

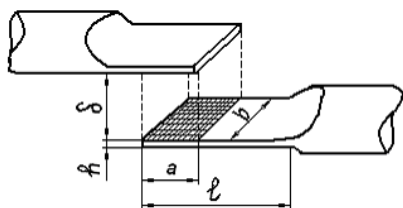
УДК 677.8.65.011.56

**РАСЧЕТ ФОРМЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
ГЕРКОНОВОГО ПРИЕМНИКА**

*А.К. РАСТОРГУЕВ, И. М. БОЙЦОВ*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

В устройствах воспроизведения сигнала с магнитного носителя [1] в качестве приемника используется геркон (рис. 1 – размеры контактов геркона типа КЭМ-2А20). Магнитное поле в рабочем зазоре приемника возбуждается магнитным отпечатком носителя информации.



$a = 0,8 \text{ мм}$   
 $b = 0,8 \text{ мм}$   
 $\delta = 0,05 \text{ мм}$   
 $h = 0,05 \text{ мм}$   
 $l = 10,4 \text{ мм}$

Рис. 1

В свою очередь магнитное поле приемника имеет сложную форму, определение

$$Z = x + jy = A[e^{a(V+jU)} + a(V + jU)] = A(e^{aV} \cos aU + je^{aV} \sin aU + aV + jaU) = A(e^{aV} \cos aU + aV) + jA(e^{aV} \sin aU + aU) \quad (2)$$

или

$$\begin{aligned} x &= A(e^{aV} \cos aU + aV), \\ y &= A(e^{aV} \sin aU + aU). \end{aligned} \quad (3)$$

В частном случае, когда  $aU = \pm\pi$ ,

$$\begin{aligned} x &= A(aV - e^{aV}), \\ y &= \pm A\pi. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнение (4) определяет две полупря-

моут, параллельные оси ОХ. Действительно, координата Х при изменении функции потока V имеет один максимум, определяемый из условия:

$$Z = A(e^{aW} + aW), \quad (1)$$

параметров которого с наибольшей достоверностью может быть выполнено с помощью конформных преобразований [2]. Этот метод преобразований позволяет выразить неизвестное сложное поле некоторой плоскости  $Z = x + jy$  через известное простое поле плоскости  $W = V + jU$  с помощью функции  $Z = f(W)$  и тем самым существенно упростить расчет.

Для исследования поля у края зазора применяется преобразование [3]:

Положив  $W = V + jU$ , будем иметь:

где  $a$  и  $A$  – вещественные постоянные величины.

$$\frac{\partial x}{\partial V} = Aa(1 - e^{aV}) = 0, \quad (5)$$

то есть  $V=0$ .

Это максимальное значение равно:

$$x_{\max} = -A. \quad (6)$$

Крайним значениям функции потока  $V = -\infty$  и  $V = +\infty$  соответствует значение  $X = -\infty$ . Следовательно, при изменении функции потока от  $-\infty$  до  $+\infty$  координата  $X$  примет все значения между  $-\infty$  и  $-A$ . Координата же  $Y$  остается постоянной.

Она имеет значения: для одной полупрямой  $y_1 = +A\pi$  и для другой  $y_2 = -A\pi$ . На рис.2 (плоскость  $Z$ ) изображены эти полупрямые.

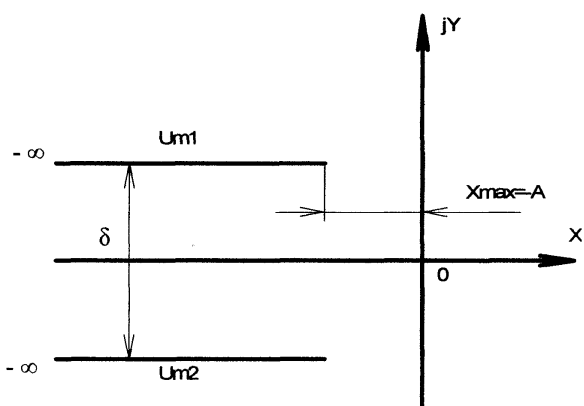


Рис. 2

Обозначив расстояние между ними через  $\delta$ , будем иметь:

$$y_1 - y_2 = 2A\pi = \delta. \quad (7)$$

Следовательно:

$$A = \frac{\delta}{2\pi}. \quad (8)$$

Обнаруживается замечательное свойство исследуемой нами функции, а именно: две линии равного потенциала определяемого его поля являются параллельными полупрямыми. Потенциал одной из них равен  $Um_1 = \frac{\pi}{a}$ , по-

$$Z = \frac{\delta}{2\pi} \left[ e^{\frac{2\pi}{Um_1 - Um_2} (V + jU)} + \frac{2\pi}{Um_1 - Um_2} (V + jU) \right]. \quad (12)$$

Полагая, что  $V = \text{const} = V_0$  и задаваясь рядом значений  $U$  в интервале  $Um_2 < U < Um_1$ , получим ряд точек, лежащих на одной линии напряженности поля,

потенциал другой имеет значение  $Um_2 = -\frac{\pi}{a}$ .

Эти полупрямые изображены на рис. 3 (плоскость  $W$ ).

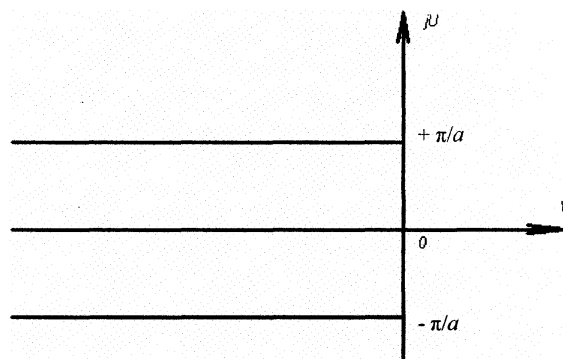


Рис. 3

Таким образом, постоянная определяется через разность потенциалов:

$$Um_1 - Um_2 = \frac{2\pi}{a}, \quad (9)$$

откуда

$$a = \frac{2\pi}{Um_1 - Um_2}. \quad (10)$$

Подставляя в выражение для  $Z$  найденные значения постоянных  $A$  и  $a$  из формул (8) и (10), получаем

$$Z = \frac{\delta}{2\pi} \left( e^{\frac{2\pi}{Um_1 - Um_2} W} + \frac{2\pi}{Um_1 - Um_2} W \right), \quad (11)$$

где  $W = V + jU$ .

Подставляя в (11) выражение для  $W$ , получаем:

по которым и можно построить эту линию.

Для построения других линий постоянную величину  $V_0$  будем изменять при переходе от одной линии к соседней на

$\Delta V = \text{const}$ .

Задаваясь рядом значений  $V$  и принимая во внимание, что  $U = \text{const} = U_0$ , причем  $Um_2 < U_0 < Um_1$ , найдем точки, принадлежащие одной и той же линии равного потенциала. Линии равного потенциала строим так, чтобы для любых двух соседних линий имело место условие  $\Delta U = \text{const}$ .

Напряженность в любой точке поля определяется:

$$H_x = \left| \frac{dW}{dZ} \right|, \quad (13)$$

$$\frac{1}{H_x} = \left| \frac{dZ}{dW} \right| = A(ae^{aW} + a) = Aa(e^{aW} + 1), \quad (14)$$

$$Aa = \frac{\delta}{Um_1 - Um_2} = \frac{1}{H_\ell}, \quad (15)$$

$$\frac{1}{H_x} = \frac{1}{H_\ell} (e^{aW} + 1), \quad (16)$$

$$H_x = H_\ell \frac{1}{e^{aW} + 1} = H_\ell \frac{1}{e^{a(V+jU)} + 1} = H_\ell \frac{1}{e^{aV} (\cos aU + j \sin aU) + 1}. \quad (17)$$

Величины  $H_\ell$ ,  $A$  и  $a$  определяются так:

$$H_\ell = \frac{1}{Aa} = \frac{Um_1 - Um_2}{\delta}, \quad A = \frac{\delta}{2\pi}, \quad a = \frac{2\pi}{Um_1 - Um_2}. \quad (18)$$

Найдем модуль напряженности магнитного поля:

$$|H_x| = \left| H_\ell \frac{1}{(e^{aV} \cos aU + 1) + j e^{aV} \sin aU} \right|.$$

После преобразования получим

$$\left| \frac{H_x}{H_\ell} \right| = \frac{\sqrt{e^{aV} + 2e^{aV} \cos aU + 1}}{e^{2aV} + 2e^{aV} \cos aU + 1} = \frac{1}{\sqrt{e^{aV} + 2e^{aV} \cos aU + 1}}. \quad (19)$$

Вычисления, необходимые для построения картины магнитного поля и зависимостей  $\left| \frac{H_x}{H_\ell} \right|$  от  $V$  и  $U$ , производились программным путем.

Учитывая симметрию магнитного поля относительно оси  $OX$ , ординату  $U$  при построении картины поля достаточно изменять от  $\left| \frac{V}{2} \right|$  до 0.

Абсцисса  $X$  при построении должна изменяться от  $x_{\max} = -A$  до  $+\infty$ .

Определяем отображение этих интервалов в плоскости  $W = V + jU$ . Отобразим граничные точки интервала.

Точка в плоскости  $Z(-A; \frac{\delta}{2})$ :

$$x = A(e^{aV} \cos aU + aV) = -A, \quad (20)$$

$$y = A(e^{aV} \sin aU + aU) = \frac{\delta}{2}.$$

Положим  $V=0$ :

$$\cos aU = -1, \quad (21)$$

$$aU = \pm\pi, \quad (22)$$

$$U = \pm\pi/a, \quad (23)$$

$$\sin aU = 0, \quad (24)$$

$$A = \delta/2\pi. \quad (25)$$

Итак:

$$\left(-A; +\frac{\delta}{2}\right) \rightarrow \left(0; +\frac{\pi}{a}\right). \quad (26)$$

Точка плоскости  $Z(+\infty; 0)$ :

$$\begin{aligned} x &= A(e^{aV} \cos aU + aV) = \infty, \\ y &= A(e^{aV} \sin aU + aU) = 0. \end{aligned} \quad (27)$$

Из (27) следует:  $V=\infty, U=0$ .

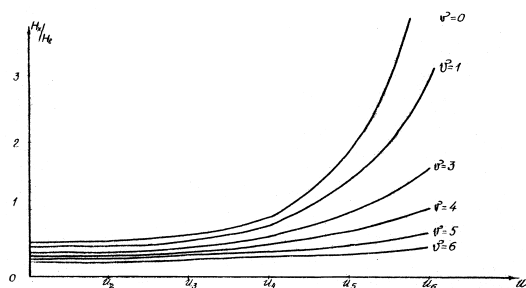


Рис. 4

Тогда

$$(+\infty; 0) \rightarrow (+\infty; 0). \quad (28)$$

Далее строим графики. На рис.4 изображен график зависимости отношения  $(H_x/H_l)$ , напряженности поля с учетом краевого эффекта  $H_x$ , от напряженности внутри зазора, где поле  $H_l$  однородное, от изменения величины функции потока  $U$  в интервале  $Um_2 < U < Um_1$  при  $\Delta V = \text{const}$ .

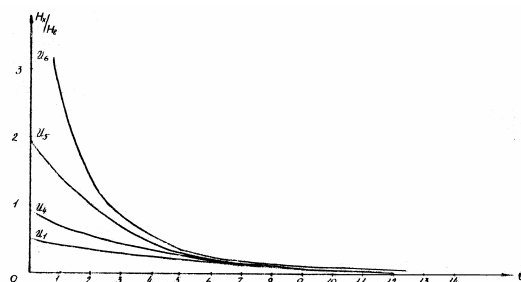


Рис. 5

На рис. 5, напротив, изображен график зависимости отношения  $(H_x/H_l)$ , напряженности поля с учетом краевого эффекта  $H_x$ , от напряженности внутри зазора, где поле однородное  $H_l$ , от изменения вели-

ны функции потока  $V$  при  $\Delta U = \text{const}$ .

Картина магнитного поля, с учетом краевого эффекта, найденная методом конформных отображений, представлена на рис. 6.

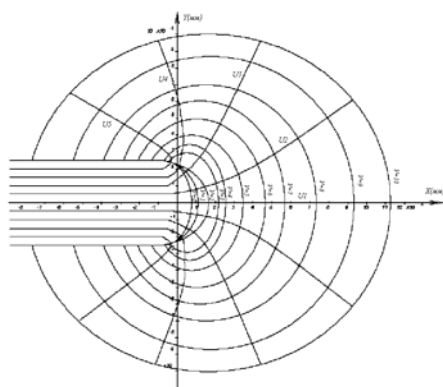


Рис. 6

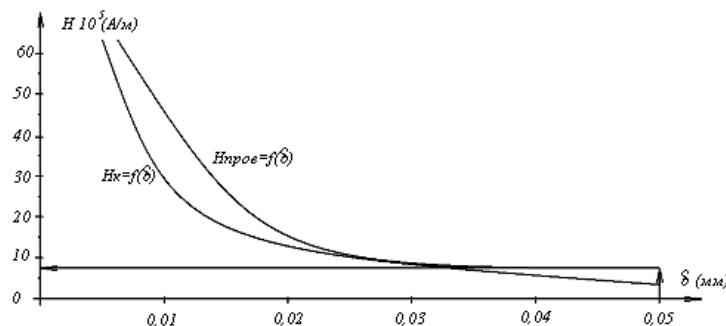


Рис. 7

На рис. 7 построены зависимости  $H=f(\delta)$ , получаемые методом проводимости ( $H_{\text{пров}}$ ) и конформных преобразований ( $H_k$ ). При  $\delta \rightarrow 0$  и  $\delta \rightarrow \infty$  эти кривые сливаются вместе.

При  $\delta=0,05$  мм кривая  $H_k=f(\delta)$  располагается выше кривой  $H_{\text{пров}}=f(\delta)$ , поэтому с

учетом краевого эффекта принимаем  $H_r=7,5 \cdot 10^5$  А/м.

Напряженность магнитного поля геркона, найденная методом конформных отображений, больше напряженности магнитного поля, найденной при помощи метода проводимости. Это обуславливается

тем, что при нахождении напряженности вторым способом рассматривается не все поле, а лишь его часть, расположенная в перекрытии герконового приемника.

### ВЫВОДЫ

Предложена методика расчета магнитного поля у краев зазора методом конформных отображений.

Получена расчетная формула для определения напряженности магнитного поля герконового приемника сигнала, а также построены графики зависимостей напряженности магнитного поля от величины рабочего зазора  $H=f(\delta)$ , получаемые методом проводимости ( $H_{\text{пров}}$ ) и методом конформных преобразований ( $H_k$ ).

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Рассторгуев А.К.* Системы автоматического управления машинами при отделке ткани. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. *Лаврентьев М.А., Шабат Б.В.* Методы теории функций комплексного переменного. – Изд. 4-е, испр.: Учебное пособие для ун-тов. – М.: Наука, 1973.
3. *Калантаров П.Л., Нейман Л.Р.* Теоретические основы электротехники. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1951.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 29.10.06.

---