

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

УДК 621.396.969:621.396.2

Петрушко
Павел Иванович

Определение параметров и характеристик электромагнитной совместимости
оборудования систем сотовой связи GSM 900/1800 и UMTS

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии»

Научный руководитель

Давыденко Игорь Николаевич
кандидат технических наук,
доцент кафедры ИРТ УО БГУИР

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

Широкое внедрение радиоэлектронных средств в различные сферы человеческой деятельности приводит к возрастанию уровня электромагнитных полей, создаваемых ими в окружающем пространстве. Эти поля являются помехами для других подобных устройств, ухудшая условия их функционирования и снижая эффективность применения. Для обеспечения совместного функционирования различных радиоэлектронных средств при дальнейшем развитии техники требуется преодоление этой тенденции. Направление радиоэлектроники, обеспечивающее одновременную и совместную работу различного радиотехнического, электронного и электротехнического оборудования получило название электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС).

Обеспечение ЭМС является сложной комплексной задачей, требующей учёта на возможно более ранней стадии создания РЭС. Это связано с тем, что взаимные непреднамеренные помехи могут определяться количеством и геометрией расположения излучающих и распределительных систем, спектральным составом передающих РЭС и уровнем восприимчивости приёмных устройств, степенью экранирования аппаратуры и её размещением, трассировкой сигнальных, управляющих и силовых линий, временным регламентом работы отдельных частей РЭС.

Особое значение приобретает соблюдение условий ЭМС на межсистемном уровне, когда базовые станции (БС) систем мобильной связи воздействует на работу других РЭС связи в совместных частотных диапазонах. При этом необходимо учитывать помехи не только по основным, но и по побочным каналам приема. Ввиду того, что электромагнитная обстановка в группировках систем мобильной связи непрерывно изменяется, возникает необходимость в рассмотрении вопросов интермодуляционного влияния данных систем на системы связи, работающие в совместных либо близких диапазонах частот.

В процессе решения проблемы ЭМС выделяют три основные стадии.

Первая стадия – это решения, предпринимаемые на этапе проектирования РЭС. Вторая стадия – проведение испытаний по критериям ЭМС и измерения параметров отдельных узлов РЭС и готового изделия.

Третья стадия – эксплуатация, где в результате тех или иных причин РЭС функционируют в условиях, отличающихся от расчётных.

В настоящее время широкое применение находит математическая модель приемника на основе характеристик, которые могут быть получены измерениями без анализа его внутренней структуры. Некоторые из этих характеристик должны определяться в широкой полосе частот, что является

характерной особенностью задач по оценке ЭМС. Характеристики приемника, представленные в виде всех полученных результатов измерений, после статистической обработки формируют в виде математических моделей, совокупность которых и является моделью приемника, характеризуя его линейные и нелинейные свойства. Такая форма представления приемника позволяет строить гибкие алгоритмы оценки ЭМС, включая в них каждый раз те элементы, которые отражают эффекты, представляющие интерес на данном этапе исследования.

Стремительный рост количества абонентов сотовой связи требует от операторов дальнейшего развития состава услуг, предоставления их с качеством, которое было бы по крайней мере не хуже, чем в современных цифровых сетях фиксированной связи. Эти требования в разной степени могут быть реализованы в сетях связи 2,5G и 3G. Следует учитывать, что теперь главными приоритетами становятся уже не те или иные технологии связи, а сами услуги, динамика их развития и условия предоставления пользователям. С другой стороны, при переходе в GSM от режима коммутации каналов к режиму коммутации пакетов (GPRS) повышаются требования к качеству канала связи: для GPRS необходимо обеспечить более высокое отношение сигнал/помеха, значение которого зависит от применяемой схемы кодирования. Так, при используемой в настоящее время в GPRS схеме кодирования отношение сигнал/помеха должно быть на 2...3 дБ выше, чем при передаче речевых сообщений в режиме с коммутацией каналов (9 дБ). Отсюда следует, что применение режима GPRS без перепланирования радиосети может привести к уменьшению радиуса связи, т. е. к сокращению размеров соты — и тогда для обеспечения непрерывной зоны покрытия потребуются установить дополнительные БС. Например, при уменьшении радиуса соты в режиме GPRS на 10% непрерывность связи может быть обеспечена благодаря увеличению количества базовых станций на 23%. При уменьшении радиуса соты на 20% нужно дополнительно образовать около 56% новых сот. Кроме того, использование дополнительных БС влечет за собой необходимость устанавливать новые контроллеры БС и транскодирователи, расширять инфраструктуру систем передачи, включая радиорелейные линии и волоконно-оптические линии связи.

В виду разнообразия задач анализа ЭМС широким является и арсенал используемых средств, включающий:

- 1) аналитические методы исследования, позволяющие получить искомые результаты расчетным путем на основе использования математических моделей изучаемых явлений;

- 2) методы имитационного моделирования, позволяющие получить искомые результаты путем математического моделирования изучаемых явлений с помощью ЭВМ;
- 3) экспериментальные методы, позволяющие получить искомые результаты путем измерений физических величин.

При прогнозировании ЭМС РЭС на этапе их разработки используются аналитические методы, в том числе реализованные на ЭВМ. Задачи определения реакции РЭС на воздействие сигналов и помех на последующих этапах могут успешно решаться методами имитационного моделирования и экспериментальными методами. Экспериментальные методы являются более целесообразными.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель данной работы: изучение закономерностей и процессов, происходящих в радиоэлектронных средствах и системах, обусловленных электромагнитным взаимодействием ее элементов при наличии помех, а также методов и способов обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры и ее составных частей.

Задачи исследования:

- Рассмотреть факторы, определяющие ЭМС РЭС.
- Анализ исходных данных и оценка ЭМС исследуемых РЭС.
- Экспериментальное исследование обеспечения ЭМС.

Актуальность темы магистерской диссертации связана с необходимостью исследования особенностей электромагнитной совместимости систем сотовой связи, изучение закономерностей и процессов, происходящих в радиоэлектронных средствах (РЭС) и системах, обусловленных электромагнитным взаимодействием ее элементов при наличии помех, а также методов и способов обеспечения электромагнитной совместимости аппаратуры и ее составных частей.

Актуальность работы:

- Исследование выполнения ЭМС при воздействии внутрисистемных и межсистемных помех.
- Определения возможностей совместной работы радиоэлектронных средств системы сотовой связи LTE и средства цифрового наземного телевизионного вещания.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Основными факторами, определяющими ЭМС РЭС, являются следующие факторы: рабочая частота; эквивалентная изотропная излучаемая мощность радиопередатчиков БС; диаграмма направленности антенны и ее ориентация в пространстве; затухание в антенно-фидерном тракте радиоприемного устройства; количество активных пользователей; взаимное удаление РЭС и т. д.

Из целого ряда критериев, применимых при анализе ЭМС РЭС, для исследования наиболее подходящими являются энергетические. Использование этих критериев предполагает расчет мощности помехи и сигнала и сравнение их отношения с защитными отношениями, рассчитанными для данного сочетания взаимодействующих сигналов. Такой подход позволяет определить необходимое пространственное разнесение между взаимодействующими РЭС. Вывод о том, что условия ЭМС выполняются, делается в случае, если отношение мощностей сигнал/помеха на входе демодулятора приемника мобильной или базовой станции превышает некоторый уровень, например, 9 дБ для стандарта GSM.

Основными целями проведения работ являлись:

1. Определение возможного мешающего воздействия излучений базовой станции технологии LTE, работающей в полосе радиочастот 811-816 МГц (DL FDD) на прием сигналов наземных цифровых телевизионных станций, работающих в соседних полосах радиочастот 684-694 МГц (48 ТВК, DVB-T) и 758-766 МГц (57 ТВК, DVB-T2).
2. Проверка выполнения условий обеспечения электромагнитной совместимости сигналов DVB-T2 при наличии мешающего воздействия со стороны базовых станций технологии LTE.
3. Определение геометрических размеров территории, в пределах которой невозможно обеспечить электромагнитную совместимость приемных устройств DVB-T/T2 при наличии мешающего воздействия от сигналов базовых станций технологии LTE (Превышение порога перегрузки приемных устройств).
4. Определение возможного мешающего воздействия излучений базовой станции технологии LTE на действующие радиоэлектронные средства сухопутной подвижной электросвязи.

В начале диссертации были рассмотрены основные положения теории электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем, включая сотовые системы связи, причины возникновения проблемы ЭМС.

Представлено математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики, что связано с формированием основного уравнения ЭМС для РЭС. Описаны модели распространения сигналов, используемые при анализе ЭМС и проектировании сетей подвижной связи, а также модели затухания сигналов на трассах распространения радиоволн.

Далее описаны особенности формирования сетей сотовой связи стандартов GSM 900, GSM 1800 и UMTS, раскрыты особенности функционирования и построения отдельных их подсистем, узлов и устройств. Рассмотрены побочные излучения на антенном выходе передатчика, параметры и характеристики приемника базовой станции, контрольная чувствительность этого приемника. Проанализирована помехоустойчивость работы приемного оборудования при воздействии соканальных помех и помех от соседних каналов.

Затем был выполнен расчет межсистемной ЭМС сотовых систем связи. Представлен анализ ЭМС между двумя базовыми станциями различных систем связи с целью изучения возможностей их взаимной корректной и без помеховой работы. Выработаны рекомендации для коррекции работы оборудования различных систем и стандартов.

А также выполнена оценка мешающего воздействия передающих средств сотовой связи четвертого поколения LTE на приемные средства цифрового наземного телевизионного вещания стандартов DVB-T/T2. Представлена структурная схема, алгоритм и результаты проведения измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В случае обеспечения ЭМС указанных РЭС наибольшее влияние оказывают такие факторы (в соответствии с условным путем прохождения сигнала НРП), как:

1. Рабочая частота, маска спектра сигнала;
2. Эквивалентная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) РПДУ сектора БС в направлении рецептора НРП;
3. Ослабление сигнала при распространении, соответствующее среднестатистическим условиям;
4. Дополнительное ослабление сигнала при распространении, обусловленное особенностями застройки, лесного массива и др.;
5. Поляризационные потери, отражающие несогласованность антенн источника и рецептора НРП по поляризации;
6. Коэффициент усиления антенны рецептора;
7. Диаграмма направленности антенны (ДНА) рецептора и ее ориентация в пространстве;
8. Затухание в антенно-фидерном тракте радиоприемного устройства (РПУ) рецептора;
9. Динамический диапазон РПУ рецептора «сверху» (блокирование, интермодуляция);
10. Селективные свойства РПУ рецептора;

В работе были представлены модели, используемые при анализе ЭМС и проектирование сетей подвижной связи. На основании представленных моделей производился расчет соблюдения условий ЭМС на межсистемном уровне, когда базовые станции (БС) систем мобильной связи воздействует на работу других РЭС связи в совместных частотных диапазонах. В проведенных исследованиях были определены наиболее эффективные пути улучшения ЭМС РЭС сети стандарта UMTS с РЭС РЛС и сети стандарта LTE с РЭС НЦТВ. К ним относятся снижение ЭИИМ в направлении рецептора НРП, использование поляризационной развязки РЭС, а также экспериментальное измерение и учет дополнительных потерь на трассе распространения сигналов НРП.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А.] Петрушко П. И. Оценка параметров электромагнитной совместимости сетей сотовой связи GSM 900/1800 и UMTS. 53-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2017 г. (Минск, 2-6 мая 2017 года).