

## SPECIFICATION OF “EMC-ANALYZER” (EMCA) SOFTWARE

### a) Name and purpose

“EMC-Analyzer” is a specialized software (specialized expert system) for system-level analysis of electromagnetic compatibility (EMC) of on-board and ground-based systems with the use of multi-functional professional technology taking into account spurious electromagnetic couplings of different types and using pessimistic (worst case) models of the spurious couplings.

Software abbreviation: EMCA

### b) General requirements

1. Computer operating system to run the software modules: Windows XP (SP3 32 bit and SP2 64 bit), Windows 7 (32 and 64 bit), Windows 10 (32 and 64 bit), Windows 11 64 bit
2. Language of the software interface and documentation: English
3. Documentation contents:
  - 3.1. Technical report (describing the mathematical models and algorithms)
  - 3.2. User’s manual (describing the interface of the software)
  - 3.3. Test examples (containing the consideration of typical problems for testing the software and training of its usage)

### c) Functionality

1. Linear analysis of electromagnetic compatibility between the equipment in the structure of a local (on-board or ground-based) system.
2. Automated adjustments of emitter spectra and receptor susceptibility characteristics in order to avoid the linear interference between the equipment in the structure of the local system.
3. Nonlinear behavior simulation of the radio

## СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА “EMC-ANALYZER” (EMCA)

### a) Название и предназначение

“EMC-Analyzer” – специализированное программное обеспечение (специализированная экспертная система) для системного анализа электромагнитной совместимости (ЭМС) бортовых и наземных систем с использованием многофункциональной профессиональной технологии, учитывающей паразитные электромагнитные связи различных типов и использующей пессимистические модели (модели наихудшего случая) паразитных связей.

Сокращенное название: EMCA

### b) Общие требования

1. Операционная система компьютера для работы программных модулей: Windows XP (SP3 32 бита и SP2 64 бита), Windows 7 (32 и 64 бита), Windows 10 (32 и 64 бита), Windows 11 (64 бита)
2. Язык интерфейса и документации программного обеспечения: английский
3. Состав документации:
  - 3.1. Технический отчет (содержащий описание математических моделей и алгоритмов)
  - 3.2. Руководство пользователя (содержащее описание интерфейса программного обеспечения)
  - 3.3. Тестовые примеры (содержащие рассмотрение типовых задач для тестирования программного обеспечения и обучения работе с ним).

### c) Функции

1. Линейный анализ электромагнитной совместимости оборудования, входящего в состав локальной (бортовой или наземной) системы.
2. Автоматизированные регулировки спектров эмиттеров и характеристик восприимчивости рецепторов с целью устранения линейных помех между оборудованием, входящим в состав локальной системы.
3. Нелинейное поведенческое

receiver (involved into the local system) operation under the influence of multiple interfering signals.

4. Automated identification (search) of sources of linear and nonlinear interference.
5. Maintenance and usage of extensible database (library) containing models of different objects: transmitters, receivers, antennas, ports, cables, filters, spectra, susceptibilities.
6. COM automation and scripting.

#### d) Parameters and restrictions

1. Types of systems to analyze:
  - 1.1. On-board systems: airborne vehicle (aircraft, helicopter, satellite), box-body (car, shelter), etc.
  - 1.2. Ground-based systems: mast, building
2. Automated import of on-board system description:
  - 2.1. Import of 3D model of the system geometry from a file of type \*.igs, \*.dwg, \*.stl
  - 2.2. Import of wire parameters, location paths, and connections from CAD software (Pro/Engineer)
3. Representation of signal frequency spectra and equipment susceptibility characteristics
  - 3.1. Frequency range: 1 Hz ... 40 GHz
  - 3.2. Level of detail: up to 1 million samples
4. Implementation of specialized editors and graphical user interfaces (GUIs):
  - 4.1. Block diagram editors for system, subsystem, and nonlinear model of receiver
  - 4.2. System geometry (including the Bundle geometry) editor
  - 4.3. Visualizers of initial data and analysis results
5. Spectra models:
  - 5.1. Composite Harmonic Signal (user-defined model)
  - 5.2. Radio-frequency (band-pass) signals
    - 5.2.1. Communication signals:

моделирование работы радиоприемника (входящего в состав локальной системы) при воздействии многих нежелательных сигналов.

4. Автоматизированная идентификация (поиск) источников линейных и нелинейных помех.
5. Ведение и использование расширяемой базы данных (библиотеки) моделей различных объектов: передатчиков, приемников, антенн, портов, кабелей, фильтров, спектров, характеристик восприимчивости.
6. СОМ автоматизация и управление с помощью скриптов.

#### d) Параметры и ограничения

1. Типы анализируемых систем:
  - 1.1. Бортовые системы: летательные аппараты (самолет, вертолет, спутник), подвижные объекты (автомобиль, контейнер) и т.п.
  - 1.2. Наземные системы: здание, мачта
2. Автоматизированный импорт описания бортовой системы:
  - 2.1. Импорт 3D-модели геометрии системы из файлов типов \*.igs, \*.dwg, \*.stl
  - 2.2. Импорт параметров, путей прокладки и подключений проводов из САПР (Pro/Engineer)
3. Представление спектров сигналов и частотных характеристик восприимчивости оборудования:
  - 3.1. Диапазон частот: 1 Гц ... 40 ГГц
  - 3.2. Детальность представления: до 1 млн. отсчетов
4. Реализация специализированных редакторов и графических интерфейсов пользователя (GUIs):
  - 4.1. Редакторы блок-диаграмм системы, подсистемы и нелинейной модели приемника
  - 4.2. Редактор геометрии системы (включая геометрию жгутов)
  - 4.3. Визуализаторы исходных данных и результатов анализа
5. Модели спектров
  - 5.1. Составной гармонический сигнал (пользовательская модель)
  - 5.2. Радиочастотные (полосовые) сигналы:
    - 5.2.1. Сигналы систем связи:

- |   |  |
|---|--|
| 5.2.1.1. PDM (Pulse-Duration Modulation) - AM Modulation                            | 5.2.1.1. ШИМ-АМ модуляция  |
| 5.2.1.2. Differential PCM (Pulse-Code Modulation) - AM                              | 5.2.1.2. Дифференциальная ИКМ-АМ модуляция   |
| 5.2.1.3. Biphase PCM-AM Modulation  | 5.2.1.3. Двухпозиционная ИКМ-АМ модуляция  |
| 5.2.1.4. Pulse-Position Modulation  | 5.2.1.4. Фазо-импульсная модуляция   |
| 5.2.1.5. Telegraphic Radio-Signal (The Morse code)                                  | 5.2.1.5. Телеграфный радиосигнал (Код Морзе)   |
| 5.2.1.6. Frequency Shift Keying   | 5.2.1.6. Частотно-манипулированный сигнал  |
| 5.2.1.7. PAM (Pulse-Amplitude Modulation) -FM                                       | 5.2.1.7. АИМ-ЧМ сигнал   |
| 5.2.1.8. Double sideband AM-signal  | 5.2.1.8. Двухполосный АМ-сигнал  |
| 5.2.1.9. AM-signal with the suppressed carrier                                      | 5.2.1.9. АМ-сигнал с подавленной несущей   |
| 5.2.1.10. Lower single side-band AM   | 5.2.1.10. Однополосный АМ-сигнал с нижней боковой полосой                            |
| 5.2.1.11. Upper single side-band AM   | 5.2.1.11. Однополосный АМ-сигнал с верхней боковой полосой                           |
| 5.2.1.12. FM-radio-signal   | 5.2.1.12. ЧМ-радиосигнал   |
| 5.2.2. Radar Signals  | 5.2.2. Радиолокационные сигналы:   |
| 5.2.2.1. The rectangular pulse  | 5.2.2.1. Прямоугольный радиоимпульс  |
| 5.2.2.2. The trapezoidal pulse  | 5.2.2.2. Трапецеидальный радиоимпульс  |
| 5.2.2.3. The "cosine - square" pulse  | 5.2.2.3. Радиоимпульс типа "косинус-квадрат"   |
| 5.2.2.4. The Gaussian pulse   | 5.2.2.4. Гауссовский радиоимпульс  |
| 5.2.2.5. The chirp  | 5.2.2.5. Радиоимпульс с ЛЧМ  |
| 5.3. Signals of control, power supply, and information circuits (baseband signals): | 5.3. Сигналы цепей управления, электропитания и информационных цепей (видеосигналы): |
| 5.3.1. PDM  | 5.3.1. ШИМ   |
| 5.3.2. Differential PCM - with no return to zero                                    | 5.3.2. Дифференциальная ИКМ без возврата к нулю                                      |
| 5.3.3. Biphase PCM  | 5.3.3. Двухпозиционная ИКМ   |
| 5.3.4. Pulse-Position Modulation  | 5.3.4. Фазоимпульсная модуляция  |
| 5.3.5. Telegraphic signal   | 5.3.5. Телеграфный сигнал  |
| 5.3.6. Pulse-Amplitude Modulation   | 5.3.6. Амплитудно-импульсная модуляция   |
| 5.3.7. Exponential pulse train  | 5.3.7. Последовательность экспоненциальных импульсов                                 |
| 5.3.8. Rectangular pulse train  | 5.3.8. Последовательность прямоугольных импульсов                                    |
| 5.3.9. Trapezoidal pulse train  | 5.3.9. Последовательность трапецеидальных импульсов                                  |
| 5.3.10. Triangular pulse train  | 5.3.10. Последовательность треугольных импульсов                                     |
| 5.3.11. Sawtooth pulse train  | 5.3.11. Последовательность пилообразных импульсов                                    |
| 5.3.12. Damped sinusoidal pulse train   | 5.3.12. Последовательность затухающих синусоидальных импульсов.                      |

- 5.4. Spurious emission models in accordance with MIL-STD-461B/D/E/F/G (CE01, CE03, CE06, CE101, CE102, CE106, RE01, RE02, RE03, RE101, RE102, RE103)
6. Susceptibility characteristic models:
- 6.1. Table model (user-defined model)
- 6.2. Models in accordance with MIL-STD-461B/D/E/F/G (CS01, CS02, CS09, CS101, CS109, CS114, RS01, RS03, RS101, RS103, UM04-S)
7. Filter models:
- 7.1. Table model (user-defined model)
- 7.2. Elementary filters:
- 7.2.1. The single tuned filter
- 7.2.2. The transformer coupled filter
- 7.2.3. The mixed type filter
- 7.3. Chebyshev filters:
- 7.3.1. The Low Pass Chebyshev Filter
- 7.3.2. The High Pass Chebyshev Filter
- 7.3.3. The Band Pass Chebyshev Filter
- 7.4. Butterworth filters:
- 7.4.1. The Low Pass Butterworth Filter
- 7.4.2. The High-Pass Butterworth Filter
- 7.4.3. The Band Pass Butterworth Filter
- 7.5. Asymptotic models:
- 7.5.1. The Low Pass Filter (LPF)
- 7.5.2. The High Pass Filter (HPF)
- 7.5.3. The Band Pass Filter (BPF)
- 7.5.4. The Band-Reject Filter (BRF)
8. Models of Spurious Couplings (worst case models employed in the IEMCAP program):
- 8.1. Wire-to-Wire, including the following models:
- 8.1.1. The capacitive coupling between wires
- 8.1.2. The capacitive coupling with the shielded emitter wire
- 8.1.3. The capacitive coupling with the shielded receptor wire
- 8.1.4. The capacitive coupling with the double shielded emitter wire
- 8.1.5. The capacitive coupling with the
- 5.4. Модели помехоэмиссии в соответствии с MIL-STD-461B/D/E/F/G (CE01, CE03, CE06, CE101, CE102, CE106, RE01, RE02, RE03, RE101, RE102, RE103)
6. Модели характеристик восприимчивости:
- 6.1. Табличная модель (пользовательская модель)
- 6.2. Модели в соответствии с MIL-STD-461B/D/E/F/G (CS01, CS02, CS09, CS101, CS109, CS114, RS01, RS03, RS101, RS103, UM04-S)
7. Модели фильтров
- 7.1. Табличная модель (пользовательская модель)
- 7.2. Простейшие фильтры:
- 7.2.1. Фильтр на одиночных контурах
- 7.2.2. Фильтр на связанных контурах
- 7.2.3. Фильтр смешанного типа
- 7.3. Фильтры Чебышева:
- 7.3.1. Фильтр нижних частот (ФНЧ) Чебышева
- 7.3.2. Фильтр верхних частот (ФВЧ) Чебышева
- 7.3.3. Полосовой фильтр (ПФ) Чебышева
- 7.4. Фильтры Баттерворта:
- 7.4.1. ФНЧ Баттерворта
- 7.4.2. ФВЧ Баттерворта
- 7.4.3. ПФ Баттерворта
- 7.5. Асимптотические модели:
- 7.5.1. ФНЧ
- 7.5.2. ФВЧ
- 7.5.3. ПФ
- 7.5.4. Заграждающий фильтр
8. Модели паразитных связей (модели наихудшего случая, использованные в программе IEMCAP):
- 8.1. "Провод-провод", включая следующие модели:
- 8.1.1. Емкостная связь между проводами
- 8.1.2. Емкостная связь с экранированным проводом-эмиттером
- 8.1.3. Емкостная связь с экранированным проводом-рецептором
- 8.1.4. Емкостная связь с дважды экранированным проводом-эмиттером
- 8.1.5. Емкостная связь с дважды

	double shielded receptor wire	экранированным проводом-рецептором
8.1.6.	The inductive coupling between two wires	8.1.6. Индуктивная связь между двумя проводами
8.1.7.	The inductive coupling with the shielded double grounded emitter wire	8.1.7. Индуктивная связь с экранированным дважды заземленным проводом-эмиттером
8.1.8.	The inductive coupling with the shielded double grounded receptor wire	8.1.8. Индуктивная связь с экранированным дважды заземленным проводом-рецептором
8.1.9.	The inductive coupling with the double shielded emitter wire	8.1.9. Индуктивная связь с дважды экранированным проводом-эмиттером
8.1.10.	The inductive coupling with the double shielded receptor wire	8.1.10. Индуктивная связь с дважды экранированным проводом-рецептором
8.1.11.	The twisted pair emitter - unbalanced load	8.1.11. Витая пара - эмиттер - несбалансированная нагрузка
8.1.12.	The twisted pair receptor - unbalanced load	8.1.12. Витая пара - рецептор - несбалансированная нагрузка
8.1.13.	The twisted pair emitter - balanced load	8.1.13. Витая пара - эмиттер - сбалансированная нагрузка
8.1.14.	The twisted pair receptor - balanced load	8.1.14. Витая пара - рецептор - сбалансированная нагрузка
8.1.15.	The coupling through the common resistance	8.1.15. Связь через общее сопротивление
8.2.	Equipment Case-to-Equipment Case	8.2. "Корпус оборудования - Корпус оборудования"
8.3.	Antenna-to-Antenna, including the following models:	8.3. "Антенна - Антенна", включая следующие модели:
8.3.1.	IEMCAP diffraction model	8.3.1. Дифракционная модель IEMCAP
8.3.2.	Helicopter and aircraft (Bull and Smithers) model	8.3.2. Модель для самолета и вертолета (модель Булла - Смитерса)
8.4.	External Field-to-Wire (through apertures),	8.4. "Внешнее поле - Провод" (через апертуры)
8.5.	External Field-to-Antenna	8.5. "Внешнее поле - Антенна"
8.6.	Antenna-to-Wire (through apertures)	8.6. "Антенна - Провод" (через апертуры)
8.7.	Internal Field-to-Wire	8.7. "Внутреннее поле - Провод"
8.8.	Internal Field-to-Equipment Case	8.8. "Внутреннее поле - Корпус оборудования"
8.9.	Table model (user-defined model): may be assigned for each spurious coupling of the types listed above	8.9. Табличная модель (пользовательская модель): может задаваться для каждой паразитной связи, относящейся к вышеперечисленным типам
9.	Antenna models:	9. Модели антенн:
9.1.	Low-gain antennas (theoretical models of radiation patterns are used)	9.1. Слабонаправленные антенны (используются теоретические

- |  |  |
|--|--|
|  | модели диаграмм направленности)  |
| 9.1.1. Dipole  | 9.1.1. Диполь  |
| 9.1.2. Monopole  | 9.1.2. Монополь (несимметричный вибратор)  |
| 9.1.3. Slot antenna  | 9.1.3. Щелевая антенна   |
| 9.1.4. Loop antenna  | 9.1.4. Рамочная антенна  |
| 9.2. High-gain antennas (three-level model of radiation pattern is used)   | 9.2. Направленные антенны (используется трехуровневая модель диаграммы направленности)   |
| 9.2.1. Horn antenna  | 9.2.1. Рупорная антенна  |
| 9.2.2. Helix antenna   | 9.2.2. Спиральная антенна  |
| 9.2.3. Log-periodic antenna  | 9.2.3. Логопериодическая антенна   |
| 9.2.4. Reflector   | 9.2.4. Зеркальная антенна  |
| 9.2.5. Antenna array   | 9.2.5. Антенная решетка  |
| 9.3. Three-level model of radiation pattern  | 9.3. Трехуровневая модель диаграммы направленности   |
| 9.4. Table (user-defined) model of radiation pattern   | 9.4. Табличная (пользовательская) модель диаграммы направленности  |
| 10. Wire models:   | 10. Модели проводов:   |
| 10.1. Unshielded   | 10.1. Неэкранированный (одиночный)   |
| 10.2. Shielded (coaxial)   | 10.2. Экранированный (коаксиальный)  |
| 10.3. Double-shielded (triaxial)   | 10.3. Дважды экранированный (триаксиальный)  |
| 10.4. Unshielded twisted pair (UTP)  | 10.4. Неэкранированная витая пара  |
| 10.5. Shielded twisted pair (STP)  | 10.5. Экранированная витая пара  |
| 10.6. Double shielded twisted pair   | 10.6. Дважды экранированная витая пара   |
| 11. Automated adjustments of emitter spectra and receptor susceptibility characteristics:  | 11. Автоматизированные регулировки спектров эмиттеров и характеристик восприимчивости рецепторов:                                      |
| 11.1. Procedures:  | 11.1. Процедуры:   |
| 11.1.1. Adjustment of emitter spectra  | 11.1.1. Регулировка спектров эмиттеров   |
| 11.1.2. Adjustment of receptor susceptibility characteristics  | 11.1.2. Регулировка характеристик восприимчивости рецепторов   |
| 11.1.3. Specification generation (consecutive adjustment of the emitter spectra and the receptor susceptibility characteristics) | 11.1.3. Генерация спецификации (последовательное выполнение регулировки спектров эмиттеров и характеристик восприимчивости рецепторов) |
| 11.2. Restrictions that the user can define:   | 11.2. Ограничения, которые могут быть введены пользователем:   |
| 11.2.1. Maximum amount of adjustment (frequency-dependent)   | 11.2.1. Максимальная величина регулировки (частотно-зависимая)   |
| 11.2.2. Avoid the adjustments in the working frequency bands   | 11.2.2. Не выполнять регулировки в рабочих полосах частот  |
| 12. Nonlinear behavior simulation of radio receivers   | 12. Нелинейное моделирование поведения радиоприемников   |
| 12.1. Application of the discrete nonlinear analysis (DNA) technique   | 12.1. Применение методики дискретного нелинейного анализа (ДНА)  |
| 12.2. Level of detail of signal spectrum representation: 4 millions samples or 300 Hz  | 12.2. Детальность представления спектров сигналов: 4 млн. отсчетов или 300 Гц  |

- |  |  |
|--|--|
| 12.3. Ability of import of electromagnetic environment (EME) measurement results collected by radio monitoring systems   | 12.3. Возможность импорта результатов измерений электромагнитной обстановки (ЭМО), полученных с помощью систем радиомониторинга                            |
| 12.4. Dynamic range of simulation: not less than 200 dB.   | 12.4. Динамический диапазон моделирования: не менее 200 дБ   |
| 12.5. Types of nonlinear effects taken into account: intermodulation, desensitization (blocking), cross-modulation, spurious responses, reciprocal mixing.           | 12.5. Типы учитываемых нелинейных эффектов: интермодуляция, блокирование, перекрестная модуляция, побочные каналы приема, преобразование шумов гетеродинов |
| 12.6. Polynomial models of nonlinear elements of receiver:   | 12.6. Полиномиальные модели нелинейных элементов приемника:  |
| 12.6.1. Hard limiter model (double-sided and one-sided)  | 12.6.1. Модель жесткого ограничителя (двухстороннего и одностороннего)   |
| 12.6.2. Exponential limiter model (double-sided and one-sided)   | 12.6.2. Модель экспоненциального ограничителя (двухстороннего и одностороннего)  |
| 12.6.3. Sine limiter model (double-sided and one-sided)  | 12.6.3. Модель синусоидального ограничителя (двухстороннего и одностороннего)  |
| 12.6.4. Arctangent limiter model (double-sided and one-sided)  | 12.6.4. Модель ограничителя типа "арктангенс" (двухстороннего и одностороннего)  |
| 12.6.5. Hyperbolic tangent limiter model (double-sided and one-sided)  | 12.6.5. Модель ограничителя типа "гиперболический тангенс" (двух- и одностороннего)  |
| 12.6.6. "Error function" limiter model (double-sided and one-sided)  | 12.6.6. Модель ограничителя типа "функция ошибок" (двух- и одностороннего)   |
| 12.6.7. "FET operational amplifier" limiter model (double-sided and one-sided)   | 12.6.7. Модель ограничителя типа "операционный усилитель на полевых транзисторах" (двух- и одностороннего)   |
| 12.6.8. User-defined polynomial model  | 12.6.8. Пользовательская полиномиальная модель   |
| 12.6.9. Model synthesized on the basis of the experimental data  | 12.6.9. Модель, синтезируемая на основе экспериментальных данных   |
| 12.7. Calculation of the following EMC criteria in any test point of receiver model: interference margin (interference-to-noise ratio), signal-to-interference ratio | 12.7. Расчет следующих критериев ЭМС в любой точке модели радиоприемника: энергетический запас помехи (отношение помеха-шум), отношение сигнал-помеха      |
| 12.8. Application of the dichotomous technique for identification (search) of sources of nonlinear interference  | 12.8. Применение дихотомической процедуры для идентификации (поиска) источников нелинейных помех   |