

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «С Е В Е Р Н А Я К О Р О Н А»

Автоматизация анализа электромагнитной совместимости группировки РЭС

В данной статье рассматриваются вопросы автоматизации расчетов помех между радиоэлектронными средствами (РЭС) в группировке. Приводится описание программного комплекса (ПК) «ЭМС РЭС», который позволяет выявить приемники помех и источники помех и разработать мероприятия по устранению или снижению уровня этих помех до приемлемого уровня. Его отличительной особенностью является удобство решения разнообразных задач в области ЭМС, что явилось отражением многолетнего опыта выполнения практических работ в данной области.

При выполнении расчетов учитываются следующие виды помех, возникающие из-за совместной работы передатчиков, по основному и побочным каналам приема рассматриваемых РЭС:

- интермодуляционные помехи;
- помехи на частотах гармоник передатчиков;
- помехи блокирования.

Методика расчетов помех основана на рекомендациях Международного союза электросвязи и отечественных Руководящих документах [1-9].

Программный комплекс позволяет решать следующие задачи:

- оперативный анализ ЭМС группировки РЭС с выдачей информации о каждой помеховой ситуации;
- оперативный анализ ЭМС группировки РЭС при изменении режимов передачи (новый частотный план, изменение мощности передатчиков и т.д.) или размещении новых РЭС;

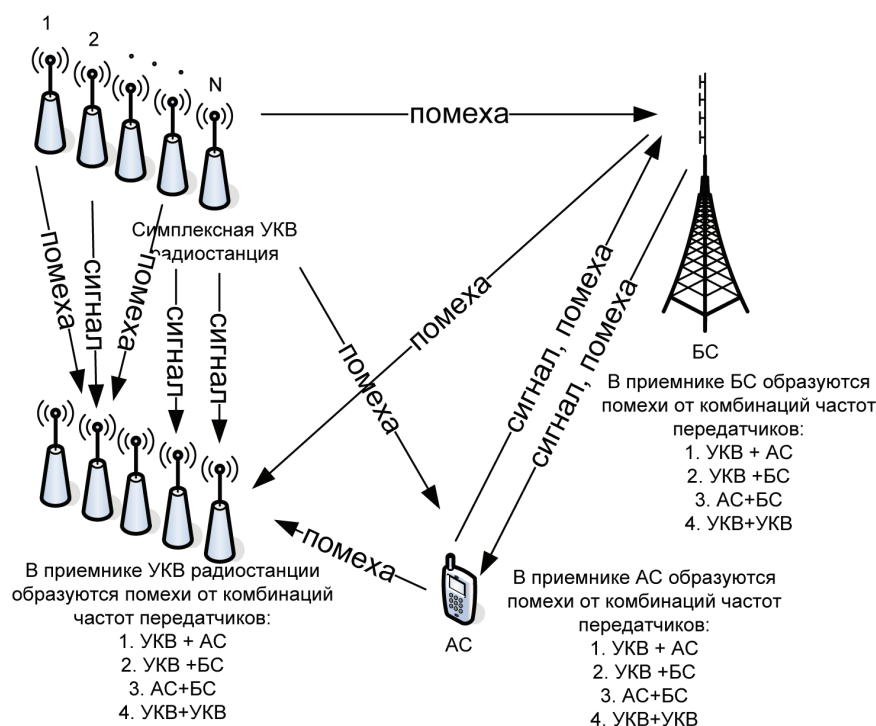


Рис. 1. Совместная работа дуплексной и симплексной радиосистемы

- краткий и детальный анализ по каждой помеховой ситуации (источники и причины возникновения помех, детальный энергетический расчет и т.д.);

- выработка технических или организационно-технических мероприятий по исключению помеховых ситуаций в группировке РЭС (подбор мест размещения, изменение режимов работы РЭС и т.д.).

Программный комплекс позволяет моделировать разные ситуации размещения антенн РЭС в пространстве. То есть можно задавать относительные координаты отдельной РЭС, мачты или несколько мачт. На мачте можно размещать несколько антенн РЭС на разных высотах.

Если назначить приемнику и передатчику РЭС одинаковые частоты, то можно смоделировать работу симплексной радиостанции, а назначая разные частоты - работу дуплексной радиостанции. Пример совместной работы радиосистемы с дуплексным режимом и радиосистемы с симплексным режимом показан на рисунке 1. Возможные сочетания передатчиков, потенциально опасные в смысле образования интермодуляционных помех, приведены на том же рисунке.

Программа имеет простой и понятный интерфейс. Работа с программой начинается с ввода параметров оборудования, таких как частота, мощность передатчика, диаграмма направленности антенны, потери в фидере, высота подвеса, чувствительность приемника

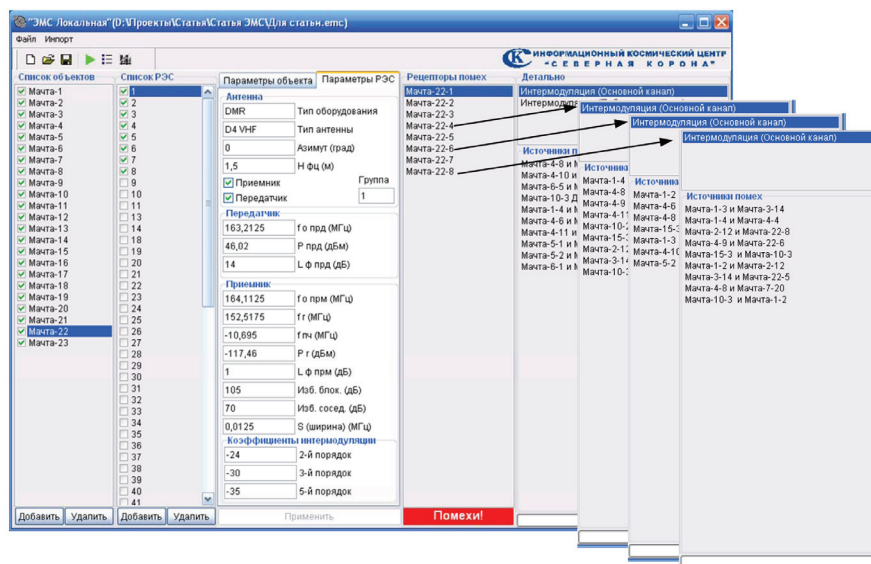


Рис.2. Главная панель комплекса с введенными данными и результатом расчета

и т.д. Данные можно вводить как с главной панели, так и с помощью файла Excel.

Пример главной панели с введенными данными и результатом расчета показан на рис.2. В примере введено 23 мачты. Каждой мачте присваиваются координаты, относительно выбранной точки отсчета. На каждой мачте установлены одна или несколько РЭС. На мачте №22 установлены восемь РЭС, что моделирует восьмиканальную базовую радиостанцию, работающую в дуплексном режиме. Результат расчета показывает, что на всех восьми каналах базовой станции есть помехи интермодуляции по основному каналу приема.

Для детализации информации о помехах по каждой РЭС предусмотрен раздел «Детально», где отображается информация о типе помех для данного рецептора. Для

оперативного получения информации об источниках помех по каждому типу помехи предусмотрен раздел «Источники помех», который отображает все РЭС, участвующие в формировании той или иной помехи.

Для формирования детального отчета с выдачей результатов в Excel используется «Генератор отчета Excel». При активизации режима генератора отчета результаты расчета отображаются в таблице Excel с закладками, соответствующими этапам расчета (рис. 3, 4, 5, 6, 7). Формирование отдельных закладок можно отменить, включив соответствующую опцию в генераторе отчета.

Закладки предусматривают отображение данных, участвующих в расчетах, расстояния между источником помехи и приемником (рецептором), уровней сигнала от

источника помехи на входе приемника, помех блокирования (рис. 3), помех от гармоник передатчиков (рис. 4), интермодуляционных помех (рис. 5) по основному и побочным каналам приема (рис. 6), результатов расчета суммарных уровней помех (рис. 7).

При расчете уровней сигнала от источника помехи на входе приемника учитываются потери распространения сигнала в свободном пространстве и потери дифракции (из-за затеняющего действия препятствия).

При расчете интермодуляционных помех и помех от гармоник передатчиков полученные комбинации частот оцениваются на попадание в основной и побочные каналы приема. При попадании в основной и побочные каналы приема производится расчет уровня помехи, выполняется сравнение с допустимым уровнем. При превышении этого уровня фиксируется наличие помехи.

Используя главную панель для управления расчетами, можно менять сценарий расчета помех.

Программный комплекс позволяет моделировать и анализировать ситуации возникновения помех, выявить возможные помехи на стадии ввода новых РЭС на действующем локальном объекте. Тем самым избежать образования помех.

Литература

1. А. Л. Бадалов, А. С. Михайлов «Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС».

	Мачта-12	Мачта-13	Мачта-14	Мачта-2-12	Мачта-3-14	Мачта-4-4
Мачта-22.1	164,1125 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)
Мачта-22.2	164,125 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)
Мачта-22.3	164,1375 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)
Мачта-22.4	164,15 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)
Мачта-22.5	164,1625 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)
Мачта-22.6	164,175 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)
Мачта-22.7	164,1875 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)
Мачта-22.8	164,2 (Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)	(Не блок)

Рис.3. Закладка «Блокировка»

	f1	f2	f3	f4	f5
Мачта-1.2	163,9	327,8	491,7	655,6	819,5
Мачта-1.3	163,8875	327,775	491,6625	655,55	819,4375
Мачта-1.4	163,9125	327,825	491,7375	655,65	819,5625
Мачта-2.12	163,75	327,5	491,25	655	818,75
Мачта-3.14	163,575	327,15	490,725	654,3	817,875
Мачта-4.4	163,625	327,25	490,875	654,5	818,125
Мачта-4.6	164,0375	328,075	492,1125	656,15	820,1875
Мачта-4.8	163,7	327,4	491,1	654,8	818,5
Мачта-4.9	163,7375	327,475	491,2125	654,95	818,6875
Мачта-4.10	163,8125	327,625	491,4375	655,25	819,0625
Мачта-4.11	163,9375	327,875	491,8125	655,75	819,6875
Мачта-5.1	163,6375	327,275	490,9125	654,55	818,1875

Рис.4. Закладка «Гармоники»

Г	Г _{при}	f _{мин}	f _{макс}	п-попадания	(F _г -F _ч)/2	п-попада	(F _г +F _ч)/2	п-попада	F _г -F _ч	п-попада
1	164,1125	164,1063	164,1188	0	81,60625	0	70,91125	0	141,8225	0
2	164,125	164,1188	164,1313	0	81,6125	0	70,9175	0	141,835	0
3	164,1375	164,1313	164,1438	0	81,61875	0	70,92375	0	141,8475	0
4	164,15	164,1438	164,1563	0	81,625	0	70,93	0	141,86	0
5	164,1625	164,1563	164,1688	0	81,63125	0	70,93625	0	141,8725	0
6	164,175	164,1688	164,1813	0	81,6375	0	70,9425	0	141,885	0
7	164,1875	164,1813	164,1938	0	81,64375	0	70,94875	0	141,8975	0
8	164,2	164,1938	164,2063	0	81,65	0	70,955	0	141,91	0

Рис.6. Расчет основных и побочных каналов приема рецепторов помех

Справочник. М., Радио и связь, 1990г.

2. А. Д. Князев «Элементы теории и практики электромагнитной совместимости

электромагнитной совместимости при проектировании сетей подвижной радиосвязи». ГСПИ РТВ.

№	Помеха	Название антенны	Тип оборудования	Р _{эфф} , дБм	Р _{общ} , дБм	Р _{пом} , дБм	Р _{общ} , дБм	Примечание	№	Название антенны	Тип оборуд.	Центр, час	Чувствительность	Выход
1	Основная частота													
2	Помехи от интермодуляционных частот													
3	Матча-4-8 и Матча-2-7			164,1125	3	-100,75475	-95,375729	-86,436431	22	Матча-22-1	DMR	164,1125	-117,46	Помеха
4	Матча-4-10 и Матча-6-1			164,1125	3	-116,80918								
5	Матча-6-5 и Матча-4-6			164,1125	3	-117,01449								
6	Матча-10-3 и Матча-1-3			164,1125	3	-96,948474								
7	Матча-1-4 и Матча-4-10			164,1125	5	-136,3115	-87,029696		22	Матча-22-1	DMR	164,1125	-117,46	Помеха
8	Матча-4-6 и Матча-10-3			164,1125	5	-104,93636								
9	Матча-4-11 и Матча-10-2			164,1125	5	-120,07178								
10	Матча-5-1 и Матча-12-2			164,1125	5	-103,73828								
11	Матча-5-2 и Матча-22-7			164,1125	5	-102,76886								
12	Матча-6-1 и Матча-22-1			164,1125	5	-87,320138								
13	Помехи от интермодуляционных частот													
14	Матча-23-33 и Матча-23-49			81,6	3	-116,95113	-116,95113	-115,17478	22	Матча-22-1	DMR	164,1125	-43,079638	Нет помехи
15	Матча-23-44 и Матча-23-33			147,175	5	-119,91528	-119,91528		22	Матча-22-1	DMR	164,1125	-34,116283	Нет помехи
16	Основная частота													
17	Помехи от интермодуляционных частот													
18	Матча-1-4 и Матча-4-8			164,125	3	-132,94142	-90,330145	-80,143387	23	Матча-22-2	DMR	164,125	-117,46	Помеха
19	Матча-4-8 и Матча-22-6			164,125	3	-100,75475								
20	Матча-4-8 и Матча-12-1			164,125	3	-101,56349								
21	Матча-4-11 и Матча-2-12			164,125	3	-132,83488								
22	Матча-10-2 и Матча-3-14			164,125	3	-91,463639								
23	Матча-15-3 и Матча-6-5			164,125	3	-102,2927								
24	Матча-2-12 и Матча-5-2			164,125	5	-120,65156	-103,90148		23	Матча-22-2	DMR	164,125	-117,46	Помеха
25	Матча-3-14 и Матча-22-8			164,125	5	-107,36488								
26	Матча-10-3 и Матча-4-11			164,125	5	-106,67184								
27	Основная частота													
28	Помехи от интермодуляционных частот													
29	Матча-1-3 и Матча-5-1			164,1375	3	-133,04727	-88,633892	-88,46944	24	Матча-22-3	DMR	164,1375	-117,46	Помеха
30	Матча-4-6 и Матча-4-11			164,1375	3	-125,04917								
31	Матча-4-8 и Матча-22-5			164,1375	3	-100,75475								
32	Матча-4-11 и Матча-4-9			164,1375	3	-133,45615								
33	Матча-10-2 и Матча-5-2			164,1375	3	-88,910296								
34	Матча-5-2 и Матча-22-6			164,1375	5	-102,76886	-102,76886		24	Матча-22-3	DMR	164,1375	-117,46	Помеха
35	Помехи от интермодуляционных частот													
36	Матча-23-43 и Матча-23-22			147,2	3	-123,20956	-112,68521	-112,68521	24	Матча-22-3	DMR	164,1375	-34,116016	Нет помехи
37	Матча-23-46 и Матча-23-33			147,2	3	-113,08824								
38	Основная частота													

Рис.7. Закладка «Расчет помех»

	A1	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Матча-1-2	0	819,4625	819,5375	819,05	818,525	818,675	819,9125	818,9
3	Матча-1-3	819,475	0	819,5125	819,025	818,5	818,65	819,8875	818,875
4	Матча-1-4	819,525	819,4875	0	819,075	818,55	818,7	819,9375	818,925
5	Матча-2-12	819,2	819,1625	819,2375	0	818,225	818,375	819,6125	818,6
6	Матча-3-14	818,85	818,8125	818,8875	818,4	0	818,025	819,2625	818,25
7	Матча-4-4	818,95	818,9125	818,9875	818,5	817,975	0	819,3625	818,35
8	Матча-4-6	819,775	819,7375	819,8125	819,325	818,8	818,95	0	819,175
9	Матча-4-8	819,1	819,0625	819,1375	818,65	818,125	818,275	819,5125	0

Рис.5. Одна из закладок для расчета интермодуляционных помех

радиоэлектронных средств». М., Радио и связь, 1984г.

3. А.Х. Коновалов, Г.З. Рубин «Вопросы объектовой

4. Буга Н.Н., Конторович В.Я., Носов В.И. «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств». Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Радио и связь, 1993г.

5. ГОСТ 23611-79. «Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения».

6. ГОСТ 30318-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к ширине полосы радиочастот и внеполосным излучениям радиопередатчиков. Методы измерений и контроля»

7. Рекомендация Международного союза электросвязи (ITU-R) SM.1134-1 (2007) «Расчет интермодуляционных помех в сухопутной подвижной службе».

8. Рекомендация Международного союза электросвязи (ITU-R) SM.337-6 (2008) «Частотный и территориальный разнос».

9. ГОСТ 12252-86 «Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерения». Государственный комитет СССР по стандартизации. Москва.

Гриценко А.А.,
Давыдов А.В.,
Жиров В.А.,
Юрьев Р.Н.