

**ТРИАДНЫЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН***Маслов О.Н., Шаталов И.С.**Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ**E-mail: maslov@psati.ru*

Рассматривается задача исследования условий формирования электромагнитного канала утечки конфиденциальной информации в компьютерной сети методами и средствами теории случайных антенн. В рамках триадно-кластерного метода моделирования канала утечки конфиденциальной информации с применением вероятностной комбинаторики предлагается использовать триадный элементарный излучатель в качестве базового элемента разветвленной сети. Приведены результаты тестирования и анализа свойств триадного элементарного излучателя при помощи триадно-кластерного метода разными способами – как в виде детерминированных распределений уровней электрического  $E$ -поля и магнитного  $H$ -поля на заданной плоской поверхности, так и соответствующих им вероятностных гистограмм. Показано, что для адекватного статистического моделирования свойств триадного элементарного излучателя значения коммутирующих параметров в формулах для напряженности  $E$ -поля и  $H$ -поля, создаваемых его компонентами, необходимо «разыгрывать» методом Монте-Карло в пределах  $[-1; 1]$ .

**Ключевые слова:** компьютерная сеть, конфиденциальная информация, электромагнитный канал утечки, триадно-кластерный метод, триадный элементарный излучатель, уровни напряженности поля, пространственные распределения, вероятностные гистограммы, диаграммы Парето

**Введение**

При исследовании условий формирования электромагнитного канала утечки конфиденциальной информации (КИ) базовым элементом (БЭ) компьютерной сети считается ЭВМ, физической моделью которой являются совмещенные источники электрического  $E$ -поля в виде несимметричного излучателя, размещенного над проводящей поверхностью раздела электрических сред (пол, межэтажные перекрытия), и магнитного  $H$ -поля в виде аналогичного рамочного излучателя [1], работающие в гармоническом режиме.

Указанная модель ориентирует лиц, принимающих решения (ЛПР) в сфере защиты КИ, на применение хорошо разработанной и апробированной теории электромагнетизма на основе законов Максвелла; указывает на необходимость раздельного анализа и моделирования структур  $E$ -поля и  $H$ -поля, создаваемых ЭВМ в точке возможного перехвата КИ; дает ЛПР возможность применить результаты, полученные на частоте  $\omega_k$  в гармоническом режиме для анализа КИ-сигнала с дискретизированным энергетическим спектром  $G_c(\omega_k)$ ,  $k [1; K]$  заданной формы; демонстрирует сложную пространственную структуру  $E$ -поля и  $H$ -поля вокруг ЭВМ, включая точку перехвата КИ, что важно для проведения экспериментальных измерений, и т.п.

В то же время ни реальную картину распределения уровней  $E$ -поля и  $H$ -поля вокруг

ЭВМ, ни их статистические свойства и динамику поведения во всем пространственно-частотно-временном объеме, который представляет интерес для защиты КИ, модель БЭ [1] воспроизвести не позволяет. Для этого нужен инструментарий, обладающий существенно большими возможностями – которые ЛПР предоставляет теория случайных антенн [2-6], включающая триадно-кластерный метод (ТКМ) моделирования БЭ компьютерной сети, приводящий к триадному элементарному излучателю (ТЭИ) согласно [7-10].

В составе модели канала утечки КИ на основе БЭ в виде ТЭИ присутствуют все шесть ортогональных составляющих (ОС) векторов напряженности  $E$ -поля: в декартовых координатах это  $E_{x,y,z}$ ; и  $H$ -поля:  $H_{x,y,z}$  [11-14]. Традиционная схема детерминированного анализа типа «если ... то...» при таком подходе неприменима, но зато удается смоделировать эффект стохастического комбинирования ОС в процессе работы ЭВМ, который аналогов при использовании модели БЭ [1] не имеет.

Это принципиально новый динамический фактор, учитывающий неопределенность знаний ЛПР о режиме работы ЭВМ, которая неустранима аналитическим или экспериментальными методами – с помощью которых промоделировать работу БЭ компьютерной сети, как уже было сказано, не удастся.

Цель статьи – моделирование статистических характеристик  $E$ -поля и  $H$ -поля БЭ в виде ТЭИ для исследования условий формирования электромагнитного канала утечки компьютерной КИ.

### Исходные данные для моделирования

В состав ТЭИ входят триада ортогональных элементарных электрических излучателей ЭЭИ $_{X;Y;Z}^{\ominus}$  с длинами  $l_{X;Y;Z}^{\ominus}$  и токами  $I_{X;Y;Z}^{\ominus}$ ; а также аналогичная триада элементарных магнитных излучателей ЭМИ $_{X;Y;Z}^{\ominus}$  с длинами  $l_{X;Y;Z}^{\ominus}$  и токами  $I_{X;Y;Z}^{\ominus}$ ; являющихся источниками, соответственно, ОС  $E_{X;Y;Z}$  и ОС  $H_{X;Y;Z}$ , каждая из которых в гармоническом режиме представлена двумя квадратурными компонентами: действительной и

мнимой. Таким образом, данные моделирования в общем случае представляют собой массивы 12 случайных числовых величин, характеризующих  $E$ -поле и  $H$ -поле БЭ [13-14].

Электродинамическая модель БЭ на частоте  $\omega_k$  представляет собой ОС  $E_{X;Y;Z}$  и  $H_{X;Y;Z}$ , куда вводятся «коммутирующие» параметры, соответственно,  $e_{X;Y;Z}$  и  $h_{X;Y;Z}$ , принадлежащие области  $[-1; 1]$ . Неопределенность знаний ЛПР о режиме работы БЭ при этом моделируется путем стохастического комбинирования элементов ЭЭИ $_{X;Y;Z}^{\ominus}$  и ЭМИ $_{X;Y;Z}^{\ominus}$  методом Монте-Карло путем случайного выбора значений  $e_{X;Y;Z}$  и  $h_{X;Y;Z}$ , то есть с учетом амплитуд и направлений токов  $I_{X;Y;Z}^{\ominus}$  и  $I_{X;Y;Z}^{\ominus}$ , возбуждающих БЭ.

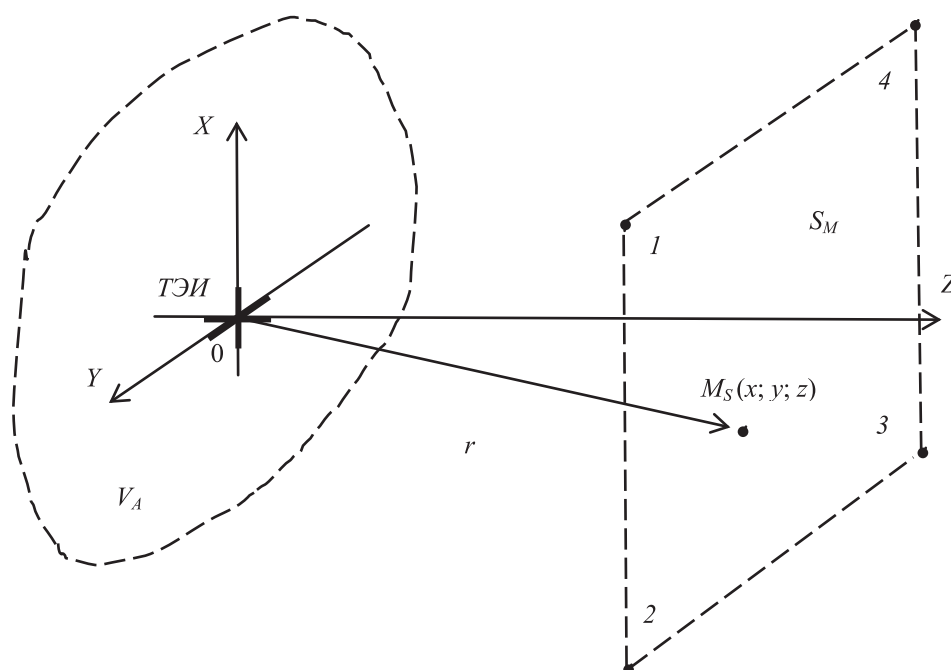


Рисунок 1. Расположение БЭ и четырех контрольных точек в прямоугольной системе координат

### Результаты детерминированного тестирования БЭ

Размещение БЭ в виде ТЭИ внутри объема  $V_A$  в системе координат  $X; Y; Z$  иллюстрирует рису-

нок 1. Точка возможного перехвата КИ  $M_S$  с координатами  $x; y; z$  удалена от БЭ на расстояние  $r$ , результаты моделирования представляют собой гистограммы модулей векторов  $E$ -поля и  $H$ -поля, которые соответствуют

$$E = \sqrt{(\operatorname{Re}E_X)^2 + (\operatorname{Im}E_X)^2 + (\operatorname{Re}E_Y)^2 + (\operatorname{Im}E_Y)^2 + (\operatorname{Re}E_Z)^2 + (\operatorname{Im}E_Z)^2};$$

$$H = \sqrt{(\operatorname{Re}H_X)^2 + (\operatorname{Im}H_X)^2 + (\operatorname{Re}H_Y)^2 + (\operatorname{Im}H_Y)^2 + (\operatorname{Re}H_Z)^2 + (\operatorname{Im}H_Z)^2}. \quad (1)$$

Если нужно сбалансировать уровни  $E$ -поля и  $H$ -поля, создаваемых ТЭИ, то  $I_{X;Y;Z}^{\ominus} = Z_0 I_{X;Y;Z}^{\ominus}$ , где  $Z_0 = 120\pi$  Ом – волновое сопротивление окружающего пространства. Если условие баланса не выполняется, оба поля могут распадаться на

группы с меньшей и большей интенсивностью, формируемые  $I_{X;Y;Z}^{\ominus}$  и  $I_{X;Y;Z}^{\ominus}$ . Точка  $M_S(x; y; z)$ , расположенная на плоской поверхности  $S_M$  на расстоянии  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  от ТЭИ, может находиться во всех трех пространственных зонах

вокруг БЭ: ближней, промежуточной Френеля и в дальней волновой зоне Фраунгофера.

Результаты тестирования и предварительного исследования ТЭИ детерминированным методом представлены в [13-14]. Заключительным этапом тестирования является анализ симметрии  $E$ -поля и  $H$ -поля ТЭИ в дальней волновой зоне Фраунгофера для 16 разных вариантов реализации БЭ – с учетом того, что свойства некоторых из них в настоящее время известны.

Таблица 1. Уровни напряженности  $E$ -поля и  $H$ -поля в контрольных точках зоны Фраунгофера на частоте 150 МГц для разных вариантов реализации ТЭИ

Вариант	Состав ТЭИ	Точка 1, $E$ -поле	Точка 2, $E$ -поле	Точка 3, $E$ -поле	Точка 4, $E$ -поле	Точка 1, $H$ -поле	Точка 2, $H$ -поле	Точка 3, $H$ -поле	Точка 4, $H$ -поле
1	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>X</sub>	271,1	271,1	271,1	271,1	0,719	0,719	0,719	0,719
2	ЭЭИ <sub>Y</sub> ; ЭМИ <sub>Y</sub>	271,1	271,1	271,1	271,1	0,719	0,719	0,719	0,719
3	ЭЭИ <sub>Z</sub> ; ЭМИ <sub>Z</sub>	121,3	121,3	121,3	121,3	0,322	0,322	0,322	0,322
4	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭЭИ <sub>Y</sub>	363,8	402,1	363,8	402,1	0,965	1,067	0,965	1,067
5	ЭМИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>Y</sub>	0,965	1,067	0,965	1,067	0,0026	0,0028	0,0026	0,0028
6	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭЭИ <sub>Z</sub>	210,1	363,8	363,8	210,1	0,557	0,965	0,965	0,557
7	ЭМИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>Z</sub>	0,557	0,965	0,965	0,557	0,0015	0,0025	0,0025	0,0015
8	ЭЭИ <sub>Y</sub> ; ЭЭИ <sub>Z</sub>	210,1	210,1	363,8	363,8	0,557	0,557	0,965	0,965
9	ЭМИ <sub>Y</sub> ; ЭМИ <sub>Z</sub>	0,557	0,557	0,965	0,965	0,0015	0,0015	0,0025	0,0025
10	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭЭИ <sub>Y</sub> ; ЭМИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>Y</sub>	363,8	402,1	363,8	402,1	0,965	1,067	0,965	1,067
11	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭЭИ <sub>Z</sub> ; ЭМИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>Z</sub>	210,1	363,76	363,8	210,1	0,557	0,965	0,965	0,557
12	ЭЭИ <sub>Y</sub> ; ЭЭИ <sub>Z</sub> ; ЭМИ <sub>Y</sub> ; ЭМИ <sub>Z</sub>	210,1	210,1	363,8	363,8	0,557	0,557	0,965	0,965
13	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭЭИ <sub>Y</sub> ; ЭЭИ <sub>Z</sub>	242,6	420,0	485,0	420,0	0,643	1,114	1,287	1,114
14	ЭМИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>Y</sub> ; ЭМИ <sub>Z</sub>	0,643	1,114	1,287	1,114	0,0017	0,0029	0,0034	0,0029
15	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭЭИ <sub>Y</sub> ; ЭЭИ <sub>Z</sub> ; ЭМИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>Y</sub> ; ЭМИ <sub>Z</sub>	242,6	420,0	485,0	420,0	0,643	1,114	1,287	1,114
16	ЭЭИ <sub>X</sub> ; ЭМИ <sub>Y</sub>	271,8	271,8	271,8	271,8	0,721	0,721	0,721	0,721

Из данных таблицы 1 видно, что полная симметрия  $E$ -поля и  $H$ -поля ТЭИ, аналогичная симметрии его компонентов, имеет место при первых трех двухкомпонентных (когда токи  $I_{X;Y;Z}^E$  и  $I_{X;Y;Z}^M$  направлены по одинаковым осям) и последнем, шестнадцатом (когда ТЭИ представляет собой излучатель Гюйгенса) вариантах его реализации.

При четвертом и пятом двухкомпонентных вариантах реализации БЭ, а также при десятом четырехкомпонентном варианте, когда токи направлены по разным осям, имеет место частичная симметрия пар точек: точки 1 точке 3 и точки 2 точке 4. При шестом и седьмом двухкомпонентных вариантах, а также при одиннадцатом четырехкомпонентном варианте наблюдается иная попарная симметрия: точки 1 точке 4 и точки 2 точке 3.

Расположение контрольных точек 1-4 в углах плоской площадки  $S_M$  с размерами  $40 \times 40$  м<sup>2</sup>, удаленной от ТЭИ на расстояние  $r = z = 30$  м, показано на рисунке 1. Уровни напряженности  $E$ -поля и  $H$ -поля для токов  $I_{X;Y;Z}^E$  и  $I_{X;Y;Z}^M$ , направленных в положительном направлении вдоль осей  $X$ ;  $Y$ ;  $Z$  (при  $e_{X;Y;Z} = 1$  и  $h_{X;Y;Z} = 1$ ), на частоте 150 МГц, приведены в таблице 1. Отметим, что точно такие же числовые данные были получены при  $e_{X;Y;Z} = -1$  и  $h_{X;Y;Z} = -1$ ;  $e_{X;Y;Z} = 1$  и  $h_{X;Y;Z} = -1$ ;  $e_{X;Y;Z} = -1$  и  $h_{X;Y;Z} = 1$ .

При восьмом и девятом двухкомпонентных вариантах, а также при двенадцатом четырехкомпонентном варианте сохраняется попарная симметрия: точки 1 точке 2 и точки 3 точке 4. При тринадцатом и четырнадцатом трехкомпонентных вариантах, а также при шестикомпонентном пятнадцатом варианте имеет место симметрия двух точек: точки 2 точке 4.

Восемь типовых распределений уровней ЭМП в пределах площадки на плоскости  $S_M$  (см. рисунок 1) для полосы частот 1 кГц ... 1 ГГц при четвертом, девятом и пятнадцатом вариантах показаны на рисунке 2. В обобщенном и систематизированном виде эти данные демонстрирует таблица 2, где римскими цифрами обозначены номера типовых распределений на рисунке 2.

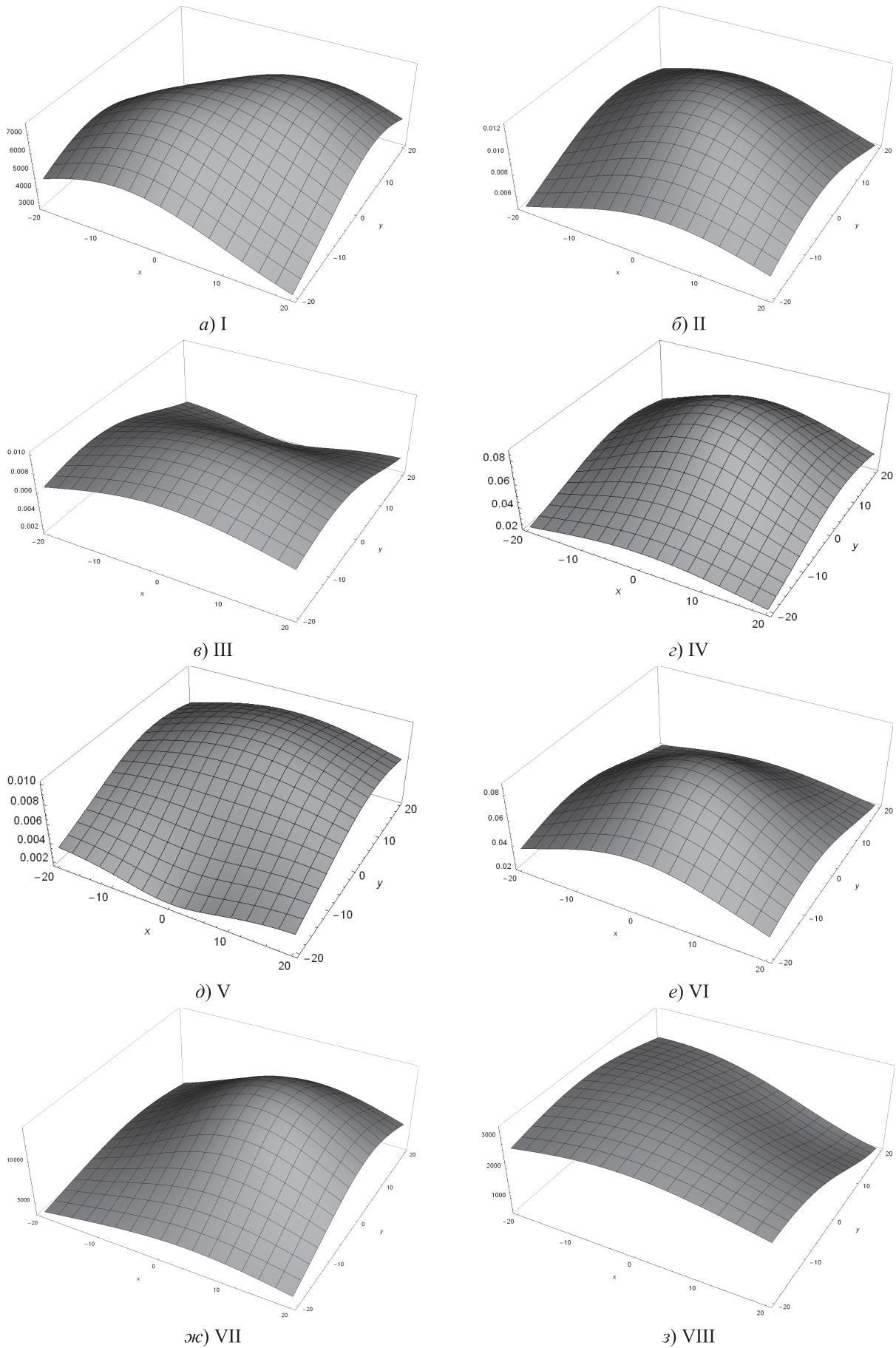


Рисунок 2. Типовые распределения уровней ЭМП в пределах площадки  $S_M$  на частоте 150 МГц при разных вариантах реализации ТЭИ: а) I; б) II; в) III; г) IV; д) V; е) VI; ж) VII; з) VIII

Таблица 2. Типы распределения ЭМП в пределах площадки  $S_M$  на частоте 150 МГц при разных вариантах реализации ТЭИ

Вариант 4				
Частота	1 кГц		1 ГГц	
Распределение	<i>E</i> -поле	<i>H</i> -поле	<i>E</i> -поле	<i>H</i> -поле
+ЭЭИ <sub>X</sub> ; +ЭЭИ <sub>Y</sub>	I	II	II	II
-ЭЭИ <sub>X</sub> ; -ЭЭИ <sub>Y</sub>	I	II	II	II
-ЭЭИ <sub>X</sub> ; +ЭЭИ <sub>Y</sub>	II	I	II	I
+ЭЭИ <sub>X</sub> ; -ЭЭИ <sub>Y</sub>	II	I	II	I
Вариант 9				
Частота	1 кГц		1 ГГц	
Распределение	<i>E</i> -поле	<i>H</i> -поле	<i>E</i> -поле	<i>H</i> -поле
+ЭМИ <sub>Y</sub> ; +ЭМИ <sub>Z</sub>	V	VI	V	V
-ЭМИ <sub>Y</sub> ; -ЭМИ <sub>Z</sub>	V	VI	V	V
-ЭМИ <sub>Y</sub> ; +ЭМИ <sub>Z</sub>	VII	VIII	VII	VII
+ЭМИ <sub>Y</sub> ; -ЭМИ <sub>Z</sub>	VII	VIII	VII	VII
Вариант 15				
Частота	1 кГц		1 ГГц	
Распределение	<i>E</i> -поле	<i>H</i> -поле	<i>E</i> -поле	<i>H</i> -поле
+ЭЭИ <sub>X</sub> ; +ЭЭИ <sub>Y</sub> ; +ЭЭИ <sub>Z</sub> ; +ЭМИ <sub>X</sub> ; +ЭМИ <sub>Y</sub> ; +ЭМИ <sub>Z</sub>	IX	IX	X	X
-ЭЭИ <sub>X</sub> ; -ЭЭИ <sub>Y</sub> ; -ЭЭИ <sub>Z</sub> ; -ЭМИ <sub>X</sub> ; -ЭМИ <sub>Y</sub> ; -ЭМИ <sub>Z</sub>	IX	IX	X	X

По итогам проведенного тестирования можно утверждать, во-первых, что варианты реализации БЭ, соответствующие известным физическим моделям источников излучения (первый, второй, третий и шестнадцатый варианты), фиксируют полную симметрию *E*-поля и *H*-поля, что и требовалось доказать.

Во-вторых, что другие варианты демонстрируют существенно более сложный характер симметрии, который объясняется изменением характера интерференции волновых полей элементов ЭЭИ<sub>X,Y,Z</sub> и ЭМИ<sub>X,Y,Z</sub> – это отчетливо видно как на рисунке 2, так и по данным таблицы 2.

В-третьих, анализ воздействия перемены знаков в параметрах  $e_{X,Y,Z}$  и  $h_{X,Y,Z}$  на уровни напряженности *E*-поля и *H*-поля показывает, что его влиянием на результаты моделирования пренебрегать нельзя (более подробно см. далее).

### Результаты статистического тестирования БЭ

Гистограммы уровней (модулей векторов) *E*-поля ТЭИ при сбалансированных токах  $I_{X,Y,Z}^M = Z_0 I_{X,Y,Z}^3$  для осевой точки  $M_S(0; 0; 30)$  представлены на рисунке 3 (частота 150 МГц, дальняя волновая зона Фраунгофера). Число «разыгрываний» методом Монте-Карло  $NS = 10^3 - 10^4$ ; по вертикальной оси отложена частота (относительное число попаданий) уровней *E*-поля в интервалы с номерами, указанными на горизонтальной оси. Поскольку в данном

случае нас интересует только общий вид закона распределения, численные границы интервалов на оси абсцисс не указаны. Достоинством гистограммы традиционного вида на рисунке 3а является ее соответствие интегральной функции распределения, поскольку уровни *E*-поля здесь монотонно возрастают слева направо по горизонтальной оси.

Недостаток, связанный с неустранимым путем увеличения  $N_S$  «провалом» посередине, микшируется путем перехода к диаграмме Парето, показанной на рисунке 3б: решетчатость гистограммы здесь устраняется за счет перестановки ее столбцов, порядок которых слева направо теперь соответствуют переходу от более часто к менее часто наблюдающимся значениям напряженности *E*-поля.

Поскольку решетчатые гистограммы на практике встречаются достаточно часто, форма их представления согласно рисунку 3б представляет определенный интерес, однако на трудности, связанные с обработкой, аппроксимацией, интерпретацией и т.п. статистических данных применение диаграммы Парето не влияет.

На рисунке 4 представлены гистограммы уровней *E*-поля в боковой точке  $M_S(10; 0; 30)$ , при разыгрывании в рамках ТКМ методом Монте-Карло значений параметров  $e_{X,Y,Z}$  и  $h_{X,Y,Z}$  в пределах  $[-1; 1]$  – см. рисунок 4а и в пределах  $[0; 1]$  – см. рисунок 4б. Видно, что при прочих равных условиях, соответствующих данным рисунка 2 и

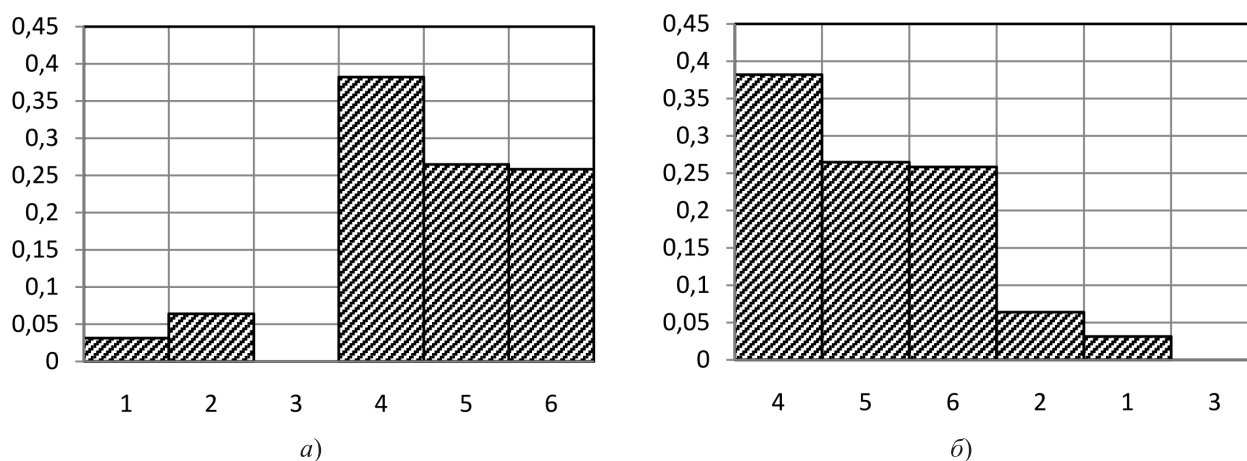


Рисунок 3. Гистограммы случайных значений уровня напряженности  $E$ -поля в осевой точке  $M_S(0; 0; 30)$  на частоте 150 МГц: а) решетчатая гистограмма; б) диаграмма Парето

таблицы 2, учет перемены знака заметно «ухудшает» нормализацию гистограммы, что следует считать более трудным для моделирования случаям по сравнению с условиями применимости центральной предельной теоремы теории вероятностей [3]. Поэтому при исследовании условий формирования канала утечки КИ с применением ТКМ и ТЭИ для  $e_{x;y;z}$  и  $h_{x;y;z}$  целесообразно использовать пределы  $[-1; 1]$ .

Анализ аналогичных данных на частотах 1 кГц – 10 ГГц, которые соответствуют реальной полосе канала утечки компьютерной КИ, показывает, что гистограммы  $E$ -поля и  $H$ -поля, во-первых, близки друг другу по форме; во-вторых, мало зависят от частоты – в обоих случаях за исключением области самых низких частот; в-третьих, существенно зависят от координат точки наблюдения.

Осевой точке  $M_S(0; 0; 30)$  при этом часто соответствуют решетчатые гистограммы, аналогич-

ные показанным на рисунке 3а, тогда как по мере ее отклонения от оси  $Z$  влево и вправо, вверх и вниз, они приобретают одновершинный характер – см. рисунок 4б.

Наиболее наглядно это проявляется при комбинаторике волновых полей элементов ЭЭИ $_{x;y;z}$  и ЭМИ $_{x;y;z}$ , которая моделируется путем разыгрывания случайных значений  $e_{x;y;z}$  и  $h_{x;y;z}$  методом Монте-Карло. Указанная комбинаторика отражает стохастическую динамику их интерференционного взаимодействия, когда ситуация может как соответствовать, так и не соответствовать условиям применимости центральной предельной теоремы теории вероятностей, когда распределения уровней  $E$ -поля и  $H$ -поля приближаются к нормальному закону – по аналогии с [15-16], и увеличение числа «разыгрываний» до  $N_S = 6 \cdot 10^4$  заметно способствует этому.

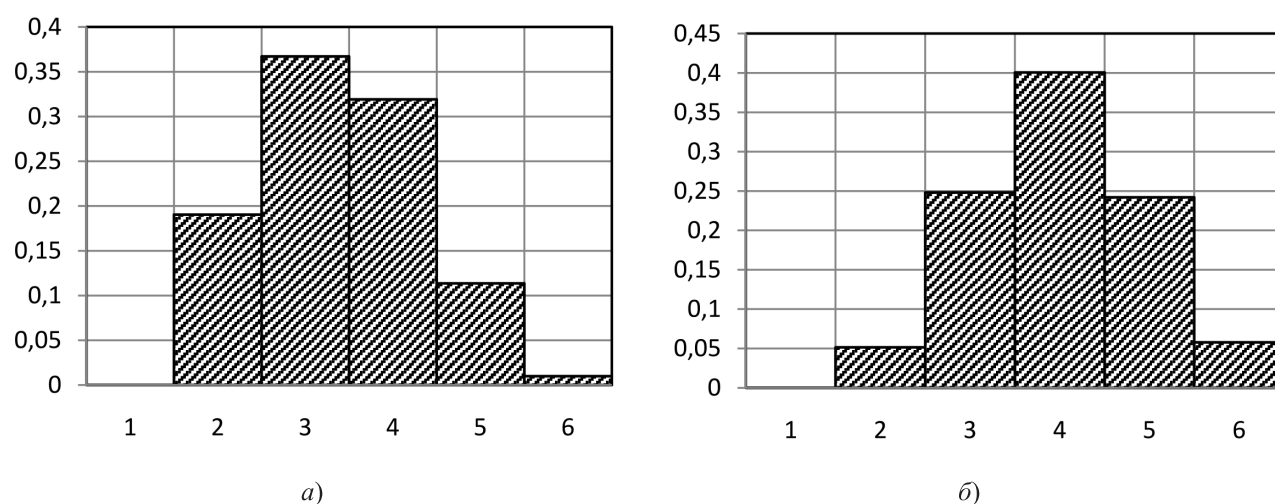


Рисунок 4. Гистограммы случайных значений уровня напряженности  $E$ -поля в боковой точке  $M_S(10; 0; 30)$  на частоте 150 МГц: а) при  $[-1; 1]$ ; б) при  $[0; 1]$

## Заключение

Модель БЭ в виде ТЭИ отличается от модели ЭВМ [1] универсальностью и адекватностью, ее возможности помогают ЛПР понять и воспроизвести достаточно сложные физические процессы, сопровождающие формирование электромагнитного канала утечки компьютерной КИ во внешнюю среду. Открытый характер модели БЭ стимулирует ЛПР при разработке систем защиты КИ использовать статистические, экспериментальные и другие данные, полученные всеми доступными способами исследования компьютерных сетей.

Комплексное тестирование ТЭИ подтверждает соответствие предложенной ТКМ-модели всем поставленным требованиям косвенным путем, чего для нужд практики вполне достаточно, поскольку прямая проверка БЭ компьютерной сети вряд ли приемлема как по организационным, так и по ресурсным соображениям.

Применение диаграмм Парето представляет интерес при исследовании с помощью ТКМ самофокусирования случайных антенн [2-3], когда «хвосты» гистограмм имеют решетчатый вид не только ввиду нехватки статистических данных, но и вследствие повторяемости результатов СИМ.

Расширенные возможности модели БЭ позволяют строить как статические, так и наиболее перспективные динамические модели каналов утечки КИ. При разработке и проектировании новых систем защиты КИ от утечки по электромагнитным каналам (в том числе через случайные антенны – сосредоточенные, апертурные, распределенные [7-9]) во внешнюю среду это может иметь важное прикладное значение.

## Литература

- Бузов Г.А., Калинин С.В. Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.
- Маслов О.Н. Теория случайных антенн: первые 10 лет развития и применения // Антенны. – 2017. – №9 (241). – С. 37-59.
- Маслов, О.Н. Случайные антенны: теория и практика. Самара: Изд-во ПГУТИ-ОФОРТ, 2013. – 480 с. / URL: <http://eis.psuti.ru/images/books/sluchant> (д. о. 01.06.2018).
- Maslov O.N., Rakov A.S., Silkin A.A. Statistical Simulation of Random Antennas like Development of the Statistical Theory Antennas // Proceedings of the IX International Conference on Antenna Theory and Techniques ICATT'13. – 2013. – IEEE Ukraine, Odessa. – P. 53-58.
- Маслов О.Н. Теория случайных антенн: атрибуты и отличительные признаки // Инфокоммуникационные технологии. – 2014. – Т.12. – №4. – С. 22-33.
- Маслов О.Н. Онтологические принципы развития статистической теории антенн // Антенны. – 2015. – №4. – С. 15-25.
- Маслов О.Н. Информационная защита случайных антенн: новые возможности и перспективы // Защита информации. Инсайд. – 2018. – №1. – С. 32-37.
- Маслов О.Н. Принципы моделирования систем защиты информации от утечки через случайные антенны // Специальная техника. – 2016. – №6. – С. 45-55.
- Маслов О.Н., Раков А.С. Апертуры утечки информации: анализ, моделирование, защита // Защита информации. Инсайд. – 2015. – №1. – С. 30-33.
- Маслов О.Н. Тriaдно-кластерный метод анализа и моделирования случайных антенн // Электро-связь. – 2016. – №10. – С. 69-74.
- Маслов О.Н., Раков А.С. Тriaдный метод анализа и моделирования случайных антенн // Материалы XVI МНТК «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций (ПТиТТ-2015)». – Уфа: УГАТУ, ноябрь, 2015. – С. 170-172.
- Маслов О.Н., Шаталов И.С. Сложные тriaдные модели излучателей в задачах проектирования систем активной защиты случайных антенн // II Научный Форум телекоммуникации: теория и технологии (ТТТ-2017). – Т.1. Материалы XVIII МНТК Проблемы техники и технологий телекоммуникаций (ПТиТТ-2017). – Казань: КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, ноябрь, 2017. – С. 32-35.
- Маслов О.Н., Шаталов И.С. Тriaдно-кластерные модели типовых случайных антенн // Инфокоммуникационные технологии. – 2018. – Т.16. – №1. – С. 131-142. doi: 10.18469/ikt.2018.16.1.15.
- Маслов О.Н., Шаталов И.С. Моделирование базового элемента апертурной случайной антенны тriaдно-кластерным методом // Антенны. – 2018. – Вып. 2 (246). – С. 45-55.
- Маслов О.Н., Раков А.С. Силкин А.А. Статистические характеристики поля решетки апертурных случайных антенн // Радиотехника и электроника. – 2013. – Т.58. – №11. – С. 1093-1101. doi: 10.1134/S1064226913110107.
- Маслов О.Н., Раков А.С. Силкин А.А. Статистические модели волнового поля апертурной случайной антенны // Радиотехника и электроника. – 2015. – Т.60. – №6. – С. 642-649. doi: 10.1134/S1064226915030146.

Получено 02.07.2018

**Маслов Олег Николаевич**, проф., д.т.н., заведующий Кафедрой прикладной информатики (ПИ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел.: (8-846) 228-00-36; 8-917-950-05-13. E-mail: maslov@psati.ru

**Шаталов Иван Сергеевич**, аспирант Кафедры ПИ ПГУТИ. Тел.: (8-846) 228-00-36; 8-927-732-54-22. E-mail: shatalovivv@gmail.com

## TRIADIC ELEMENTARY RADIATOR OF ELECTROMAGNETIC WAVES

*Maslov O.N., Shatalov I.S.*

*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation  
E-mail: maslov@psati.ru*

The paper considers the problem of studying formation conditions of an electromagnetic confidential information leakage channel in a computer network by the methods and means of random antenna theory. Within the framework of the triad-cluster method of confidential information leakage channel simulation with applying of probabilistic combinatorics, it is proposed to use triadic elementary radiator as a basic element of branched network. The results of testing and analysis of triadic elementary radiator properties by means of triad-cluster method are presented in various ways: in the form of deterministic distributions of electric E-field and magnetic H-field levels on a given planar surface, and in the form of corresponding probabilistic histograms. It is shown that for adequate statistical simulation of triadic elementary radiator properties, the values of commutation parameters in the formulas for E-field and H-field strengths created by its components should be generated by the Monte-Carlo method within  $[-1;1]$  interval.

**Keywords:** computer network, confidential information, electromagnetic leakage channel, triad-cluster method, triadic elementary radiator, levels of field strength, spatial distribution, probabilistic histograms, Pareto chart

**DOI:** 10.18469/ikt.2018.16.3.13

**Maslov Oleg Nikolayevich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77, Moskovskoe shosse, Samara, 443090, Russian Federation; the Head of Department of Applied Informatics, Doctor of Technical Science, Professor. Tel. +79179500513. E-mail: maslov@psati.ru

**Shatalov Ivan Sergeevich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77, Moskovskoe shosse, Samara, 443090, Russian Federation; PhD student of the Department of Applied Informatics, Doctor of Technical Science, Professor. Tel. +79277325422. E-mail: shatalovivv@gmail.com

### References

1. Buzov G.A., Kalinin S.V., Kondrat'ev A.V. *Zashchita ot utechki informacii po tekhnicheskim kanalim* [Protection against information leakage through technical channels]. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2005. 416 p.
2. Maslov O.N. Teoriya sluchajnyh antenn: pervye 10 let razvitija i primenenija [Theory of random antennas: the first 10 years of development and application]. *Antenny*, 2017, no. 9, pp. 37-59.
3. Maslov O.N. *Sluchajnye anteny: teoriya i praktika* [Random antennas: theory and practice]. Samara: PGUTI-OFORT Publ., 2013. 480 p. Available at: [http://eis.psuti.ru/images/books/sluch ant](http://eis.psuti.ru/images/books/sluch_ant) (accessed 01.06.2018).
4. Maslov O.N., Rakov A.S., Silkin A.A. Statistical Simulation of Random Antennas like Development of the Statistical Theory Antennas. *Proceedings of the IX International Conference on Antenna Theory and Techniques ICATT'13*. IEEE Ukraine, Odessa, 2013, pp. 53-58.
5. Maslov O.N. Teoriya sluchaynyh antenn: atributy i otlichitelnyie priznaki [The random antenna theory: attributes and distinguishing features] *Infokommunikacionnye tekhnologii*, 2014, vol. 12, no. 4, pp. 22-33.
6. Maslov O.N. Ontologicheskie principy razvitija statisticheskoj teorii antenn [Ontological principles of statistical antenna theory]. *Antenny*, 2015, no. 4, pp. 15-25.
7. Maslov O.N. Informacionnaya zashchita sluchajnyh antenn: novye vozmozhnosti i perspektivy [Information protection of random antennas: new opportunities and prospects] *Zashchita informacii. Insayd*, 2018, no. 1, pp. 32-37.



8. Maslov O.N. Principy modelirovaniya sistem zashchity informacii ot utechki cherez sluchajnye anteny [Principles of modeling information security systems against leakage through random antennas]. *Special'naya tekhnika*, 2016, no. 6, pp. 45-55.
9. Maslov, O.N, Rakov A.S. Apertury utechki informacii: analiz, modelirovanie, zashchita [Information leakage apertures: analysis, simulation, protection]. *Zashchita informacii. Insayd*, 2015, no. 1, pp. 30-33.
10. Maslov O.N. Triadno-klasternyj metod analiza i modelirovaniya sluchajnyh antenn [Triad-cluster method of analysis and simulation of random antennas]. *Elektrosvjaz*, 2016, no. 10, pp. 69-74.
11. Maslov O.N., Rakov A.S. Triadnyj metod analiza i modelirovaniya sluchajnyh antenn [Triad method of analysis and simulation of random antennas]. *Materialy HVI MNTK «Problemy tekhniki i tekhnologii telekommunikacij (PTiTT-2015)»*, Ufa, UGATU Publ., 2015, pp. 170-172.
12. Maslov O.N., Shatalov I.S. Slozhnye triadnye modeli izluchatelej v zadachah proektirovaniya sistem aktivnoj zashchity sluchajnyh antenn [Complex triadic radiator models in the design of active protection systems for random antennas]. *II Nauchnyj Forum «Telekommunikacii: teorija i tekhnologii (TTT-2017)»*. Vol. 1. *Materialy XVIII MNTK «Problemy tekhniki i tekhnologii telekom-munikacij (PTiTT-2017)»*. Kazan, KNITU-KAI Publ., 2017, pp. 32-35.
13. Maslov O.N., Shatalov I.S. Triadno-klasternye modeli tipovyh sluchajnyh antenn [Triad-cluster models of typical random antennas]. *Infokommunikacionnye tekhnologii*, 2018, vol. 16, no. 1, pp. 131-142. doi: 10.18469/ikt.2018.16.1.15.
14. Maslov O.N., Shatalov I.S. Modelirovanie bazovogo ehlementa aperturnoj sluchajnoj anteny triadno-klasternym metodom [Simulation of the base element of the aperture random antenna using the triad-cluster method]. *Antenny*, 2018, no. 2, pp. 45-55.
15. Maslov O.N., Rakov A.S., Silkin A.A. Statistical characteristics of the field of an array of random aperture antennas. *Journal of Communications Technology and Electronics*, 2013, vol. 58, no. 11, pp. 1093-1101. doi: 10.1134/S1064226913110107.
16. Maslov O.N., Rakov A.S., Silkin A.A. Statistical models of the wave field of a random aperture antenna. *Journal of Communications Technology and Electronics*, 2015, vol. 60, no. 6, pp. 642-649. doi: 10.1134/S1064226915030146.

*Received 02.07.2018*

## **УПРАВЛЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ**

УДК 007.2

### **КЛАССИФИКАЦИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

*Мордашкин В.К.<sup>1</sup>, Волчихин В.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной техники – филиал ПО «Старт» им. М.В. Проценко, г. Заречный Пензенской обл., РФ*

<sup>2</sup> *Пензенский государственный университет, г. Пенза, РФ*

*E-mail: office@nikiret.ru*

Диалектика развития организационно-технических систем управления в условиях неопределенности решения возникающих задач определяют характер закономерностей изменения их состояния. Исследование указанных закономерностей представляет интерес для прогнозирования развития и обоснования распределения ресурсов между составляющими систем. Такие вопросы особенно актуальны для организационно-технических систем, не создающих прибыли, но обеспечивающих условия для ее формирования. Состояние системы невозможно определить без соответствующей классификации состояний и принципов их идентификации. В статье установлена зависимость между цикличностью характера принимаемых решений и состояниями организационно-технических систем управления. Цель работы – классифицировать состояния организационно-технических систем управления и совокупность параметров для их идентификации в интересах повышения эффективности взаимодействия с объектом управления.

**Ключевые слова:** организационно-техническая система управления; эффективность; состояния системы