

УДК 539.375

РОЗПОДІЛ МАГНІТНОГО ПОЛЯ У МАГНІТОТВЕРДОМУ ШАРІ, ЩО ЗНАХОДИТЬСЯ ЗА УМОВ ОДНОЧАСНОЇ ДІЇ ГАРМОНІЙНОГО ЗА ЧАСОМ ТА ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛІВ

Пелех Я.М., к.ф.-м.н., доц., ст.н.с.; Гнатів Л.Б. к.ф.-м.н., доц.;
Кунинець А.В., к.ф.-м.н., ст.викл.; Ментинський С.М. ст.викл.
Національний університет «Львівська політехніка», Львів

Розглядається електропровідний шар із магнітотвердого матеріалу товщиною l . Шар знаходиться під впливом зовнішнього магнітного поля, коли на обидвох поверхнях $Z = 0$ і $Z = l$ задано дотичну складову напруженості магнітного поля

$$H_y(0;t) = H_y(l;t) = H_0 + H_1 \cos \omega t, \quad (1)$$

де $\omega = 2\pi n$, n – частота, H_0 і H_1 – відповідно стала складова та амплітуда гармонійної складової напруженості магнітного поля.

Найбільш характерним представником такого матеріалу з великим значенням коерцитивної сили, який застосовується для запису інформації є сплав К25Х30М3, характеристики якого наступні:

$$H_c = 62,4 \cdot 10^3 \text{ А/м}, \quad H_m = 62,93 \cdot 10^3 \text{ А/м}, \quad B_s = 1,16 \text{ Т}, \quad B_r = 1,15 \text{ Т}, \quad m_n = 14,67.$$

Із рівнянь електродинаміки для області шару отримаємо рівняння [1]:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = l t^2 \frac{\partial B}{\partial t}, \quad (2)$$

яке пов'язує складові $H_y \equiv H(z;t)$ напруженості магнітного поля і $B_y \equiv B(z;t)$ магнітної індукції.

Для магнітотвордих матеріалів залежність між індукцією B та напруженістю H магнітного поля має вигляд динамічної петлі гістерезису, аналітичний вигляд якої має вигляд:

$$B = b \cdot \arctg(aH), \quad H = \sqrt{1 - c^2} H - c \omega^{-1} \dot{H}. \quad (3)$$

Тут $b = 2B_s / p$, $a = p(m-1)m_0 / (2B_s)$, $c = H_c / H_m$ при $H < H_m$ і $c = H_c / H_0$ при $H > H_m$; H_0 і H_m – напруженість магнітного поля на поверхні тіла та відповідна гістерезисному насиченню; H_c – коерцитивна сила, B_s – індукція насичення, m – початкова відносна магнітна проникність середовища, m_0 – магнітна стала, l – електропровідність. Крапка над величиною означає частинну похідну за часом.

Розв'язок задачі (1)-(3) шукаємо двома способами: у вигляді ряду за малим параметром $\epsilon_* = H_1 / H_0$ ($H_1 < H_0$), а також із використанням двосторонніх розрахункових формул [2].

При цьому вважаємо $\epsilon_* = 0.1$, а товщину шару прийmemo $l = 2 \cdot 10^{-6}$ м, так як даний сплав виготовляють у вигляді тонких листів саме такої товщини. Зауважимо, що в такому випадку для даних характеристик матеріалу відносна глибина проникання магнітного поля g (для немагнітних матеріалів) не перевищує одиниці ($g < 1$) навіть для частот менших за $n = 5 \cdot 10^9$ Гц, які розглядаються в даній роботі. Для магнітних матеріалів глибина проникання g_e є пропорційною $\sqrt{m_e}$. Так як $m_e \leq m = 14,67$, то $g_e < \sqrt{m_e} \cong 3,83$.

Висновки. Із проведеного розрахунку і аналізу результатів випливає, що є суттєвим врахування впливу коерцитивної сили на розподіл напруженості та індукції магнітного поля у магнітотвердих тілах, які знаходяться за умов одночасної дії гармонійного за часом та постійного магнітного полів. Глибина проникання магнітного поля в магнітотвердих матеріалах збільшується в $\sqrt{1+c}$ разів у порівнянні з магнітом'якими, тобто розподіл амплітуд перших гармонік напруженості та індукції магнітного поля носить більш приповерхневий характер.

1. *Пелех Я. М.* Розподіл магнітного поля у магнітом'якому шарі, що знаходиться за умов одночасної дії гармонійного за часом та постійного магнітного полів / *Я. М. Пелех, З. І. Крупка, М. Т. Солодяк* // *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій.* – 2005. – Випуск 6. – С. 109-119.
2. *Pelekh Ya. M.* Nonlinear Numerical Methods for the Solution of Initial Value Problem for Ordinary Differential Equations / *Ya. M. Pelekh, S. M. Mentynskyi, R. Ya. Pelekh* // *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Journal of Scientific Articles.* – 2016. Issue 20(15), pp. 65–75.