

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.315.5

Котов
Андрей Романович

Экраны электромагнитного излучения
на основе композиционных материалов для технических средств защиты
информации

АВТОРЕФЕРАТ

к диссертации на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-98 80 01 «Методы и системы защиты информации,
информационная безопасность»

Научный руководитель

Белошицкий Анатолий Павлович,

кандидат технических наук, доцент

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

В результате жизнедеятельности человечества уровень электромагнитного излучения (ЭМИ) возрастает на несколько порядков. На протяжении своей жизни человек находится под их, главным образом, негативным воздействием. При этом широкий диапазон частот такого излучения может влиять на состояние человеческого организма на молекулярном уровне и отражаться на следующих поколениях. В повседневной жизни высокочастотные электромагнитные поля (ЭМП) возникают при коммутационных процессах в электрических сетях, устройствах и бытовых приборах. Они представляют серьезную угрозу не только непосредственно пользователям или операторам этих устройств, но и людям, случайно попавшим в опасную зону действия этих излучений. Однако исследований в этой области чрезвычайно мало и однозначных результатов пока не получено.

Побочные электромагнитные излучения и наводки, возникающие в различных электронных системах обработки данных, являются потенциальным источником утечки информации по электромагнитному каналу. Так персональный компьютер представляет собой источник высокочастотного ЭМИ. В результате, содержащаяся в компьютере и отображаемая на экране монитора, информация можно принимать на расстоянии в сотни метров. В настоящее время одними из путей нейтрализации такой утечки являются использование генераторов шума, либо полное экранирование помещения металлическими листами с надежным заземлением. Однако применение генераторов шума приводит к созданию дополнительной неблагоприятной электромагнитной обстановки в защищаемом помещении. Это негативно сказывается непосредственно на самочувствии, здоровье и трудоспособности персонала, находящегося в зоне облучения, и в ряде случаев может привести к сбоям в электронно-вычислительных системах, экранирование металлическими листами защищаемых помещений требует больших экономических затрат и сложного процесса монтажа.

Разработка новейших, так называемых “не летальных” систем вооружения, принцип действия которых основан на использовании сверхмощных импульсов направленной электромагнитной волны, является приоритетным военным курсом ведущих стран мира. Результатом является создание так называемого высокоэффективного оружия направленной энергии. В результате его воздействия поверхность тела человека за 2 секунды нагревается до 54°C и достигается эффект болевого шока. Создание электромагнитных бомб, следствием взрыва которых является возникновение

мощного электромагнитного импульса, приводит к возможности быстрого уничтожения радиоэлектронных устройств и систем. Одним из самых опаснейших является "электромагнитный" терроризм, основой которого так же является использование в качестве поражающего фактора энергии электромагнитного импульса. Устройства, способные создавать такие импульсы, могут приводиться в действие дистанционно с помощью мобильных средств связи, вызывая выход из строя различного электронного оборудования, например, систем контроля и управления атомной электростанцией.

В радиолокации, основанной на передаче и приеме электромагнитных волн, весьма важной задачей является электромагнитная маскировка объектов для снижения их радиолокационной "заметности" и снижение дальности обнаружения.

Вследствие описанных выше причин, одной из важнейших проблем современности, является экранирование ЭМП. Актуальность разработки высокоэффективных, широкополосных, технологичных и удобных в эксплуатации экранирующих средств обуславливается не только проблемами биологического воздействия ЭМИ на организм человека, но и проблемами защиты информации от утечки по техническим каналам.

Целью диссертационной работы является разработка методики выполнения измерений (МВИ) параметров экранов ЭМИ (ЭЭМИ) для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100.

Для достижения этой цели в работе необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ методов и средств защиты от ЭМИ;
- разработать МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100;
- разработать способ оценки эффективности экранирования для различных стандартов сотовой связи;
- провести экспериментальные исследования ЭЭМИ на основе композиционных материалов с использованием разработанной методики.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Тема диссертационной работы соответствует подразделу 13 «Безопасность человека, общества, государства» приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016-2020 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 12 марта 2015 г., № 190. Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Целью диссертационной работы является разработка МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100.

Для достижения этой цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- проведен анализ методов и средств защиты от ЭМИ;
- разработана МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100;
- разработан бальный способ оценки эффективности использования ЭЭМИ для различных стандартов сотовой связи;
- проведены экспериментальные исследования ЭЭМИ на основе композиционных материалов с использованием разработанной методики.

Новизна работы определяется следующими результатами:

- разработана и обоснована МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100;
- разработан и применен бальный способ оценки эффективности использования ЭЭМИ для различных стандартов сотовой связи.

Практическая ценность работы заключается в том, что полученные результаты экспериментальных исследований параметров ЭЭМИ на основе композиционных материалов, с использованием разработанной МВИ, могут служить основой для выбора наиболее эффективного экранирующего средства для различных применений и стандартов сотовой связи.

Результаты работы апробированы на 53-й Научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Защита информации» – БГУИР (Минск, 02-06 мая 2017г.) и опубликованы в материалах конференции.

Все основные результаты диссертационной работы получены самостоятельно.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приводятся результаты анализа методов и средств защиты от ЭМИ. Описываются источники ЭМИ, а также методы и средства защиты от ЭМИ. Показано, что воздействие ЭМИ на живые организмы, в том числе и на человека зависит от амплитуды, частоты колебаний и длительности воздействия. Превышающие предельно-допустимый уровень (ПДУ) ЭМИ, приводят вначале к компенсаторно-приспособительным реакциям организма, затем при увеличении длительности облучения развиваются обратимые и не обратимые патологические изменения. Особое внимание заслуживают технические средства, такие как компьютеры и сотовые телефоны. Персональная электронная вычислительная машина является источником ЭМИ в диапазоне частот 1–3000 МГц. Был проведен анализ функциональных элементов данного устройства, являющихся источниками ЭМИ. Сотовый телефон в зависимости от стандарта связи является источником ЭМИ в диапазоне частот от 890 до 2690 МГц. Был рассмотрен принцип работы сотовых телефонов и базовых станций.

Во второй главе описывается назначение, виды и конструкции ЭЭМИ. Степень ослабления ЭМИ зависит от конструкции экрана и параметров излучения. Существенное влияние на эффективность защиты оказывает материал, из которого изготовлен экран. Толщину экрана, обеспечивающую необходимое ослабление, можно рассчитать. Однако расчетная толщина экрана обычно мала, поэтому она выбирается из конструктивных соображений. При разработке конструкций экранов или поглотителей электромагнитных волн используются различные материалы, обладающие способностью отражать или поглощать ЭМИ в определенном диапазоне частот. Выявлено, что в природе не существует ни идеально отражающих, ни идеально поглощающих электромагнитную энергию материалов, поэтому подавление ЭМИ чаще всего обеспечивается за счет обоих процессов. Описано назначение, виды и конструкции ЭЭМИ. Показано, что представляют собой ЭЭМИ на основе композиционных материалов. Рассмотрен механизм ослабления сигнала композиционным материалом. Последние исследования в области разработки композиционных материалов направлены на расширение частотного диапазона электромагнитных экранов и получение многофункциональных конструкций.

В третьей главе приводятся результаты разработки МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100. Базовая станция выступает генератором сигнала. Тестовый терминал, выступающий в качестве приемного устройства, помещается в герметичную конструкцию из

экранирующего средства, собирает данные о сигнале и передает их для хранения в базу данных. В дальнейшем оператор обрабатывает полученные данные о сигнале и сравнивает их с эталонными (собранными тестовым терминалом без использования конструкции из экранирующего средства). На основании сравнительного анализа дается оценка эффективности экранирующего средства. Разработан бальный способ оценки эффективности использования ЭЭМИ для различных стандартов сотовой связи. В каждом стандарте связи средствам экранирования присваиваются места на основании ослабленного ими уровня сигнала. Первое место присваивается средству экранирования с худшим показателем ослабления, далее места присваиваются в порядке возрастания показателя ослабления. Производится начисление баллов. Количество начисленных баллов совпадает с порядковым номером места, к примеру, первому и третьему месту начисляется один и три балла соответственно. Для каждого экранирующего средства суммируются начисленные баллы в каждом из стандартов и образуют итоговую сумму баллов. По результатам итоговой суммы баллов наиболее эффективным в использовании для различных стандартов сотовой связи экранирующим средством является экранирующее средство, у которого наивысший балл.

Схема выполнения измерений представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема измерения

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований параметров ЭЭМИ на основе композиционных материалов, полученные с использованием разработанной МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100. Для проведения

экспериментальных исследований были выбраны следующие экранирующие средства:

- экран электромагнитного излучения на основе пенофола толщиной 3 мм (№ 1);
- экран электромагнитного излучения на основе пенофола толщиной 5 мм (№ 2);
- экран электромагнитного излучения на основе игольнопробивного углеродосодержащего полотна (№ 3);
- экран электромагнитного излучения на основе влагосодержащего полотна арсенола (№ 4);
- экран электромагнитного излучения с геометрически неоднородной поверхностью на основе фольгированного материала (№ 5);
- экран электромагнитного излучения с киральными свойствами на основе фрагментов фольгированного материала толщиной 3 мм (№ 6);
- экран электромагнитного излучения с киральными свойствами на основе фрагментов фольгированного материала толщиной 5 мм (№ 7);
- экран электромагнитного излучения на основе многослойного комбинированного материала: 1-й слой – влагосодержащая ткань с наноструктурированным ферромагнитным микропроводом, 2-й слой – пенофол толщиной 5 мм (№ 8).

Результаты эффективности экранирования в стандартах сотовой связи GSM 900, GSM 1800, UMTS 900, UMTS 2100 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эффективности экранирования

Экранирующее средство	GSM 900		GSM 1800		UMTS 900		UMTS 2100	
	Уровень сигнала, dBm	Ослабление уровня сигнала, dBm	Уровень сигнала, dBm	Ослабление уровня сигнала, dBm	Уровень сигнала, dBm	Ослабление уровня сигнала, dBm	Уровень сигнала, dBm	Ослабление уровня сигнала, dBm
Без экрана	-59,21	–	-59,44	–	-68,43	–	-72,74	–
№ 1	-66,61	7,40	-75,79	16,35	-88,79	20,36	-90,53	17,79
№ 2	-84,61	25,40	-69,09	9,65	-78,96	10,53	-94,91	22,17
№ 3	-67,80	8,59	-77,62	18,18	-78,17	9,74	-78,74	6,00
№ 4	-72,09	12,88	-62,47	3,03	-77,19	8,76	-80,50	7,76
№ 5	-78,80	19,59	-75,15	15,71	-92,79	24,36	-77,12	4,38
№ 6	-65,36	6,15	-70,20	10,76	-71,05	2,62	-85,52	12,78
№ 7	-65,47	6,26	-59,61	0,17	-70,27	1,84	-80,30	7,56
№ 8	-84,16	24,95	-78,24	18,80	-94,91	26,48	-95,03	22,29
№ 8 _{об}	-90,47	31,26	-89,64	30,20	-95,40	26,97	-105,36	32,62
№ 3 + № 5	-76,34	17,13	-78,39	18,95	-92,83	24,4	-84,32	11,58
№ 5 + № 8	-84,87	25,66	-93,40	33,96	-99,08	30,65	-96,28	23,54

Результаты с применением разработанного способа бальной оценки эффективности использования ЭЭМИ для стандартов сотовой связи GSM 900, GSM 1800, UMTS 900, UMTS 2100 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты бальной оценки эффективности использования ЭЭМИ

Экранирующее средство	GSM 900	GSM 1800	UMTS 900	UMTS 2100	Итоговая сумма баллов
	Баллы	Баллы	Баллы	Баллы	
№ 1	3	6	6	7	22
№ 2	9	3	5	8	25
№ 3	4	7	4	2	17
№ 4	5	2	3	4	14
№ 5	7	5	7	1	20
№ 6	1	4	2	6	13
№ 7	2	1	1	3	7
№ 8	8	8	9	9	34
№ 8 _{об}	11	10	10	11	42
№ 3 + № 5	6	9	8	5	28
№ 5 + № 8	10	11	11	10	42

По результатам итоговой суммы баллов в бальной оценки эффективности использования ЭЭМИ наиболее эффективными в использовании для стандартов сотовой связи GSM 900, GSM 1800, UMTS 900, UMTS 2100 экранирующими средствами стали экранирующее средство № 8_{об} (оборотная сторона) и комбинированное экранирующее средство состоящее из экранов № 5 и № 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема разработки новых ЭЭМИ с повышенной эффективностью и широкополосностью весьма актуальна в настоящее время, когда электромагнитные ресурсы широко используются, число действующих радиоэлектронных средств постоянно увеличивается, разрабатываются новые виды электромагнитного оружия, что приводит к обострению проблем экологической защиты живых организмов, электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, обеспечения защиты информации, скрытности объектов и др.

В диссертационной работе приведены и проанализированы источники ЭМИ, а также методы и средства защиты от ЭМП. Показано, что, превышающие ПДУ ЭМИ, приводят вначале к компенсаторно-приспособительным реакциям организма, затем при увеличении длительности облучения развиваются обратимые и не обратимые патологические изменения.

Описаны назначение, виды и конструкции ЭЭМИ. Показано, что применение ЭЭМИ на основе композиционных материалов наиболее перспективно в диапазоне сверхвысоких частот. Рассмотрен механизм ослабления сигнала композиционным материалом.

Разработана МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100. Разработан и применен бальный способ оценки эффективности использования ЭЭМИ для различных стандартов сотовой связи.

С использованием разработанной МВИ параметров ЭЭМИ для сотовой связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 900/2100 были проведены экспериментальные исследования параметров восьми образцов ЭЭМИ на основе композиционных материалов. На основании сравнительного анализа ослаблений уровней сигналов, вносимых средствами экранирования, была дана оценка эффективности экранирования в стандартах сотовой связи GSM 900/1800, UMTS 900/2100. С применением разработанного способа бальной оценки эффективности использования ЭЭМИ для различных стандартов сотовой связи были определены ЭЭМИ наиболее эффективные в использовании для стандартов сотовой связи GSM 900/1800, UMTS 900/2100.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

1-А. Котов А.Р., Белошицкий А.П. Измерения параметров экранов электромагнитного излучения на основе композиционных материалов: материалы 53-й Научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Защита информации» – БГУИР – Минск, 2017 – С.94-95.