

Идентификация сигналов сетей мобильной связи UMTS и LTE при исследовании ЭМС с сетями GSM

В. П. Высочин, начальник отдела ФГБУ ЦНИИ ВВС Минобороны России, с. н. с, к. т. н.; cnii-ws@mil.ru
М. И. Недобежкин, старший научный сотрудник ФГБУ ЦНИИ ВВС Минобороны России; cnii-ws@mil.ru
В. В. Антохин, старший научный сотрудник ФГБУ ЦНИИ ВВС Минобороны России; cnii-ws@mil.ru

УДК 621.391.82

Аннотация. Введение в России принципа технологической нейтральности для ряда частотных диапазонов, используемых сетями мобильной связи GSM, UMTS и LTE, значительно расширило технологические возможности операторов в плане обеспечения частотного шеринга спектра. Вместе с тем это ставит специалистов перед необходимостью решения задач электромагнитной совместимости, требует проведения экспериментальных исследований, а также разработок по идентификации сигналов при одновременной работе сетей мобильной связи GSM-900, UMTS-900, LTE-900 в одном диапазоне частот. Предлагается подход, улучшающий процесс идентификации широкополосных сигналов от сетей LTE и UMTS на фоне непреднамеренных радиопомех сетей GSM.

Ключевые слова: непреднамеренные радиопомехи (НРП), сети мобильной связи, GSM, UMTS, LTE, электромагнитная совместимость (ЭМС), идентификация, электромагнитная обстановка (ЭМО).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в совпадающих полосах частот в одних и тех же регионах РФ могут использоваться сети мобильной связи различных стандартов, например GSM, UMTS, LTE. Их использование, как правило, требует решения задач электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС). Практика эксплуатации сетей мобильной связи, в том числе в диапазоне 900 МГц, подтвердила наличие случаев непреднамеренного влияния радиопомех между РЭС различных радиослужб. Для обеспечения ЭМС РЭС сетей мобильной связи предстоит провести исследования по обнаружению и идентификации источников непреднамеренных радиопомех (задачи радиоконтроля). Это потребует применения радиоизмерительного оборудования, такого как радиочастотный сканер, для выявления излучений и анализа параметров сигналов сетей мобильной связи стандартов GSM-900, UMTS-900, LTE-900 и др.

При выполнении практических задач по поиску источников непреднамеренных радиопомех (НРП) посредством радиочастотного сканера была отмечена неудовлетворительная работа данного прибора по идентификации широкополосных сигналов, например UMTS и LTE, на фоне узкополосных сигналов от сетей сотовой подвижной связи стандарта GSM. Такая ситуация возникает при одновременной работе сетей мобильной связи GSM-900, UMTS-900, LTE-900 в одном диапазоне частот вследствие реализации принципа технологической нейтральности при выдаче частотных разрешений для применения этих РЭС. Таким образом, встает вопрос о необходимости исследования достоверности результатов измерений и определения условий применения радиосканеров для измерений при идентификации источников НРП.

Для решения поставленной задачи был проведен эксперимент на реальных сетях мобильной связи на базе оборудования GSM-900, UMTS-900, LTE-900. В качестве измерительного прибора использовался один из современных радиочастотных сканеров – TSMW.

В ходе исследований применялись две версии специального программного обеспечения (СПО) – ROMES 18.2 и ROMES 4.69 (более ранняя версия) радиосканера TSMW. Они отличаются друг от друга особенностями обработки измеряемого сигнала

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперимент заключался в проведении следующих измерений.

1. По радиоэффиру с помощью радиосканера осуществлялись прием и идентификация сигналов передатчиков сетей LTE и UMTS.
2. К полезному сигналу искусственно подмешивался помеховый сигнал стандарта GSM с различной частотной расстройкой относительно центральной частоты сигналов сетей LTE и UMTS.
3. С помощью анализатора спектра (АС) ETL измерялся уровень полезного сигнала от сетей UMTS (LTE), а на выходе генератора помеховых сигналов фиксировались два уровня, при которых начиналось частичное пропадание идентификации полезного сигнала сетей LTE и UMTS и происходило полное пропадание информации о полезном сигнале.

Блок-схема лабораторной установки для проведения экспериментальных исследований приведена на рис. 1.

В качестве показателя эффективности функционирования радиосканера при идентификации широкополосных сигналов от сетей LTE и UMTS на фоне непреднамеренных радиопомех сетей GSM было выбрано

Рисунок 1
Лабораторная установка для исследования ЭМС

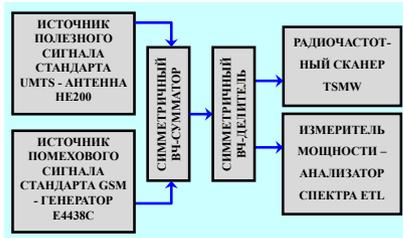


Рисунок 2
Зависимости защитных отношений $K_{3Н}$ и $K_{3П}$ от частотной расстройки при приеме сигналов UMTS на фоне узкополосных НРП GSM:
а – сканер TSMW, версия СПО ROMES 4.69;
б – сканер TSMW, версия СПО ROMES 18.2

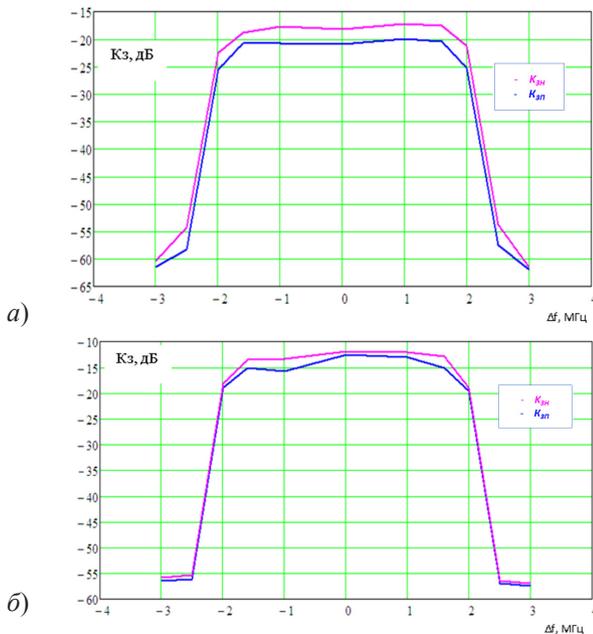


Таблица 1
Значения защитных отношений $K_{3Н}$ и $K_{3П}$ от частотной расстройки для радиочастотного сканера TSMW (версия СПО ROMES 4.69) при приеме сигналов сетей стандарта UMTS на фоне узкополосных НРП GSM

$\Delta f = f_{П} - f_{С}$, МГц	$P_{С}^*$, дБм (ETL)	$P_{П}^*$, дБм (Случай 1)	$P_{П}^*$, дБм (Случай 2)	$K_{3Н}$, дБ	$K_{3П}$, дБ
-3	-55	5,3	6,5	-60,3	-61,5
-2,5	-55	-0,7	3,2	-54,3	-58,2
-2	-55	-32,5	-29,4	-22,5	-25,6
-1,6	-55	-36,2	-34,2	-18,8	-20,8
-1	-55	-37,3	-34,2	-17,7	-20,8
0	-55	-36,8	-34	-18,2	-21
1	-55	-37,8	-35,1	-17,2	-19,9
1,6	-55	-37,5	-34,5	-17,5	-20,5
2	-55	-33,8	-29,8	-21,2	-25,2
2,5	-55	-1,2	2,5	-53,8	-57,5
3	-55	6,5	7	-61,5	-62

*Измерения произведены AC ETL при RBW=10 МГц; VBW=10 МГц; SWT=1 с; TRC-MX; det-RMS).

отношение уровня полезного сигнала к уровню НРП K_3 , называемое защитным отношением [1, 2]. Результаты экспериментальных исследований процесса идентификации широкополосных сигналов от сетей LTE и UMTS на фоне НРП сетей GSM приведены в таблицах и на рисунках.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении экспериментальных исследований выполнялись два вида измерений:

Случай 1: фиксировалось начало влияния узкополосной НРП на идентифицируемый полезный сигнал от широкополосных сетей мобильной связи LTE и UMTS (кривые $K_{3Н}$).

Случай 2: фиксировалось полное пропадание идентификационной информации для случая приема сигналов широкополосных сетей мобильной связи LTE и UMTS при помеховом воздействии узкополосной НРП (кривые $K_{3П}$).

В табл. 1 и на рис. 2 представлены значения защитных отношений K_3 для случая 1, когда фиксировалось начало влияния НРП $K_{3Н}$ на идентифицируемый полезный сигнал от сетей UMTS-900, и для случая 2 – полного пропадания идентификационной информации $K_{3П}$ при приеме сигналов UMTS-900 с использованием версии СПО ROMES 4.69 радиосканера.

В табл. 1 и далее использованы следующие обозначения: $\Delta f = f_{П} - f_{С}$ – частотная расстройка между центральными (несущими) частотами помехового и идентифицируемого полезного сигналов; $P_{С}$ – средняя мощность широкополосного полезного сигнала, измеренная анализатором спектра ETL и соответствующая мощности на входе радиосканера; $P_{П}$ – мощность помехового узкополосного сигнала для Случая 1 (начало влияния НРП) и Случая 2 (полное влияние НРП); RBW – полоса

Таблица 2

Значения защитных отношений $K_{\text{зн}}$ и $K_{\text{зп}}$ от частотной расстройки для радиочастотного сканера TSMW (версия СПО ROMES 18.2) при приеме сигналов сетей стандарта UMTS на фоне узкополосных НРП GSM

$\Delta f = f_{\text{п}} - f_{\text{с}}, \text{МГц}$	$P_{\text{с}}^*$, дБм, анализатор спектра ETL	$P_{\text{п}}^*$, дБм, на выходе генератора, начало влияния	$P_{\text{п}}^*$, дБм, на выходе генератора, полное пропадание	K_3 , дБ, начало влияния	K_3 , дБ, полное пропадание
-3	-50	5,9	6,5	-55,9	-56,5
-2,5	-50	5,3	6,1	-55,3	-56,1
-2	-50	-31,9	-31	-18,1	-19
-1,6	-50	-36,4	-34,8	-13,6	-15,2
-1	-50	-36,7	-34,2	-13,3	-15,8
0	-50	-38,1	-37,5	-11,9	-12,5
1	-50	-37,9	-37	-12,1	-13
1,6	-50	-37,1	-34,9	-12,9	-15,1
2	-50	-31,1	-30,4	-18,9	-19,6
2,5	-50	6,4	6,9	-56,4	-56,9
3	-50	7	7,4	-57	-57,4

*Измерения произведены АС ETL при RBW=10 МГц; VBW=10 МГц; SWT=1 с; TRC-MX; det-RMS).

Таблица 3

Значения защитных отношений $K_{\text{зн}}$ и $K_{\text{зп}}$ от частотной расстройки для радиочастотного сканера TSMW (версия СПО ROMES 4.69) при приеме сигналов стандарта LTE на фоне узкополосных НРП GSM

$\Delta f = f_{\text{п}} - f_{\text{с}}, \text{МГц}$	$P_{\text{с}}^*$, дБм, анализатор спектра ETL	$P_{\text{п}}^*$, дБм, на выходе генератора, начало влияния	$P_{\text{п}}^*$, дБм, на выходе генератора, полное пропадание	K_3 , дБ, начало влияния	K_3 , дБ, полное пропадание
-5	-57	12,5	13,5	-69,5	-70,5
-4	-57	10	11	-67	-68
-3	-57	7,5	8	-64,5	-65
-2	-57	4,9	5,5	-61,9	-62,5
-1	-57	0,8	1,4	-57,8	-58,4
-0,8	-57	-0,4	0,2	-56,6	-57,2
-0,7	-57	-10,4	-9,5	-46,6	-47,5
-0,6	-57	-34,7	-34,1	-22,3	-22,9
-0,5	-57	-45,2	-44,9	-11,8	-12,1
0	-57	-48	-46,2	-9	-10,8
0,5	-57	-45,5	-45	-11,5	-12
0,6	-57	-35	-34,5	-22	-22,5
0,7	-57	-10	-9,3	-47	-47,7
0,8	-57	-0,8	-0,1	-56,2	-56,9
1	-57	1	1,4	-58	-58,4
2	-57	5,3	5,7	-62,3	-62,7
3	-57	7,9	8,2	-64,9	-65,2
4	-57	9,2	9,6	-66,2	-66,6
5	-57	12	12,9	-69	-69,9

*Измерения произведены АС ETL при RBW=10 МГц; VBW=10 МГц; SWT=1 с; TRC-MX; det-RMS).

разрешения приемника анализатора спектра; VBW – полоса видеоусилителя анализатора спектра; SWT – время наблюдения измеряемого сигнала; TRC-MX – трасса режима измерения при сохранении максимальных (пи-

ковых) значений; det-RMS – используемый детектор среднеквадратических значений.

В табл. 2 и на рис. 2, б приведена аналогичная информация по зависимостям $K_{\text{зн}}$ и $K_{\text{зп}}$ от частотной расстрой-

ки при приеме сигналов UMTS на фоне узкополосных НРП для версии СПО сканера ROMES 18.2.

В табл. 3 и на рис. 3, а представлены значения КЗН и КЗП при приеме сигналов LTE с шириной частотного канала $\Delta f_c = 10$ МГц для версии СПО сканера ROMES 4.69, в табл. 4 и на рис. 3, б – для версии СПО сканера ROMES 18.2.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ экспериментальных исследований по оценке влияния узкополосной помехи от РЭС сотовой связи стандарта GSM на идентификацию сигналов стандарта LTE показал:

- незначительные изменения значений защитных отношений $K_{зп}$ и $K_{зн}$ при частотных разносах в пределах от -0,5 МГц до +0,5 МГц независимо от применяемой версии СПО радиосканера;
- значительное ослабление влияния помеховых сигналов GSM на идентификацию сигнала стандарта LTE, которое наступает при расстройках между центральными несущими более 0,6 МГц.

Полученные результаты объясняются попаданием узкополосного помехового сигнала GSM в следующие физические каналы приемного устройства абонентско-

Рисунок 3

Зависимости $K_{зн}$ и $K_{зп}$ от частотной расстройки при приеме сигналов LTE на фоне узкополосных НРП GSM:

а – сканер TSMW, версия СПО ROMES 4.69;
б – сканер TSMW, версия СПО ROMES 18.2

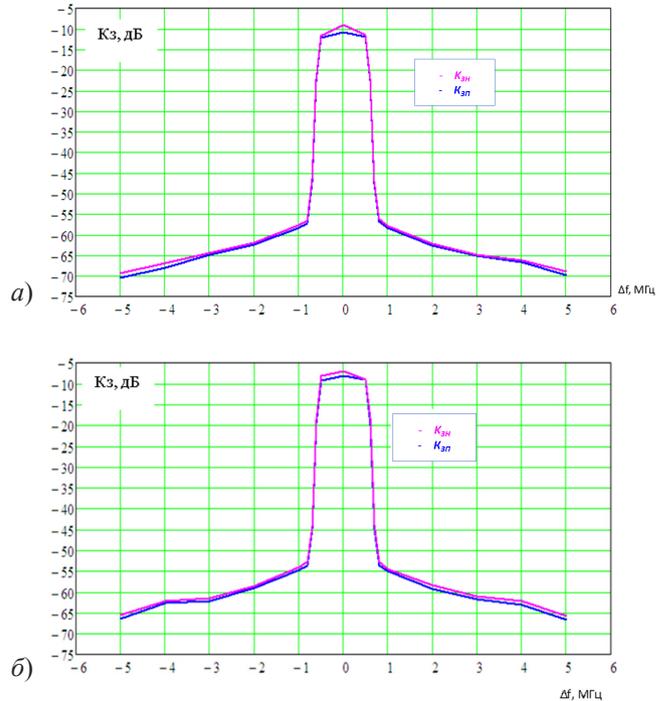


Таблица 4

Значения защитных отношений $K_{зн}$ и $K_{зп}$ от частотной расстройки для радиочастотного сканера TSMW (версия СПО ROMES 18.2) при приеме сигналов стандарта LTE на фоне узкополосных НРП GSM

$\Delta f = f_{п} - f_c$, МГц	P_c^* , дБм, анализатор спектра ETL	$P_{п}^*$, дБм, на выходе генератора, начало влияния	$P_{п}^*$, дБм, на выходе генератора, полное пропадание	K_z начало влияния, дБ	K_z полное пропадание, дБ
-5	-53	12,5	13,5	-65,5	-66,5
-4	-53	9,2	9,7	-62,2	-62,7
-3	-53	8,5	9,1	-61,5	-62,1
-2	-53	5,6	6,1	-58,6	-59,1
-1	-53	1,1	1,8	-54,1	-54,8
-0,8	-53	-0,3	0,7	-52,7	-53,7
-0,7	-53	-8,7	-8,1	-44,3	-44,9
-0,6	-53	-34,3	-33,4	-18,7	-19,6
-0,5	-53	-44,9	-43,8	-8,1	-9,2
0	-53	-45,9	-44,9	-7,1	-8,1
0,5	-53	-44	-43,9	-9	-9,1
0,6	-53	-34,8	-32,9	-18,2	-20,1
0,7	-53	-9,2	-8	-43,8	-45
0,8	-53	-0,2	0,7	-52,8	-53,7
1	-53	1,5	2	-54,5	-55
2	-53	5,5	6,3	-58,5	-59,3
3	-53	8,2	8,7	-61,2	-61,7
4	-53	9,3	10,2	-62,3	-63,2
5	-53	12,9	13,7	-65,9	-66,7

*Измерения произведены АС ETL при RBW=10 МГц; VBW=10 МГц; SWT=1 с; TRC-MX; det-RMS).

Рисунок 4

Конфигурация физических каналов PBCH, P-SCH и S-SCH во временной и спектральной плоскостях LTE

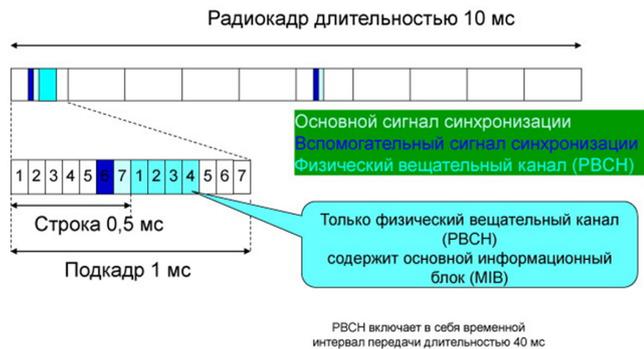


Рисунок 5

Частотно-временная структура сигналов для физических каналов стандарта LTE

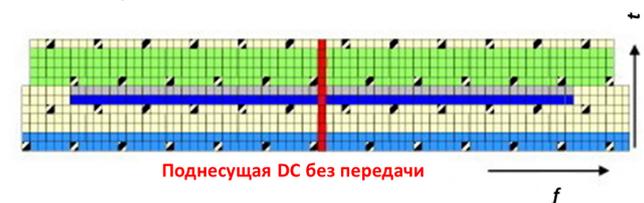
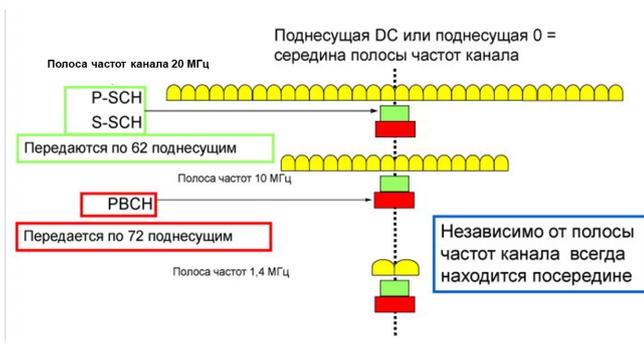


Рисунок 6

Конфигурация физического вещательного (PBCH) канала и каналов основной (P-SCH) и вспомогательной (S-SCH) синхронизации в спектре сигналов стандарта LTE



го терминала LTE линия вниз (DL):

- PBCH (публичный вещательный канал, содержащий идентификационные параметры передатчика сектора базовой станции);
- P-SCH канал основной (первичной) синхронизации;
- S-SCH канал вторичной (вспомогательной) синхронизации.

Физический канал PBCH, содержащий 72 символа по 15 кГц общей шириной 1,08 МГц, размещается в центре спектра сигнала стандарта LTE [3]. Физические каналы основной (первичной) и вторичной (вспомогательной) синхронизации P-SCH и S-SCH содержат 62 символа каждый по 15 кГц общей шириной 0,93 МГц, также располагаются в центре спектра сигнала LTE. Конфигурация и структура этих каналов во временной и частотной

областях приведена на рис. 4–6.

На рис. 5 показаны:

- зеленым цветом – символы (поднесущие) сигнала OFDM LTE вещательного канала PBCH;
- серым и синим – символы (поднесущие) сигнала OFDM LTE каналов основной (P-SCH) и вспомогательной (S-SCH) синхронизации соответственно;
- желтым и голубым – символы (поднесущие) сигнала OFDM LTE других физических каналов;
- красным – центральная частота настройки канала LTE (обозначена условно).

Анализ результатов проведенных измерений (см. рис. 2–3) при идентификации сигналов стандарта UMTS на фоне узкополосных помеховых сигналов GSM показывает их принципиальные отличия от результатов, полученных для приема сигналов LTE, т.е. от зависимостей защитных отношений K_{3H} и $K_{3П}$ от частотной расстройки:

- 1) значения защитных отношений K_{3H} и $K_{3П}$ в полосе излучения самого сигнала UMTS (ширина полосы излучения $\Delta f_c = 3,84$ МГц), в отличие от зависимостей для сигналов LTE ($\pm 0,5$ МГц), изменяются незначительно в более широкой полосе (± 2 МГц) (см. рис. 2 и 3). Причина в том, что физические каналы сигнала UMTS, отвечающие за формирование пилот-сигнала и синхронизацию, занимают всю полосу частотного канала UMTS;
- 2) резкий спад значений защитных отношений K_{3H} и $K_{3П}$ характерен при частотных разносах более 2 МГц. Это объясняется тем, что структура информационного сигнала, а также других физических каналов и соответственно ширина спектра определяются длительностью элементарного импульса. Спад значений K_3 при частотной расстройке $\Delta f_p \geq 2$ МГц обусловлен амплитудно-частотной характеристикой самого приемника радиосканера.

Сравнение характеристик помехозащищенности исследуемого радиочастотного сканера (в нашем случае – значений K_{3H} и $K_{3П}$) при идентификации сигналов стандартов LTE и UMTS показывает, что при воздействии узкополосной НРП типа GSM-сигнала на совпадающих частотах этот показатель помехозащищенности радиосканера отличается примерно на 6–8 дБ. Эта разница в уровнях помехозащищенности не играет существенного значения, так как более важным фактором влияния на результаты идентификации сигналов является поведение защитного отношения при существенной частотной расстройке за пределами занимаемой полосы широкополосных сигналов LTE и UMTS.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭМО

Исследование зависимости значений K_{3H} и $K_{3П}$ от частотных расстроек как показателя помехозащищенности радиосканера была решена только первая часть поставленной задачи. Далее нужно было провести измерения мощности узкополосного помехового сигнала

GSM и мощности широкополосного полезного сигнала (UMTS, LTE) на входе радиосканера.

Для этих целей использовался анализатор спектра, который позволяет решить задачу измерения мощности широкополосного сигнала на фоне узкополосной помехи (см. рис. 1). Поскольку АС визуально отображает спектральную плотность входных сигналов (или мощность сигнала на выходе узкополосного фильтра с полосой Δf_{RBW}), полосу измерения целесообразно подобрать такой, при которой вся мощность узкополосной НРП (GSM-сигнала) попала на вход измерительного приемника. При этом данная полоса измерительного приемника (Δf_{RBW}) должна быть минимальной и приблизительно равной полосе излучения НРП.

Практика измерений в зонах покрытия сетей GSM показала, что для измерения мощности GSM-сигнала достаточно задаться следующим значением $\Delta f_{\text{RBW}} = 30$ кГц. Очевидно, что широкополосный сигнал при прохождении через данный фильтр измерительного приемника АС будет ослабляться на значение, равное отношению полосы измерительного приемника Δf_{RBW} к полосе излучения полезного широкополосного сигнала. Ослабленный за счет узкой полосы измерительного приемника полезный сигнал и неослабленную НРП можно визуально наблюдать на индикаторе АС.

В качестве примера в табл. 5 и 6 приведены характеристики сигналов сети LTE и коэффициенты ослабления этого сигнала в анализаторе спектра АС. Для сигналов сети UMTS значение коэффициента ослабления этого сигнала в анализаторе спектра будет равно $K_{\text{осл}} = -21$ дБ (для ширины канала $\Delta f_c = 3,84$ МГц), что довольно близко к сигналам LTE: $K_{\text{осл}} = -21,9$ дБ (для ширины канала $\Delta f_c = 5$ МГц).

Более того, АС позволяет увеличить визуальную разницу между уровнем НРП и полезным сигналом (спектральной плотностью). Отношение между уровнем спектральной плотности помехи и уровнем спектральной плотности полезного широкополосного сигнала на экране анализатора спектра $K_{\text{П/С}}$, при котором под воздействием узкополосной радиопомехи радиочастотный сканер может оказаться неработоспособным, будет определяться следующим образом:

$$K_{\text{П/С}} = -(K_{\text{осл}} + K_{\text{ЗН(ЗП)}}),$$

где $K_{\text{осл}}$ – коэффициент ослабления сигнала в анализаторе спектра; $K_{\text{ЗН(ЗП)}}$ – показатель помехозащищенности радиосканера.

В большинстве случаев проведенных измерений $K_{\text{П/С}}$ составляет десятки децибел (от 30 дБ и более). Очевидно, что такая разница относительно легко фиксируется даже визуально с помощью АС.

Проведенные исследования показали, что при анализе электромагнитной обстановки (ЭМО) и идентификации широкополосных сигналов возможно использование в качестве измерительных инструментов

Таблица 5

Характеристики сигнала LTE и эффективная ширина частотного канала при разносе поднесущих частот в радиоблоке 15 кГц

Стандартизированная ширина частотного канала, МГц	1,4	3	5	10
Эффективная ширина частотного канала, МГц	1,1	2,73	4,52	9,02
Ширина полосы излучения на уровне -3 дБ, МГц	1,23	2,8	4,6	9,1

Таблица 6

Относительное ослабление сигналов GSM и LTE в анализаторе спектра $K_{\text{осл}}$ при полосе $\Delta f_{\text{RBW}} = 30$ кГц

Коэффициенты ослабления	Стандартизированная ширина частотного канала LTE, МГц			
	1,4	3	5	10
$K_{\text{осл}}$, дБ для сигнала стандарта LTE	-16,1	-19,7	-21,9	24,8
$K_{\text{осл}}$, для сигнала стандарта GSM дБ	0 при ширине частотного канала GSM 200 кГц			

радиочастотного сканера и анализатора спектра. При этом необходима коррекция получаемых результатов на основе результатов проведенных экспериментальных исследований. Также данные исследования могут быть полезны при решении задач поиска и идентификации сигналов источников НРП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в результате исследований данные о помехоустойчивости радиочастотного сканера TSMW имеют важное практическое значение при проведении радиоконтроля для выполнения измерений при оценке ЭМС, а также при оценке влияния межсистемных помех в совмещенных мобильных сетях с несколькими технологиями радиointерфейсов. Как правило, совмещенными сети оператора связи используют сети радиодоступа с технологиями GSM и UMTS или GSM, UMTS и LTE. Аналогичное совмещение и одновременное использование сетей радиодоступа стандартов GSM и UMTS, GSM, UMTS и LTE может возникнуть на границах регионов России и при проведении приграничной международной координации работы разных операторов.

Для того чтобы исключить подавление измерительного приемника и потерю информации от радиочастотного сканера в составе комплексов радиоконтроля целесообразно применять параллельный контроль электромагнитной обстановки с использованием анализатора спектра и с накоплением полученных данных.

Результаты исследований могут использоваться специалистами по планированию мобильных радиосетей и ЭМС в целях обеспечения беспомехового функционирования совмещенных сетей сотовой связи, а также мобильных сетей с одной технологией радиодоступа на

границах регионов и в приграничных районах страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Феоктистов, Ю.А. Теория и методы оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Ю.А. Феоктистов, В.В. Матасов, Л.И. Башурин, В.И. Селезнев. – М.: Радио и связь, 1988.

2. Тихвинский, В.О. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 400 с.

3. Тихвинский, В.О. Сети мобильной связи LTE/LTE Advanced: технологии 4G, приложения и архитектура. В.О. Тихвинский, В.П. Высочин, С.В. Терентьев. – М.: Медиа Паблишер, 2014. – 384 с.

Получено 14.06.19