

сущность которого заключается в том, что переменное магнитное поле ослабляется по мере проникновения в глубь металла, так как внутренние слои экранируются вихревыми токами, циркулирующими в поверхностных слоях.

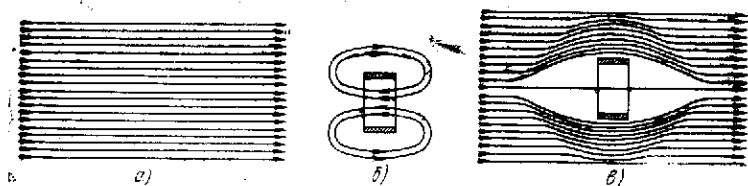


Рис. 2.9. Вытеснение магнитного поля вихревыми токами в экране.

Из-за поверхностного эффекта плотность вихревых токов и напряженность переменного магнитного поля по мере углубления в металл падает по экспоненциальному закону [1]:

$$\frac{\text{Плотность тока на глубине}}{\text{Плотность тока на поверхности}} = e^{-x/x_0}, \quad (2.3)$$

где

$$x_0 = \sqrt{\frac{\rho}{\mu_0(4\pi f)}} \text{ см} \quad (2.4)$$

— показатель уменьшения поля и тока, который называют *эквивалентной глубиной проникновения*.

Здесь ρ — удельное сопротивление материала, Ом·см; μ_0 — магнитная проницаемость вакуума, равная $1,256 \times 10^{-6}$ Г·см·Гс⁻¹; μ — относительная магнитная проницаемость материала; f — частота, Гц.

Очевидно, что величиной эквивалентной глубины проникновения удобно характеризовать экранирующий эффект вихревых токов. Чем меньше x_0 , тем больший ток течет в поверхностных слоях экрана, тем больше создаваемое им обратное магнитное поле, вытесняющее из пространства, занятого экраном, внешнее поле источника наводки.

Если экран сделан из немагнитного материала, то в выражении (2.4) $\mu=1$, экранирующий эффект определяется только удельным сопротивлением материала и частотой экранируемого поля.

Если экран сделан из ферромагнитного материала, то при прочих равных условиях внешним полем в нем будет

индуктироваться большая э. д. с. благодаря большей концентрации магнитных силовых линий. При одинаковой удельной проводимости материала увеличатся вихревые токи, что приведет к меньшей глубине проникновения и к лучшему экранирующему эффекту. Этим объясняется наличие в знаменателе выражения (2.4) величины относительной магнитной проницаемости μ . В результате экранирующее действие вытеснением магнитного поля, даваемое любым металлом магнитным и немагнитным, характеризуется отношением μ/ρ .

Из выражения (2.3) после подстановки в него значения $x=x_0$ следует, что на глубине x_0 плотность тока и напряженность магнитного поля падает в e раз, т. е. до величины $1/2,72$, составляющей 0,37 от плотности и напряженности на поверхности. Так как ослабление поля всего в 2,72 раза на глубине x_0 недостаточно для характеристики экранирующего материала, то пользуются еще двумя величинами глубины проникновения $x_{0,1}$ и $x_{0,01}$, характеризующими падение плотности тока и напряженности поля в 10 и 100 раз от их значений на поверхности.

Для определения этих величин на основании выражения (2.3) составим уравнения

$$e^{-x_{0,1}/x_0} = 0,1 \quad \text{и} \quad e^{-x_{0,01}/x_0} = 0,01,$$

решив которые, получим

$$x_{0,1} = x_0 \ln 10 = 2,3x_0,$$

$$x_{0,01} = x_0 \ln 100 = 4,6x_0. \quad (2.5)$$

В табл. 2.1 приведены значения глубин проникновения для различных экранирующих материалов, рассчитанные по формулам (2.4) и (2.5). Из этих цифр следует, что для всех высоких частот, начиная с диапазона средних волн, экран из любого применяемого металла толщиной 0,5—1,5 мм действует весьма эффективно. При выборе толщины и материала экрана следует исходить не из электрических свойств материала, а руководствоваться соображениями механической прочности, веса, жесткости, стойкости против коррозии, удобства стыковки отдельных деталей и осуществления между ними переходных контактов с малым сопротивлением, удобства пайки, сварки и пр.

Из данных таблицы видно также, что для частот выше 10 МГц медная и тем более серебряная пленка тол-