

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»

Кафедра радиосвязи и вещания

Е.А. Лесников, О. А. Симонина

Электромагнитная совместимость электронных средств

Лабораторный практикум

11.05.04 Инфокоммуникационные технологии и системы
специальной связи

Направленность: Системы специальной спутниковой связи
Системы радиосвязи специального назначения
Системы коммутации и сети связи специального назначения
Оптические системы связи
Многоканальные телекоммуникационные системы

11.03.01 Радиотехника

Профиль: Радиотехнические системы

27.03.01 Стандартизация и метрология

Профиль: Метрология и техническое регулирование в инфокоммуникациях

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль: Системы мобильной связи

Санкт-Петербург
2018

Оглавление

1. Оценка электромагнитной обстановки с использованием приемо-передающего устройства	3
2. Измерение параметров ЭМС технических средств	5
3. Исследование электромагнитной обстановки с использованием специализированных программно-аппаратных комплексов	10
4. Измерение потерь в антенно-фидерном тракте.....	12
5. Измерение напряженности поля оборудования информационных технологий	14
6. Экспериментальная оценка устойчивости систем связи и их составных частей к ЭМВ.....	16

1. Оценка электромагнитной обстановки с использованием приемопередающего устройства

Цель работы: Исследовать электромагнитную обстановку (ЭМО) в частотном диапазоне мобильной связи.

Задание:

Часть 1: Исследование ЭМО на территории университета.

1. Исследовать доступность и качество мобильной связи на территории университета: выбрать пять малых площадок в разных местах здания и провести исследования:
 - доступность связи различных стандартов;
 - тепловая карта покрытия (на <https://nav.sut.ru> выложена карта университета, для иной площадки построить карту самостоятельно);
 - наличие источников непреднамеренного электромагнитного воздействия.
2. Провести эксперимент для 2G, 3G и LTE. Сравнить результаты.

Часть 2: Исследование ЭМО на территории жилого района.

Исследование проводится аналогично Части 1.

Методические указания:

Ознакомьтесь с результатами проведения оценки качества мобильной связи на <http://качествосвязи.рф/>. Скачайте протокол измерений для региона по выбору и изучите показатели качества, по которым проведены измерения.

При выполнении лабораторной работы можно использовать любое smart-устройство и любой анализатор качества мобильной связи. При проведении эксперимента по оценке характеристик доступности мобильной связи не забудьте отключить Wi-Fi, так как при передаче данных приоритет имеет Wi-Fi сеть. Обратите внимание: отображается информация о сотах только того оператора, к которому вы подключены в данный момент. При использовании двух SIM-карт – той, которая выставлена по умолчанию.

Учтите, что уровень сигнала мобильной связи сильно сказывается на качестве связи за счет реализации коммутации каналов в технологиях 2G и 3G. При использовании LTE большее значение будет иметь нагрузка на сеть.

Местом проведения измерений можно выбрать любую малую площадку (т.е. размер максимум 100x100 метров). В качестве критерия будем использовать только один показатель качества связи – уровень сигнала. Перед проведением измерений необходимо получить карту объекта или местности (если измерения проводятся, например, во дворе) и разработать маршрут для драйв-теста. При снятии уровня сигнала можно воспользоваться встроенными возможностями смартфона или планшета (в устройствах Android это обычно находится во вкладке «Настройки» → «О телефоне», в устройствах Apple – в инженерном меню). Также для измерения уровня сигнала также можно использовать специальные приложения.

В процессе измерения нужно двигаться по разработанному маршруту и наносить значения уровня сигнала. Это позволит разработать карту покрытия и по ней определить зоны радиотени и зоны электромагнитного влияния.

После проведения измерений необходимо построить тепловую карту покрытия. Рассмотрим пример:

- 1) Частотный диапазон 1800 МГц
- 2) Время измерения ($t_1 = 15:15$, $t_2 = 15:30$, дд.мм.гггг).
- 3) малая площадка (max 100 м²) и источники ЭМ воздействия

Измерения проводились в холле бизнес-центра, связь стандарта UMTS. Результаты измерений были шкалированы и нанесены на карту помещения (рисунок 1).

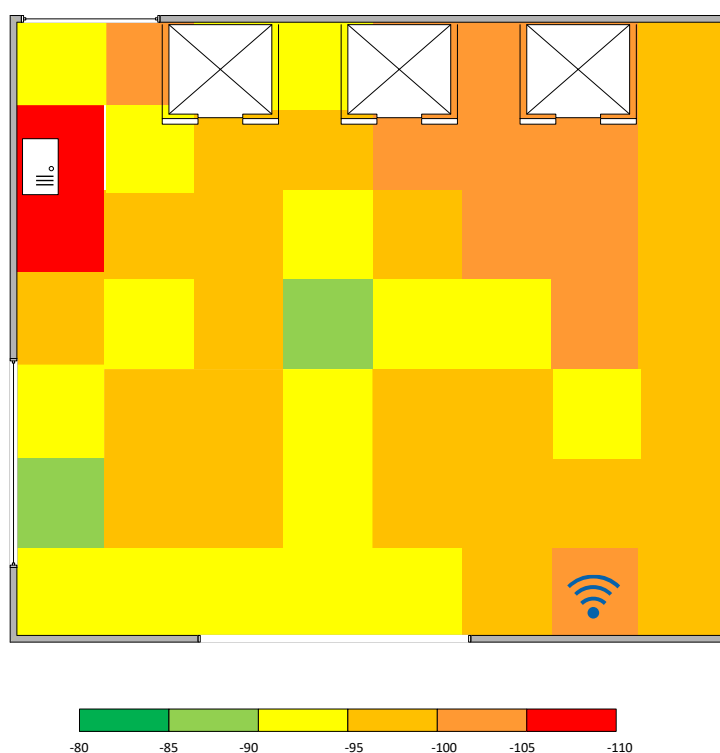


Рисунок 1 – Карта покрытия для одной из малых площадок

Как видно из рисунка 1, возле лифтов наблюдается ухудшение сигнала, которое связано с электромагнитным воздействием. Также легко видеть ухудшение уровня сигнала в области расположения телекоммуникационного шкафа с коммутационным оборудованием и Wi-Fi точки. Ясно локализованы места радиотени.

К защите: подготовить отчет, в котором будут отражены результаты проведенных исследований и выводы о доступности мобильной связи и ее характеристиках. Привести краткую справку об использованных аппаратных и программных средствах для анализа. В отчете необходимо указать частоту, время измерения и информацию о месте измерения (площадке и источниках

электромагнитного воздействия), а также тепловую карту покрытия согласно заданию для части 1 и 2.

2. Измерение параметров ЭМС технических средств

Цель: провести измерения и анализ основных параметров мобильного телефона на примере стандартов мобильной связи GSM900/1800.

Задание:

1. Установите номер канала согласно варианту (таблица 1)

Таблица 1 – Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер канала TCH	10	12	14	20	25	32	36	38	40
Номер канала BCCH	20	24	28	40	50	64	72	76	80

2. Проведите анализ паспорта изделия на измеряемый абонентский терминал. Выпишите поддерживаемые стандарты, а также значение мощности сигнала, уровень чувствительности, IMEI.

3. Проведите измерение параметров сигнала мобильного телефона:

- 3.1. Проведите подключение к радиоизмерительному комплексу с заранее выставленными параметрами, согласно варианту.

- 3.2. Проведите оценку измеренных параметров на совпадение с паспортом изделия.

4. Подготовьте отчет, в котором представьте результаты измерений, полученных в ходе лабораторной.

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Лабораторная работа выполняется с использованием универсального радиокommunikационного мультипротокольного тестера R&S CMU 200. Для успешного выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с краткой инструкцией по работе с прибором.

Предварительная настройка радиоизмерительного комплекса

Для выбора группы функций GSM Mobile Station необходимо открыть Menu Select и в левой половине таблицы выбора Selection использовать курсорные клавиши. После из выпадающего списка стандартов выберите GSM 900. Выберите сигнальный режим (Signaling) и нажмите на поворотную ручку для открытия меню GSM 900 Connection Control.

В выбранном подменю переводим устройство в режим вещания клавишей Signal On. Клавишей BS Signal на панели переходим к настройкам радиоизмерительного комплекса, который будет эмулировать работу базовой станции сотовой связи.

Переходим к настройке канала трафика Traffic Channel (TCH) и общего канала управления Broadcasting Common Channel (BCCH). Меню представлено на рисунке 2.

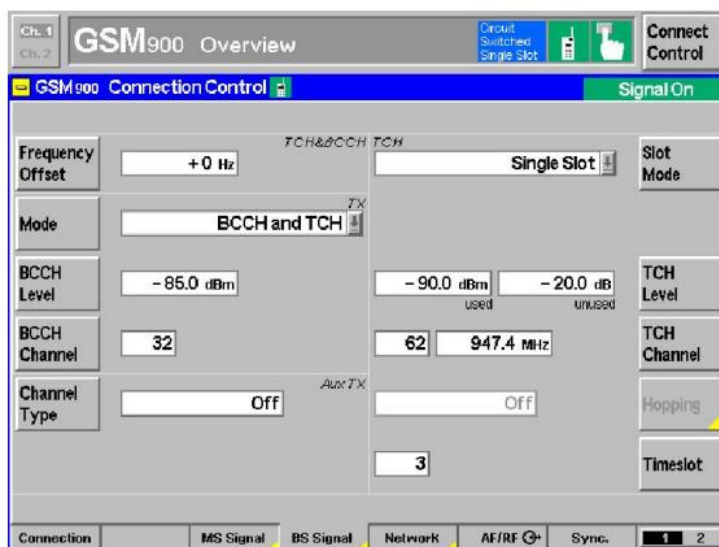


Рисунок 2 - Параметры управления TCH и BCCH

Для настройки параметров вещания радиоизмерительного комплекса нужно выполнить следующие действия:

- 1) Канал TCH и BCCH ставится согласно варианту в графе TCH Channel и BCCH Channel.
- 2) Частотный сдвиг Frequency Offset оставляем равным 0 Гц.
- 3) Режим вещания TCH и BCCH, однослотовый Single Slot.
- 4) При настройке уровней мощности ставим максимальный (-30 dBm) для обоих каналов, выкрутив ручку влево.

После настройки всех параметров переходим к настройке функций мобильной станции MS Signal. Базовая станция контролирует выходную мощность мобильного устройства, сохраняя уровень мощности GSM достаточным для поддержания хорошего отношения сигнал / шум, используя таблицу уровней мощности(PCL).

В данной лабораторной работе PCL устанавливаем равным 2 и соответствующее значение в dBm для используемого стандарта.

Последним пунктом предварительной настройки CMU 200 является выбор выходов для приема сигналов с абонентского устройства. Для этого переходим по вкладке AF/RF. Переводим прием и передачу на один выход, к которому подключена антенна, усиление выставляем на уровне 0 dBm.

Предварительная настройка абонентского оборудования

В комплекте с радиоизмерительным комплексом поставляется специальная SIM карта, что позволяет тестировать разные модели мобильных устройств.

Переходим в главное меню тестируемого устройства, находим иконку Настройки (Setting), в котором ищем пункт Беспроводные сети связи. В выбранном подменю переходим во вкладку настроек Мобильной сети (Mobile network). Для

выбора необходимой нам сети переключаем режим выбора сети на ручной. По окончании сканирования нам выходит перечень найденных сетей различных операторов. Для подключения телефона к CMU 200 необходимо выбрать сеть TEST R&S. Если данной сети нет в списке сетей, то проверяем параметры радиоизмерительный комплекса.

Подключение устройства к радиоизмерительному комплексу

Для подключения абонентского оборудования к CMU 200 следует использовать следующий алгоритм действий:

1. Переводим радиоизмерительный комплекс в режим тестирования выбранной технологии во вкладке Menu Select. В нашем случае проводим измерения с помощью модуля GSM900/1800.

2. В выбранном подменю переводим устройство в режим вещания клавишей Signal On.

3. На настроенном телефоне переходим в Ручной выбор сетей, выбираем сеть TEST R&S.

4. При отсутствии данной в списке найденных сетей проверяем параметры радиоизмерительный комплекса, номера каналов и уровни мощности TSN и BCCH, PCL, затем повторяем подключение.

При успешном подключении мобильного оборудования на радиоизмерительном комплексе в строке состояния появится статус Synchronized.

Измерение основных параметров устройства

Данная лабораторная работа предусмотрена для измерения 2 поколения сетей мобильной связи. Наиболее известными и широко используемыми являются GSM 900/1800. При подключении успешном подключении в меню Connection Control можно увидеть поддерживаемые стандарты в левой части окна.

Переходим в меню обзора мощностных характеристик (Рисунок 3). Для этого на правой части панели нажимаем на кнопку Connection Control. В правой части отображается таблица характеристик из которой можно увидеть IMEI (уникальный индикационный номер устройства). Сравните его с тем, что указан в паспорте вашего устройства.

В левой части показан столбец с мощностными характеристиками: заявленный уровень мощности (Reported Power), средний уровень мощности (Avg. Burst Power), а также пиковые значения (Peak Burst Power). Запишите данные значения в отчет лабораторной работы. Для просмотра детального изменения мощности следует перейти к временной характеристике GSM сигнала нажатием на клавишу Application. Сделайте скриншот данной временной диаграммы.

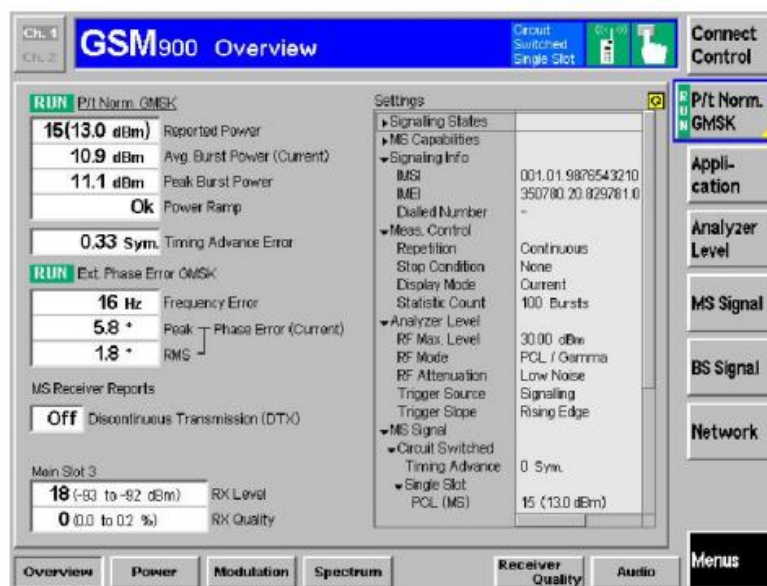


Рисунок 3- Обзорное меню

Модуляция в сетях второго поколения

Одной из функций универсального радиоизмерительного комплекса CMU 200 является просмотр ошибок модуляции, которые могут возникнуть в следствие передачи сигнала. При переходе к данной функции требуется нажать кнопку Menu, затем перейти во вкладку Modulation. В возникшем окне мы можем увидеть изменяющиеся параметры принимаемого сигнала с абонентского терминала.

После открытия данной функции в отчет требуется занести значения фазовой ошибки (среднее и пиковые значения) и частотной, а также сравнить с показателями тестового эталонного измерительного сигнала RMS.

Совершение тестового вызова и пересылка короткого сообщения (SMS)

Радиоизмерительный комплекс CMU 200 в режиме тестирования сетей 2го поколения имитирует базовую станцию мобильной связи и приемное устройство одновременно. Эта особенность позволяет оценивать параметры в режиме совершения вызова как с тестируемого устройства, так и при входящем вызове на него.

Для передачи тестового короткого сообщения с радиоизмерительного комплекса необходимо перейти в меню Connection Control. Для совершения процедуры отправки сообщения следует использовать наэкранную клавишу Send SMS. После набора текста тестового сообщения для отправки необходимо нажать на передней панели клавишу ENTER.

После отправки сообщения переходим к процедуре совершения исходящего звонка. Для этого возвращаемся в меню Connection Control. При совершении вызова следует использовать наэкранную кнопку Connect Mobile. После нажатия на экране тестируемого абонентского устройства должен появиться вызов с номера, который установлен по умолчанию в настройках CMU 200. В случае нестабильного соединения

или невозможности подключения стоит изменить настройки мощности в каналах BCCH, TCH и PCH.

Измерение качества передачи данных приемником приемника

В состав базовых функций программно-аппаратного комплекса входит оценка качества приема (Receiver Quality). Для этого радиоизмерительный комплекс генерирует псевдослучайный сигнал, который передается с абонентского устройства на анализатор CMU 200.

Для перевода устройства в режим тестирования требуется нажать на околэкранную кнопку Analyser 1 и перевести в режим BER. Данный режим позволяет при тестовой отправке 100 речевых фреймов определить остаточный коэффициент битовых ошибок, коэффициент стирания кадров и количество циклических ошибок.

По ходу тестирования запишите полученные коэффициенты и сделайте вывод, осуществляет ли исследуемое абонентское устройство качественную передачу данных и какие факторы могут влиять на данные параметры.

К защите: подготовить отчет, в котором представить данные измерений в виде таблицы (таблица 2) согласно:

1. РД 45.237-2002 «Измерители показателей ошибок и параметров дрожания фазы цифровых трактов. Технические требования», 2002 г.
2. 3GPP TS 45.005 Technical Specification Group GSM/EDGE Radio Access Network; Radio transmission and reception (Release 8), 2010 г.

Таблица 2 – Параметры тестируемого абонентского устройства

Параметр		Допустимое значение	Значение, полученное при поверке	Абсолютная погрешность измерения, Δ
Уровень мощности сигнала, дБм	- пиковый	13,0		
	- средний	13,0		
Ошибка частоты по каналу, Гц		90		
Фазовая ошибка, °	- пиковая	7		
	- эталонная	2		
Остаточный коэффициент битовых ошибок, %	- II class	8		
	- Ib class	1		
Коэффициент стирания кадров, %		17,1		

3. Исследование электромагнитной обстановки с использованием специализированных программно-аппаратных комплексов

Цель работы: исследование изменений электромагнитной обстановки с использованием комплекса инспектирования сетей Wi-Fi.

Задание:

1. Установите на ноутбук программу TamoGraph Site Survey или Acrylic Wi-Fi Heatmaps. Это программное обеспечение можно использовать в тестовом режиме ограниченное время. Некоторые встроенные сетевые адаптеры не совместимы с данным программным обеспечением, поэтому в этом случае обратитесь к преподавателю и получите совместимый адаптер.
2. Проведите инспектирование Wi-Fi сети на территории университета. При инспектировании необходимо:
 - Загрузить карты (карты университета можно загрузить с ресурса <https://nav.sut.ru>) и сделать калибровку согласно инструкции программного обеспечения.
 - Разработать маршрут инспектирования.
 - Провести инспектирование согласно маршруту.
3. Провести аналогичные измерения в домашней обстановке.
4. Представить лог-файл и тепловую карту с результатами инспектирования:
 - по уровню сигнала
 - по интерференции

Методические указания.

При проведении инспектирования необходимо учитывать, что точность калибровки крайне важна для точности экспертизы. Обратите внимание, что необходимо выбрать частотный диапазон. Также на время инспектирования будет отключена возможность взаимодействия с другими устройствами по сети Wi-Fi.

При инспектировании старайтесь минимизировать колебания измерительного комплекса. Идеальным вариантом является использование специальных тележек.

Инспектирование проводится один раз. В лог-файлах записывается информация об уровне сигнала, интерференции, типе и местоположении точек доступа. Например, в ПО TamoGraph Site Survey (рис. 1) после инспектирования необходимо выбрать вкладку «Визуализация», в которой выбрать необходимый параметр. Слева в пункте меню можно видеть список точек доступа с необходимыми параметрами (SSID, стандарт, производитель). Также на тепловой карте указаны точки местонахождения точек доступа. Отметим, что локализация местонахождения точек доступа может происходить с существенной погрешностью.

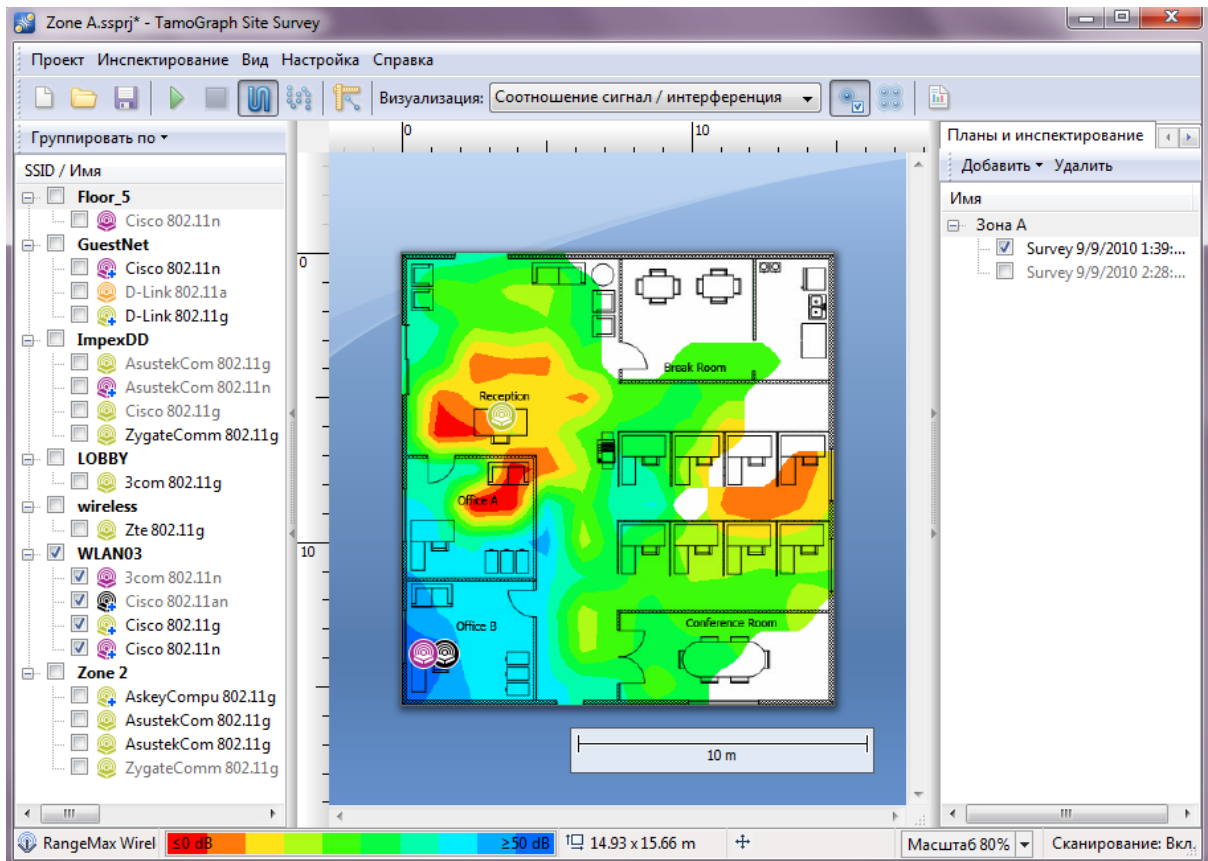


Рисунок 1 – Пример работы TamoGraph Site Survey (источник: www.tamos.ru)

При работе с пробной версией Acrylic Wi-Fi Heatmaps функционал почти полностью сохранен, есть также возможность построения тепловой карты в 3D. При этом поддерживается возможность генерации расширенного отчета (рис.2).

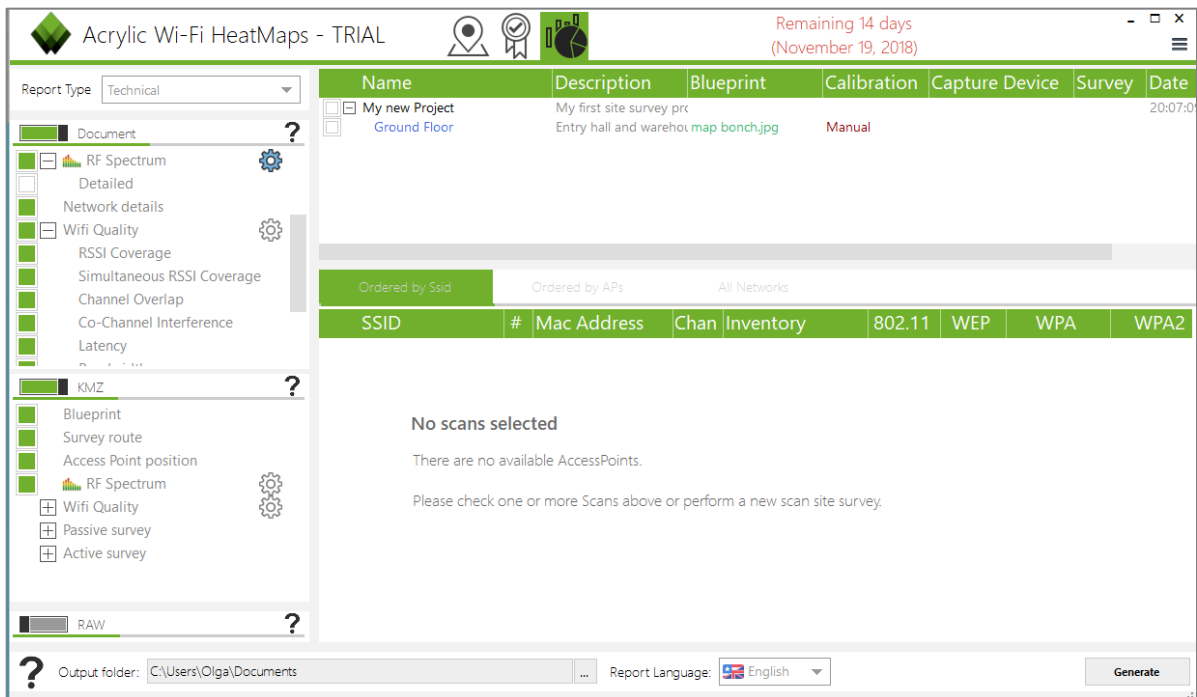


Рисунок 2 – Окно отчетов Acrylic Wi-Fi Heatmaps

К защите: подготовить отчет, в котором представить разработанный маршрут измерений, тепловую карту измерения уровня сигнала и интерференции по всем объектам, обработанные результаты измерений и анализ ситуации, указать на карте источники электромагнитного воздействия.

4. Измерение потерь в антенно-фидерном тракте

Цель работы: оценить потери в антенно-фидерном тракте лабораторной установки и определить расстояние, при котором качество приема ниже нормы.

Задание:

1. Подготовьте установку: подключите антенны, разведите их на расстояние 0,5м, установите частоту генератора 1000 МГц. Внешнее ослабление не устанавливайте (все значения должны быть равны 0.0 dB).
2. Определите потери, вносимые антенно-фидерной трассой.
3. Изменяя дистанцию между принимаемой и передающей антенной, найдите расстояние, при котором прием станет невозможным.

Методические указания

Лабораторная работа выполняется с использованием универсального радиокommunikационного мультипротокольного тестера R&SCMU 200. Для успешного выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с Приложением 2, в котором приведена краткая инструкция по работе с прибором, и выполнить лабораторную работу 5.

Предварительные расчёты. Обратите внимание, что потери распространения в УВЧ (ультравысокочастотном) диапазоне выше, чем в ВЧ. В свободном пространстве потери между реальными антеннами определяются как:

$$L_{CB} = 10 \lg \left(\frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} \frac{1}{G_t G_r} \right),$$

где d - длина пути, м; λ – длина волны, м; G_t и G_r - коэффициенты усиления мощности передающей и принимающей антенны, дБи.

Для вычисления мощности на входе приемника P_t можно воспользоваться формулой:

$$P_t = P_r - L_{CB} - L_{\text{фид}} - L_{\text{доп}},$$

где P_r – мощность передатчика, дБ; $L_{\text{фид}}$ – потери в фидере (данные зависят от используемого в эксперименте фидера), дБ; $L_{\text{доп}}$ - дополнительные потери (по умолчанию 1дБ).

Подготовка установки. Подключите антенны с помощью фидеров (в примере использован РК50-9-23) к выходам RF1 и RF2. Убедитесь, что коннекторы плотно прилегают к прибору и антенне, во избежание появления дополнительных потерь. Разведите антенны на 0,5 м друг от друга.

Настройка прибора. Нажмите клавишу *MenuSelect* и выберите меню *Analyzer/Generator* из группы функций *RF* в правой половине таблицы. Для настройки параметров генератора нажмите функциональную клавишу *Connect.control*, затем используйте клавишу *Generator*. Нажмите клавишу *ON/OFF* чтобы включить ВЧ-генератор. Установите параметры сигнала (рис. 4). Выберите RF1 в качестве выходного разъема, RF2 в качестве входного. Внешнее ослабление не устанавливайте (все значения должны быть равны 0.0 dB).

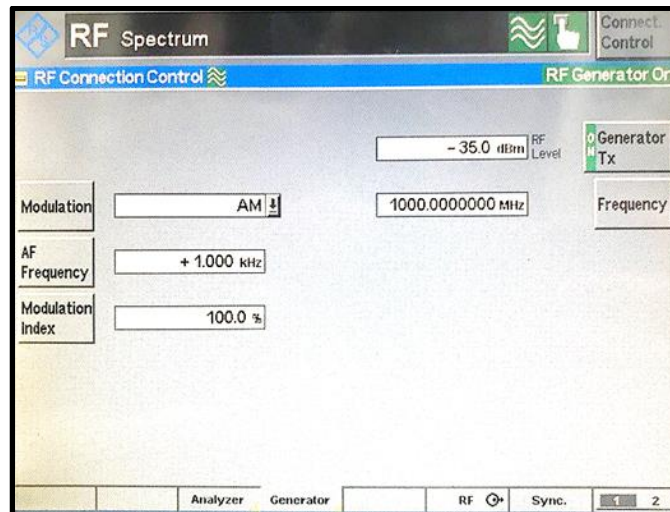


Рисунок 1 – Настройка параметров передаваемого сигнала

Измерение потерь в антенно-фидерном тракте. После настроек передаваемого сигнала перейдите во вкладку *Spectrum*. Для настройки параметров анализатора, используйте клавишу *AnalyzerSettings*. Задайте границы для исследуемого спектра (± 40 МГц от выбранной центральной частоты). Перейдите с помощью клавиши *Marker* в меню используемых меток. Используйте клавиши *R* и *R→Pk* для установки метки на вершину исследуемого спектра.

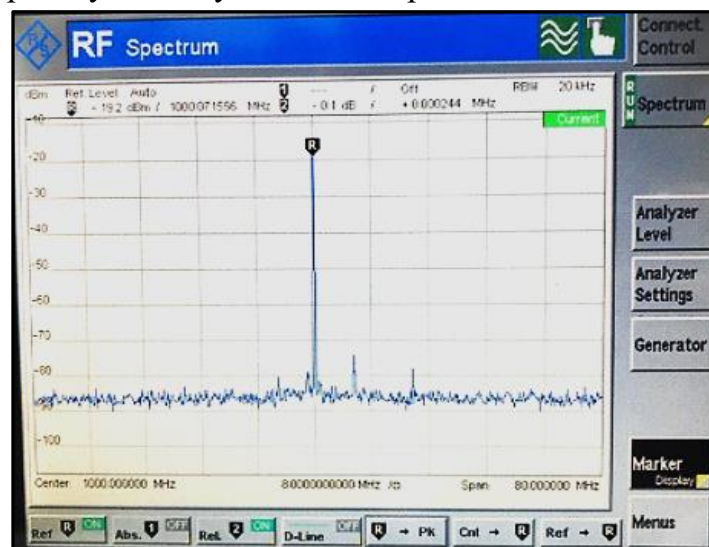


Рисунок 2 – Спектр исследуемого сигнала

На минимальном расстоянии между антеннами определите потери в антенно-фидерном тракте. Затем, изменяя дистанцию между антеннами, определите расстояние, при котором прием будет невозможным.

К защите:

Подготовьте отчет, в котором представьте теоретические и расчетные потери в антенно-фидерном тракте, вычислите погрешность; расстояние, на котором происходит обрыв связи.

5. Измерение напряженности поля оборудования информационных технологий

Цель работы: обнаружение источников электромагнитного воздействия.

Задание:

1. Ознакомиться с методикой проведения измерений с использованием измерителя напряженности уровня электромагнитного поля МЕГЕОН 07100.
2. Измерить уровень напряженности поля информационного оборудования: для измерения выбирается не менее 5 потенциальных источников электромагнитного поля, из которых не менее двух – радиоэлектронные средства. Данные измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений напряженности магнитного и электрического поля потенциальных источников электромагнитного воздействия

№	Устройство	Напряжение поля	
		Магнитное поле	Электрическое поле

3. Произвести сравнение показателей прибора каждого устройства с уровнем тревоги, указанным в технических характеристиках прибора. Указать, какие устройства превышают нормы по электромагнитному воздействию.

Методические указания

Для проведения лабораторной работы используется измеритель напряженности уровня электромагнитного поля МЕГЕОН 07100 (рисунок 1). При выполнении работы измерения производятся в ближней зоне отдельно для магнитной и электрической составляющей. Переключение производится кнопкой «Режим». Для удержания измеренных значений, например, при измерениях в труднодоступных местах, можно использовать кнопку «Удержание». При превышении уровня тревоги происходит срабатывание светового индикатора и подается звуковой сигнал. Уровень тревоги установлен для электрического поля – 40 В/м, для магнитного поля - 0,4 мкТл.

Технические характеристики измерителя напряженности уровня электромагнитного поля МЕГЕОН 07100:

Диапазон измерения: электрического поля – 1-1999 В/м и магнитного поля – 0,01-19,99 мкТл

Диапазон частот: 5 Гц – 3500 МГц

Точность: для электрического поля – ± 1 В/м

для магнитного поля - $\pm 0,01$ мкТл

Единицы измерения: электрического поля – В/м и магнитного поля - мкТл

Время замера: 0,4 сек

Чувствительный элемент: расположен вверху устройства



Рисунок 1 – Внешний вид измерителя напряженности уровня электромагнитного поля МЕГЕОН 07100:

- 1 – ЖК-дисплей
- 2 – Кнопка включения/выключения прибора ВКЛ./ВЫКЛ.
- 3 – Кнопка переключения между режимами элктрического и магнитного излучения ДИАПАЗОН
- 4 – Светодиод предупредительный ВНИМАНИЕ
- 5 – Кнопка фиксации значения УДЕРЖАНИЕ
- 6 - Крышка отсека для батареи
- 7 - Приемник

К защите: в отчете необходимо представить результаты измерения согласно таблице 1 и сделать выводы об источниках электромагнитного воздействия, создающих непреднамеренную помеху.

6. Экспериментальная оценка устойчивости систем связи и их составных частей к ЭМВ

Цель работы: исследование сети Wi-Fi к электромагнитному воздействию в диапазонах 2,4 и 5 ГГц.

Задание:

- Собрать установку для проведения лабораторной работы, состоящую из основной точки доступа с подключенным к ней клиентом и паразитной точки доступа, создающей непреднамеренную помеху.
- Провести исследование качественных показателей связи для сценариев:
 - Сценарий 1: на точку доступа и клиента не воздействует помеха;
 - Сценарий 2: на точку доступа и клиента воздействует помеха, создаваемая паразитной точкой доступа, работающей на том же канале;
 - Сценарий 3: на точку доступа и клиента воздействует помеха, создаваемая паразитной точкой доступа, работающей на соседнем канале;
 - Сценарий 4: на точку доступа и клиента воздействует помеха, создаваемая источником электромагнитного воздействия, не являющимся радиоэлектронным средством (по указанию преподавателя).
- Данное исследование провести для диапазонов 2,4 и 5 ГГц.

Методические указания

В сети Wi-Fi используются частотные диапазоны 2,4 и 5 ГГц, которые по-разному подвержены воздействию непреднамеренных помех.

Для оценки качества связи необходимо использовать следующие показатели:

- Уровень сигнала RSSI – для измерения можно воспользоваться анализатором Acrylic WiFi Home (<https://www.acrylicwifi.com/ru/>) если в качестве клиента используется компьютер, а также при использовании в качестве клиента смартфона соответствующими приложениями. При этом RSSI является важной характеристикой (рис 1), но дает приблизительное представление о качестве канала.

SSID	MAC Address	RSSI	Chan	Max Speed	WEP	WPA	WPA2	WPS	Vendor	Fir
D-Link40	34:08:04:EA:4D:CC	-69	11	54 Mbps			PSK-CCMP		D-Link Corporation	20
TELLUS	E0:91:53:83:ED:FE	-66	165	72.2 Mbps			PSK-CCMP		XAVI Technologies Corp.	20
JM-Home	C0:25:E9:E7:7A:3C	-69	1+5	300 Mbps			PSK-CCMP	1.0	TP-LINK TECHNOLOGIES CO.LTI	20
RT-WiFi_960C	74:B5:7E:2A:96:0C	-77	8	300 Mbps		PSK-CCMP		1.0	zte corporation	20
Welcome to Eden	1C:7E:E5:92:E4:D0	-81	1	300 Mbps		PSK-(TKIP)CCMP	PSK-(TKIP)CCMP		D-Link International	20
TKT_Vlad	74:EA:3A:A9:36:52	-89	11+7	150 Mbps		PSK-CCMP	PSK-CCMP	1.0	TP-LINK TECHNOLOGIES CO.LTI	20
dlink	F0:7D:68:91:61:0E	-89	11+7	150 Mbps		PSK-(TKIP)CCMP	PSK-(TKIP)CCMP	1.0	D-Link Corporation	20
Beeline_2G_F31115	3C:98:72:0E:27:FE	-92	1+5	300 Mbps		PSK-TKIP	PSK-CCMP		Sercomm Corporation.	20
NETGEAR	E4:F4:C6:D3:66:0D	-89	3	150 Mbps			PSK-CCMP	1.0	NETGEAR	20
_little_squirrel	FA:F0:82:C8:24:68	-94	5+1	300 Mbps			PSK-CCMP		NAG LLC	20
Keenetic-5881	E4:18:6B:5A:D8:00	-95	10	300 Mbps			PSK-CCMP	1.0	Zyxel Communications Corporat	20
swetik	F4:6D:04:7D:88:86	-93	11	54 Mbps		PSK-(TKIP)CCMP	PSK-(TKIP)CCMP		ASUSTek COMPUTER INC.	20
Krt	88:D2:74:AC:A6:04	-91	11	144.4 Mbps		PSK-(TKIP)CCMP	PSK-(TKIP)CCMP	1.0	zte corporation	20

Рисунок 1 – Список доступных точек и их RSSI

2. Количество потерянных фреймов в канале. Для измерения этой величины можно воспользоваться или анализатором трафика WireShark, или утилитой netstat -e (рис. 2).

```
C:\Users\Olga>netstat -e
Interface Statistics
```

	Received	Sent
Bytes	1766350550	359032110
Unicast packets	2945004	2320578
Non-unicast packets	40362	47844
Discards	0	0
Errors	0	0
Unknown protocols	0	0

Рисунок 2 – Статистика потерь на интерфейсах по результатам netstat -e

3. Задержка и джиттер задержки. Для измерения этой величины можно воспользоваться анализатором трафика WireShark. Дамп сохраняем в формате pcapng. Используя пункт меню View → Time Display Format → Since Previous Captured Packet, определим интервалы между поступлениями пакетов. Выбрав в меню Edit пункт Set/Unset Time Reference установим временную ссылку для текущего выбранного пакета. Используя табличный редактор обработаем лог-файл WireShark и построим графики зависимости количества пришедших пакетов от времени (рис.3).

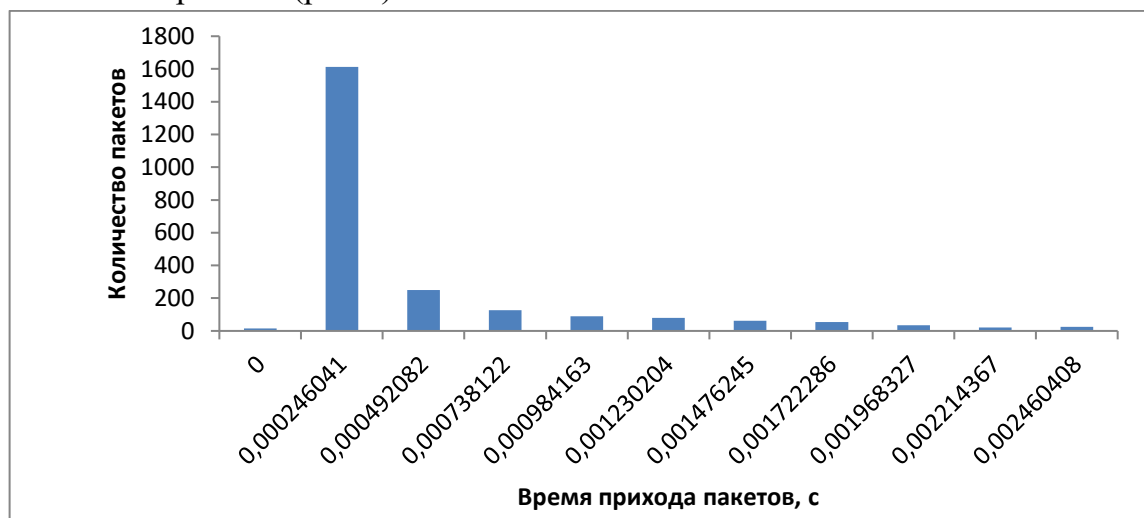


Рисунок 3 – Анализ задержек в сети Wi-Fi без помехового воздействия

К защите: в отчете необходимо представить результаты оценки качественных характеристик согласно таблице 1 для двух диапазонов. Провести анализ.

Таблица 1- Результаты электромагнитного воздействия на сеть Wi-Fi

Сценарий	Показатели качества		
	RSSI, дБм	Количество потерянных фреймов	Задержка, мс

