

ОТЧЕТ по НИР

Сравнительный анализ
по уровню электромагнитных излучений
абонентских радиостанций в сетях подвижной связи
стандартов IMT-MS-450 и GSM 900/1800
в режиме передачи речевой информации
(шифр «Анализ»)

7710009-0-НИР

Том 1

Генеральный директор

А.В.Кайдак

Главный инженер проекта

Д.В.Костылевский

Санкт-Петербург

2010 год

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ О НИР

«Сравнительный анализ по уровню электромагнитных излучений абонентских радиостанций в сетях подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 в режиме передачи речевой информации» (шифр «Анализ»)

Профессор, доктор технических наук
должность, научный руководитель составной части НИР

.....Б.В.Сосунов
подпись, инициалы, фамилия

« » февраля 2010 г.

Профессор, доктор технических наук
должность, ответственный исполнитель составной части НИР

.....В.Ю. Бабков
подпись, инициалы, фамилия

« » февраля 2010 г.

Доцент, кандидат технических наук
должность, ответственный исполнитель составной части НИР

.....В.А. Мешалкин
« » февраля 2010 г.

кандидат технических наук
должность, ответственный исполнитель составной части НИР

.....А.М. Галкин
« » февраля 2010 г.

Реферат

Отчет 94 с., 1 кн., 11 рис., 42 табл.

СТАНДАРТ GSM 900/1800 (2G), СТАНДАРТ IMT-МС-450 (3G),
МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ,
РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН, АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ
УСТРОЙСТВА, ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Объектом исследования являются сети подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 в режиме передачи речевой информации.

Целью НИР является сравнительный анализ уровней электромагнитного излучения абонентских терминалов стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 в зависимости от расстояния, от различных условий городской застройки и т.д. Основные требования к выполнению и содержанию НИР состоят в том, чтобы на основе всестороннего анализа условий функционирования сотовых сетей радиосвязи 2 и 3 поколений:

- рассчитать параметры электромагнитных излучений абонентских терминалов в сетях подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 при передаче голосовой информации для разных расстояний абонентского терминала от базовой станции;
- провести сравнительный анализ параметров электромагнитного излучения в сетях подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 при передаче голосовой информации для разных расстояний абонентского терминала от базовой станции, и подготовка заключения по результатам исследования;
- на основании проведенных исследований сделать выводы о величинах излучения абонентских терминалов в сетях подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800.

Методы исследований – математическое моделирование, теория электромагнитного поля, распространения радиоволн и антенно-фидерных устройств.

Содержание

| | Стр. |
|--|-----------|
| Реферат | 3 |
| Введение | 6 |
| 1. Расчет параметров электромагнитного излучения в сетях подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 при передаче голосовой информации, для разных расстояний абонентского терминала от базовой станции. | 10 |
| 1.1 Нормативные и нормативно-правовые акты РФ на излучающие объекты. | 10 |
| 1.2 Тенденции развития сотовых сетей радиосвязи. | 19 |
| 1.3 Выбор метода электродинамического анализа системы в ближней зоне. | 35 |
| 1.4 Метод конечных разностей во временной области. | 41 |
| 1.4.1 Разностная аппроксимация дифференциальных операторов | 42 |
| 1.4.2 Решение системы разностных уравнений на основе метода КРВО. | 46 |
| 1.4.3 Анализ корректности математической задачи, оценка сходимости и устойчивости разностных схем. | 51 |
| 1.5 Методика расчета усредненного значения плотности потока энергии (ППЭ). | 57 |
| 1.6 Методика расчета энергетического баланса на радиолиниях сотовой связи. | 64 |
| Выводы | 67 |
| 2. Сравнительный анализ параметров электромагнитного излучения в сетях подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800, для разных расстояний абонентского терминала от базовой станции и подготовка заключения по результатам исследования. | 68 |
| 2.1 Постановка задачи дифракции электромагнитного поля | 68 |

| | |
|---|----|
| 2.2 Программная реализация алгоритма расчета | 70 |
| 2.3 Результаты расчета | 72 |
| 2.3.1 Электромагнитное поле вблизи абонентского терминала | 72 |
| 2.3.2 Базовая станция – абонентский терминал | 85 |
| Выводы | 98 |

Введение

Работа проводится по заказу ОАО «МСС» в соответствии с техническим заданием на НИР «Сравнительный анализ по уровню электромагнитных излучений абонентских радиостанций в сетях подвижной связи стандартов IMT-MS-450 и GSM 900/1800 в режиме передачи речевой информации».

Используя системный подход к объекту исследования, в работе показано, что доминирующее положение в современных телекоммуникациях занимает сотовая связь. Со времени ее появления остаются неизменными концепция и три принципа построения систем сотовой связи:

- повторное использование частот (кодов) в сотах;
- непрерывность связи при перемещении мобильного абонента из соты в соту (handover);
- определение местоположения мобильного абонента системой сотовой связи.

Ни один из этих принципов до настоящего времени не был изменен. Все поколения сотовой связи от первого (1G) до третьего (3G) и даже следующие поколения (3G Beyond) базируются на этих трех принципах. Технологически все используемые в системах сотовой связи средства связи являются источниками электромагнитных полей.

В подавляющем большинстве случаев не только пользователи радиотелефонов, но и сами операторы сотовых сетей не имеют представления о свойствах и степени безопасности эксплуатируемых радиосредств, хотя данный вопрос волнует как тех, так и других.

Исследования в этом направлении вызывают большой интерес у общественности, что находит свое отражение в средствах массовой информации. Особую озабоченность вызывают последствия воздействия на пользователя ЭМИ абонентского терминала. Действительно, при работе

мобильного телефона электромагнитное излучение воспринимается не только приемником базовой станции, но и пользователем.

Таким образом, основной целью НИР является сравнительный анализ уровней электромагнитного излучения абонентских терминалов стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 в зависимости от расстояния и т.д. Ее достижение позволит количественно обосновать наиболее безопасный к применению стандарт (IMT-МС-450 и GSM 900/1800).

Краткое описание работы

Основной задачей НИР является анализ и сравнение плотности потока энергии от абонентских терминалов стандартов GSM 900/1800 и IMT-МС-450.

В первой части работы: делается обзор основных нормативных документов по электромагнитной безопасности, действующих на территории Российской Федерации. Далее приводится информация о тенденциях развития сотовых сетей связи. Так как самыми распространенными стандартами сотовой связи являются GSM и CDMA, то объектами исследования выбираются эти стандарты. В качестве характеристики сравнения в НИР берется плотность потока энергии (ППЭ) вблизи (2-4 см) абонентского терминала (энергия, переносимая за единицу времени через определенную площадь). Данная величина наиболее адекватно характеризует электромагнитное поле, создаваемое абонентским терминалом. Причем электромагнитные волны, создаваемые абонентскими терминалами, имеют различную природу. Так, например GSM-сигнал – это узкополосный направленный сигнал а CDMA – шумоподобный широкополосный сигнал, и даже если оба сигнала имеют одинаковую мощность, плотность потока энергии будет различна. ***Одной из основных задач работы является количественное сравнение плотностей потока энергии вблизи абонентских терминалов в различных условиях.*** Расчет ППЭ в ближней зоне – задача нетривиальная. В работе предлагается несколько методов

анализа электродинамической системы в ближней зоне, приводится обоснование выбора одного из них – метода конечной разности во временной области (КРВО). В работе подробно описывается данный метод, проводится анализ его корректности и оценка сходимости и устойчивости. На основе метода КРВО разрабатываются две методики:

- Методика расчета усредненного значения плотности потока энергии;
- Методика расчета энергетического баланса на радиолиниях сотовой связи.

Во второй части сначала проводится анализ электродинамической системы "пользователь – абонентский терминал", включающий в себя:

- построение модели, достаточно точно аппроксимирующей реальную физическую структуру (так как пользователь имеет не плоскую структуру, берется несколько точек вблизи абонентского терминала);
- расчет данной системы на основе метода КРВО;
- оценка достоверности численных результатов.

Далее приводятся многочисленные результаты расчета в графическом виде с выводами, основными из которых является то, что: ***уровень электромагнитного поля (напряженность и ППЭ) существенно зависит от:***

- ***номиналов частот (уровень ЭМП при частоте 450 МГц ниже, чем при 900 МГц и 1800 МГц)***
- ***геометрических размеров объекта***
- ***мощности абонентского терминала.***

Так как существует зависимость уровня ЭМП от мощности абонентского терминала то дальнейшее исследование посвящено мощностям абонентских терминалов. Необходимо отметить, что диапазон абонентского

терминала GSM 900 ограничивается 2 Вт, а IMT-МС-450 – 200 мВт. В связи с тем, что в идеальных условиях прямой видимости без помех мощность абонентского терминала зависит от его расстояния от базовой станции, то в конце второй главы приводятся не только зависимости плотности потока энергии вблизи абонентского терминала от мощности абонентского терминала, но и от расстояния. Но необходимо отметить, что в реальных условиях городской застройки, при частом отсутствии прямой видимости, мощность абонентского терминала не всегда зависит от расстояния до базовой станции. Зависимости показывают, что *плотность потока энергии вблизи абонентского терминала IMT-МС-450 в разы меньше, чем GSM-900.*

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

В результате проведенной научно-исследовательской работы, посвященной сравнительному анализу по уровню электромагнитных излучений абонентских радиостанций в сетях подвижной связи стандартов IMT-МС-450 и GSM 900/1800 в режиме передачи речевой информации, был сделан ряд выводов, показывающих, что различные параметры излучения абонентских терминалов стандарта IMT-МС-450 количественно меньше, чем стандарта GSM-900/1800. В частности:

1. Напряженность поля (физическая величина, характеризующая электрическое поле в данной точке), создаваемая абонентским терминалом, зависит от частоты (IMT-МС-450 и GSM 900/1800), на которой он работает. В НИР показано, что резонанс наблюдается $f_{рез.} = 1200$ МГц. В этих условиях наименьшая напряженность поля у того стандарта, рабочая частота ($f_{раб.}$) которого существенно удалена от $f_{рез.}$ (IMT-МС-450).

2. С точки зрения нормативов, для частот 450, 900, 1800 и 2100 МГц, при типовых геометрических размерах абонентского терминала, наиболее предпочтительный номинал мощности абонентского терминала составляет не более 0,85 Вт. Однако, при этом следует помнить, что это является средней оценкой значения мощности, т.е. с вероятностью 0,5. Для повышения вероятности до 0,95 необходимо снизить уровень до 0,7 Вт. Причем, необходимо отметить, что максимальная мощность терминала GSM 900/1800 составляет 2 Вт, а терминала ИМТ-МС-450 составляет 0,2 Вт.

3. В НИР были получены результаты расчета мощности абонентского терминала и плотности потока энергии (ППЭ), создаваемого им, в зависимости от его расстояния от базовой станции (от десятков метров до нескольких километров, в НИР). На всем протяжении, как мощность, так и плотность потока энергии существенно ниже у абонентских терминалов ИМТ-МС-450, чем у терминалов GSM 900/1800. Мощность абонентских терминалов ИМТ-МС-4 от 2 до 15 раз ниже, чем у терминалов GSM 900/1800 в зависимости от расстояния, а ППЭ от 6 до 300 раз. Необходимо отметить, что именно ППЭ является величиной, показывающей количество поглощаемой энергии в точке поля вблизи абонентского терминала.