

Определение резонансных характеристик дополнительных экранов с квадратной апертурой. Исследовались коэффициенты отражения от перфорированных экранов с использованием устройства типа Р2-61. Измерения выполнялись по следующей схеме. Сигнал с выхода измерителя Р2-61 через рупорный излучатель направлялся на исследуемую структуру, отражался от неё, поступал обратно в этот же рупор и по волноводному тракту вновь поступал в измеритель. Излучателем служил рупор с прямоугольным раскрытием $94 \times 150 \text{ мм}^2$. Калибровка измерительной установки производилась по металлическому экрану, т. е. сначала рупор посылал сигнал на металлический экран. В этом случае отраженный сигнал был максимален. Затем на металлический экран с зазором, равным $0,1 \text{ мм}$, помещалась перфорированная самодополнительная структура с различными размерами металлической ячейки. На эту структуру вплотную ставился своим раскрытием рупор и выполнялось измерение коэффициента стоячей волны напряжения (КСВ) в диапазоне от 8 до 18 ГГц . Анализ результатов измерений позволяет утверждать, что отдельные структуры уменьшают отражение до уровня КСВ не более $1,3$ в дискретном наборе частот от 8 до 13 ГГц .

Определение резонансных характеристик многослойных дополнительных экранов с квадратной апертурой. Исследование коэффициентов отражения многослойных систем выполнялось по выше описанной схеме. В качестве примера приводится результат измерения КСВ напряжения для пяти-слойной структуры. Наилучший результат достигался на частоте $14,67 \text{ ГГц}$ и был равен $1,06$.

Изучение изменений однопозиционной ЭПР металлической модели при наличии перфорированных покрытий. Исследование моделей проводилось как в режиме качественных измерений, так и при применении эталона в виде калиброванной металлической сферы с ЭПР в 1 м^2 . Качественные измерения выполнялись для цилиндрической модели. В этом случае исследовались характеристики отражательной способности объекта без покрытия и с однослойным и многослойным перфорированным покрытием. Точные измерения выполнялись для двухгранного углового отражателя. Как и в предыдущих случаях, перфорированные покрытия были однослойные и многослойные и выполнялись из металлической фольги с клеевым основанием. Ослабление отражения достигало 12 дБ по биссектрисе угла относительно ЭПР эталона в один квадратный метр.

УДК 537.2.001.24

РАСЧЕТ ЭКРАНИРУЮЩЕГО ЭФФЕКТА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ МЕТОДОМ ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В. С. МОГИЛА, Д. В. КОМНАТНЫЙ

Белорусский государственный университет транспорта

При конструировании высоковольтных установок и радиоэлектронных приборов зачастую возникает необходимость определения экранирующего эффекта металлических заземленных пластин различной формы в поле одного или нескольких точечных источников электростатического поля.

Выразить в замкнутой форме экранирующую функцию пластины можно в нескольких случаях, а именно: для проводящей полуплоскости, проводящей бесконечной плоскости, круглого диска, бесконечной полуплоскости с круглой диафрагмой или прямоугольной щелью. В важном для практики случае прямоугольной пластины аналитическое решение в литературе отсутствует. В этом случае для расчета применяются численные методы.

В связи с этим сохраняет актуальность разработка численного метода определения экранирующего эффекта тонкой прямоугольной пластины. При этом принимается, что толщина пластины пренебрежимо мала по сравнению с ее длиной и шириной. Так как определяется поле тонкой незамкнутой оболочки во внешней области, то наиболее целесообразным является метод граничных элементов.

В поле сторонних зарядов на заземленной проводящей пластине индуцируются электрические заряды, которые распределяются таким образом, что потенциал экрана остается постоянным и в данном частном случае равным нулю. Поэтому можно записать следующее соотношение для потенциала экрана, созданного точечными зарядами и зарядом, индуцированным на экране:

$$\sum_{n=1}^N \varphi_n + \varphi_u = 0 \quad (1)$$

или

$$\Phi_u = - \sum_{n=1}^N \Phi_n, \quad (2)$$

где Φ_u – потенциал, созданный индуцированным зарядом, В; N – количество точечных зарядов; Φ_n – потенциал n -го точечного заряда, В.

Выразив значение потенциала поля индуцированных зарядов через поверхностную плотность наведенного заряда, в общем случае не одинаковую в различных точках экрана, можно записать

$$\int_S \frac{\sigma}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} dS = - \sum_{n=1}^N \Phi_n, \quad (3)$$

где σ – поверхностная плотность индуцированного заряда, Кл/м²; S – площадь экрана, м²; ϵ – диэлектрическая проницаемость; ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, Ф/м; r – расстояние между точками влияния и наблюдения, м.

Соотношение (3) представляет собой интегральное уравнение относительно плотности индуцированного заряда. Для его решения пластина делится на прямоугольные граничные элементы. Плотность индуцированных зарядов в пределах граничного элемента принимается постоянной. Точки наблюдения размещаются в центрах тяжести граничных элементов. Тогда уравнение (3) преобразуется в систему линейных алгебраических уравнений

$$\sum_i \sigma_i \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{S_i} \frac{1}{r_{QM}} dS = - \sum_{n=1}^N \Phi_n. \quad (4)$$

Коэффициенты при неизвестных системы уравнений (4) имеют вид

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{S_i} \frac{1}{r_{QM}} dS, \quad (5)$$

где i – номер граничного элемента, содержащего точку влияния M ; j – номер граничного элемента, содержащего точку наблюдения Q .

Если точка влияния и точка наблюдения не совпадают, то в формуле (5) подынтегральное выражение можно разложить в ряд по полиномам Лежандра. Если ограничиться тремя первыми членами ряда, то при почленном интегрировании ряда после необходимых подстановок и преобразований получается выражение для интеграла в (5):

$$\int_{S_i} \frac{1}{r_{QM}} dS = \frac{S}{r_{QM_0}} - \frac{1}{2r_{QM_0}^3} \left(\frac{2}{3} b \left(\frac{a}{2} \right)^3 + \frac{2}{3} a \left(\frac{b}{2} \right)^3 \right) + \frac{3}{8r_{QM_0}^5} \left(\frac{2}{5} \left(\frac{a}{2} \right)^5 b + \frac{2}{5} \left(\frac{b}{2} \right)^5 a \right), \quad (6)$$

где a – длина граничного элемента, м; b – ширина граничного элемента, м.

В случае совпадения точек влияния и наблюдения можно воспользоваться известной формулой для потенциала поля равномерно заряженной прямоугольной пластинки в точках, принадлежащих плоскости пластинки. Подстановка в эту формулу координат центра граничного элемента приводит к выражению

$$\int_{S_i} \frac{1}{r_{QM}} dS = 2a \operatorname{Arsh} \frac{b}{a} + 2b \operatorname{Arsh} \frac{a}{b}. \quad (7)$$

Зная значения зарядов граничных элементов, можно проанализировать коэффициент экранирования в области, защищенной экраном. Коэффициент экранирования определяется в каждой точке как отношение потенциала неискаженного поля к потенциалу в той же точке при наличии экрана.

Для проверки предлагаемого метода вычислений был выполнен расчет экрана, находящегося в поле точечного заряда, значение которого $1 \cdot 10^{-6}$ Кл. Построение системы граничных элементов и решение системы линейных алгебраических уравнений проводились с помощью программного средства MathCAD PLUS 6.0 фирмы MathSoft Ink. При этом исследовалось распределение потенциала на прямой, находящейся под экраном, при наличии и при отсутствии экрана. Изучалось так-

же распределение коэффициента экранирования вдоль этой прямой. Анализ полученных результатов показал, что при небольшом количестве граничных элементов можно получить достаточно точное решение задачи. Потенциал в исследуемой области при наличии экрана в среднем в два раза меньше потенциала в той же области, определенного при отсутствии экрана. Все это позволяет сделать вывод о возможности расчетов прямоугольных экранов предлагаемым методом.

УДК 656.256.3.05

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИКАЗОВ В ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ «НЕМАН»

Ф. Е. САТЫРЕВ, Н. А. КУТЬКО

Белорусский государственный университет транспорта

Перспективные системы автоматики и телемеханики должны обладать качественно новыми и более широкими функциональными возможностями по сравнению с существующими, обеспечивать повышение уровня безопасности движения поездов. К таким системам относится внедряемая на Белорусской железной дороге ДЦ «Неман», предназначенная для управления движением поездов на одно-, двух- и многопутных участках железнодорожных линий.

Отличительной особенностью систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) является потребность в передаче ответственной информации [1]. Под ответственной информацией понимается информация, используемая в дискретной системе, искажение которой переводит систему в опасное состояние (ОСТ 32.17-92). Ответственной телемеханической командой является команда телеуправления (ТУ) или телесигнализации (ТС), несущая ответственную информацию [2]. Особенностью таких команд является то, что технологические условия безопасности при их выполнении уже не проверяются на линейном пункте, а должны полностью обеспечиваться на пункте управления.

К ответственным командам относятся: включение вспомогательного режима аварийной смены направления движения на перегоне, оборудованном двухсторонней автоблокировкой; вспомогательный режим дачи прибытия поезда в полном составе на участках с полуавтоматической блокировкой; вспомогательный перевод стрелок при ложной занятости стрелочного участка; искусственное размыкание замкнутых в маршруте путевых и стрелочных участков; управление переездом, расположенным в пределах станции [3].

В ДЦ «Неман» схема реализации ответственных команд предусматривает выполнение двух условий: возможность реализации в данный момент времени только одного ответственного приказа; контроль времени (20 с) между реализацией первой и второй частей команды (реле ВВО).

Реализация ответственных приказов организована подачей с центрального поста на линейный пункт двух команд: предварительной и на исполнение. В реализации ответственных команд линейного пункта (ЛП) ДЦ «Неман» непосредственно участвуют следующие блоки: модем, воспринимающий ответственную команду и передающий ее в ЭВМ ЛП; ЭВМ ЛП; плата Ц32, служащая для передачи ответственной команды на требуемый блок ТУ-16 по специальному протоколу; блок телеуправления ТУ-16, расшифровывающий поступающую команду на замыкание или размыкание требуемого ключа и реализующий ее; блок телесигнализации (ТС-32), посылающий на центральный пост подтверждение о получении предварительной части ответственного приказа.

Обеспечение безопасности при реализации ответственной команды возложено на релейные схемы увязки блока ТУ-16 с ЛП ДЦ «Неман» и схем электрической централизации. Например, для реализации ответственной команды «Аварийная схема направления движения» в схемах ЭЦ применяются реле первого класса надежности. Для фиксации получения предварительной части ответственной команды смены направления движения в каждом направлении к электронному ключу блока ТУ-16 подключены реле АСНН(Ч) для смены направления в нечетном (четном) направлении. Контакты этих реле образуют цепи получения исполнительной части ответственной команды. Для выдержки максимального времени ожидания получения второй части ответственной команды применяется реле временной задержки ВВО. При срабатывании реле фиксации предварительной команды цепь питания реле ВВО разрывается и оно запитывается от блоков конденсаторных батарей БКР, емкость которых рассчитана таким образом, чтобы реле ВВО оставалось под током 20 с.