

ШАХРИЯР ШАЛИЛЕХ, аспирант, НТУУ «КПИ»

АНАЛИЗ РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫХ ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ ЭМИССИИ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАДИОИНФОРМАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

Наведено допустимі рівні електромагнітних завад за полем та кондуктивних. Виконано порівняльний аналіз цих рівнів та фактичних даних чутливості радіоінформаційної апаратури. Показано що ці дані істотно менші допустимих рівнів зазначених в регламентних документах. Це вказує на необхідність вичерпного опрацювання питань забезпечення ЕМС на початковій стадії проектування апаратури та застосуванні адекватних протизавадових засобів.

The acceptable levels of electromagnetic noise on the field and – conductive are given. A comparative analysis of these levels and actual of sensitivity radio information apparatus are performance. It is shown that these data are less acceptable levels standards documents. This point to careful consideration exercise of EMC at the initial stage of designing the equipment and the usage of adequate means of EMI suppressors.

Вступление

Актуальность проблемы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) в современных условиях интенсивного развития радиоинформационных средств с повышением их чувствительности – (восприимчивости – по отношению к помехам) [1] продолжает возрастать. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации в периодических изданиях, книгах [2-6], проведение международных конференций и симпозиумов, например, во Вроцлаве (Республика Польша) – EMC Europe – 2010 и в Харькове – I Всеукраинская научно-техническая конференция «ПАСЕБ-2010» на базе НИПКИ «Молния» (НТУ «ХПИ»).

Средства обеспечения ЭМС можно подразделить на две группы:

- административно-организационные,
- инженерные.

К первой группе относится, в частности, система международных (IEC, CISPR), региональных (EN), национальных, (ДСТУ, ГОСТ, ...) регламентирующих документов в области ЭМС – это стандарты, нормы, рекомендации, технические отчеты.

Проблема обеспечения ЭМС имеет два фактора: эмиссия и восприимчивость. Следовательно и стандарты сгруппированы по этим двум видам:

- стандарты, устанавливающие требования к испытаниям по восприимчивости (невосприимчивости), то есть связанные с чувствительностью аппаратуры (к сигналам) или восприимчивостью (к помехам); к ним относятся общие (родовые) [7, 8] и – на конкретные виды продукции;
- стандарты, регламентирующие процедуры, связанные с допустимыми уровнями эмиссии (кондуктивной – в основном, по несимметричному пути а также в окружающем пространстве – в ближней и дальней зонах к ним относятся общие (родовые) [9,10]) и – на конкретные виды продукции.

Цель настоящей работы

Сравнение допустимых уровней помех, указанных в регламентирующих документах и фактических данных чувствительности реальных устройств.

Подход к анализу

В документе [11] рекомендовано при решении задач обеспечения ЭМС составлять матрицу «источник помехи – рецептор помехи», выделив соответствующие группы оборудования, оказывающих влияние в аспектах обеспечения ЭМС рис. 1.

Группы оборудования		Виды оборудования	Свойства	Источники и рецепторы помех			
				A1A2A3A4A5	B1B2B3B4B5	C1C2C3C4	D1D2...
A	радиосвязи, радионавигации	A1-Оборудование ГМССБ, приемники	- очень воспр.				
		A2-Оборудование ГМССБ, передатчики	- созд. пом.				
		A3-Гирокомпас	- воспр.				
		A4-Система рулевого управления/автопилот	- воспр.				
		A5-Встроенные беспроводные системы связи	- воспр.				
B	производства и преобразования энергии	B1-Электрические машины	- невоспр.				
		B2-Электронные пускатели	- созд. пом.				
		B3-Преобразователи	- созд. пом.				
		B4-Трансформаторы	- невоспр.				
		B5-Осветительное оборудование	- невоспр.				
C	Оборудование, работающее с импульсной мощностью	C1-Радиолокаторы	- созд. пом.				
		C2-Гидролокаторы	- созд. пом.				
		C3-Оборудование с использованием эффекта Доплера	- созд. пом.				
		C4-Эхолоты	- созд. пом.				
D	...	...	...				

Рисунок 1 – Фрагмент матрицы «источник помехи – рецептор помехи» (ГМССБ – глобальная морская система связи при бедствии)

На предварительном этапе анализа целесообразно обобщенно рассмотреть допустимые уровни предполагаемых непреднамеренных помех, пути их распространенных и возможное негативное влияние на потенциальных рецепторов в соответствующих диапазонах частот.

Рассмотрим в качестве рецептора наиболее восприимчивую к радиопомехам аппаратуру группы А – радиосвязи и навигации, а в качестве непреднамеренного источника помехи оборудование группы В – энергогенераторы, преобразователи и другие источники электропитания, как наиболее распространенные источники радиопомех [12]. В документе [11] указаны также группы: С – оборудование с импульсным потреблением мощности, D – коммутационные, и управляющие системы, Е – оборудование внутренней связи и обработки сигналов, F – неэлектрические устройства и оборудование, G – интегрированные системы.

Качественно эти данные применительно к группам А и В иллюстрирует рис. 2.

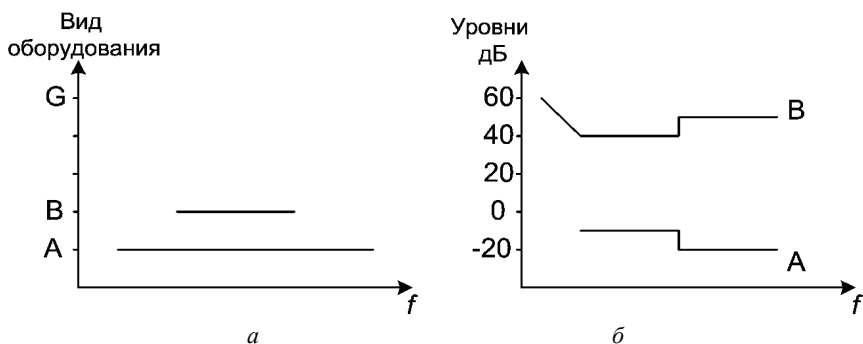


Рисунок 2 – Данные источника и рецептора помехи в нормируемых диапазонах частот: *а* – виды оборудования; *б* – уровни сигналов и помех (допустимые уровни эмиссии для В и данные чувствительности для А)

О значимости необходимости совершенствования нормативной базы в области ЭМС свидетельствует информация, приведенная в работе [13].

Сравнение регламентированных уровней помех и чувствительности

В стандарте [14] установлены для навигационного и радиоинформационного морского оборудования допустимые уровни эмиссии помех в окружающее пространство на расстоянии 3 м в полосах частот: от 150 кГц до 300 кГц – от 80 дБ до 52 дБ; от 300 кГц до 30 МГц – от 52 дБ до 34 дБ (спадание линейное в логарифмическом масштабе); от 30 МГц до 156 МГц – 54 дБ; от 156 МГц до 165 МГц – 24 дБ; от 165 МГц до 2 ГГц – 54 дБ (значения децибел – относительно 1 мкВ/м) и кондуктивных помех в полосах частот от 10 кГц до 150 кГц – от 96 дБ до 50 дБ – линейное спадание в логарифмическом масштабе; от 150 кГц до 350 кГц – от 60 дБ до 40 дБ – спадание аналогично; от 350 кГц до 30 МГц – 50 дБ (значения децибел – относительно 1 мкВ).

В связи с рассматриваемым в качестве источника непреднамеренных помех преобразователя электрической энергии обратимся также к данным о допустимых уровнях эмиссии, создаваемой источниками вторичного электропитания [15]. Эти уровни представлены на рис. 3 и рис. 4.

Следующий этап анализа состоит в выявлении полос частот и чувствительности (восприимчивости) радиоинформационной аппаратуры.

Данные о чувствительности к радиосигналам некоторых приемников приведены в табл.1 [11].

Результаты сравнения данных о допустимых уровнях помех в окружающем пространстве для измерения квазипиковым детектором (на расстоянии 3 м от непреднамеренного источника помехи) и чувствительности – в данном случае – восприимчивости представлены на рис. 3, где обозначены: кривые норм эмиссии от источников питания: α – для оборудования класса А (установлено в помещениях назначения коммерческого и легкой промышленности или в помещениях промышленного назначения, в которых оборудование не подключено к сетям общего пользования); β – для оборудования класса В (ус-

тановленного в жилых домах); ϵ – для морского оборудования [14,15]; позиции, отмеченные цифрами 1...8 соответствуют позициям 1...8 табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики радиооборудования по полю

№ ПП	Тип оборудования	Диапазон частот	Чувствительность мкВ/м (дБ)
1	Система навигации LORAN	90 – 110 кГц	20 (26)
2	Навигационное оборудование определения разностных поправок	285,5 – 315 кГц (315 – 325 кГц)	5 (14)
3	Радиотелеграфное СЧ-оборудование	415 – 535 кГц	50 (34)
4	Радиотелеграфное СЧ-оборудование	1605 – 3800 кГц	25 (28)
5	Радиотелеграфное и радиотелефонное ВЧ-оборудование	4 – 27,5 МГц	25 (28)
6	Система спутниковой связи «INMARSAT»	1525 МГц – 1544 МГц	0,03 (–30)
7	Система навигации NAVSTAR/GPS	$1575,42 \pm 1,023$ МГц	0,07 (–23)
8	Система навигации GLONASS	1602 – 1615 МГц	0,07 (–23)

Таким образом показано, что на расстоянии 3 метра допустимые уровни эмиссии в окружающем пространстве значительно превышают уровни восприимчивости радиоинформационной аппаратуры.

Вопрос о прохождении кондуктивных помех на вход чувствительной аппаратуры более сложный, так как они распространяются по симметричному и несимметричному путям [1] через источник вторичного питания от электрической сети или непосредственно от источника вторичного электропитания, который может сам быть источником непреднамеренных электромагнитных помех [12].

Уровень помехи, попадающей на вход, например, усилителя звуковой частоты можно определить по методике, изложенной в [16].

Данные о чувствительности некоторых радиоинформационных устройств по кондуктивным цепям приведены в табл. 2. [17 – 20].

На рис. 4 представлены допустимые уровни эмиссии в электрической сети (эквиваленте сети [1]) от источников электропитания для:

α , β – оборудования класса А; детекторы квазипиковый, средних значений, и соответственно,

γ , δ – оборудования класса В; детекторы квазипиковый и средних значений, соответственно, ϵ – морского и навигационного оборудования согласно [11,14]; позиции, отмеченные цифрами 1...8 соответствуют позициям 1...8 табл. 2.

Таблица 2 – Характеристики радиооборудования по кондуктивным цепям

№ ПП	Тип оборудования	Диапазон частот	Чувствительность мкВ (дБ)
1	УКВ - радиостанция SAILOR SP3300	155 – 163 МГц	0,5 (-6)
2	Приемник Navtex Furuno NX-700	518 кГц 490 кГц 4209,5 кГц	2 (6)
3	Радиостанция SAILOR System 5000 MF/HF	150 кГц – 30 МГц	SSB телефония: 0,7 (-3)
4	Переносная радиостанция Иком IC-M32	156,025 – 163,275 МГц	0,25 (-12)
5	Система судового телерадиовещания SCA-700	150 кГц – 30 МГц 45 МГц – 225 МГц 470 МГц – 850 МГц	40 (32) } 70 (37)
6	Линейная стационарная радиостанция ОРИОН РС-6	2,15; 2,13 МГц 151,725 – 155,975 МГц	3,0 (10) 0,4 (-8)
7	Стойка радиооборудования ОРИОН	146 – 174 МГц	0,3 (-10)
8	Стационарная радиостанция ОРИОН РСВ-7	33 – 48 МГц 57 – 57,5 МГц	0,3 (-10)

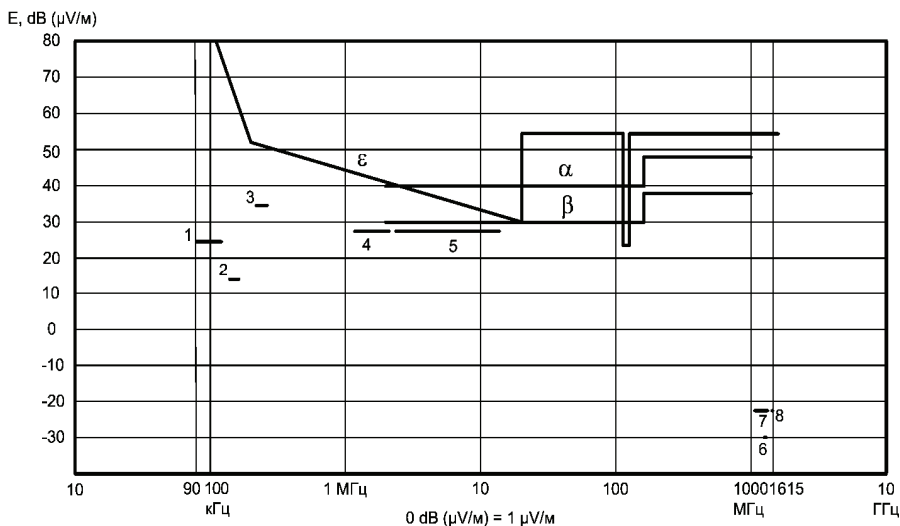


Рисунок 3 – Допустимые уровни помех в окружающем пространстве и данные чувствительности

Таким образом, как следует из приведенных данных, уровни допустимой нормативными документами кондуктивной эмиссии также превышают чувствительность радиоинформационной аппаратуры.

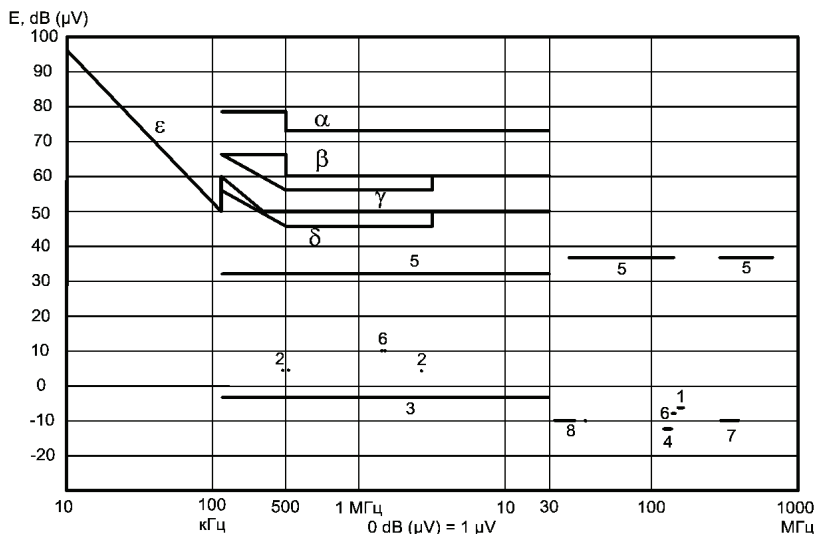


Рисунок 4 – Допустимые уровни помех в кондуктивных цепях и данные чувствительности

Выводы

На основе проведенного анализа показано, что несмотря на наличие ограничений, установленных нормативными документами на уровни эмиссии, проблема обеспечения ЭМС радиоинформационной аппаратуры и источников непреднамеренных электромагнитных помех не утрачивает актуальность и в современных условиях требует постоянного совершенствования: развития методов прогнозирования уровней электромагнитных помех для конкретных условий, рационального применения локальных помехоподавляющих средств – сетевых и информационных фильтров, экранирующих устройств и др.

Отметим так же, что в процессе принятия решения о выполнении условий обеспечения ЭМС необходимо учитывать определенный запас. Как показано в [21] он должен быть не менее 10 дБ.

Выражаю благодарность научному руководителю канд. техн. наук, проф. Пилинскому В. В. за помощь в подготовке данной работы.

Список литературы: 1. ДСТУ ІЕС 60050-161: 2003 Словник електротехнічних термінів. Глава 161. Електромагнітна сумісність (ІЕС 60050-161:1990, ІДТ) 2. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции / Т. Уильямс. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2003. – 540 с. 3. Уильямс Т. ЭМС для систем и установок / Т. Уильямс, К. Армстронг. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2004. – 508 с. 4. Кечев Л. Н. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2005 г. – 320 с. 5. Воршевский А. А. Электромагнитная совмести-

тимість судових технічних средств : учебник / *А. А. Воршевский, В. Е. Гальперин.* – СПб: 2006. – 316 с. **6.** *От Н. W.* Electromagnetic compatibility engineering / *От Н. W.* – 2009. – 843 p. **7.** ДСТУ IEC 61000-6-1: 2007 Електромагнітна сумісність (ЕМС). Частина 6-1. Родові стандарти. Несприйнятливість обладнання у житловому і торговому середовищах та у виробничих зонах з малим енергоспоживанням (IEC 61000-6-1:2005, IDT). **8.** ДСТУ IEC 61000-6-2: 2008 Електромагнітна сумісність (ЕМС). Частина 6-2. Родові стандарти. Несприйнятливість обладнання в промисловому середовищі (IEC 61000-6-2:2005, IDT). **9.** IEC 61000-6-3: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6. Generic standards – section 3: Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments. **10.** IEC 61000-6-4: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 4: Emission standard for industrial environments. **11.** IEC 60533: 1999 Electromagnetic compatibility (EMC). Electrical and electronic installations in ships. **12.** Подавление ЭМП в цепях электропитания / *Векслер Г. С., Недочетов В. С., Пилинский В. В., Родионова М. В., Темников В. А.* – К.: Техника, 1990. – 167 с. **13.** *Захаров И. П.* Нормативная база в области электромагнитной совместимости: состояние и перспективы развития / *Захаров И. П., Розвадовский А. Ф., Шевченко Н. С.* // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск «Техника и электрофизика высоких напряжений». – 2010. – № 34. – С. 52-62. **14.** ДСТУ IEC 60945: 2007 Електромагнітна сумісність (ЕМС). Оборудование и системы навигационные и радиокommunikационные морские. (IEC 60945: 2007, IDT). **15.** IEC 61204-3: 2000 Electromagnetic compatibility (EMC) Low-voltage Power Supplies, DC output. **16.** Проектирование транзисторных усилителей звуковых частот / *Безладнов Н. Л., Герценштейн Б. Я., Кожанов В. К.* : под ред. *Н. Л. Безладнова.* – М.: Связь, 1978. – 368 с. **17.** International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1997-1998. **18.** Оборудование для речных и морских судов // Каталог, 2004. – <http://www.mtcen.com>. **19.** Судовое оборудование Samsung Enc Co., Ltd. Каталог, 2003. – <http://www.rivreg.ru>. **20.** BAT Тернопільський радіозавод «ОПІОН». – <http://www.opion.te.ua>. **21.** TR CISPR 31: 2003 International Electrotechnical Commission. Database on the characteristics of radio services.

Поступила в редколлегию 08.04.2011.