

# ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЗАЩИТЫ ГЕНЕРАТОРОВ МЕТРОВЫХ ВОЛН

*Н. Б. Максименко, Н. Н. Гончарова,  
А. Я. Северинский, А. С. Тесленко*

Харьков

Защитные устройства обычно представляют собой экраны сложной конструкции, включающие щели, отверстия, смотровые окна и т. п. Расчет коэффициента экранирования (эффективности) подобных устройств в общем виде очень сложен, поэтому чаще всего исследуют эффективность отдельных частей экрана, а потом сопоставляют полученные результаты для нахождения суммарного эффекта. В соответствии со сказанным представляет интерес определение эффективности щелей в сплошном металлическом экране. Несмотря на имеющиеся специальные работы [1, 2], посвященные исследованиям экранов со щелями в диапазоне длинных и средних волн, методы расчета экранов для диапазона коротких (метровых) волн по существу не разработаны, поэтому между теоретическими расчетами и измерениями имеются большие расхождения. Это объясняется отсутствием учета соотношения между размерами экрана, щели и длиной волны помехо-несущего поля. Ниже проводится расчет эффективности сплошного металлического экрана со щелями при толщине стенок много большей глубины проникновения поля. В этом случае эффективность экрана определяется только щелью. Для упрощения будем рассматривать сферический экран со щелью много меньших размеров экрана, что приводит к слабым дифракционным явлениям. Источник поля — элементарный электрический вибратор — поместим в центре сферы и будем определять коэффициент уменьшения поля вне сферы.

Полученный результат можно также применить, пользуясь теоремой взаимности, к случаю, когда источник поля вне экрана.

Коэффициент уменьшения поля или эффективность экрана определяется выраженным в децибелах отношением величины поля  $E_0$  в точке наблюдения при отсутствии экрана и к величине поля  $E_s$  в той же точке при наличии экрана:

$$\Theta = 20 \lg \frac{E_0}{E_s}. \quad (1)$$

Рассматривая только тангенциальные компоненты полей, что практически всегда справедливо, получаем, что  $E_0$  элементарного электрического вибратора

$$E_0 = -j \frac{p \sin \theta}{4\pi\omega\epsilon} \left( \frac{1}{R^3} + j \frac{k}{R^2} - \frac{k^2}{R} \right) e^{-ikR}, \quad (2)$$

где  $p$  — момент диполя;

$\theta$  — угол между осью диполя и направлением на точку наблюдения;

$\omega$  — круговая частота;  
 $\epsilon$  — диэлектрическая постоянная среды;  
 $k$  — волновое число;  
 $k = 2\pi/\lambda$ ;

$R$  — расстояние от вибратора до точки наблюдения.

Поле  $E_z$  в направлении максимума излучения определяется следующим выражением:

$$E_z = -j \frac{2U}{\pi} \frac{e^{-jk(R_2' - R_2)} - \cos \frac{kl}{2}}{R_2 \sin \frac{kl}{2}} e^{-jkR_2}, \quad (3)$$

где  $U$  — напряжение, приложенное в центре щели;

$R_2'$ ;  $R_2$  — расстояние от края и центра щели до точки наблюдения соответственно;

$l$  — длина щели.

Для нахождения  $U$  применяют принцип двойственности:

$$U = \frac{\mu_r}{\epsilon_r} \frac{H\lambda}{z} \sqrt{Dr} \frac{\pi}{2} 120^{1/2}, \quad (4)$$

где  $\mu_r$ ;  $\epsilon_r$  — относительные магнитная и электрическая проницаемости;

$H$  — тангенциальная составляющая напряженности внешнего магнитного поля, направленная вдоль щели;

$z$  — входное сопротивление щели;

$$z = -j120 \left( \ln \frac{l}{1.15d} \right) \operatorname{ctg} \frac{kl}{2}; \quad (5)$$

$d$  — ширина щели;

$r$  — сопротивление излучения щели;

$$r = 80 \operatorname{tg}^2 \frac{kl}{4}; \quad (6)$$

$D$  — к. н. д. щели при  $kl < \pi$  —  $D \approx 1,5$ .

В случае  $kl \ll \pi$  и при  $\mu_r = \epsilon_r = 1$ , что выполняется чаще всего, получаем

$$U = -j7,5\pi\lambda \frac{(kl)^2 H}{\ln \frac{l}{1.15d}}. \quad (7)$$

Магнитное поле  $H$  у щели, как показывает простой расчет, равно удвоенному полю электрического вибратора, расположенного в центре сферы:

$$H = 2H_0. \quad (8)$$

Рассматривая худший случай экранирования, определяем  $H_{0 \max}$ :

$$H_{0 \max} = -j \frac{\rho}{4\pi} \left( \frac{1}{R_1^2} + j \frac{k}{R_1} \right) e^{-jkR_1}, \quad (9)$$

где  $R_1$  — расстояние от излучателя до щели, радиус экрана.

Подставив (7), (8) и (9) в (3), а затем (3) и (2) в (1), получаем

$$\mathcal{E}_{\min} = 20 \lg \frac{\lambda^2 \ln \frac{l}{1,15d}}{l^3} \frac{B}{A_1 A_2}, \quad (10)$$

где

$$B = \frac{1}{R^3} + j \frac{k}{R^2} - \frac{k^2}{R}; \quad (11)$$

$$A_1 = \frac{1}{R_1^2} + j \frac{k}{R_1}; \quad (12)$$

$$A_2 = \frac{4 \left[ e^{-jk(R_2' - R_2)} - \cos \frac{kl}{2} \right]}{l R_2 \sin \frac{kl}{2}}. \quad (13)$$

Точно так же определяется эффективность экранирования магнитного диполя.

Результаты приведенного расчета были сопоставлены с экспериментом.

Т а б л и ц а

$\lambda, \text{ м}$	Коэффициент экранирования, <i>дб</i>	
	расчетный	экспериментальный
7,5	34	38
3,75	16	20
2,5	11	17
1,87	4	2

Проверялась зависимость эффективности сплошного металлического экрана размерами  $1 \times 1 \times 1 \text{ м}^3$  со щелью ( $l = 1 \text{ м}; d = 3 \text{ мм}$ ), прорезанной посередине одной из сторон куба параллельно грани. Облучался экран внешним излучателем на расстоянии  $6 \text{ м}$  от него. Приемной антенной служил короткий диполь длиной  $10 \text{ см}$ ,

$l$  в качестве индикатора использовался приемник П5-13А. Экранировка приемника была не хуже  $45 \text{ дб}$ , аттенюатор приемника проверялся по аттенюатору генератора ГСС-7 с точностью  $10\%$ .

Эффективность экрана измерялась методом замещения на основной и высших гармониках генератора. Результаты измерений и расчетные данные приведены в таблице.

Из таблицы видно, что экспериментальные данные достаточно хорошо согласуются с расчетными, несмотря на то, что условие  $kl \ll \pi$  соблюдалось не во всех случаях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Каден. Электромагнитные экраны в высокочастотной технике и технике электросвязи. Госэнергоиздат, 1957.
2. Д. Н. Шапиро. Расчет эффективности экранирующих камер, «Радиотехника», 1955, № 4.