_2 = 0$, пластины отсутствуют, этот уровень сигнала показан для сравнения с другими сигналами по точкам измерений.

Расстояние от оси первичного источника магнитного поля до

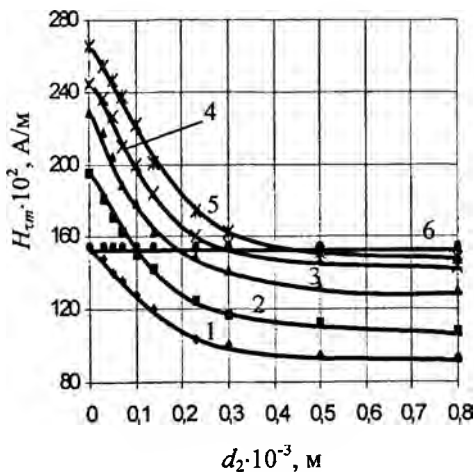


Рис. 1

поверхности первой пластины $x_1 = 7,1 \cdot 10^{-3}$ м и до поверхности второй пластины $x_2 = 5,0 \cdot 10^{-4}$ м. Размеры поверхностей пластин $3,5 \cdot 10^{-4}$ м².

Форма импульса поля первичного источника – полусинусоида (полуволна), время нарастания импульса $t_{\text{max}} = 12 \cdot 10^{-6}$ с.

Величина $H_{\text{см}}$ складывается из величин напряженности поля первичного источника $H_{\text{см}1}$, а также напряженности магнитных полей, создаваемых индукционными токами в нижней $H_{\text{с}smd1}$ и верхней $H_{\text{с}smd2}$ пластинах:

$$H_{\text{см}} = H_{\text{см}1} + H_{\text{с}smd1} - H_{\text{с}smd2}. \quad (1)$$

Представленные на рис. 1 зависимости подтверждают полученные нами ранее линейные зависимости величины максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля $H_{\text{см}}$ на поверхности электропроводящей пластины от ее толщины в случае воздействия на одну пластину, переходящие затем в зависимости вида единица минус экспонента.

Взаимодействие импульсного магнитного поля с препятствиями в виде клина из алюминия толщиной $d = 8 \cdot 10^{-4}$ м с углом 30° и высотой $h = 5 \cdot 10^{-2}$ м изображено на рис. 2 и рис. 3.

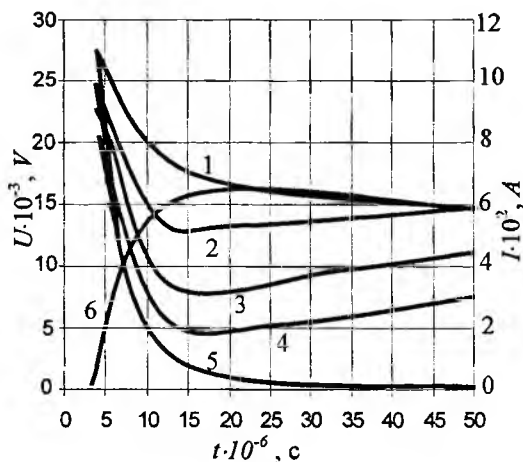


Рис. 2

На рис. 2 показаны зависимости полного напряжения U , снимаемого с датчика Холла от времени t при движении на датчик образца на расстояния: 1 — 0 м, 2 — $1 \cdot 10^{-3}$ м, 3 — $2 \cdot 10^{-3}$ м, 4 — $3 \cdot 10^{-3}$ м, а также зависимость 5, напряжения U , снимаемого с датчика Холла и не

содержащего полезный сигнал, и зависимость 6 величины тока I источника магнитного поля от времени t . Зависимость 5 соответствует семейству близко расположенных кривых, плохо разрешаемых в масштабе рис. 2. Образец находится между линейным токопроводом и датчиком, расположенным под осью токо-

провода. Расстояние от оси токопровода до оси датчика $3 \cdot 10^{-3}$ м.

На рис. 3 показаны зависимости полного напряжения U , снимаемого с датчика Холла от времени t при продвижении на датчик образца на расстояния: 1 – 0 м, 2 – $1 \cdot 10^{-3}$ м, 3 – $2 \cdot 10^{-3}$ м, 4 – $3 \cdot 10^{-3}$ м, а также зависимости 5, 6, 7, 8 напряжения U , снимаемого с датчика Холла и не содержащего полезный сигнал.

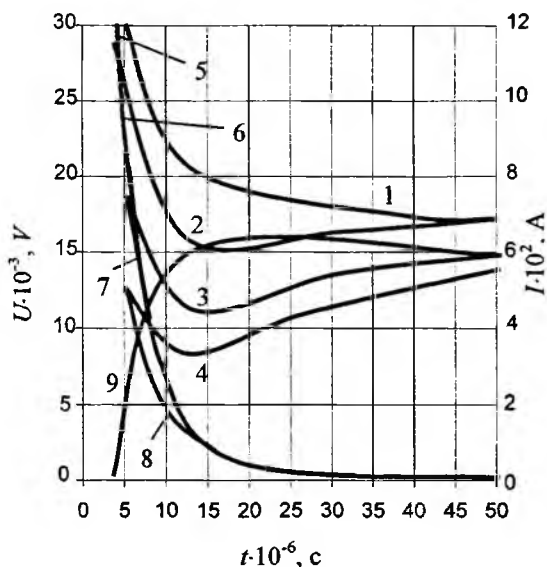


Рис. 3

Датчик находится на оси симметрии токопровода в виде квадратной рамки со стороной $a = 4 \cdot 10^{-2}$ м и на расстоянии $h = 3 \cdot 10^{-3}$ м от ее плоскости. Образец продвигается на датчик между рамкой в плоскости, параллельной плоскости

рамки. Поскольку разность величин напряжений U сигналов, содержащих и не содержащих полезный сигнал, пропорциональна величине напряженности магнитного поля, то на основании изображенных на рис. 2 и рис. 3 зависимостей можно найти соответствующие распределения нормальной составляющей напряженности магнитного поля.

Результаты работы могут быть использованы в дефектоскопии, медицине и в конструкциях устройств управления магнитными полями.