

Полоса пропускания схемы для общей моды равна 4,4 кГц, частота среза $f_{cp} = 4,4$ кГц, максимальное затухание 40 дБ/дек. В схеме для дифференциальной моды полоса пропускания 8,2 кГц, $f_{cp} = 8,2$ кГц, максимальное затухание составляет 40 дБ/дек.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ КОРПУСОМ С АПЕРТУРОЙ

А.А. Иванов, магистрант

Научный руководитель М.Е. Комнатнов, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, anton.ivvv@gmail.com

Экранирование металлическим корпусом широко используется как конструкторское средство обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). На ранних этапах проектирования РЭА целесообразно вычисление значения эффективности экранирования (ЭЭ) с помощью аналитических методов [1, 2]. Существенное влияние на ЭЭ корпусом оказывают апертуры, находящиеся в его стенках, что требует введения выражений, учитывающих расположение и геометрические параметры апертуры, в алгоритм расчета. Так, в работе [3] апертура во фронтальной стенке корпуса рассматривается как щелевая линия передачи (ЛП). Влияние апертуры учитывается путем введения импеданса фронтальной стенки Z_{ap} , полученного как произведение сопротивления двух короткозамкнутых отрезков ЛП и корректирующего коэффициента l/a , полученного геометрически и вводимого для согласования между корпусом и апертурой:

$$Z_{ap} = \frac{1}{2} \frac{l}{a} j Z_{0stg} \frac{k_0 l}{2}.$$

При этом положение апертуры оказывается ограничено центром фронтальной стенки корпуса. В работе [4] аналогичный подход расширен для обеспечения возможности смещения апертуры из центра фронтальной стенки, путем введения коэффициента связи C_m , полученного из электродинамического описания поля в корпусе и апертуре. В работе [5] предложен альтернативный подход представления фронтальной стенки корпуса с апертурой в качестве комбинации несимметричных емкостной и индуктивной диафрагм (рис. 1). Сопротивление стенки с апертурой может быть найдено как

$$Z_{ap} = \frac{1}{Y_C + Y_L + Y_1 + Y_2}, \quad (1)$$

где Y_C и Y_L – проводимости емкостной и индуктивной диафрагм; Y_1 и Y_2 – проводимости, соответствующие изменению площади поперечного сечения фронтальной стенки корпуса с полным раскрытием путем

помещения вертикальных и горизонтальных диафрагм при условии отсутствия их наложения. Существенным преимуществом данного метода является отсутствие необходимости численного интегрирования для расчета Z_{ap} при сохранении возможности смещения апертуры, расположенной на фронтальной стенке корпуса, из центрального положения.

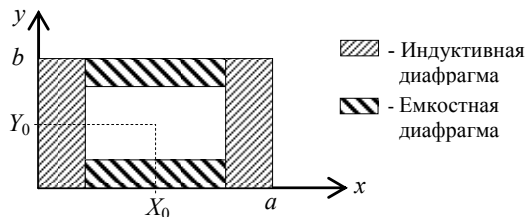


Рис. 1. Модель апертуры корпуса в виде комбинации волноводных диафрагм

Цель данной работы – реализация метода оценки ЭЭ корпусом с апертурой, использующего комбинацию емкостной и индуктивной диафрагм.

В ходе работы выполнены тригонометрические преобразования аналитических формул из [5] для вычисления проводимостей Y_C и Y_L , при условии режима распространения электромагнитной волны (ЭМВ) основного типа TE_{10} :

$$Y_C = j \frac{b}{\mu_0 \cdot f} \left(4 \cdot f^2 - \frac{1}{l^2} \right) \ln \left[\frac{1}{\sin(\pi Y_0/b) \cdot \sin(\pi w/2b)} \right], \quad (2)$$

$$Y_L = -j \frac{1}{a \cdot \mu_0 \cdot f} \left[\frac{1}{\sin^2(\pi X_0/a) \cdot \sin^2(\pi l/2a)} - 1 \right]. \quad (3)$$

Далее произведена оценка ЭЭ на примере корпуса с геометрическими размерами $a = d = 300$ мм, $b = 120$ мм и квадратной апертурой $w = l = 80$ мм расположенной в центре фронтальной стенки (рис. 2).

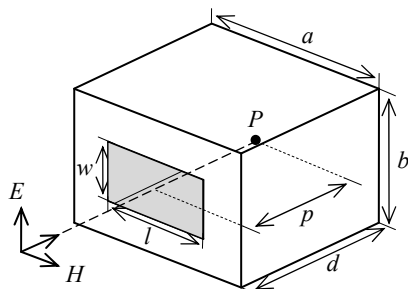


Рис. 2. Модель корпуса с апертурой при падении с ее стороны плоской ЭМВ

Толщина стенок корпуса $t = 1$ мм. Положение точки наблюдения P – в центре корпуса ($p = 150$ мм). Диапазоны частот источника излучения: от 1 МГц до 100 МГц и от 1 МГц до 1 ГГц, при условии распространения ЭМВ основного типа TE_{10} .

Также для выбранного корпуса выполнен расчет частотных зависимостей ЭЭ: при помощи модуля SE_Box системы TALGAT, использующей метод [3], аналитическим методом [4] и численным методом (электродинамическое моделирование). При аналитических расчетах потери в стенках корпуса не учитывались.

На рис. 3–4 приведены полученные зависимости.

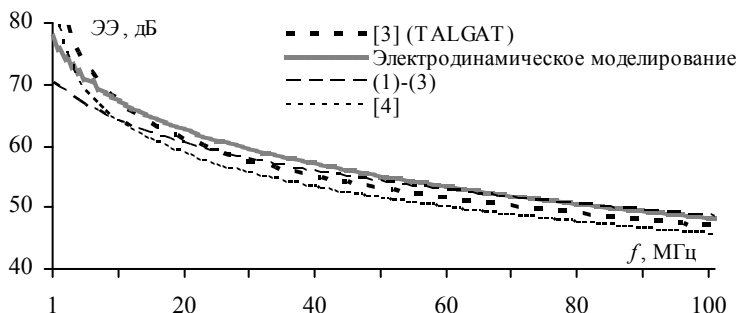


Рис. 3. Частотные зависимости ЭЭ корпусом в диапазоне 1–100 МГц

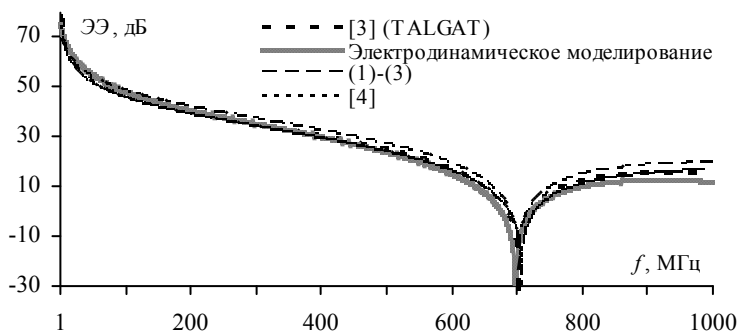


Рис. 4. Частотные зависимости ЭЭ корпусом в диапазоне 1–1000 МГц

Видно, что они согласуются между собой, а максимальное расхождение составляет не более 10 дБ, что объясняется отличием методов оценки влияния апертуры в рассмотренных методах, отсутствием учета толщины стенок корпуса в реализованном методе (1)–(3), а также влиянием проводящих свойств материала при электродинамиче-