

HIGHER COLORIMETRY AND RAVNOKONTRASTNYE COLOR SPACE

Lozhkin L.D.

The article describes the color distortion caused by an external light source, which is usually present when watching TV. Given the nature of the color distortion. It is proposed a method and a technical solution to compensate for the distortion of perception of color on the screen of the receiver box.

Keywords: external light source, a model of chromatic adaptation, the stimulus coordinates, number of barrels, the responses of the target coordinates of the white color distortion, the optical spectrum.

Ложкин Леонид Дидимович, к.т.н., заведующий лабораториями Кафедры «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. (8-846) 339-11-74. E-mail: astro76@rambler.ru

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.396.677; 621.397.671

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СЛУЧАЙНЫХ АНТЕНН

Заседателева П.С., Маслов О.Н., Рябушкин А.В., Щербакова Т.А.

Рассматриваются способы возбуждения сосредоточенных и распределенных случайных антенн (СА и РСА). Представлены исходные данные, необходимые для исследования многоканальных СА и РСА методом статистического имитационного моделирования (СИМ) и проектирования систем защиты конфиденциальной информации (КИ).

Ключевые слова: защита конфиденциальной информации, многоканальные случайные антенны, способы возбуждения, метод статистического имитационного моделирования, исходные данные.

Введение

Анализ предметной области, проводимый при исследовании СА и РСА разных типов в рамках метода СИМ, требует определения исходных данных, обусловленных особенностями их возбуждения [1-3]. В настоящее время известны сведения такого рода, относящиеся к относительно немногим типовым СА, – представленные, например, в [1; 4]. Для проектирования систем защиты КИ этого недостаточно, поэтому дальнейшее изучение и моделирование режимов возбуждения СА и РСА, с учетом их конструктивных особенностей, представляется актуальным и важным – как для развития статистической теории антенн (СТА) [3], так и в практическом плане [2].

Опыт исследования СА и РСА показывает, что экспериментальное определение статистических характеристик, относящихся к режиму их возбуждения, является одним из наиболее «неблагоприятных»: трудоемких и малоэффективных по

результату этапов проведения СИМ. В [2-3] для облегчения ситуации было предложено использовать возможности современной теории вероятностей – в частности, связанные с построением универсальных и максимально общих финитных моделей на основе семейства одномерных устойчивых законов. Это решает проблему в принципе, но не позволяет, к сожалению, определить значения числовых параметров, относящиеся к конкретным моделям – в том числе обусловленные особенностями возбуждения СА и РСА. Поэтому и с данной точки зрения исследование характеристик сигналов, возбуждающих типовые СА и РСА, представляется объективной необходимостью.

Цель статьи – обсуждение экспериментальных результатов, полученных в настоящее время применительно к разным типам СА и РСА, а также демонстрация их практического применения в интересах предотвращения несанкционированного доступа (НСД) к КИ коммерческого назначения.

Возбуждение сосредоточенных СА

В таблице 1 представлены фрагменты описания предметной области СИМ для типовых сосредоточенных СА по данным [5], существенные для моделирования режима их возбуждения. Абсолютные уровни КИ-сигналов в телефонных аппаратах составляют 1 мкВ...1 мВ; в устройствах вызова, громкоговорителях и других устройствах (см. таблицу 1) они могут достигать 10...100 мВ,

чего вполне достаточно для эффективного возбуждения СА и РСА непосредственным образом. В [4] представлены данные, относящиеся к возбуждению СА в виде портативной ЭВМ. Аналогичным образом [6-8] содержат информацию об уровнях сигналов, возникающих при формировании интермодуляционных (ИМ) каналов утечки КИ в малогабаритных радиоэлектронных сред-

ствах (РЭС) под воздействием узкополосных квазигармонических и широкополосных шумовых помех. В дополнение к этому рассмотрим здесь результаты, относящиеся к ИМ-каналам утечки КИ в мобильных сотовых терминалах (МСТ) стандарта третьего поколения UMTS (3G) и портативных радиостанциях (РСТ) Midland GXT 650.

Таблица 1. Фрагменты описания предметной области для типовых сосредоточенных СА [5]

Сосредоточенные СА	Акустоэлектрические преобразователи КИ-сигнала	Среда распространения КИ-сигнала	Наиболее опасные режимы для НСД к КИ
Телефонные аппараты	Вызывные устройства; пьезо-преобразователи; капсулы магнитоэлектрические; громкоговорители; усилители; трансформаторы	Проводная сеть; зоны индукции от катушек и проводников; зоны излучения в эфир	Ожидание вызова; самовозбуждение усилителей
Сотовые телефонные аппараты	Гетеродины; микрофоны и телефоны; кварцевые резонаторы; громкоговорители; усилители	Радиоэфир	Режим связи с базовой станцией; самовозбуждение усилителей; программный НСД
Офисные АТС	Блоки электропитания; усилители; преобразователи АЦП и ЦАП; кварцевые резонаторы	Проводная сеть; сеть силового питания; зоны индукции; зоны излучения в эфир	Рабочий режим; самовозбуждение усилителей; работа преобразователей АЦП и ЦАП
Системы конференц-связи	Микрофоны; громкоговорители; усилители	Линии связи	Рабочий режим; самовозбуждение усилителей
Переговорные устройства	Микрофоны; громкоговорители; усилители	Линии связи; зоны излучения в эфир	Ожидание вызова; самовозбуждение усилителей
Диктофоны	Генераторы подмагничивания; усилители	Зоны излучения в эфир	Режим записи-воспроизведения; самовозбуждение усилителей
ЭВМ стационарные	Блоки электропитания	Силовая электросеть	Рабочий режим
ЭВМ портативные	Кварцевые резонаторы	Зоны излучения в эфир	Работа в сети Internet
Системы оповещения	Громкоговорители; усилители	Кабели сети оповещения	Режим ожидания оповещения; самовозбуждение усилителей
Системы видеонаблюдения	Автогенераторы	Зоны излучения в эфир	Рабочий режим
Системы охранной и пожарной сигнализации	Датчики	Линии связи с пультом	Рабочий режим
Брелки автосигнализации	Автогенераторы; кварцевые резонаторы	Зоны излучения в эфир	Режим ожидания сигнала от автомобиля
Радиоприемники; телевизоры	Гетеродины; кварцевые резонаторы	Зоны излучения в эфир	Рабочий режим
Холодильники; кондиционеры; сплит-системы; увлажнители воздуха; вентиляторы	Электромоторы	Силовая электросеть	Включение в электросеть
Аудио- и видеоплееры	Усилители	Зоны излучения в эфир	Рабочий режим; самовозбуждение усилителей

Схема экспериментальной установки для определения параметров ИМ каналов излучения в МСТ и РСТ на базе универсального лабораторного стенда для исследования СА представлена на рис. 1. Помимо МСТ (аналогичным образом РСТ), установка содержит генератор внешнего воздействия ГВВ с эталонной антенной ЭА; нелинейный элемент НЭ, по входу подключенный к измерительной антенне ИА, по выходу – к измерительному прибору ИП-1 (анализатор спектра Rode & Schwarz), с ЭВМ, подключенной к его цифровому выходу (измерительный комплекс ИК выделен штриховой линией), а также ИП-2 (измеритель ПЗ-31), используемый для контроля безопасности уровней электромагнитного излучения (ЭМИ) на лабораторном стенде.

При использовании в качестве ИА пассивной логопериодической антенны ЛПА элемент НЭ на схеме рис. 1 отсутствует, при использовании активной антенны АИ5-0 – присутствует. Методика проведения измерений аналогична использованной при исследовании РЭС Bluetooth и МСТ 2G (GSM-телефоны Sony-Ericsson K610i и Motorola C550) [6-7].

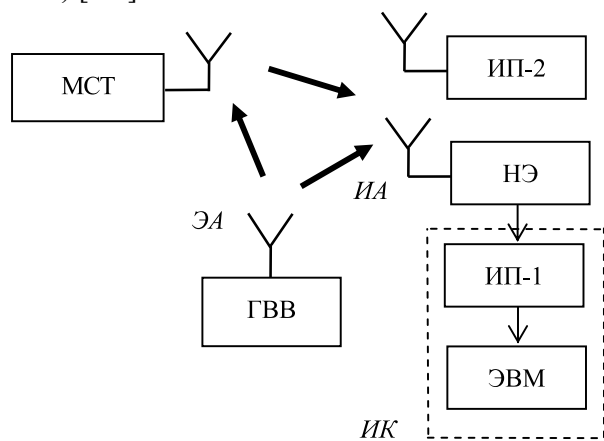


Рис. 1. Установка для определения параметров ИМ каналов излучения в малогабаритных РЭС на базе универсального стенда для исследования СА

На рис. 2 представлены спектрограммы ИП-1 Rode & Schwarz для сигнала МСТ стандарта

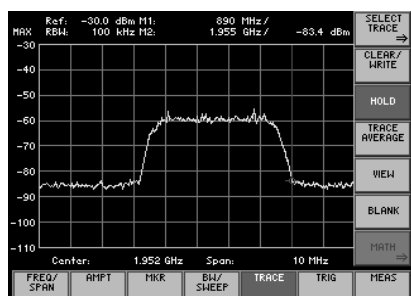


Рис. 2. Спектрограмма для сигнала МСТ UMTS (3G) при ЛПА ($f_c = 1,95 \dots 1,955$ ГГц; $r_u = 0,3$ м)

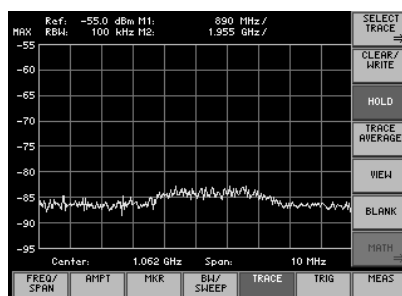


Рис. 3. Спектрограмма для сигнала ИМ-составляющей II порядка МСТ UMTS (3G) при ЛПА и $r_e = 0,5$ м

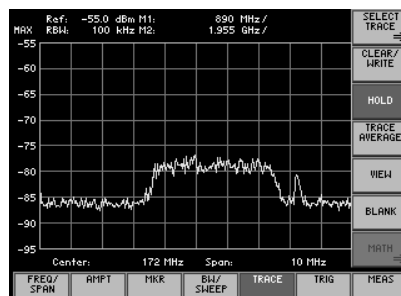


Рис. 4. Спектрограмма для сигнала ИМ-составляющей III порядка МСТ UMTS (3G) при АИ5-0 и $r_e = 0,5$ м

UMTS (3G) Sony-Ericsson K610i на частотах $f_c = 1,95 \dots 1,955$ ГГц для расстояния $r_u = 0,3$ м между МСТ и ИА при использовании пассивной ЛПА; на рис. 3 – для сигнала ИМ составляющей II порядка на расстоянии $r_e = 0,5$ м между МСТ и ЭА при использовании ЛПА; на рис. 4 – для сигнала ИМ составляющей III порядка при АИ5-0.

Графики на рис. 5-6 соответствуют зависимости от расстояния r_u уровней $ППЭ_{ИМ-II}$ для ЛПА (кривая 1) и АИ5-0 (кр. 3); $ППЭ_{ИМ-III}$ для ЛПА (кр. 2) и АИ5-0 (кр. 4); $ППЭ_{ИМ-IV}$ для АИ5-0 (кр. 5) при $r_e = 0,5$ м. На рис. 5 обращают на себя внимание уровни $ППЭ_{ИМ-III}$ (см. кривые 2 и 4), превышающие уровни $ППЭ_{ИМ-II}$ (см. кривые 1 и 3), чего не наблюдалось при исследовании других РЭС [6-7]. По-видимому, это объясняется повышенным ослаблением выходными фильтрами МСТ UMTS (3G) частот ИМ-составляющих II порядка (1,06...1,065 ГГц) по сравнению с частотами ИМ-составляющих III порядка (170...175 МГц).

По данным рис. 5, средние значения коэффициентов ИМ преобразования II порядка равны $\chi_{ИМ-II} = 1,15 \cdot 10^{-8}$ при ЛПА и $4,1 \cdot 10^{-8}$ при АИ5-0; III порядка $\chi_{ИМ-III} = 5,6 \cdot 10^{-8}$ при ЛПА и $1,2 \cdot 10^{-7}$ при АИ5-0; IV порядка $\chi_{ИМ-IV} = 2,25 \cdot 10^{-9}$ при АИ5-0. При замене пассивной ЛПА на активную АИ5-0 для МСТ UMTS (3G) имеет место рост средних значений $\chi_{ИМ-II}$ в 3,6 раза (увеличение на 5,5 дБ) и $\chi_{ИМ-III}$ в 2,1 раза (увеличение на 3,3 дБ).

Графики на рис. 6 иллюстрируют зависимость уровней $ППЭ_{ИМ-II}$ ИМ-составляющих II порядка при ЛПА (кривая 1) и АИ5-0 (кр. 3), а также уровней ИМ-составляющей III порядка $ППЭ_{ИМ-III}$ при АИ5-0 (кр. 4) от расстояния r_e , полученные при $r_u = 0,5$ м и АИ5-0 (кр. 3). По данным рис. 6, средние значения коэффициентов ИМ-преобразований равны $\chi_{ИМ-II} = 3,85 \cdot 10^{-9}$ при ЛПА и $\chi_{ИМ-II} = 5,6 \cdot 10^{-9}$ при АИ5-0; $\chi_{ИМ-III} = 1,3 \cdot 10^{-8}$ при АИ5-0, достаточно хорошо соответствует данным рис. 5. При замене пассивной ЛПА на активную АИ5-0 здесь имеет место рост среднего значения $\chi_{ИМ-II}$ в 1,45 раза (на 1,6 дБ).

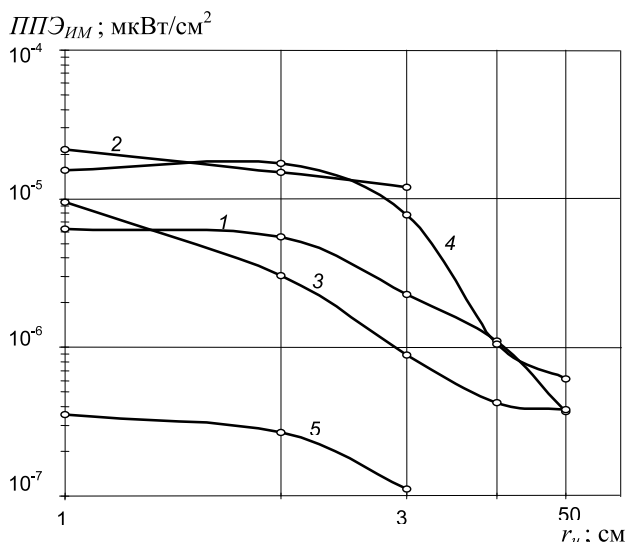


Рис. 5. Графики зависимости $ППЭ_{ИМ-II}$ (кривые 1 и 3); $ППЭ_{ИМ-III}$ (кр. 2 и 4) и $ППЭ_{ИМ-IV}$ (5) при ЛПА (кр. 1 и 2) и АИ5-0 (кр. 3; 4 и 5) от расстояния r_u для МСТ UMTS (3G)

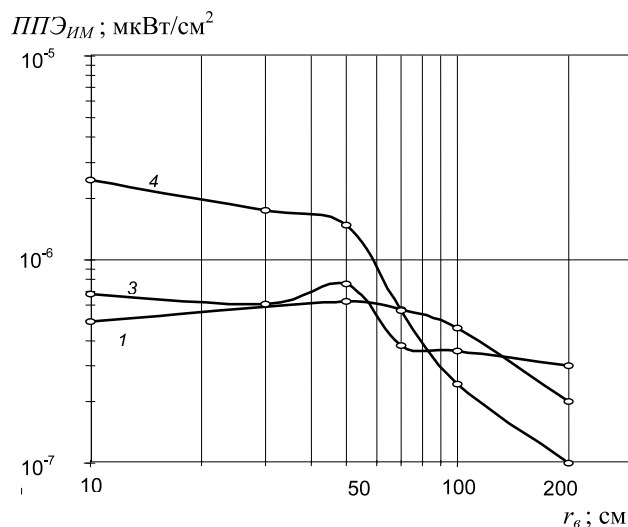


Рис. 6. Графики зависимости $ППЭ_{ИМ-II}$ (кривые 1 и 3) и $ППЭ_{ИМ-III}$ (кр. 4) при пассивной ЛПА (кр. 1) и активной АИ5-0 (кр. 3 и 4) от расстояния r_e для МСТ UMTS (3G)

Схема установки для определения параметров ИМ каналов излучения портативных РСТ Midland GXT 650 отличается от схемы на рис. 1 только тем, что вместо МСТ содержит РСТ. Спектрограммы ИП-1 Rode & Schwarz для РСТ Midland GXT 650 (уровень мощности излучения «М») при АИ5-0; $r_u = 1$ м; $r_e = 0,4$ м; поляризация вертикальная; IV уровень мощности излучения ГВВ, представлены на рис. 7 (сигнал РСТ на частоте $f_c = 434$ МГц и сигнал ИМ-составляющей II порядка на частоте $f_{ИМ-II} = 456$ МГц); на рис. 8 – сигнал ИМ-составляющей III порядка на частоте $f_{ИМ-III} = 22$ МГц; на рис. 9 – сигнал ИМ-составляющей IV порядка на частоте $f_{ИМ-IV} = 412$ МГц); на рис. 10 – сигнал ИМ-составляющей V порядка на частоте $f_{ИМ-V} = 478$ МГц; на рис. 11 – сигнал ИМ-составляющей VI порядка на частоте $f_{ИМ-VI} = 1280$ МГц; на рис. 12 – сигнала ИМ-составляющей VII порядка на частоте $f_{ИМ-VII} = 1714$ МГц.

Соответствующие данным рис. 7-12 средние значения коэффициентов ИМ-преобразования для РСТ Midland GXT 650 в диапазоне $ППЭ_6 = 0,2 \dots 32$ мкВт/см² при активной АИ5-0 равны:

- II порядка $\chi_{ИМ-II} = 5,2 \cdot 10^{-3}$ на частоте 456 МГц и $3,7 \cdot 10^{-3}$ на частоте 1324 МГц;
- III порядка $\chi_{ИМ-III} = 7,6 \cdot 10^{-3}$ на частоте 22 МГц; $9,1 \cdot 10^{-4}$ на частоте 1346 МГц и $1,56 \cdot 10^{-2}$ на частоте 1758 МГц;
- IV порядка $\chi_{ИМ-IV} = 5,2 \cdot 10^{-4}$ на частоте 412 МГц и $2,6 \cdot 10^{-5}$ на частоте 912 МГц;
- V порядка $\chi_{ИМ-V} = 6,1 \cdot 10^{-5}$ на частоте 478 МГц; $5,75 \cdot 10^{-5}$ на частоте 846 МГц и $3,8 \cdot 10^{-5}$ на частоте 1802 МГц;
- VI порядка $\chi_{ИМ-VI} = 3 \cdot 10^{-5}$ на частоте 44 МГц; $1,6 \cdot 10^{-4}$ на частоте 1280 МГц и $1,2 \cdot 10^{-5}$ на частоте 13682 МГц;
- VII порядка $\chi_{ИМ-VII} = 7,6 \cdot 10^{-6}$ на частоте 390 МГц; $2,8 \cdot 10^{-6}$ на частоте 934 МГц и $2,5 \cdot 10^{-4}$ на частоте 1714 МГц.

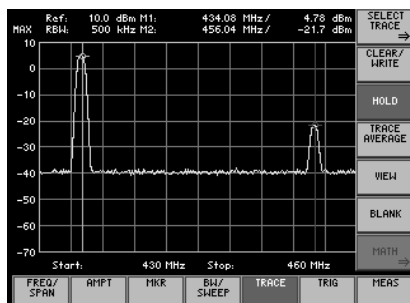


Рис. 7. Спектрограмма для сигнала РСТ Midland GXT 650 на частоте 434 МГц и сигнала ИМ-составляющей II порядка на частоте $f_{ИМ-II} = 456$ МГц

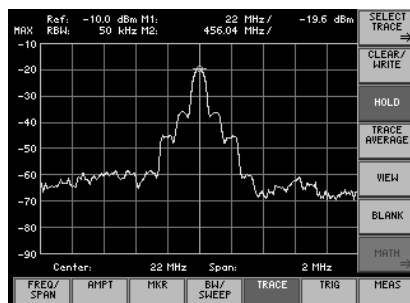


Рис. 8. Спектрограмма для сигнала ИМ-составляющей III порядка РСТ Midland GXT 650 на частоте $f_{ИМ-III} = 22$ МГц при АИ5-0

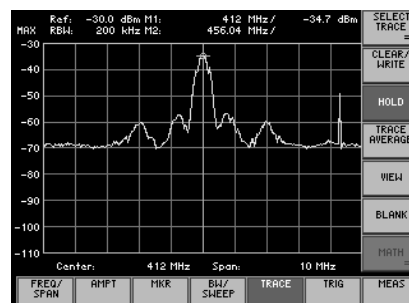


Рис. 9. Спектрограмма для сигнала ИМ-составляющей IV порядка РСТ Midland GXT 650 на частоте $f_{ИМ-IV} = 412$ МГц при АИ5-0



Рис. 10. Спектрограмма для сигнала ИМ-составляющей V порядка РСТ Midland GXT 650 на частоте $f_{ИМ-V} = 478$ МГц при АИ5-0



Рис. 11. Спектрограмма для сигнала ИМ-составляющей VI порядка РСТ Midland GXT 650 на частоте $f_{ИМ-VI} = 1280$ МГц при АИ5-0



Рис. 12. Спектрограмма для сигнала ИМ-составляющей VII порядка РСТ Midland GXT 650 на частоте $f_{ИМ-VII} = 1714$ МГц при АИ5-0

На рис. 13-16 приведены графики зависимости уровней ИМ-составляющих $ППЭ_{ИМ}$ для РСТ Midland GXT 650 от уровня воздействия $ППЭ_в$ при $r_u = 1$ м. В отличие от МСТ, коэффициенты ИМ-преобразования для РСТ можно четко разделить на две группы: для режима L и для режимов M и H. Излучаемая РСТ мощность в режиме L (low, низкая) соответствует уровню воздействия $ППЭ_в = 20$ мкВт/см²; в режиме M (middle, средняя) – 1850 мкВт/см²; в режиме H (high, высокая) – 3520 мкВт/см², которые измерены с помощью ИП-2 типа ПЗ-31 на расстоянии $r_u = 1...2$ см от корпуса РСТ. Графики на рис. 13 соответствуют $ППЭ_{ИМ-II}$ (кривая 1 – на частоте 456 МГц; кр. 2 – на 1324 МГц); $ППЭ_{ИМ-III}$ (кр. 3 – на 22 МГц; кр. 4 – на 1346 МГц; кр. 5 – на 1758 МГц) и $ППЭ_{ИМ-IV}$ (кр. 6 – на 412 МГц;

кр. 7 – на 912 МГц) от уровня воздействия $ППЭ_в$ для РСТ Midland GXT 650 в режиме L; на рис. 14 – в режиме M.

На рис. 15-16 графикам ИМ-составляющей II порядка $ППЭ_{ИМ-II}$ соответствуют кривые 1 – на частоте 456 МГц и кр. 2 – на 1324 МГц; ИМ-составляющей III порядка $ППЭ_{ИМ-III}$ – кр. 3 – на 22 МГц; кр. 4 – на 1346 МГц и кр. 5 – на 1758 МГц; ИМ-составляющей IV порядка $ППЭ_{ИМ-IV}$ – кр. 6 – на 412 МГц и кр. 7 – на 912 МГц; ИМ-составляющей VI порядка $ППЭ_{ИМ-VI}$ – кр. 8 1368 МГц; ИМ-составляющей VII порядка $ППЭ_{ИМ-VII}$ – кр. 9 – на 390 МГц; кр. 10 – на 934 МГц и кр. 11 – на 1714 МГц.

Для указанных двух групп (режим L и режимы M и H, соответственно) средние значения коэффициентов ИМ-преобразования в РСТ Midland GXT 650 равняются:

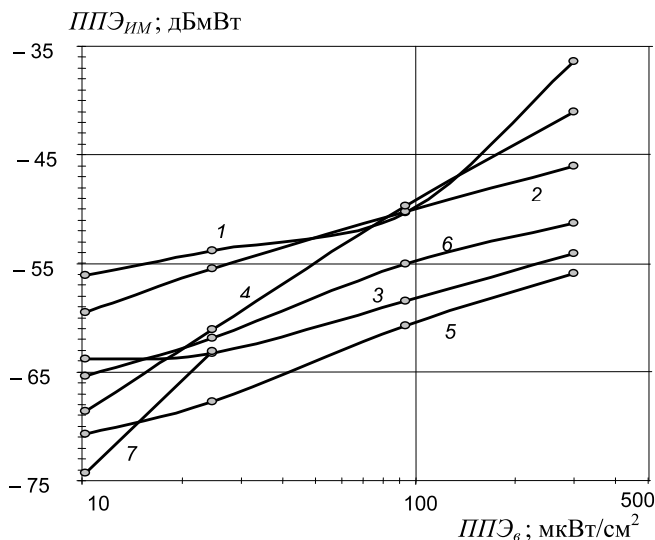


Рис. 13. Графики зависимости $ППЭ_{ИМ-II}$ (кривая 1 – на частоте 456 МГц; кр. 2 – на 1324 МГц); $ППЭ_{ИМ-III}$ (кр. 3 – на 22 МГц; кр. 4 – на 1346 МГц; кр. 5 – на 1758 МГц) и $ППЭ_{ИМ-IV}$ (кр. 6 – на 412 МГц; кр. 7 – на 912 МГц) от уровня $ППЭ_в$ для РСТ Midland GXT 650, режим L

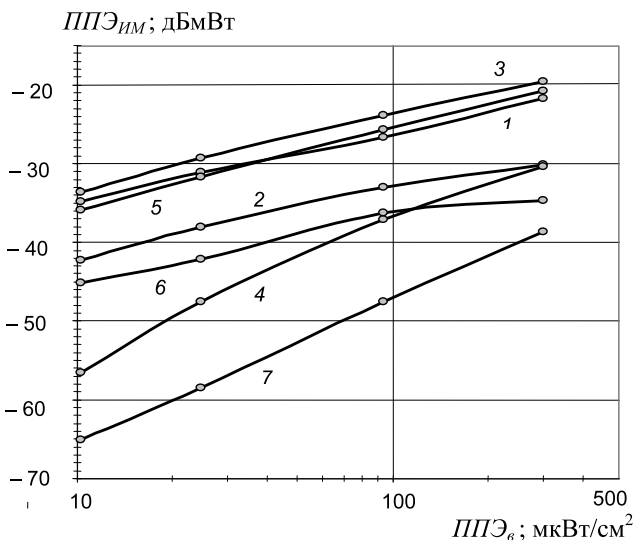


Рис. 14. Графики зависимости $ППЭ_{ИМ-II}$ (кривая 1 – на частоте 456 МГц; кр. 2 – на 1324 МГц); $ППЭ_{ИМ-III}$ (кр. 3 – на 22 МГц; кр. 4 – на 1346 МГц; кр. 5 – на 1758 МГц) и $ППЭ_{ИМ-IV}$ (кр. 6 – на 412 МГц; кр. 7 – на 912 МГц) от уровня $ППЭ_в$ для РСТ Midland GXT 650, режим M

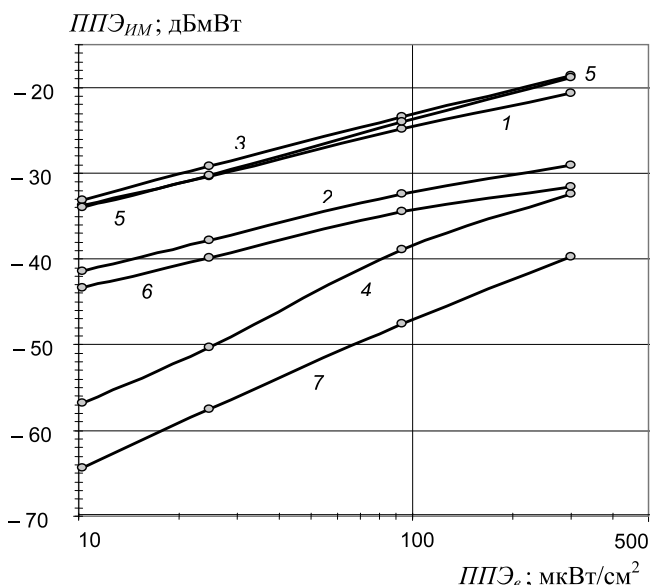


Рис. 15. Графики зависимости $ППЭ_{ИМ-II}$ (кривая 1 – на частоте 456 МГц; кр. 2 – на 1324 МГц); $ППЭ_{ИМ-III}$ (кр. 3 – на 22 МГц; кр. 4 – на 1346 МГц; кр. 5 – на 1758 МГц) и $ППЭ_{ИМ-IV}$ (кр. 6 – на 412 МГц; кр. 7 – на 912 МГц) от уровня $ППЭ_в$ для РСТ Midland GXT 650, режим Н

- II порядка $\chi_{ИМ-II}$ на частоте 456 МГц: $7,9 \cdot 10^{-5}$ и $7,7 \cdot 10^{-3}$; на частоте 1324 МГц: $1,19 \cdot 10^{-4}$ и $6,1 \cdot 10^{-3}$;
- III порядка $\chi_{ИМ-III}$ на частоте 22 МГц: $5,5 \cdot 10^{-6}$ и $1,1 \cdot 10^{-2}$; на частоте 1346 МГц: $1,1 \cdot 10^{-4}$ и $1,3 \cdot 10^{-3}$; на частоте 1758 МГц: $6,1 \cdot 10^{-6}$ и $2,5 \cdot 10^{-2}$;
- IV порядка $\chi_{ИМ-IV}$ на частоте 412 МГц: $7,4 \cdot 10^{-6}$ и $7,8 \cdot 10^{-4}$; на частоте 912 МГц: $2,3 \cdot 10^{-7}$ и $3,9 \cdot 10^{-5}$;
- V порядка $\chi_{ИМ-V}$ на частоте 478 МГц: $2,4 \cdot 10^{-8}$ и $9,2 \cdot 10^{-5}$; на частоте 1802 МГц: $2,2 \cdot 10^{-7}$ и $5,8 \cdot 10^{-5}$.

Эксперименты на стенде показали также, что, помимо ИМ каналов излучения, в СА на базе портативных РСТ важную роль играют каналы излучения на гармониках основной частоты f_c РСТ [19]. На рис. 17 представлены графики зависимости мощности излучения P_G на гармониках nf_c для РСТ Midland GXT 650 (слева направо – номера гармоник I-V, совпадающие с номерами $n = 1-5$ вертикальных столбцов) от уровня излучаемой мощности РСТ в режимах L; M и H.

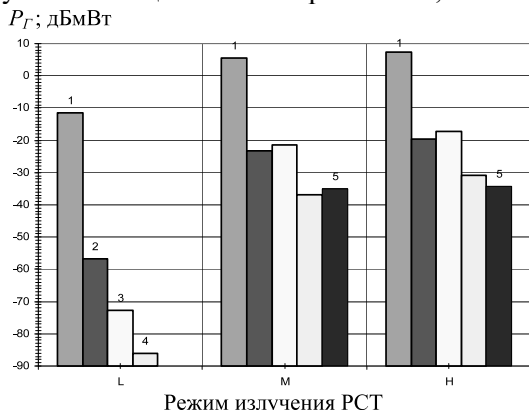


Рис. 17. Графики зависимости мощности излучения на гармониках nf_c от фиксированного уровня мощности РСТ Midland GXT 650

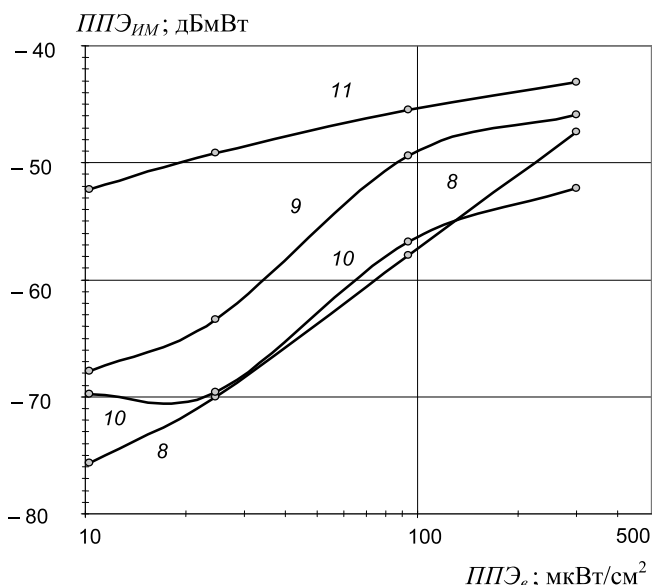


Рис. 16. Графики зависимости $ППЭ_{ИМ-VI}$ (кривая 8 – на частоте 1368 МГц); $ППЭ_{ИМ-VII}$ (кр. 9 – на 390 МГц; кр. 10 – на 934 МГц; кр. 11 – на 1714 МГц) от уровня воздействия $ППЭ_в$ для РСТ Midland GXT 650, режим Н

Формируемый специалистами Лаборатории электромагнитной экспертизы (ЛЭЭ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ) банк аналогичных данных включает также результаты, относящиеся к таким типам РЭС, выступающим в роли многоканальных сосредоточенных СА, как гарнитура НВН-610а Bluetooth; модуль Bluetooth GSM-телефона; GSM-телефоны Sony-Ericsson K610i и Motorola C550; РЭС Wi-Fi и др.

В заключение отметим, что использование кривых на рис. 5-6; рис. 13-16, а также графиков, представленных в банке данных ЛЭЭ ПГУТИ, на первый взгляд, не представляет труда: оценив уровни ЭМИ $ППЭ_в$; мкВт/см² в предполагаемом месте размещения типовых РЭС, легко спрогнозировать уровни ИМ-составляющих как

$$ППЭ_{ИМ} = \chi_{ИМ} ППЭ_в, \tag{1}$$

где точность прогноза зависит от соответствия реальной обстановки по ЭМИ условиям исследования РЭС в лаборатории. Отсюда следует, однако, что используемый банк данных должен быть достаточно обширным, достоверным и оперативно обновляемым – что представляет собой самостоятельную и непростую задачу.

Локальное возбуждение РСА

Возможны два режима возбуждения РСА: на локальном участке, по аналогии с возбуждением сосредоточенной СА (см. предыдущий раздел и [9]), и РСА в целом. Пер-

вый способ проиллюстрируем на примере, связанном с проектированием системы активной защиты (САЗ) КИ в разветвленной РСА, которая в условном виде представлена на рис. 18. На схеме САЗ показаны четыре этажа РСА (узловые точки В; С; D и E). Источник КИ-сигнала (блок ИКИ) с уровнем на выходе $U_{КИ}$ подключен к РСА в точке А через переходное устройство, обозначенное штриховой линией (на практике оно может отсутствовать, если КИ-сигнал возбуждает РСА «по эфиру» – см. далее). Приемник КИ-сигнала (блок ПР КИ) с уровнем на входе $U_{ПР}$ размещен в точке F. Через правую ветвь к точке С РСА через переходное устройство (блок G1) подключен генератор помехи (блок ГП1) с уровнем на выходе $U_{ГП1}$. Схема на рис. 17 является результатом структурирования САЗ КИ, далее для формализации решаемой задачи необходимо ввести в нее описания укрупненных элементов системы – например, в виде значений комплексных сопротивлений, подключенных к узловым точкам РСА. Эти сопротивления должны быть как минимум двух видов: включенными последовательно между узловыми точками (с двумя нижними индексами) и подключенными к узловым точкам параллельно (с одним нижним индексом) – в общем случае каждое такое сопротивление может быть аналогичным образом разделено на более мелкие части. Результатом декомпозиции САЗ КИ является ее эквивалентная схема, представленная на рис. 19.

Вводя для удобства обозначения $U_{КИ} = U_A$; $U_{ПР} = U_F$, можно определить затухание КИ-сигнала между точками А и F на рис. 18-19 как

$$\frac{U_A}{U_F} = \frac{U_A}{U_B} \frac{U_B}{U_C} \frac{U_C}{U_D} \frac{U_D}{U_E} \frac{U_E}{U_F}, \quad (2)$$

$$\text{где } \frac{U_A}{U_B} = \frac{Z_{AB} + Z_B}{Z_B}; \quad \frac{U_B}{U_C} = \frac{Z_{BC} + Z_C}{Z_C};$$

$$\frac{U_C}{U_D} = \frac{Z_{CD} + Z_D}{Z_D}; \quad \frac{U_D}{U_E} = \frac{Z_{DE} + Z_E}{Z_E};$$

$$\frac{U_E}{U_F} = \frac{Z_{ПР} Z_F + Z_{EF} Z_{ПР} + Z_{EF} Z_F}{Z_{ПР} Z_F}.$$

Очевидно, что (2) предполагает возможность определения значений всех комплексных сопротивлений – расчетным или экспериментальным путем. Однако чтобы использовать метод определения затухания КИ-сигнала в РСА [10], общее затухание (2)

достаточно представить как сумму затуханий вида

$$N_{AF}^{\partial B} = N_{AB}^{\partial B} + N_{BC}^{\partial B} + N_{CD}^{\partial B} + N_{DE}^{\partial B} + N_{EF}^{\partial B}, \quad (3)$$

$$\text{где } N_{AF}^{\partial B} = 20 \lg \frac{U_A}{U_F}; \quad N_{AB}^{\partial B} = 20 \lg \frac{U_A}{U_B};$$

$$N_{BC}^{\partial B} = 20 \lg \frac{U_B}{U_C}; \quad N_{CD}^{\partial B} = 20 \lg \frac{U_C}{U_D};$$

$$N_{DE}^{\partial B} = 20 \lg \frac{U_D}{U_E}; \quad N_{EF}^{\partial B} = 20 \lg \frac{U_E}{U_F}.$$

Поскольку значения слагаемых в (3) определяются с учетом всех сопротивлений, реально подключенных к РСА в узловых точках, пересчет уровня КИ-сигнала $U_{КИ}$ от точки А к точке F согласно рис. 18-19 представляется корректным решением поставленной задачи. Аналогичным образом уровень помехи $U_{ГП1}$ может быть пересчитан из точки G1 при последовательном подключении или из точки D при параллельном подключении к РСА (см. рис. 19) в любую ее часть, представляющую интерес для проектировщика САЗ КИ.

Помимо затухания уровней КИ-сигнала и помех, проектировщику САЗ необходимо учитывать, по меньшей мере, еще два важных эффекта: возможность наличия нелинейных элементов (НЭ) и «третьих цепей», по которым КИ-сигнал сможет уходить за пределы РСА. Покажем, как предлагаемый расчетно-экспериментальный методический аппарат и модели (2)-(3) позволяют учитывать эти явления. С точки зрения и энергетики САЗ КИ, и эргономики (безопасности для персонала по фактору ЭМИ) генераторы помех ГП1 и ГП2 желательно размещать как можно ближе к точке предполагаемого расположения ПР КИ злоумышленника F на рис. 18-19. Однако за счет наличия НЭ и возможного нелинейного суммарно-разностного, в том числе ИМ-преобразования, область частот, занимаемая сигналом ИКИ на входе НЭ $\Delta\omega_{вх}$, может существенно расширяться – таким образом, что спектр КИ-сигнала на выходе НЭ $\Delta\omega_{вых}$ может выйти, например, за пределы полосы частот заградительной шумовой помехи ГП1 и ГП2. Если НЭ с характеристикой $K_C^{\partial B}(\omega)$ расположен в точке С, необходимо уточнить (3) с учетом преобразования КИ-сигнала:

$$N_{AF}^{\partial B}(\Delta\omega_{вых}) = N_{AB}^{\partial B}(\Delta\omega_{вх}) + N_{BC}^{\partial B}(\Delta\omega_{вх}) +$$

$$+ K_C^{\partial B}(\omega) + N_{CD}^{\partial B}(\Delta\omega_{вых}) + N_{DE}^{\partial B}(\Delta\omega_{вых}) +$$

$$+ N_{EF}^{\partial B}(\Delta\omega_{вых}). \quad (4)$$

Если в точке D сигнал ИКИ ответвляется в «третью цепь» с коэффициентом передачи $K_{3D}^{\partial B}(\omega)$ так, что точки E_3 и F_3 теперь располага-

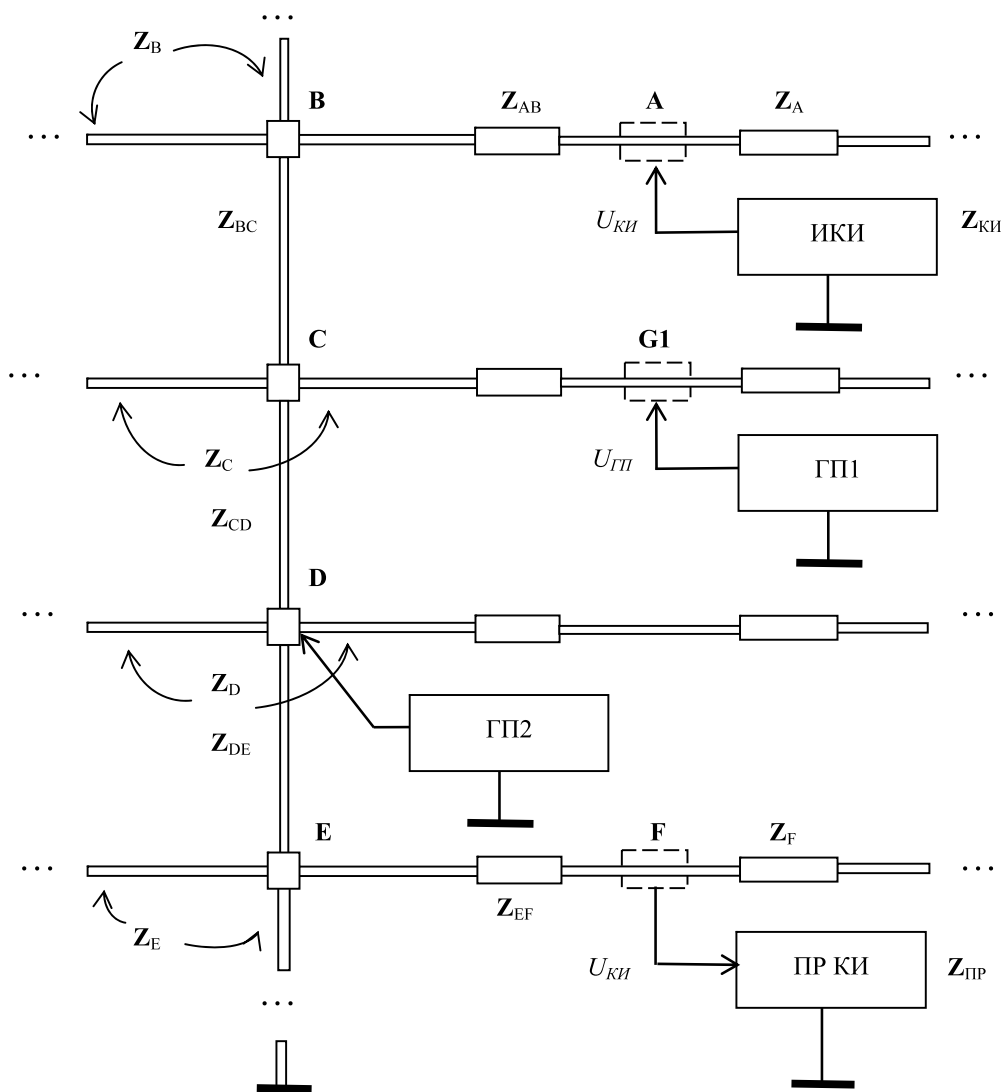


Рис. 18. Структурная схема САЗ КИ в разветвленной РСА

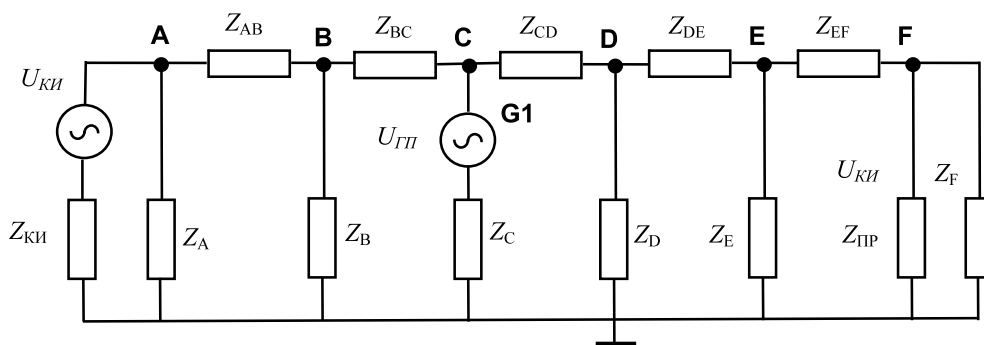


Рис. 19. Эквивалентная схема САЗ КИ в разветвленной РСА

ются в ней, то (без учета наличия НЭ в РСА) будет иметь место

$$\begin{aligned}
 N_{AF_3}^{\partial B}(\Delta\omega_{\text{вх}}) &= N_{AB}^{\partial B}(\Delta\omega_{\text{вх}}) + N_{BC}^{\partial B}(\Delta\omega_{\text{вх}}) + \\
 &+ N_{CD}^{\partial B}(\Delta\omega_{\text{вх}}) + K_{3D}^{\partial B}(\omega) + N_{DE_3}^{\partial B}(\Delta\omega_{\text{вх}}) + \\
 &+ N_{E_3F_3}^{\partial B}(\Delta\omega_{\text{вх}}). \quad (5)
 \end{aligned}$$

Таким образом, из анализа обоих рассмотренных случаев следует одна и та же рекомендация: располагать ГП1 и ГП2 как можно ближе к точке А расположения ИКИ с тем, чтобы и нелинейные преобразования в РСА, и переход КИ-сигнала в третью цепь происходили в присутствии помех и не вели к потере величины информационного

ущерба, наносимого САЗ КИ предполагаемому злоумышленнику.

Возбуждение РСА в целом

Второй способ возбуждения РСА является наименее исследованным как в теоретическом, так и в практическом плане. Связанные с ним неопределенности пока так велики, что даже возможности метода СИМ [2-3] сами по себе не позволяют получить необходимые для приложений конкретные и достоверные конечные результаты. Поэтому здесь представлена лишь первая попытка снять часть имеющихся неопределенностей путем проведения экспериментальных измерений. Объектом исследования является РСА в виде системы труб (металлических и металлопластиковых), предназначенных для центрального отопления многоэтажного здания учебно-лабораторного корпуса вуза, размещенного в центре мегаполиса, в непосредственной близости от башни телецентра – буквально перегруженной работающими на полную мощность антенно-фидерными устройствами.

В схематичном виде ситуацию иллюстрирует рис. 20, на котором показан источник ЭМИ в виде башни телецентра, где на высоте H_n расположена эталонная антенна (см. рис. 1) n -го РЭС \mathcal{A}_n , где $n [1; N]; N \gg 1$ – общее число РЭС, размещенных на башне. Поскольку k -ый элемент РСА с координатами R_k и h_k , где $k [1; K]; K \gg 1$ возбуждается по эфиру – независимо от наличия или отсутствия прямого прохождения ЭМИ от \mathcal{A}_n до него ввиду экранирования элементами конструкции здания

(крыша, стены и др.), способ возбуждения РСА в целом следует считать неравномерным (неоднородным) в рассматриваемой пространственно-частотно-временной (ПЧВ) области.

Многоэтажная РСА в здании учебно-лабораторного корпуса показана на рис. 20 утолщенными линиями – она также является неоднородной по составу и структуре, причем не только ввиду наличия узловых утолщений и разветвлений, но и поскольку на нижних этажах состоит из металлических (стальных) труб, а на верхних этажах – из металлопластиковых труб. Кроме того, ее окружают системы других проводов и труб, тоже выступающие в роли РСА (провода сетей электропитания, заземления, сигнализации и связи, трубы систем водопровода и канализации – металлические, металлопластиковые, пластмассовые), а также стальные фрагменты конструкции многоэтажного здания. Влияние НЭ (ввиду подключения к сетям сигнализации и связи многочисленных РЭС и другого работающего оборудования) и «третьих цепей» (из-за наличия многочисленных реактивных связей) существенно усложняет соотношения (2)-(5), соответствующие рис. 18-19.

Поэтому первой задачей в рамках построения СИМ-модели РСА следует считать оценку исходного (первичного) воздействия совокупности \mathcal{A}_n , размещенных на башне телецентра, на здание учебно-лабораторного корпуса «по радиоэфиру» – без учета вторичных эффектов, обусловленных затенением, переотражением, экранированием и т.п. исходного ЭМИ.

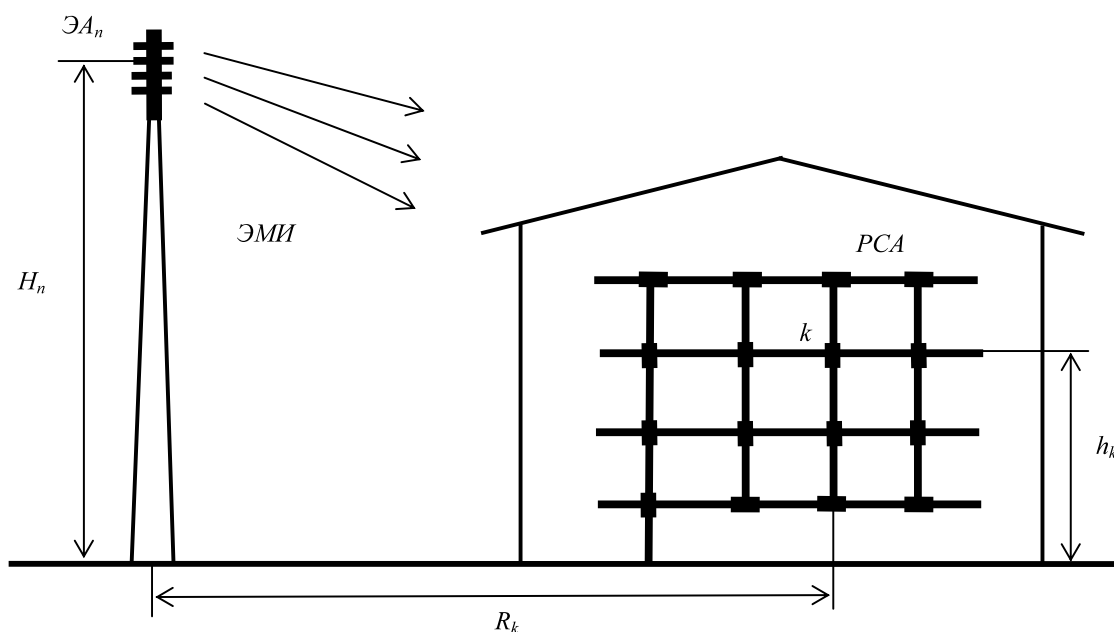


Рис. 20. Схема возбуждения РСА в целом

Вторая задача связана с определением уровней сигналов, циркулирующих в РСА для заданной ПЧВ-области: то есть для разных k -ых элементов РСА и на выбранных частотах излучения $\mathcal{E}A_n$, что требует разумного ограничения объема измерений, соответствующего выборке из множества возможных значений $N \times K$.

Третьей задачей является либо определение принципов динамического моделирования РСА в заданной ПЧВ-области, либо обоснование возможности перехода от динамической СИМ-модели к совокупности более простых статических моделей, соответствующих типовым состояниям РСА – поскольку все это, как принято говорить, лишь только начало, то есть предварительный этап проведения СИМ...

В настоящей статье ограничимся результатами предварительных измерений, относящимися к первым двум задачам. Методика исследования уровней ЭМИ в учебно-лабораторном корпусе предусматривала определение точек проведения измерений в местах расположения k -ых элементов (участков) РСА на разных этажах с последующим измерением в этих точках трех уровней напряжения электрических сигналов:

- U_0 , регистрируемого с помощью стандартного измерителя ИП-2 на рис. 1, который позволяет определить уровень напряженности поля E_0 исходного (первичного) ЭМИ, воздействующего на k -ый участок РСА;

- U_A , регистрируемого в месте расположения k -го участка РСА с помощью измерителя ИП-1 и антенны ИА в составе ИК на рис. 1, который позволяет откалибровать ИА (определить ее действующую длину l_A), используемую для последующей оценки уровня сигнала, возбуждающего разные участки РСА;

- U_{PK} , регистрируемого с помощью ИА и ИП-1 в k -ом элементе РСА, который позволяет оценить значение действующей длины l_{PK} для k -го участка РСА.

Определение действующей длины для k -го участка РСА l_{PK} при возбуждении РСА в целом по аналогии с [9] может производиться следующим способом. Пусть ЭДС, возбуждающая k -ый элемент разветвленной РСА, есть $\mathcal{E}_{PK} = l_{PK} E_0$, тогда соответствующее ей напряжение

$$U_{PK} = \mathcal{E}_{PK} K_C = l_{PK} E_0 \sqrt{1 + p_H^2 + 2p_H \cos \varphi_H}, \quad (6)$$

где p_H и φ_H – соответственно, модуль и фаза коэффициента отражения от нагрузки в линии, моделирующей РСА; и учтено, что возбуждение РСА и определение l_{PK} «привязаны» к общей точке

расположения k -го элемента РСА (в отличие от [9], где эти точки разнесены на длину линейной РСА l_m , то есть в данном случае $l_m = 0$).

Соответствующий (6) ток в РСА равен $I_{PK} = U_{PK} / Z_B = \mathcal{E}_{PK} K_C / Z_B$, создаваемая этим током напряженность поля в месте расположения ИА

$$E_2 = I_{PK} l_{PK} Z_C / \lambda r_{m2}, \quad (7)$$

где Z_B и Z_C – волновые сопротивления, соответственно, линии, моделирующей РСА, и пространства, окружающего РСА; λ – длина волны; r_{m2} – среднее (аналог эффективного значения) расстояние между РСА и ИА. Поскольку напряжение на выходе согласованной ИА (для которой $K_C = 1$) есть $U_{PK} = l_A E_2$, то, подставляя сюда (6)-(7) и выражения для I_{PK} , получаем

$$U_{PK} = l_{PK}^2 U_A K_C Z_C / Z_B \lambda r_{m2}, \quad (8)$$

где $U_A = l_A E_0$, откуда в итоге

$$l_{PK} = \sqrt{(U_{PK} / U_A) (Z_B \lambda r_{m2} / K_C Z_C)}. \quad (9)$$

Отсюда видно, что помимо двух измеренных уровней напряжения: U_{PK} и U_A на выходе ИА, размещенной, соответственно, вблизи РСА (на расстоянии r_{m2}) и на значительном удалении от нее, значение l_{PK} зависит от детерминированных значений λ ; Z_C и неизвестных для разветвленной РСА случайных значений K_C ; Z_B , которые трудно доопределить, но в отношении которых можно использовать возможности метода СИМ.

В качестве примера рассмотрим частный случай реализации (9): при $K_C = 3/2$; $Z_C = 2 Z_B / 3$; $r_{m2} = \lambda/4$ для участка РСА длиной λ при симметричном расположении ИА посередине него. Непосредственно из (9) получаем значения действующей длины l_{PK}^λ и ЭДС $\mathcal{E}(\lambda)$:

$$l_{PK}^\lambda = \frac{\lambda}{2} \sqrt{U_{PK} / U_A}; \quad \mathcal{E}(\lambda) = \frac{E_0 \lambda}{2} \sqrt{U_{PK} / U_A}, \quad (10)$$

и в более общем случае, для ЭДС, возбуждающей участок РСА с длиной $l \neq \lambda$:

$$\mathcal{E}(l) = \mathcal{E}(\lambda) \sqrt{l / \lambda}. \quad (11)$$

При этом на схемах рис. 18-19 генераторы с ЭДС $\mathcal{E}(l)$ должны располагаться в РСА на расстоянии порядка l друг от друга.

Результаты экспериментальных измерений

В таблице 2 представлена часть результатов экспериментального определения величины $\eta_{1;2} = (2l_{PK}^\lambda / \lambda)_{\text{дБ}} = \frac{1}{2} (U_{PK}^{\text{дБ}} - U_A^{\text{дБ}})$ для схемы

возбуждения РСА в целом, показанной на рис. 20. Нижний индекс «1» здесь соответствует точке проведения измерений в фойе первого этажа; индекс «2» – точке на пятом этаже 13-этажного здания. В первой строке сверху указаны радиостанции и телеканалы, излучатели которых размещены на башне телецентра г. Самары, во второй строке – их рабочие частоты. Ограничение по верхней частоте порядка 110 МГц связано с тем, что используемая кольцевая ферритовая ИА [9] на более высоких частотах заметно теряет чувствительность и не обеспечивает надежную идентификацию исследуемых сигналов на уровне общего фона по ЭМИ в центре мегаполиса.

Ограниченный объем статистического материала в таблице 2 не позволяет сделать достоверные выводы о свойствах I_{PK} , однако обращают на себя внимание, во-первых, близкие друг другу частотные зависимости $\eta_{1,2}$; дБ на разных этажах; во-вторых, разброс их значений на близких частотах.

Это говорит о том, что результаты экспериментальных измерений, аналогичные представленным в таблице 2, недостаточны сами по себе, но могут быть использованы как исходные данные при исследовании разветвленной РСА методом СИМ.

Заключение

Многоканальные СА и РСА являются системами, сложность моделирования которых сопоставима с трудностями, возникающими при

исследовании методом СИМ производственно-экономических объектов. В то же время изучение условий их возбуждения, без которого невозможно проведение дальнейших исследований, является вполне реальной задачей. Разработка расчетно-экспериментальных методов анализа разных вариантов реализации СА и РСА имеет важное значение для проектирования комплексных систем защиты КИ и других практических приложений СТА.

Литература

1. Маслов О.Н. Случайные антенны // Электро-связь. №7, 2006. – С. 12-15.
2. Маслов О.Н. Применение метода статистического имитационного моделирования для исследования случайных антенн и проектирования систем активной защиты информации // Успехи современной радиоэлектроники. №6, 2011. – С. 42-55.
3. Маслов О.Н. Возможности и перспективы применения метода СИМ при решении внутренних задач СТА // ИКТ. Т.8, №2, 2010. – С. 8-22.
4. Маслов О.Н., Соломатин М.А., Васильевский А.Д. Тестовые сигналы для анализа ПЭМИН персональных ЭВМ // ИКТ. Т.5, №2, 2007. – С. 79-82.
5. Аминов В.П., Коровин И.В., Рыбальченко В.И. Блокировка акустоэлектрических преобразо-

Таблица 2. Измеренные значения отношений $\eta_{1,2}$ для многоэтажного здания вблизи телецентра г. Самары

Радиостанция, телеканал	Волга-ТВ 1ТВК (в)	Волга-ТВ 1ТВК(а)	РСН	Радио России	Радио Маяк	Русское Радио	Первый канал 3ТВК (в)	Первый канал 3ТВК (а)	Милицейская волна	Радио 7	Ток FM	Маяк FM	Юмор FM	СКАТ	Ретро FM
МГц	49,75	56,25	68,51	70,31	72,05	72,83	77,25	83,75	90,6	91	91,5	92,1	95,7	96,3	98,6
η_1 ; дБ	0,1	0,1	1,5	8,5	8,8	6,5	5,7	4,8	10,2	10,4	7,5	1,6	19,8	-0,7	-0,2
η_2 ; дБ	2	1,9	8,2	6,8	7,5	6,1	5,1	4	-0,7	-1,3	-0,5	-1,9	-0,6	-2,1	-1,8

Таблица 2 (окончание)

Радиостанция, телеканал	Эхо Москвы	Европа Плюс	Русское Радио	Радио Шансон	Радио Рекорд	Радио Дача	NRG	DFM	Мегаполис	Самара Максимум	Авторадио	Романтика	Дорожное Радио	Love Radio	Дети FM
МГц	99,1	99,9	100,3	101	101,5	102,1	102,5	102,9	103,6	104,3	104,8	105,4	106,1	106,6	107,2
η_1 ; дБ	-1,2	-2,2	-0,2	0,8	-1,5	-2,6	-0,4	-0,9	-3	-0,2	-2,8	-2,4	-3,1	-1,4	-3,5
η_2 ; дБ	-3,7	-6,8	0,1	-4,5	-2,5	-5,2	-6,5	-2,3	-6	-4,6	-3,3	-3,8	-5,4	-1,5	-4,2

- вателей в электронных технических средствах и системах общего применения. М.: Гелиос АРВ, 2010. – 224 с.
6. Алышев Ю.В., Маслов О.Н., Рябушкин А.В. Исследование интермодуляционных характеристик случайных антенн // Труды МТУ-СИ. Том II. М.: ИД Медиа Паблишер, 2008. – С. 68-74.
 7. Маслов О.Н., Рябушкин А.В. Сотовые терминалы: утечка информации по интермодуляционным каналам // Мобильные телекоммуникации. №6, 2008. – С. 11-14.
 8. Маслов О.Н., Рябушкин А.В. Интермодуляционные характеристики сложных случайных антенн // Телекоммуникации. №6, 2009. – С. 36-41.
 9. Алышев Ю.В., Маслов О.Н., Рябушкин А.В. Оценка эффективности распределенных случайных антенн // Антенны. №10 (149), 2009. – С. 62-69.
 10. Способ определения затухания сигнала в распределенной случайной антенне // Маслов О.Н., Раков А.С., Рябушкин А.В. Патент RU 2 393 493 от 06.04.2009, опубл. 27.06.2009, бюлл. №18.

FEATURES OF MODELING OF MODES EXCITATION OF MULTI-CHANNEL RANDOM ANTENNAS

Zasedateleva P.S., Maslov O.N., Ryabushkin A.V., Scherbakova T.A.

The modes of excitation of lumped and distributed random antenna (RA and DRA) are examined. The initial data necessary for the investigation of multi-channel RA and DRA by statistic imitation method (SIM) and designing of protection system confidential information security (CIS) are introduced.

***Keywords:** confidential information security, multi-channel random antennas, modes of excitation of antennas, statistic imitation method, initial data.*

Заседателева Полина Сергеевна, аспирант Кафедры «Экономические и информационные системы (ЭИС) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 228-00-36; 8-927-717-11-71.

Маслов Олег Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой ЭИС ПГУТИ. Тел. (8-846) 271-06-24. E-mail: maslov@psati.ru

Рябушкин Аркадий Викторович, инженер Кафедры «Мультисервисные сети и информационная безопасность» ПГУТИ. Тел. (8-846) 339-11-99; 8-937-981-70-16.

Щербакова Татьяна Андреевна, аспирант Кафедры ЭИС ПГУТИ. Тел. (8-846) 228-00-36; 8-917-164-94-84.

УДК 004.043

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ВЫВОДА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Дубинин Е.А., Копытов В.В., Тебуева Ф.Б.

Предложена методика вывода интегральной функции принадлежности нечеткого множества ущерба информационной системе. Методика базируется на экспертной оценке уровня воздействия классов угроз и использует методы нечеткой логики. Для обработки экспертных оценок разработан авторский способ.

***Ключевые слова:** угроза безопасности, ущерб информационной системе, способ распространения угрозы, нечеткое множество, экспертные оценки.*

Введение

В современной динамической обстановке при управлении предприятием или организацией без

достаточного информационного обеспечения невозможно принимать правильные решения. Это определяет необходимость внедрения сложных систем сбора, обработки и анализа различной информации. Объектом исследования в настоящей работе является информационная система предприятия, представляющая собой организационно-техническую систему, реализующую информационные технологии и предусматривающая аппаратное, программное и другие виды обеспечения, а также соответствующий персонал [1-2]. Ущерб информационной системе представляет собой численную величину урона в денежном выражении, нанесенного деятельности предпри-