

a distribution of lengths of voice-frequency sounds and to predict the most probable length of one sound of conjoint speech on it.

Keywords: autocorrelation function, linear speech prediction, without frame processing of a signal, mix of normal laws of distribution, fragmentator of conjoint speech.

Калашников Дмитрий Михайлович, аспирант Кафедры высшей и прикладной математики Пензенского государственного университета, инженер-программист ОАО «Пензенский научно-исследовательский электротехнический институт». Тел. 8-960-329-82-45; E-mail: riderofthesun@gmail.com

УДК 621.396.677; 621.397.671

МОДУЛЬ-РЕТРАНСЛЯТОР ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЛУЧАЙНЫХ АНТЕНН

Маслов О.Н.

Представлены результаты моделирования характеристик модуля-ретранслятора (МР) сигнала, содержащего конфиденциальную информацию (КИ) коммерческого назначения. В системах активной защиты КИ от утечки через случайные антенны МР является источником преднамеренной имитирующей помехи.

Ключевые слова: конфиденциальная информация, активная защита, случайные антенны, имитирующая помеха, модуль-ретранслятор.

Введение

Принципы проектирования систем активной защиты (САЗ) конфиденциальной информации (КИ) коммерческого назначения от утечки во внешнюю среду через случайные антенны (СА) различного вида (далее для краткости САЗ СА) рассмотрены в [1-2]. В [3-4] показано, что наиболее предпочтительным является применение в САЗ СА низкоэнергетических имитирующих помех (ИП), отличающихся от КИ-сигнала лишь отсутствием подлежащего защите контента (информационного содержания). Важное самостоятельное значение имеет защита КИ от утечки через апертурные СА различной конфигурации [5-7]. Предложенные технические решения [8-10 и др.] для реализации разных вариантов САЗ СА нуждаются в конструкторской проработке, макетировании и экспериментальной проверке.

В условиях вуза эффективным способом апробирования и внедрения научных результатов в сферу информационной безопасности является подготовка инновационных по содержанию лабораторно-практических занятий с будущими бакалаврами и магистрами телекоммуникаций. С одной стороны, это придает конкретику и практический смысл проводимым теоретическим исследованиям, с другой стороны, связано с необходи-

мостью наглядной и убедительной демонстрации работы САЗ СА при достаточно скромных возможностях имеющихся инструментально-измерительных средств. Выходом из ситуации может быть разработка нового оборудования, адаптированного к условиям эксплуатации в учебно-исследовательской лаборатории вуза.

Цель статьи – анализ результатов разработки, реализации и испытания одного из ключевых компонентов низкоэнергетической САЗ – модуля-ретранслятора (МР) со встроенным нелинейным элементом (НЭ) [1; 3] для генерации имитирующей помехи (ИП) с пониженным уровнем мощности, предназначенного для защиты компьютерных систем и сетей от утечки КИ через СА в окружающую среду, используемого в учебном процессе.

Эффективность МР, размещенного в открытом пространстве

Рассмотрим случай, когда МР возбуждается сосредоточенным источником КИ-сигнала, удаленным от него в свободном пространстве на расстояние r_1 . Геометрию решаемой задачи иллюстрирует рис. 1: источник КИ-сигнала расположен в точке O ; МР, показанный утолщенной линией – в точке R ; точка наблюдения M удалена от МР на расстояние r_2 . Расстояние OM от источника КИ-сигнала до точки наблюдения равно $r_{12} = \sqrt{r_1^2 + 2r_1 r_2 \cos \theta_2 + r_2^2}$, где угол θ_2 показан на рис. 1. Плотность потока мощности (ППМ) КИ-сигнала, воздействующего на МР, равняется $P_{C1} = P_C G_C / 4\pi r_1^2$, где P_C и G_C – подводимая мощность и коэффициент усиления антенны источника КИ-сигнала. В точке приема M , удаленной от источника КИ-сигнала на расстояние r_{12} , аналогичным образом имеет место $P_{C2} = P_C G_C / 4\pi r_{12}^2$.

Вычислим значения ППМ для ИП $\Pi_{\Pi 2}$ и отношения «помеха/сигнал»: коэффициента превышения $\chi_{\Pi C} = \Pi_{\Pi 2} / \Pi_{C 2}$ [1-2] в точке M . Для этого запишем мощность КИ-сигнала, принятого МР, через его эффективную площадь $S_{\text{эф}}$ как $P_{C 1} = \Pi_{C 1} S_{\text{эф}} = \Pi_{C 1} S v_A \eta_A$, где S ; v_A и η_A – соответственно, геометрическая площадь; коэффициент использования поверхности и коэффициент полезного действия МР для КИ-сигнала.

Будем считать, что мощность ИП $P_{\Pi 1} = P_{C 1} K_{\text{ИМ}} = \Pi_{C 1} S v_A \eta_A K_{\text{ИМ}}$, где $K_{\text{ИМ}}$ – коэффициент передачи МР от приемного входа к передающему выходу с учетом преобразования КИ-сигнала в ИП путем его модуляции, усиления и других необходимых операций. Тогда уровень ППМ для ИП в точке M будет равен

$$\begin{aligned} \Pi_{\Pi 2} &= P_{\Pi 1} G_{\Pi} / 4\pi r_2^2 = \\ &= \Pi_{C 1} S v_A \eta_A K_{\text{ИМ}} G_{\Pi} / 4\pi r_2^2, \end{aligned}$$

где $G_{\Pi} = 4\pi S v_A \eta_A / \lambda^2$ – коэффициент усиления антенны МР для помехи, соответствующей КИ-сигналу с длиной волны λ .

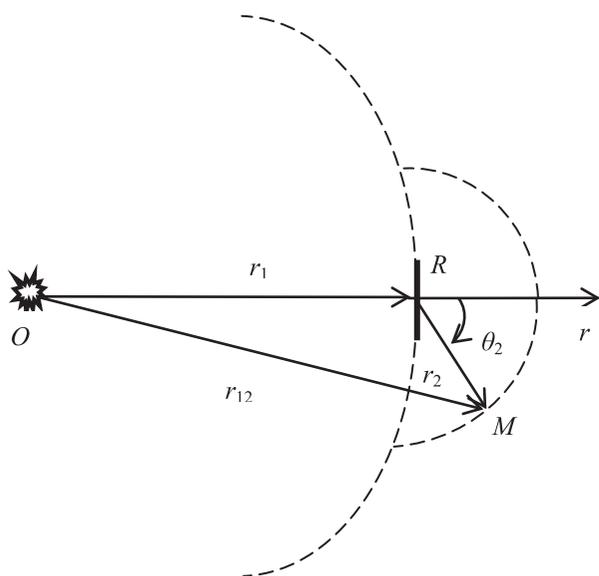


Рис. 1. Расположение источника КИ-сигнала, МР и точки приема M в системе сферических координат

С учетом этого получим $\Pi_{\Pi 2} = P_C G_C S^2 v_A^2 \eta_A^2 K_{\text{ИМ}} / 4\pi r_1^2 r_2^2 \lambda^2$ и в итоге

$$\begin{aligned} \chi_{\Pi C} &= \\ &= S^2 v_A^2 \eta_A^2 K_{\text{ИМ}} (r_1^2 + 2r_1 r_2 \cos \theta_2 + r_2^2) / r_1^2 r_2^2 \lambda^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Для оценки пространственной неравномерности $\chi_{\Pi C}$ вблизи МР зафиксируем расстояние r_1 и

введем относительный коэффициент $\gamma_r = r_1 / r_2$, после чего перепишем (1) как

$$\chi_{\Pi C} = S^2 v_A^2 \eta_A^2 K_{\text{ИМ}} F_R / r_1^2 \lambda^2, \quad (2)$$

где $F_R = 1 + 2\gamma_r \cos \theta_2 + \gamma_r^2$. Расчетные значения множителя $F_R(\gamma_r; \theta_2)$, в децибелах, для θ_2 $[0; \pm 90^\circ]$ представлены на рис. 2 в трехмерном изображении: здесь наглядно видно, что вблизи одиночного МР имеет место пространственно-угловая неоднородность важнейшего параметра САЗ СА: коэффициента превышения $\chi_{\Pi C} = \Pi_{\Pi 2} / \Pi_{C 2}$, существенно возрастающая с ростом расстояния r_2 – то есть по мере удаления от МР.

Это говорит о том, что одиночный МР не способен обеспечивать эффективную защиту КИ в значительной пространственно-частотной области и САЗ СА, по-видимому, целесообразно строить на основе совокупности разнесенных в пространстве и по-разному ориентированных МР. Отметим, что выполненный по упрощенной методике анализ эффективности одиночного МР и формулы (1)-(2) полностью отвечают требованиям идеологии моделирования СА и САЗ [1-2] в отношении «прозрачности и понятности» получаемых с его помощью практических выводов.

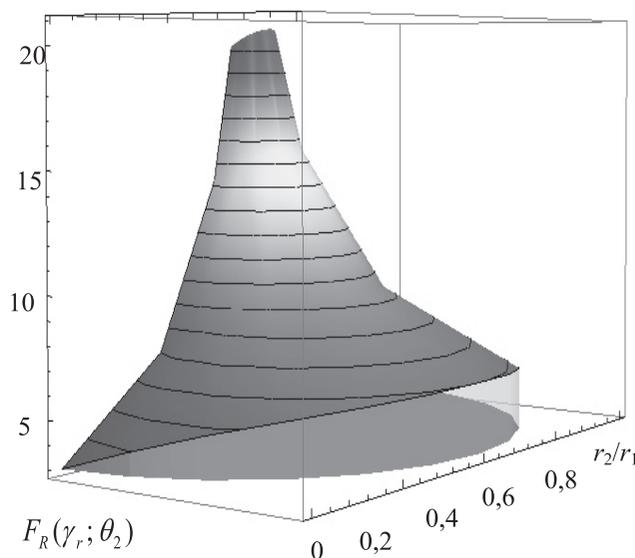


Рис. 2. Значения множителя $F_R(\gamma_r; \theta_2)$, дБ для одиночного МР, размещенного в свободном пространстве

Эффективность МР, размещенного в излучающем отверстии

Рассмотрим теперь ситуацию, условно показанную на рис. 3, когда МР размещен в отверстии (типа окна или другой апертуры утечки

КИ) в ограждающей конструкции, через которое КИ-сигнал, ослабленный в K_C раз, проходит в окружающую среду одновременно с ИП. Под ограждающей конструкцией в данном случае понимаются стены, потолок и пол подлежащего защите помещения, внутри которого источник КИ-сигнала размещен в объеме V ; расположенный в отверстии МР показан на рис. 3 точечной линией. Так как КИ-сигнал на пути r_{12} ослабляется в K_C раз, ППМ для него здесь имеет вид $P_{C2} = P_C G_C / 4\pi r_{12}^2 K_C$, поэтому

$$\chi_{PC} = S^2 v_A^2 \eta_A^2 K_{IM} K_C F_R / r_1^2 \lambda^2. \quad (3)$$

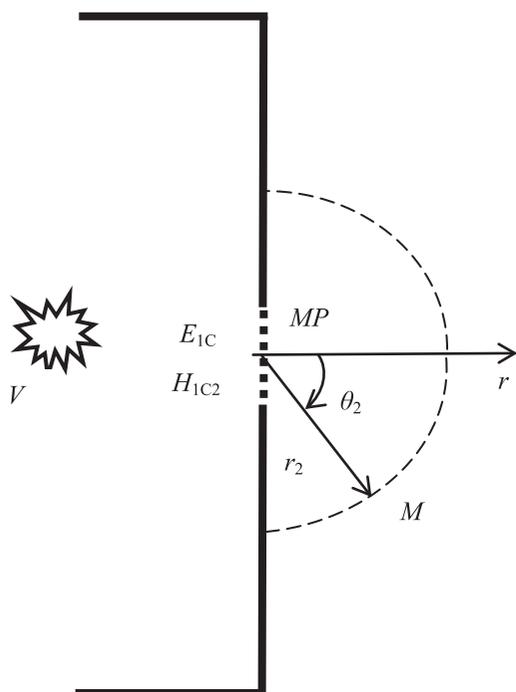


Рис. 3. Возбуждение МР, размещенного в отверстии ограждающей конструкции, источником КИ-сигнала, распределенным в объеме V

Обозначим напряженности электрического и магнитного поля, которые источник КИ-сигнала создает вблизи отверстия ограждающей конструкции, соответственно, как E_{1C} и H_{1C} . Тогда результатом воздействия E_{1C} и H_{1C} на МР является ЭДС на его входе $\mathcal{E}_{1C} = l_{DЭ} E_{1C} + l_{DM} H_{1C}$, где $l_{DЭ}; l_{DM}$ – действующая длина входной приемной антенны МР, соответственно, по E_{1C} и H_{1C} .

С учетом того, что коэффициент передачи МР K_{IM} по-прежнему учитывает все аспекты преобразования КИ-сигнала в ИП, ЭДС помехи на выходе МР будет равна $\mathcal{E}_{2П} = (l_{DЭ} E_{1C} + l_{DM} H_{1C}) K_{IM}$, а соответствующие ей уровни напряженности поля $E_{2П}$ и $H_{2П}$:

$$\begin{aligned} E_{2П} &= (l_{DЭ} E_{1C} + l_{DM} H_{1C}) K_{IM} / l_{DЭ} r_2; \\ H_{2П} &= (l_{DЭ} E_{1C} + l_{DM} H_{1C}) K_{IM} / l_{DM} r_2, \end{aligned} \quad (4)$$

если точка М на рис. 3, удаленная от МР на расстояние r_2 , находится в зоне Фраунгофера. В соответствии с принципом Гюйгенса-Кирхгофа будем считать, что помимо МР в отверстии размещен источник КИ-сигнала, создающий в точке приема M уровни напряженности поля $E_{2C} = E_{1C} K_{CE} / r_2$, $H_{2C} = H_{1C} K_{CH} / r_2$, тогда

$$\begin{aligned} \chi_{PC}^E &= \frac{(l_{DЭ} E_{1C} + l_{DM} H_{1C}) K_{IM}}{l_{DЭ} E_{1C} K_{CE}}; \\ \chi_{PC}^H &= \frac{(l_{DЭ} E_{1C} + l_{DM} H_{1C}) K_{IM}}{l_{DM} H_{1C} K_{CH}}, \end{aligned} \quad (5)$$

где коэффициенты ослабления, соответственно, будут равны $K_{CE} = E_{2C0} / E_{1C}$ и $K_{CH} = H_{2C0} / H_{1C}$, а нижние индексы «0» соответствуют уровням напряженности электрического и магнитного поля в непосредственной близости позади МР. Введем обозначение $Z_C = E_{1C} / H_{1C}$ и получим в итоге

$$\begin{aligned} \chi_{PC}^E &= \left(1 + \frac{l_{DM}}{l_{DЭ}} Z_C \right) \frac{K_{IM}}{K_C}; \\ \chi_{PC}^H &= \left(1 + \frac{l_{DЭ}}{l_{DM}} Z_C \right) \frac{K_{IM}}{K_C}. \end{aligned} \quad (6)$$

Из (5)-(6) видно, что в данном случае оба коэффициента превышения не зависят от координат r_2 и θ_2 точки M – поэтому эффективность САЗ СА будет одинаковой для всей области пространства, находящейся вне конструкции ограждающей подлежащее защите помещение.

Оценка параметров МР, определяющих эффективность САЗ СА

Анализ (1)-(2) показывает, что эффективность САЗ СА при расположении МР в открытом пространстве зависит от двух его конструктивных параметров: $S_{ЭФ} / \lambda^2$ и K_{IM} , поскольку отношение r_1 / λ задано расположением источника КИ-сигнала, а другие параметры МР мало влияют на коэффициент превышения χ_{PC} . Аналогичным образом при расположении МР в излучающем отверстии, согласно (5)-(6), эффективность САЗ СА зависит от K_{IM} и K_C , поскольку Z_C определяется условиями внешнего возбуждения МР и наилучшим вариантом однозначно является $l_{DЭ} = l_{DM}$. Все эти выводы, во-первых, хорошо

соответствуют физическим соображениям, что подтверждает правомерность и «прозрачность» упрощенных электродинамических моделей, принятых за основу при моделировании МР. Во-вторых, они позволяют определить типовые варианты реализации и пути дальнейшего повышения эффективности САЗ СА. В-третьих, с их помощью можно дать оценку числовых параметров важнейших конструктивных параметров МР: $K_{ИМ}$; K_C и $S_{ЭФ} = S v_A \eta_A$, входящих в (1)-(2) и (5)-(6).

В первом случае воспользуемся формулами для $\Pi_{П2}$ и $\Pi_{С2}$ при $r_1 \gg r_2$, откуда получим $\Pi_{П2} / \Pi_{С2} = S_{ЭФ}^2 K_{ИМ} / r_2^2 \lambda^2$. Показания измерительного прибора в точке M при наличии и отсутствии в точке R работающего МР (см. рис. 1) обозначим, соответственно, $W_{П2} = \Pi_{П2} + \Pi_{С2}$ и $W_{С2} = \Pi_{С2}$. Тогда с учетом обозначения $W_2 = W_{П2} / W_{С2}$ получаем $K_{ИМ} = (W_2 - 1) r_2^2 \lambda^2 / S_{ЭФ}^2$.

Аналогичным образом показания измерительного прибора в точке M при наличии в точке R неработающего МР (в отсутствие сигнала накачки) обозначим как $W_{СР} = \Pi_{С2} + \Pi_{СР}$, где $\Pi_{СР}$ – уровень КИ-сигнала, переизлученного МР; $\Pi_{С2}$ – по-прежнему уровень КИ-сигнала, проходящего в точку M в отсутствие или помимо МР, – см. рис. 1. Полагая, что при $K_{ИМ} = 1$, имеет место $\Pi_{СР} = \Pi_{С1} S_{ЭФ}^2 / r_2^2 \lambda^2$, а также с учетом $\Pi_{С1} \approx \Pi_{С2}$ при $r_1 \gg r_2$, получаем $W_P = W_{СР} / W_{С2} \approx 1 + (S_{ЭФ}^2 / r_2^2 \lambda^2)$, откуда следует $S_{ЭФ}^2 = r_2^2 \lambda^2 (W_P - 1)$, и в итоге

$$K_{ИМ} = \frac{W_2 - 1}{W_P - 1}, S_{ЭФ} = r_2 \lambda \sqrt{W_P - 1}. \quad (7)$$

Таким образом, для определения параметра $K_{ИМ}$ необходима оценка отношения уровней сигналов $W_2 = W_{П2} / W_{С2}$, соответствующих показаниям прибора при измерении в точке M уровня ИП при нормально работающем МР и уровня КИ-сигнала при отсутствии МР, а для определения параметра $S_{ЭФ}$ – оценка отношения уровней КИ-сигналов $W_P = W_{СР} / W_{С2}$, соответствующих показаниям прибора при измерении в точке M уровней КИ-сигнала, соответственно, при наличии в точке R неработающего МР (в отсутствие сигнала накачки) и при отсутствии МР в точке R .

Во втором случае необходимый дополнительный параметр K_C , аналогичным образом

и в обозначениях (5)-(6), может быть найден по отношению уровней КИ-сигнала, соответствующих напряженностям электрического и магнитного поля в непосредственной близости перед МР и позади него. Разработка методики оценки (теоретической и экспериментальной) параметров МР, определяющих эффективность САЗ СА, представляет в настоящее время существенно важную самостоятельную задачу.

Результаты макетирования МР

Макет МР, предназначенный для проведения лабораторных исследований, был выполнен в двух базовых вариантах. Первый вариант представляет собой крестообразный вибраторный переизлучатель из медных ленточных проводников, в схематичном виде показанный на рис. 4. К центральным точкам переизлучателя подключен активный нелинейный четырехполюсник, реализующий преобразование КИ-сигнала в ИП согласно [3]. Указанный четырехполюсник, который сочетает функции НЭ и миниатюрного усилителя-модулятора, был реализован также в двух вариантах: на полевых транзисторах и на микросхеме AD8343 (транзисторный усилитель-модулятор в увеличенном виде показан на рис. 5).

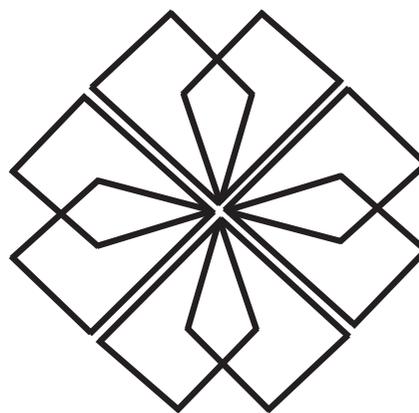


Рис. 4. Схема крестообразного вибраторного переизлучателя при первом базовом варианте реализации МР

Общие геометрические размеры МР 320×320 мм² определялись размерами переизлучателя на рис. 4. Электропитание транзисторного МР осуществлялось от постоянного источника +8 В, МР на микросхеме – от источника +5 В. Сигнал накачки на МР подавался по коаксиальному кабелю диаметром 2 мм, который виден в правом нижнем углу рис. 5.

При проведении измерений необходимо учитывать, что в неэкранированном учебном помещении негативный «вклад» в погрешность получаемых

результатов вносит посторонний электромагнитный фон – поэтому анализ эффективности МР в режиме «малого сигнала» нецелесообразен и согласно [7] следует ограничиться изучением работы МР в режиме «большого сигнала».

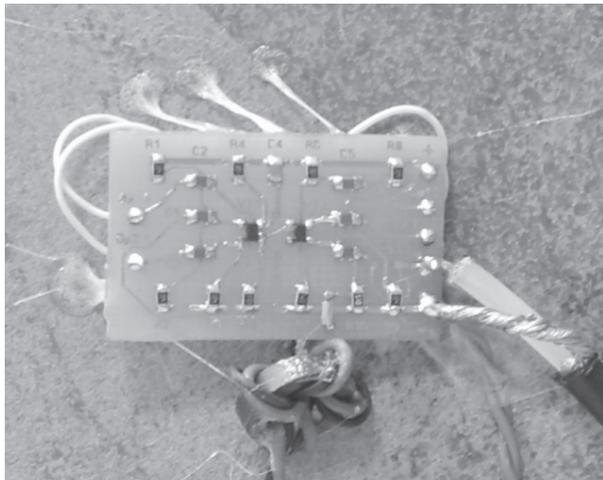


Рис. 5. Внешний вид транзисторного усилителя-модулятора МР

Во втором базовом варианте переизлучатель МР представлял собой сварную решетку из стальных прутков диаметром 6 мм с размерами прямоугольных ячеек порядка 100×100 мм² (8 ячеек по горизонтали – общий размер решетки 870 мм; 9 ячеек по вертикали – общий размер 940 мм). Усилитель-модулятор на микросхеме AD8343 был установлен в центре излучающей решетки, как это показано на рис. 6.

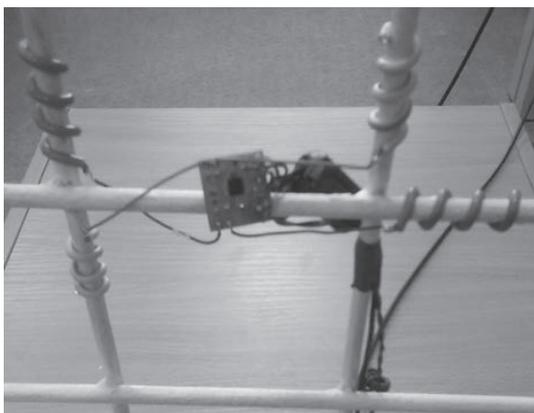


Рис. 6. Способ крепления усилителя-модулятора на микросхеме AD8343 к излучающей решетке при втором базовом варианте реализации МР

Следует отметить конструктивную возможность перекомбинирования элементов МР: усилитель-модулятор на микросхеме AD8343 можно использовать с крестообразным переизлучателем на рис. 4, а к решетке можно подключить тран-

зисторный усилитель-модулятор, показанный на рис. 5.

Результаты экспериментального исследования макета МР, размещенного в открытом пространстве

В соответствии с [1-3] методика исследования МР имеет в виду анализ влияния динамики КИ-сигнала и сигнала накачки на число и уровни интермодуляционных (ИМ) составляющих с частотами $F_{mn} = m F_C \pm n F_H$, которые формируются НЭ в составе МР, где нижние индексы «С» и «Н» соответствуют КИ-сигналу и сигналу накачки, а порядок ИМ составляющих $m + n$ далее обозначается прямыми римскими цифрами в нижнем индексе P_{mn} по аналогии с [2]. Схему экспериментальной установки для определения параметров макета МР иллюстрирует рис. 7. В роли тестовых КИ-сигналов, удаленных от МР на расстояние $r_1 \gg r_2$, здесь выступали сигналы от близкорасположенных базовых станций сети сотовой связи стандартов CDMA-450; GSM-900; GSM-1800 и UMTS-2100. В качестве источника сигнала накачки ГН использовались генератор Г4-143 и генератор шума ГШ-100М, удаленные от МР на расстояние порядка 0,5 м; напряжение $U_H(t)$ сигнала накачки подавалось на МР через коаксиальный кабель (см. рис. 5).

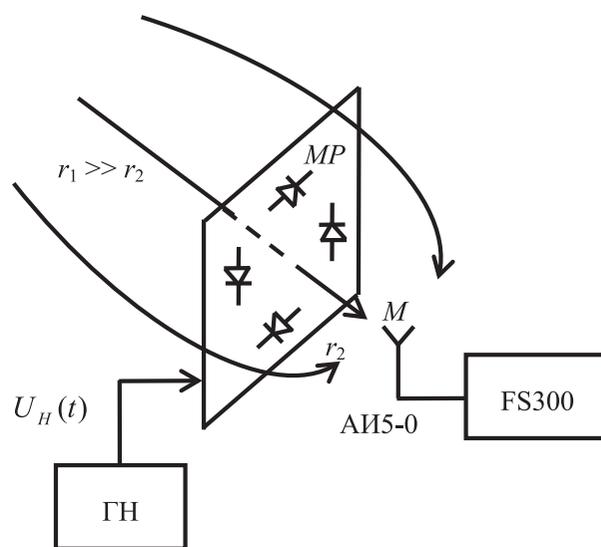


Рис. 7. Схема установки для определения параметров макета МР (первый базовый вариант)

Принцип действия МР соответствует [1; 3], конструктивное решение – [8-10]. Предполагалось, что технические средства перехвата (ТСП) КИ-сигнала находятся в точке M на расстоянии r_2 от МР – где в лабораторных условиях распо-

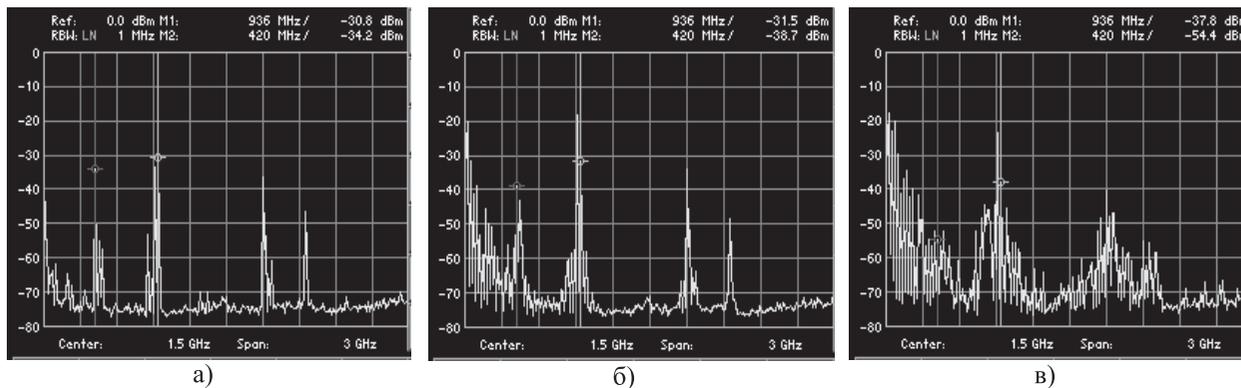


Рис. 8. Спектрограммы КИ-сигналов на входе ТСП при накачке с частотой 25 МГц: а) фон при $U_H = 0$; б) $U_H = 0,5 \text{ MAX}$; в) $U_H = \text{MAX}$

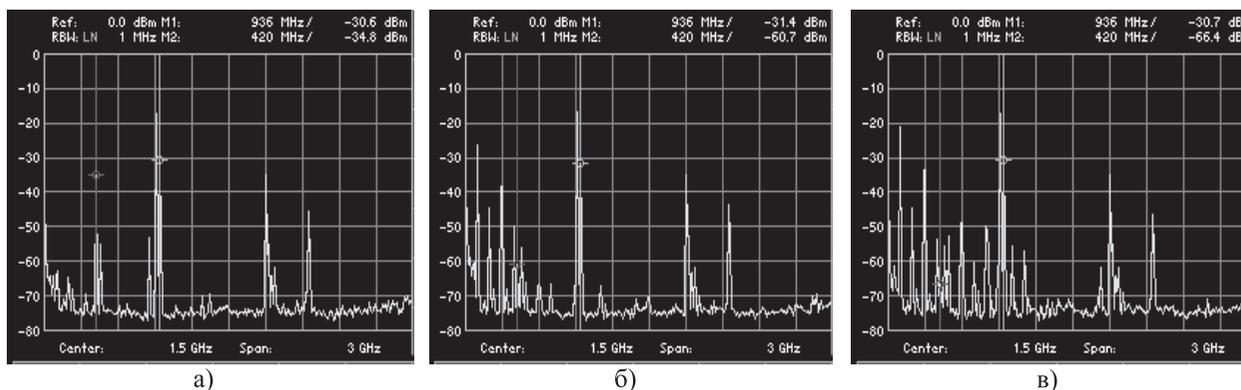


Рис. 9. Спектрограммы КИ-сигналов на входе ТСП при накачке с частотой 100 МГц: а) фон при $U_H = 0$; б) $U_H = 0,5 \text{ MAX}$; в) $U_H = \text{MAX}$

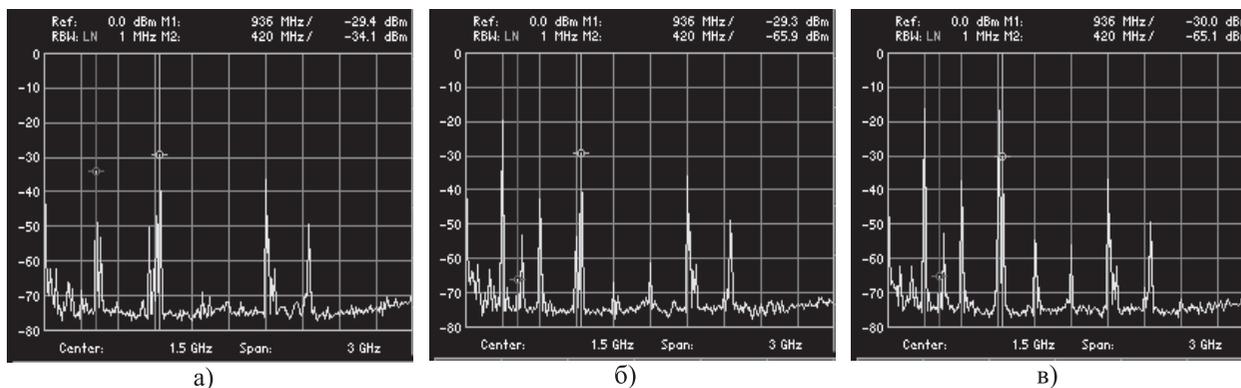


Рис. 10. Спектрограммы КИ-сигналов на входе ТСП при накачке с частотой 300 МГц: а) фон при $U_H = 0$; б) $U_H = 0,5 \text{ MAX}$; в) $U_H = \text{MAX}$

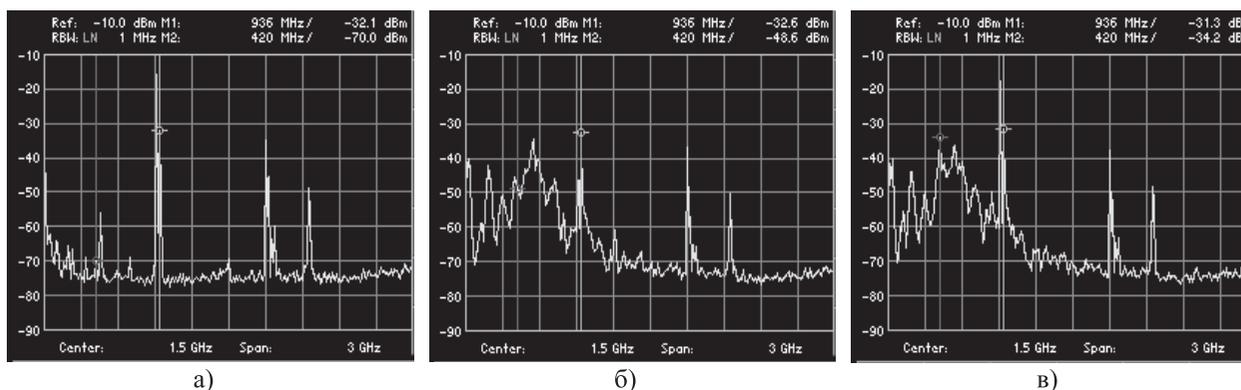


Рис. 11. Спектрограммы КИ-сигналов на входе ТСП при накачке от ГШ-1000М: а) фон при $U_H = 0$; б) $U_H = 0$; $U_H = \text{MAX}$; в) $U_H = +8 \text{ V}$; $U_H = \text{MAX}$

лагался панорамный анализатор FS300 производства Rodhe&Schwarz с активной измерительной антенной АИ5-0.

Отметим, что, согласно рис. 1, КИ-сигнал в точку M здесь попадает двумя путями: помимо МР и через МР, как это условно показано стрелками на рис. 7. В соответствии с изложенным это наиболее трудный случай (с точки зрения обеспечения требуемой эффективности защиты КИ) реализации САЗ СА.

Экспериментальные спектрограммы сигналов на входе ТСП, полученные в лабораторных условиях с помощью панорамного анализатора FS300 с антенной АИ5-0, представлены на рис. 8-11. Частота гармонического сигнала накачки составляет 25 МГц (рис. 8); 100 МГц (рис. 9) и 300 МГц (рис. 10) при двух уровнях напряжения $U_H(t)$ – соответствующих половинной и максимальной мощности ГН.

Спектрограммы на рис. 8-10 демонстрируют эффект стохастической АМ, приводящий к появлению интермодуляционных (ИМ) составляющих тестового КИ-сигнала, смещенных относительно несущих частот на частоту сигнала накачки: особенно наглядно это видно на рис. 10б и рис. 10в, где указанные спектральные компоненты идут друг за другом со сдвигом на 300 МГц. При этом увеличение уровня сигнала накачки $U_H(t)$ существенно повышает «вес» указанных ИМ составляющих в суммарном частотном спектре наблюдаемых сигналов.

Замена генератора Г4-143 на генератор шума ГШ-100М в качестве ГН (см. рис. 7) соответствует тенденции разрушения спектра КИ-сигнала, обусловленной снижением частоты накачки (см., с одной стороны, графики рис. 8в-10в, с другой стороны, спектрограммы на рис. 11 (как при

включенном электропитании МР ($U_{II} = +8$ В), так и при выключенном ($U_{II} = 0$). Это подтверждает физическую сущность наблюдаемых явлений, которая не изменяется при использовании вместо тестовых КИ-сигналов и сигнала накачки их реальных аналогов [1].

Диапазонные свойства МР (первый базовый вариант)

Количественная оценка влияния динамического диапазона КИ-сигнала на уровни составляющих $F_{ИМ}^{m+n} = mF_C \pm nF_H$, формируемых МР (см. данные таблицы 1), производилась для тестовых сигналов с частотами $F_C = 400$ МГц и $F_H = 95$ МГц (порядок ИМ составляющих $m + n$ обозначен римскими цифрами). Составляющим II порядка ($m = 1; n = 1$) здесь соответствуют частоты 305 и 495 МГц; IV порядка ($m = 1; n = 3$) – частоты 115 и 685 МГц, а также ($m = 2; n = 2$) – частота 990 МГц; V порядка ($m = 1; n = 4$) – частота 20 МГц; VI порядка ($m = 1; n = 5$) – частота 875 МГц и т.д.

Уровни КИ-сигнала P_C и ИМ составляющих P_{II-VII} на выходе антенны АИ5-0 (см. рис. 7) приведены в дБмВт – в последнем случае в виде дробей, где в числителе – уровни ИМ составляющих для пассивного варианта реализации МР ($U_{II} = 0$), в знаменателе – для активного МР ($U_{II} = +8$ В). Данные таблицы 1 показывают, во-первых, что МР на крестообразном переизлучателе сохраняет свои ИМ преобразовательные свойства на частотах 20 ... 990 МГц в динамическом диапазоне уровней КИ-сигнала, превышающем 35 дБ.

Во-вторых, что переход от пассивного варианта реализации МР к активному на указан-

Таблица 1. Уровни тестового КИ-сигнала P_C и соответствующие им уровни ИМ составляющих на выходе антенны АИ5-0, дБмВт

P_C , 400 МГц	P_V , 20 МГц	P_{IV} , 115 МГц	P_{II} , 305 МГц	P_{II} , 495 МГц	P_{IV} , 685 МГц	P_{VI} , 875 МГц	P_{IV} , 990 МГц
-21,0	$\frac{-71,0}{-59,0}$	$\frac{-79,5}{-68,2}$	$\frac{-73,6}{-65,3}$	$\frac{-75,2}{-58,3}$	$\frac{-71,6}{-55,9}$	$\frac{-77,1}{-64,1}$	$\frac{-88,5}{-82,6}$
-33,5	$\frac{-84,7}{-73,1}$	$\frac{-91,0}{-84,2}$	$\frac{-95,2}{-82,6}$	$\frac{-85,9}{-74,2}$	$\frac{-85,3}{-70,6}$	$\frac{-92,6}{-82,2}$	–
-45,9	$\frac{-}{-85,8}$	$\frac{-106,0}{-94,9}$	$\frac{-100,0}{-96,7}$	$\frac{-100,0}{-92,8}$	$\frac{-96,5}{-88,1}$	$\frac{-108,0}{-97,7}$	–
-56,4	$\frac{-}{-95,0}$	$\frac{-}{-106,0}$	$\frac{-106,0}{-102,0}$	$\frac{-107,0}{-95,9}$	$\frac{-105,0}{-95,0}$	$\frac{-}{-105,0}$	–

Таблица 2. Приращения уровней ИМ составляющих на выходе антенны АИ5-0 в зависимости от приращения уровня тестового КИ-сигнала ΔP_C , дБмВт

ΔP_C	P_V , 20 МГц	P_{IV} , 115 МГц	P_{II} , 305 МГц	P_{III} , 495 МГц	P_{IV} , 685 МГц	P_{VI} , 875 МГц
-12,5	$\frac{-13,7}{-14,1}$	$\frac{-11,5}{-16,0}$	$\frac{-11,6}{-17,3}$	$\frac{-10,7}{-15,9}$	$\frac{-13,7}{-14,7}$	$\frac{-15,5}{-18,1}$
-24,9	$\frac{-21,0}{-26,8}$	$\frac{-26,5}{-26,7}$	$\frac{-26,4}{-31,4}$	$\frac{-24,8}{-34,5}$	$\frac{-24,9}{-32,2}$	$\frac{-30,9}{-33,7}$
-35,4	$\frac{-}{-36,0}$	$\frac{-}{-37,8}$	$\frac{-32,4}{-36,7}$	$\frac{-31,8}{-37,6}$	$\frac{-33,4}{-39,1}$	$\frac{-}{-40,9}$
$\Delta P_{ИМ}$	+12,0	+11,3	+8,3	+16,9	+15,7	+13,0

Таблица 3. Уровни тестового сигнала P_A , дБмВт на выходе антенны АИ5-0

Тип монитора ЭВМ	ΔF , МГц	P_A
ЭЛТ	100...1024	-70...-96,5
ЖК с люминесцентной подсветкой	0,2...1080	-45...-90,5
Notebook с люминесцентной подсветкой	1,5...1080	-45...-95
ЖК со светодиодной подсветкой	2...900	-51...-91

ных частотах дает существенный рост уровней ИМ составляющих: на величину от 8,3 дБ до 16,9 дБ (см. нижнюю строку в таблице 2).

В-третьих, и это самое главное, переход от значений уровней ИМ составляющих к их относительным приращениям, обусловленным изменением уровня тестового КИ-сигнала (см. данные таблицы 2), позволяет подтвердить правомерность использования теоретической модели МР [3] в интересах проектирования САЗ СА.

Из таблицы 2 видно, что для всех измеренных ИМ составляющих, вне зависимости от варианта реализации МР (как при наличии, так и при отсутствии U_{II}), уменьшение уровня ΔP_C приводит практически к такому же снижению уровней ИМ составляющих, формируемых МР как в режиме «больших» КИ- сигналов ($\Delta P_C > -10$ дБмВт), так и в режиме «малых» КИ-сигналов, близким к реальным аналогам ($\Delta P_C < -30$ дБмВт). Это происходит потому, что все ИМ составляющие II-VI порядка, которые фигурируют в таблице 2, соответствуют $m = 1$, и в рамках модели [3] здесь имеет место $\Delta P_C = \Delta P_{ИМ}$, так как параметры сигнала накачки $U_H(t)$ и другие факторы, воздействующие на МР, при проведении эксперимента поддерживаются (по возможности) постоянными.

Результаты экспериментального исследования МР на излучающей решетке

Минимальный регистрируемый уровень поля КИ-сигнала, «видимый» на анализаторе спектра FS300 (см. рис. 7), составляет -110 дБмВт, что соизмеримо с уровнями реальных КИ-сигналов. На стандартном расстоянии 1 м, например, с помощью FS300 и антенны АИ5-0 удастся зафиксировать тестовые КИ-сигналы от ЭВМ с мониторами разного типа, представленные в таблице 3 (указаны значения полосы частот ΔF , МГц и уровни сигналов на выходе антенны АИ5-0 P_A , дБмВт, четко регистрируемые FS300).

Макет МР при втором базовом варианте его реализации отличается от схемы САЗ СА, показанной на рис. 3, так как ограждающая конструкция здесь отсутствует. Поэтому в данном случае можно говорить лишь о замене в учебных целях крестообразного вибраторного излучателя фрагментом этой конструкции, который представляет собой типичную СА.

В таблице 4 представлены уровни ИМ составляющих, полученные для МР на микро-схеме AD8343 при $U_H = 10$ мВ; $P_C = -25$ дБмВт; $U_{II} = 0$ (в числителе) и +5 В (в знаменателе), аналогичные приведенным в

таблице 1 – отмеченные звездочками данные соответствуют МР на излучающей решетке, остальные – МР на крестообразном переизлучателе. В таблице 5 приведены данные только для МР на излучающей решетке, которые соответствуют существенно большим уровням накачки: $U_H = 100$ и 200 мВ. Из сравнения данных таблиц 4-5 видно, что переизлучающая способность у МР на СА в виде фрагмента прямоугольной решетки существенно меньше, чем у МР на обычной антенне. Однако ее вполне достаточно для подтверждения эффекта преобразования КИ сигнала в ИП согласно [3] в учебных целях.

Заключение

При размещении одиночного МР, который используется в качестве источника ИП, в свободном пространстве его ожидаемая эффективность невелика – поэтому в реальных условиях целесообразно строить САЗ СА на основе совокупности разнесенных в пространстве и по-разному ориентированных МР. При размещении МР в отверстии ограждающей конструкции его эффективность существенно возрастает, и для

обеспечения требуемой эффективности САЗ СА может оказаться достаточно минимального числа МР.

Результаты экспериментальных измерений показывают, что физическая модель в виде макета МР, выполненная в двух вариантах, соответствует теоретической модели [3] и может быть принята за основу при изучении принципов работы САЗ СА в режиме «большого сигнала». Исследование особенностей работы САЗ СА в более реалистичном режиме «малого сигнала» выходит за рамки курса изучения технических средств обеспечения безопасности КИ коммерческого назначения. Эти вопросы уместнее рассматривать в цикле дисциплин, связанных с проверкой оборудования, обследованием подлежащих защите помещений и исследованием возможности формирования каналов утечки КИ в реальных условиях [1; 5] с использованием соответствующих методик и инструментально-измерительного оборудования. Автор выражает признательность Рябушкину А.В. за неоценимую помощь при разработке и экспериментальном исследовании вариантов реализации САЗ СА.

Таблица 4. Уровни ИМ составляющих на выходе антенны АИ5-0, дБмВт для МР на микросхеме AD8343 при $U_H = 0$ и $+5$ В; $U_H = 10$ мВ; $P_C = -25$ дБмВт на крестообразном излучателе и излучающей решетке

$P_V,$ 20 МГц	$P_{IV},$ 115 МГц	$P_{II},$ 305 МГц	$P_{II},$ 495 МГц	$P_{III}^*,$ 210 МГц	$P_{III}^*,$ 590 МГц	$P_{IV},$ 685 МГц	$P_{VI},$ 875 МГц	$P_{IV},$ 990 МГц	$P_{IV},$ 1295 МГц
$\frac{-100}{-78}$	$\frac{-}{-71}$	$\frac{-95}{-54}$	$\frac{-90}{-54}$	$\frac{-105}{-103}$	$\frac{-105}{-103}$	$\frac{-95}{-48,5}$	$\frac{-95}{-67}$	$\frac{-83}{-79}$	$\frac{-}{-72,5}$

Таблица 5. Уровни ИМ составляющих на выходе антенны АИ5-0, дБмВт для МР на микросхеме AD8343 при $U_H = 0$ и $+5$ В; $U_H = 100$ и 200 мВ; $P_C = -25$ дБмВт на излучающей решетке

$U_H,$ мВ	$P_V,$ 20 МГц	$P_{IV},$ 75 МГц	$P_{IV},$ 115 МГц	$P_{VII},$ 170 МГц	$P_{III},$ 210 МГц	$P_{II},$ 305 МГц	$P_{VII},$ 325 МГц	$P_{II},$ 420 МГц	$P_{II},$ 495 МГц	$P_V,$ 515 МГц	$P_{III},$ 590 МГц
100	$\frac{-}{-94}$	$\frac{-}{-97}$	$\frac{-}{-93}$	$\frac{-}{-91}$	$\frac{-}{-80}$	$\frac{-103}{-74}$	$\frac{-}{-96}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-104}{-67}$	$\frac{-}{-90}$	$\frac{-}{-72}$
200	$\frac{-99}{-94}$	$\frac{-}{-95}$	$\frac{-100}{-93}$	$\frac{-}{-94}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-90}{-81}$	$\frac{-}{-100}$	$\frac{-104}{-100}$	$\frac{-94}{-85}$	$\frac{-105}{-100}$	$\frac{-100}{-84}$

Таблица 5 (продолжение)

$U_H,$ мВ	$P_{IV},$ 610 МГц	$P_{III},$ 705 МГц	$P_{VII},$ 820 МГц	$P_{VI},$ 875 МГц	$P_{III},$ 895 МГц	$P_{VI},$ 915 МГц	$P_V,$ 1010 МГц	$P_{IV},$ 1105 МГц	$P_V,$ 1390 МГц	$P_{VI},$ 1485 МГц
100	$\frac{-}{-82}$	$\frac{-105}{-83}$	$\frac{-}{-93}$	$\frac{-}{-83}$	$\frac{-}{-101}$	$\frac{-}{-93}$	$\frac{-}{-83}$	$\frac{-}{-89}$	$\frac{-}{-90}$	$\frac{-}{-92}$
200	$\frac{-102}{-92}$	$\frac{-104}{-98}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-97}{-95}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-105}{-104}$	$\frac{-100}{-95}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$

Литература

1. Маслов О.Н. Случайные антенны: теория и практика. Самара: Изд-во ПГУТИ-ОФОРТ, 2013. – 480 с.
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. Низкоэнергетическая информационная защита случайных антенн // Электросвязь. №1, 2014. – С. 32-38.
4. Маслов О.Н., Щербакова Т.А. Комплексное моделирование систем активной защиты информации // Защита информации. Ин сайд. №6, 2013. – С. 34-39.
5. Методы комплексного контроля безопасности информации на объектах телекоммуникационных систем органов государственного управления. М.: Изд. УДП РФ, 2009. – 368 с.
6. Маслов О.Н., Раков А.С., Силкин А.А. Статистические характеристики поля решетки апертурных случайных антенн // Радиотехника и электроника. Т.58. №11, 2013. – С. 1093.
7. 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, September 16-20, 2013, Odessa. – P. 53-58.
8. Способ информационной защиты случайной антенны / Альшев Ю.В., Маслов О.Н., Раков А.С., Шашенков В.Ф. Патент RU 2474966 от 30.11.2011, опубл. 10.02.2013, бюлл. №4.
9. Способ определения параметров случайной антенны / Альшев Ю.В., Маслов О.Н., Рябушкин А.В. Патент RU 2374655 от 10.01.2008, опубл. 27.11. 2009, бюлл. №33.
10. Способ оценки эффективности случайной антенны / Альшев Ю.В., Маслов О.Н., Рябушкин А.В. Патент RU 2372623 от 03.03.2008, опубл.10.11. 2009, бюлл. №31.

THE MODULE-RETRANSMITTER FOR INFORMATION PROTECTION OF RANDOM ANTENNA

Maslov O.N.

The paper presents the simulation results of the characteristics of module-retransmitter (MR) of signal, containing confidential information for commercial purposes. The MR is a source of intentional imitating jamming in the active protection system of confidential information from its leaking through random antennas.

Keywords: confidential information, active protection, random antennas, imitating jamming, module-retransmitter.

Маслов Олег Николаевич, д.т.н, профессор, заведующий Кафедрой экономических и информационных систем Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. 8-902-371-06-24. E-mail: maslov@psati.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

УДК621.38

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКА – ОСНОВА ЗНАНИЙ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

Галочкин В.А.

В статье рассматриваются проблемы преподавания дисциплин по телекоммуникациям и телевидению

Ключевые слова: нанотехнологии, наноэлектроника, телекоммуникации, телевидение, схемотехника

Введение

Начальная база знаний абитуриентов и, соответственно, студентов начальных курсов остается на уровне знаний середины прошлого века и не соответствует современным знаниям в области физико-технических наук и современных технологий. Необ-