МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC/TS 61000-1-2— 2015

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Часть 1-2

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методология достижения функциональной безопасности электрических и электронных систем, включая оборудование, в отношении электромагнитных помех

(IEC/TS 61000-1-2:2008, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Научно-испытательный центр «САМТЭС» и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного документа, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 22 июля 2015 г. № 78-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 августа 2015 г. № 1195-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC/TS 61000-1-2—2015 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2016 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC/TS 61000-1-2:2008 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 1-2. Общие положения. Методология достижения функциональной безопасности электрических и электронных систем, включая оборудование, в отношении электромагнитных помех» [«Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 1-2: General — Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena», IDT].

Международный документ IEC/TS 61000-1-2:2008, представляющий собой технические требования, подготовлен Техническим комитетом ТК 77 IEC «Электромагнитная совместимость». Он имеет статус основополагающей публикации в области безопасности в соответствии с Руководством IEC 107.

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов и документа соответствующие им межгосударственные и национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Июнь 2020 г.

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© IEC, 2008 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2016, 2020

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 2
3 Термины, определения и сокращения . . . 2
4 Общие положения . . . 6
5 Достижение функциональной безопасности . . . 7
5.1 Общие положения . . . 7
5.2 Жизненный цикл систем безопасности . . . 8
5.3 Полнота безопасности . . . 8
5.4 Последовательность шагов в области ЭМС для достижения функциональной безопасности . . . 10
5.5 Управление параметрами ЭМС для достижения функциональной безопасности . . . 10
6 Электромагнитная обстановка . . . 11
6.1 Общие положения . . . 11
6.2 Информация об электромагнитной обстановке . . . 12
6.3 Методы оценки электромагнитной обстановки . . . 13
6.4 Установление испытательных уровней и методов испытаний . . . 13
7 Аспекты ЭМС-процессов проектирования и интеграции . . . 15
7.1 Общие положения . . . 15
7.2 Аспекты ЭМС-систем . . . 15
7.3 Аспекты ЭМС-оборудования . . . 17
8 Верификация/подтверждение устойчивости к электромагнитным помехам для функциональной безопасности . . . 18
8.1 Процессы верификации и подтверждения . . . 18
8.2 Верификация . . . 19
8.3 Подтверждение . . . 20
8.4 Критерии качества функционирования . . . 20
9 Испытания в области ЭМС в отношении функциональной безопасности . . . 22
9.1 Виды электромагнитных испытаний и электромагнитные испытательные уровни в целях функциональной безопасности . . . 22
9.2 Определение методов испытаний в отношении функциональной безопасности . . . 23
9.3 Рассмотрение методов и процедур испытаний в отношении способности исключить систематические отказы . . . 24
9.4 Неопределенность испытаний . . . 26
10 Документация . . . 27
Приложение А (справочное) Примеры уровней электромагнитных помех . . . 28
Приложение В (справочное) Меры и методы достижения функциональной безопасности в отношении электромагнитных помех . . . 34
Приложение С (справочное) Информация, касающаяся критериев качества функционирования . . . 53
Приложение D (справочное) Соображения о взаимосвязи системы, связанной с безопасностью, оборудования и изделий, и их спецификаций . . . 57
Приложение Е (справочное) Соображения об электромагнитном явлении и уровне полноты безопасности . . . 60
Приложение F (справочное) Планирование ЭМС в целях безопасности . . . 63
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов и документов межгосударственным и национальным стандартам . . . 65
Библиография . . . 66

Введение

Стандарты серии IEC 61000 публикуются отдельными частями в соответствии со следующей структурой:

- Часть 1. Общие положения: общее рассмотрение (введение, фундаментальные принципы), определения, терминология;
- Часть 2. Электромагнитная обстановка: описание электромагнитной обстановки, классификация электромагнитной обстановки, уровни электромагнитной совместимости;
- Часть 3. Нормы: нормы электромагнитной эмиссии, нормы помехоустойчивости (в тех случаях, когда они не являются предметом рассмотрения техническими комитетами, разрабатывающими стандарты на продукцию);
- Часть 4. Методы испытаний и измерений: методы измерений, методы испытаний;
- Часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению: руководства по установке, методы и устройства помехоподавления;
- Часть 6. Общие стандарты;
- Часть 9. Разное.

Каждая часть далее подразделяется на несколько частей, которые могут быть опубликованы в качестве международных стандартов, технических требований или технических отчетов; некоторые из них были уже опубликованы как разделы. Другие будут опубликованы с указанием номера части, за которым следует дефис, а затем номер раздела (например, IEC 61000-3-11).

Настоящее второе издание IEC/TS 61000-1-2:2008 заменяет и отменяет первое издание, опубликованное в 2001 г., и является техническим пересмотром.

Основные технические изменения по отношению к предыдущему изданию следующие:

- для систем, связанных с безопасностью, которые используют электрические/электронные/программируемые электронные технологии, технические данные, определения, терминология и текст настоящего второго издания приведены в соответствии с IEC 61508;
- требования и методологии оценки риска были исключены из этого документа, чтобы не дублировать и не входить в противоречие с IEC 61508;
- в настоящее время устанавливаются четкие различия между полными системами, связанными с безопасностью и образцами оборудования, которые могут быть использованы в таких системах, а также уточняется их применение различными конечными пользователями;
- настоящие технические требования в основном описывают соответствующие методы проектирования и их верификацию и подтверждение;
- методология оценки и определения электромагнитных обстановок была расширена;
- принимается во внимание сочетание электромагнитных и физических/климатических воздействий.

Отдельные соображения для IEC/TS 61000-1-2:2008

Функция электрической или электронной системы не должна быть подвержена такому влиянию внешних воздействий, которое может привести к недопустимому риску причинения ущерба пользователям, другим лицам, животным или собственности. Полный анализ безопасности должен учитывать различные факторы климатического, механического и электрического характера, а также разумно предсказуемое неправильное использование. Электромагнитные помехи являются неотъемлемой частью большинства обстановок и поэтому должны быть учтены при таком анализе.

Цель настоящего документа — обеспечить руководство, относящееся к достижению функциональной безопасности электрических или электронных систем, подвергающихся воздействию электромагнитных помех.

В отношении согласования с публикациями IEC настоящий документ использует, насколько это приемлемо, соответствующие действующие основополагающие стандарты IEC. В нем учтены работы Подкомитета ТК 65А, связанные с понятиями функциональной безопасности стандартов серии IEC 61508, и Технического комитета 77, его подкомитетов и CISPR (Специальный международный комитет по радиопомехам), связанные с электромагнитными обстановками. Для детализации указанных вопросов следует использовать ссылки на стандарты этих технических комитетов.

IEC 61508 имеет статус основополагающей публикации в области безопасности; ее объектом стандартизации является функциональная безопасность электрических/электронных/программиру-

емых электронных (Э/Э/ПЭ) систем, связанных с безопасностью. Он устанавливает всеобъемлющие требования для достижения функциональной безопасности. Достаточная устойчивость к электромагнитному влиянию является одним из этих требований. Однако область применения IEC 61508 ограничена системами, выполняющими функции безопасности, для которых установлены требования к полноте безопасности, оцениваемые в пределах уровня полноты безопасности (SIL) от SIL 1 до SIL 4, и для которых не регламентируются детальные требования, относящиеся к электромагнитной устойчивости.

Настоящая часть IEC 61000-1 представляет собой руководство для достижения адекватной помехоустойчивости систем, связанных с безопасностью, и оборудования, которое предназначено для использования в системах, связанных с безопасностью.

Концепция IEC 61508 основана на модели жизненного цикла систем безопасности (см. рисунок 1). Концепция включает в себя действия, относящиеся к применению оборудования, и действия, относящиеся к проектированию оборудования. Действия, относящиеся к применению, проводятся на стадиях, как предшествующих, так и следующих за стадиями проектирования оборудования. Интерфейс между ранними стадиями, относящимися к применению оборудования, и стадиями, относящимися к проектированию, представляет собой спецификацию требований к безопасности (SRS) (см. таблицу 1). Она устанавливает все соответствующие требования к применению (применениям) по назначению:

a) определение функции (функций), связанных с безопасностью, основанное на оценке риска при применении (применениях) по назначению [для функции (функций), которые могут вызвать опасность в случае отказа];

b) выбор соответствующего уровня полноты безопасности (требуемого), основанный на оценке риска при применении (применениях) по назначению;

c) определение обстановки, в которой система будет функционировать.

Система, связанная с безопасностью, предназначенная для выполнения установленной функции (функций), должна удовлетворять спецификации требований к безопасности (SRS). Оборудование, предназначенное для использования в этой системе, должно удовлетворять соответствующим требованиям, выведенным из спецификации требований к безопасности (SRS).

Таблица 1 — Спецификация требований к безопасности, интерфейсы и ответственности в соответствии с IEC 61508

Функциональная безопасность	
Система, связанная с безопасностью (IEC 61508)	
Применение (системный уровень)	Спецификация требований к безопасности (SRS): a) определение функции, связанной с безопасностью, основанное на оценке риска при применении по назначению (IEC 61508) (для функции, которая может вызвать опасность в случае отказа); b) выбор соответствующего уровня полноты безопасности (требуемого), основанный на оценке риска при применении по назначению (IEC 61508); c) определение обстановки, в которой система будет работать (IEC 61508, IEC 61000-1-2, IEC 61000-2-5)
Э/Э/ПЭ оборудование, предназначенное для использования в системе, связанной с безопасностью	Изготовитель оборудования должен выполнить соответствующие требования спецификации требований к безопасности (SRS). Это включает в себя: гарантирование наличия уверенности в том, что воздействие электромагнитных помех не приведет к опасным систематическим отказам (способность исключить систематические отказы, связанные с электромагнитными помехами); представление доказательства того, что были применены соответствующие методы и технические приемы

Примечание 1 — На рисунке показан упрощенный обзор взаимосвязи между IEC 61508 и IEC 61000-1-2. Следует отметить, что детальный анализ вопросов ЭМС может быть необходимым на стадиях жизненного цикла, отличных от тех, на которые распространяется IEC 61000-1-2. Например, для гарантирования продолжения функционирования системы, связанной с безопасностью, может потребоваться деятельность по обеспечению характеристик ЭМС при техническом обслуживании в течение стадии применения оборудования.

Примечание 2 — Верификация на рисунке не указана, но она уместна для всех стадий жизненного цикла.

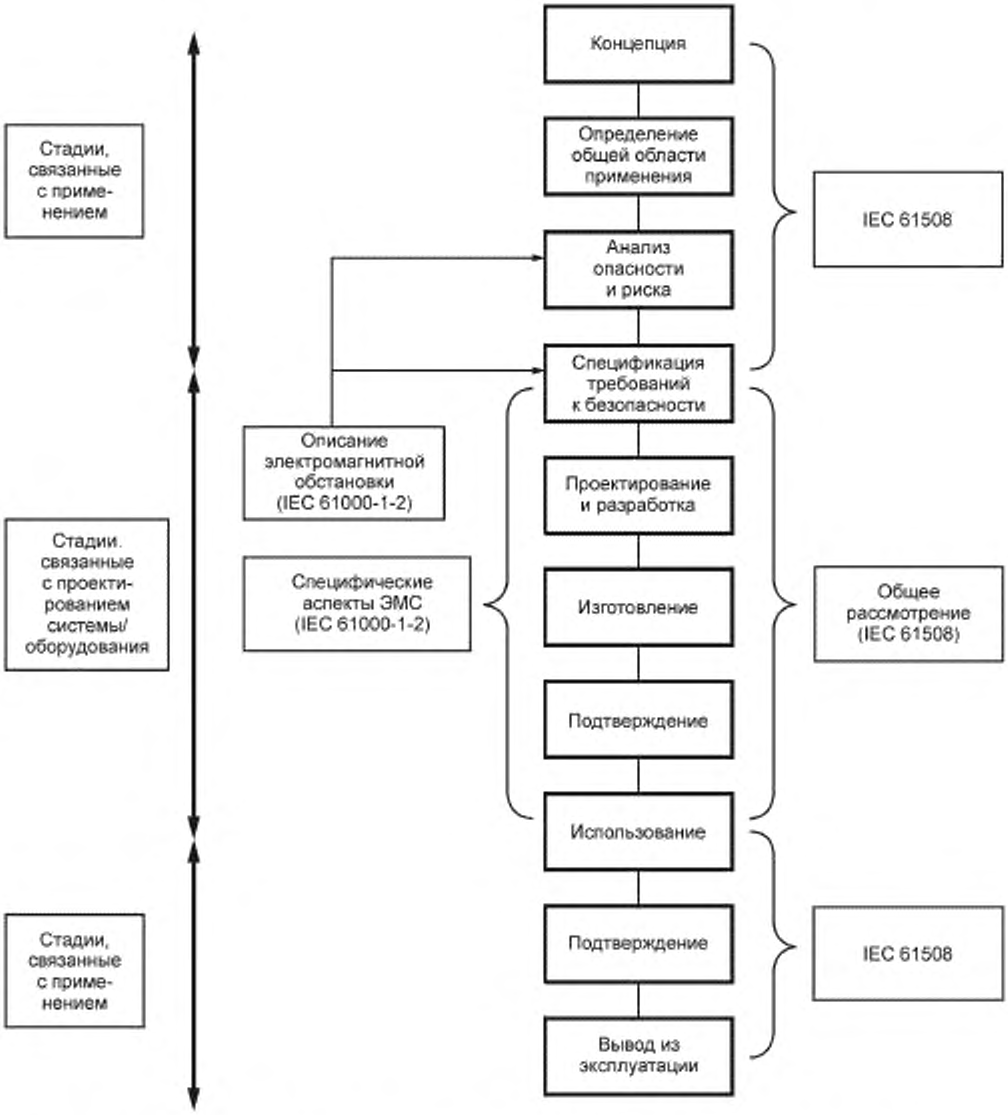


Рисунок 1 — Связь между IEC 61000-1-2 и упрощенным жизненным циклом системы безопасности в соответствии с IEC 61508

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Часть 1-2

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Методология достижения функциональной безопасности электрических и электронных систем, включая оборудование, в отношении электромагнитных помех

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 1-2. General. Methodology for the achievement of functional safety of electrical and electronic systems including equipment with regard to electromagnetic phenomena

Дата введения — 2016—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методологию достижения функциональной безопасности электрических и электронных систем и установок, установленных и используемых при рабочих условиях, только в отношении электромагнитных явлений. Эта методология включает в себя влияние электромагнитных явлений на оборудование, используемое в таких системах и установках.

Настоящий стандарт:

a) применяется к системам, связанным с безопасностью, включающим в себя электрическое/электронное/программируемое электронное оборудование;

b) рассматривает влияние электромагнитной обстановки на системы, связанные с безопасностью; он предназначен для разработчиков, производителей и монтажников систем, связанных с безопасностью, и может использоваться техническими комитетами IEC в качестве руководства;

c) не касается непосредственных опасностей электромагнитных полей для живых организмов, а также не касается безопасности, связанной с разрушением изоляции или других механизмов, вследствие чего человек может подвергнуться опасному воздействию электрического тока.

Стандарт в основном охватывает аспекты ЭМС на стадии проектирования систем, связанных с безопасностью, и оборудования, используемого в них, и в частности имеет отношение:

- к некоторым основным понятиям в области функциональной безопасности;
- различным конкретным шагам в области ЭМС для достижения и управления функциональной безопасностью;
- описанию и оценке электромагнитной обстановки;
- аспектам ЭМС процессов проектирования и интеграции с учетом процесса планирования ЭМС для обеспечения безопасности на системном уровне, а также на уровне оборудования;
- процессам подтверждения и верификации в области устойчивости к электромагнитным помехам;
- критериям качества функционирования и некоторым соображениям, касающимся основных принципов проведения испытаний систем, связанных с безопасностью, и оборудования, используемого в них;
- аспектам, связанным с испытаниями на устойчивость к электромагнитным помехам систем, связанных с безопасностью, и оборудования, используемого в этих системах.

Настоящий стандарт применим к системам, связанным с безопасностью, соответствующим требованиям IEC 61508, и/или связанным с IEC 61508 по конкретным разделам функциональных стандартов безопасности.

Для систем, связанных с безопасностью, относящихся к области применения других функциональных стандартов безопасности, должны быть установлены соображения исходя из требований настоящего стандарта, в целях определения соответствующих мер, принимаемых по отношению к электромагнитной совместимости и функциональной безопасности.

Издание официальное

Настоящий стандарт также может быть использован в качестве руководства для рассмотрения требований по ЭМС для других систем, непосредственно связанных с безопасностью.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты и документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта и документов, для недатированных — последнее издание (включая все изменения).

IEC 60050-161, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 161: Electromagnetic compatibility [Международный электротехнический словарь (МЭС). Глава 161. Электромагнитная совместимость]

IEC 61000-2-5, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-5: Environment — Classification of electromagnetic environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-5. Электромагнитная обстановка. Классификация электромагнитных обстановок]

IEC 61000-2-13, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-13: Environment — High power electromagnetic (HPEM) environments — Radiated and conducted [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-13. Электромагнитная обстановка. Электромагнитные обстановки высокой мощности. Излучаемые и кондуктивные обстановки]

IEC 61000-4 (all parts), Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4: Testing and measurement techniques [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4. Методы испытаний и измерений (все части)]

IEC 61000-4-1[1)], Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-1: Testing and measurement techniques — Overview of IEC 61000-4 series [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-1. Методы испытаний и измерений. Обзор стандартов серии IEC 61000-4]

IEC 61508 (all parts), Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems [Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью (все части)]

IEC 61508-1[2)], Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 1: General requirements (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 1. Общие требования)

IEC 61508-2[3)], Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 2. Требования к электрическим/электронным/программируемым электронным системам, связанным с безопасностью)

IEC 61508-4[4)], Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 4: Definitions and abbreviations (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 4. Определения и сокращения)

IEC Guide 104:1997[5)], The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications (Подготовка публикаций по безопасности и использование основополагающих публикаций и групповых публикаций по безопасности)

3 Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте применены термины и определения, приведенные в IEC 60050-161, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **ухудшение (качества функционирования)** [degradation (of performance)]: Нежелательное отклонение рабочих характеристик любого устройства, оборудования или системы от требуемых.

Примечание — Термин «ухудшение» допускается применять к временному или постоянному отказу.

[IEV 161-01-19]

[1)] Заменен на IEC/TR 61000-4-1:2016.

[2)] Заменен на IEC 61508-1:2010.

[3)] Заменен на IEC 61508-2:2010.

[4)] Заменен на IEC 61508-4:2010.

[5)] Заменен на IEC Guide 104:2019.

3.2 **электрический/электронный/программируемый электронный; Э/Э/ПЭ** (electrical/electronic/programmable electronic; E/E/PE): Основанный на электрической и/или электронной, и/или программируемой электронной технологии.

Примечание — Данный термин предназначен для того, чтобы охватить любые и все устройства или системы, действующие на электрических принципах.

Пример — Электрические/электронные/программируемые электронные устройства включают в себя:

- электромеханические устройства (электрические);

- твердотельные непрограммируемые электронные устройства (электронные);

- электронные устройства на основе компьютерной технологии (программируемые электронные).

[IEC 61508-4]

3.3 **электромагнитная совместимость; ЭМС** (electromagnetic compatibility; EMC): Способность оборудования или системы удовлетворительно функционировать в заданной электромагнитной обстановке, не создавая недопустимых электромагнитных помех другому оборудованию или другим системам в этой обстановке.

[IEV 161-01-07]

3.4 **уровень электромагнитной совместимости** (electromagnetic compatibility level): Регламентированный уровень электромагнитной помехи, используемый в качестве опорного в целях координации при установлении норм электромагнитной эмиссии и устойчивости к электромагнитной помехе.

Примечание 1 — Обычно уровень электромагнитной совместимости выбирается так, чтобы уровень реальной электромагнитной помехи мог превысить его лишь с малой вероятностью. Однако электромагнитная совместимость достигается только в случае, если уровни электромагнитной эмиссии и устойчивости к электромагнитной помехе контролируются таким образом, чтобы для каждого места уровень электромагнитной помехи, возникший в результате совместной эмиссии всех источников, был ниже, чем уровень помехоустойчивости каждого устройства, оборудования и системы, расположенных в том же месте.

Примечание 2 — Уровень электромагнитной совместимости может зависеть от электромагнитного явления, времени или места размещения.

[IEV 161-03-10]

3.5 **электромагнитная помеха** (electromagnetic disturbance): Любое электромагнитное явление, которое может ухудшить работу устройства, оборудования или системы, или неблагоприятно повлиять на живую или неживую материю.

Примечание — Электромагнитная помеха может быть электромагнитным шумом, нежелательным сигналом или изменением в самой среде распространения.

[IEV 161-01-05]

3.6 **электромагнитная обстановка** (electromagnetic environment): Совокупность электромагнитных явлений, существующих в данном месте.

[IEV 161-01-01]

3.7 **влияние электромагнитной помехи** (electromagnetic interference; EMI): Ухудшение качества функционирования оборудования, канала передачи или системы, вызванное электромагнитной помехой.

Примечание — Электромагнитная помеха и влияние электромагнитной помехи являются причиной и следствием соответственно.

[IEV 161-01-06]

3.8 **оборудование** (equipment): Часть системы.

Примечание — Термин «оборудование», используемый в настоящем стандарте, является обобщенным термином, который относится к обширному множеству возможных подсистем, модулей, устройств и других сочетаний продукции. Термин не относится к людям.

3.9 **управляемое оборудование; EUC** (equipment under control; EUC): Оборудование, машины, аппараты или установки, используемые для производства, обработки, транспортирования, в медицине или в иных процессах.

3.10 **спецификация требований к оборудованию; ERS** (equipment requirements specification; ERS): Спецификация оборудования, включающая в себя требования, связанные с безопасностью только в отношении электромагнитных явлений.

Примечание — Спецификация требований к оборудованию (ERS) разрабатывается для каждого образца оборудования, входящего в систему, связанную с безопасностью. В каждую ERS входит спецификация функционирования в отношении электромагнитных явлений, основанная на максимальных характеристиках электромагнитной обстановки, ожидаемых в течение всего жизненного цикла этого образца оборудования.

3.11 **отказ** (failure): Прекращение способности функционального блока выполнять необходимую функцию.

Примечание 1 — Определение в МЭС 191-04-01 является идентичным с дополнительными комментариями.

Примечание 2 — Для получения дополнительной информации см. IEC 61508-4.

Примечание 3 — Характеристики требуемых функций неизбежно исключают определенные режимы оборудования, и некоторые функции могут быть определены путем описания режимов, которых следует избегать. Возникновение таких режимов представляет собой отказ.

Примечание 4 — Отказы являются либо случайными (в аппаратуре), либо систематическими (в аппаратуре или программном обеспечении).

[ISO/IEC 2382-14-04-11, модифицировано] [IEC 61508-4]

3.12 **сбой** (fault): Ненормальный режим, который может вызвать уменьшение или потерю способности функционального блока выполнять требуемую функцию.

Примечание — IEV 191-05-01 определяет «сбой» как состояние, характеризуемое неспособностью выполнить необходимую функцию, исключая неспособности, возникающие во время профилактического ухода или других плановых мероприятий либо в результате недостатка внешних ресурсов.

[ISO/IEC 2382-14-04-06, модифицировано]

3.13 **функциональная безопасность** (functional safety): Часть общей безопасности, которая относится к EUC и системам управления EUC и зависит от правильности функционирования Э/Э/ПЭ систем, связанных с безопасностью, систем обеспечения безопасности, основанных на других технологиях, и внешних средств уменьшения риска.

[IEC 61508-4]

Примечание — В контексте настоящего стандарта функциональная безопасность является той частью общей безопасности, которая связана с электромагнитной обстановкой, в которой функционирует система, связанная с безопасностью.

3.14 **установка** (installation): Сочетание оборудования, компонентов и систем в сборе и/или установленных по отдельности в заданном месте; во многих случаях по физическим причинам (например, из-за больших расстояний между единицами) не представляется возможным испытать установку как единое целое.

3.15 **планирование ЭМС** (EMC planning): Инженерный метод, в соответствии с которым аспекты ЭМС проекта систематически рассматриваются и изучаются в целях достижения ЭМС; все мероприятия, связанные с этим, описаны в плане ЭМС.

3.16 **планирование ЭМС в целях безопасности** (EMC safety planning): Планирование ЭМС, учитывающее, в том числе, аспекты функциональной безопасности.

3.17 **полнота безопасности** (safety integrity): Вероятность того, что система, связанная с безопасностью, будет удовлетворительно выполнять требуемые функции безопасности при всех заданных условиях в течение заданного периода времени.

[IEC 61508-4, модифицировано]

3.18 **уровень полноты безопасности; SIL** (safety integrity level; SIL): Дискретный уровень (один из четырех возможных) для определения требований к полноте безопасности функций безопасности, который ставится в соответствие Э/Э/ПЭ системам, связанным с безопасностью; уровень полноты безопасности, равный 4, характеризует наибольшую полноту безопасности, уровень, равный 1, отвечает наименьшей полноте безопасности.

Примечание — Меры целевых отказов для четырех уровней полноты безопасности указаны в таблицах 2 и 3 IEC 61508-1.

[IEC 61508-4]

3.19 **система, связанная с безопасностью** (safety-related system): Определенная система, объединяющая в себе следующее:

- требуемые функции безопасности, необходимые для достижения или поддержания безопасного состояния EUC; и

- достижение самими системами или в совокупности с другими Э/Э/ПЭ системами, связанными с безопасностью, системами обеспечения безопасности, основанными на других технологиях, или внешними средствами снижения риска, необходимого уровня полноты безопасности для требуемых функций безопасности.

Примечание 1 — Система, связанная с безопасностью, включает в себя все аппаратные средства, программное обеспечение, операторов и дополнительные средства (например, источники питания), необходимые для выполнения установленной функции безопасности [датчики, другие устройства ввода, конечные элементы (приводы) и другие устройства вывода, включенные в систему, связанную с безопасностью].

Примечание 2 — Для получения дополнительной информации см. IEC 61508-4.

[IEC 61508-4, модифицировано]

3.20 **спецификация требований к безопасности; SRS** (safety requirements specification; SRS): Спецификация, содержащая для каждой функции безопасности требования к функции безопасности [задаче (задачам), выполняемой функцией] и требования к полноте безопасности (вероятности того, что функция безопасности будет выполняться удовлетворительно), которые должны быть выполнены системой, связанной с безопасностью.

3.21 **система** (system): Набор оборудования и/или активных компонентов, составляющих единый функциональный блок, предназначенный для установки и выполнения конкретной задачи (задач).

Примечание — Системы, связанные с безопасностью, — это особым образом сконструированное оборудование, объединяющее в себе следующее:

- требуемые функции безопасности, необходимые для достижения или поддержания безопасного состояния EUC; и

- достижение самими системами или в совокупности с другим оборудованием, связанным с безопасностью или внешними средствами снижения риска, необходимой полноты безопасности для требуемых функций безопасности.

[IEC 61508-4]

3.22 **электрическая/электронная/программируемая электронная система; Э/Э/ПЭ система** (electrical/electronic/programmable electronic system; E/E/PE system): Система для управления, защиты или мониторинга, основанная на использовании одного или нескольких электрических/электронных программируемых электронных (Э/Э/ПЭ) устройств, в том числе всех элементов системы, таких как источники питания, датчики и другие устройства ввода, магистрали данных и другие коммуникационные магистрали, приводы и другие устройства вывода.

[IEC 61508-4]

3.23 **способность исключить систематические отказы** (systematic capability): Мера уверенности (выражается по шкале от 1 до 4) в том, что оборудование не будет подвержено отказам в связи с соответствующими механизмами системного отказа (см. примечание 2), если оборудование используется в соответствии с инструкциями, указанными в его руководстве по безопасности.

Примечание 1 — Способность исключить систематические отказы определяется с учетом требований по предотвращению и управлению системными отказами (см. IEC 61508-2 и IEC 61508-3). Настоящий стандарт устанавливает требования к способности исключить систематические отказы в случае, когда они связаны с электромагнитными помехами.

Примечание 2 — Определение соответствующего механизма системного отказа зависит от природы элемента. Например, для элемента, содержащего исключительно программное обеспечение, будут рассматриваться только механизмы отказа программного обеспечения. Для элемента, содержащего аппаратные средства и программное обеспечение, необходимо будет рассмотреть как аппаратные, так и программные системные механизмы отказа.

Примечание 3 — Настоящий стандарт определяет только то, что должно быть сделано, чтобы достичь уровня способности исключить систематические отказы для единицы Э/Э/ПЭ оборудования, в той мере, в которой это связано с электромагнитными помехами.

3.24 **испытание** (testing): Эмпирическая демонстрация соответствия реализованного решения его спецификации.

3.25 **подтверждение соответствия** (validation): Подтверждение соответствия требованиям путем испытаний и представления объективных свидетельств выполнения конкретных требований к предусмотренному использованию по назначению.

Примечание 1 — Адаптировано из ISO 8402 путем исключения примечаний.

Примечание 2 — Подтверждение соответствия представляет собой деятельность, демонстрирующую, что система, связанная с безопасностью, в стадии рассмотрения, до или после установки удовлетворяет во всех отношениях спецификации требований к безопасности для этой системы, связанной с безопасностью.

[IEC 61508-4]

3.26 **верификация** (verification): Подтверждение выполнения требований путем исследования и сбора объективных свидетельств.

Примечание 1 — Адаптировано из ISO 8402 путем исключения примечаний.

Примечание 2 — В контексте настоящего стандарта верификация — это деятельность, демонстрирующая для каждой стадии соответствующего жизненного цикла с помощью анализа и/или испытаний, что при определенных начальных условиях компоненты соответствуют во всех отношениях целям и требованиям, установленным для этой стадии.

Пример — Процесс верификации включает в себя:

- просмотр выходных данных (документов, относящихся ко всем стадиям жизненного цикла систем безопасности) для того, чтобы убедиться в соответствии задачам и требованиям соответствующей стадии, с учетом конкретных входных данных для этой стадии;

- просмотр проектов;

- испытания разрабатываемой продукции, проведенные для того, чтобы убедиться, что она функционирует в соответствии с ее спецификацией;

- проверка интеграции, реализуемая для всех систем, образующихся покомпонентным добавлением к исходной системе, в процессе проведения испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам, для того чтобы убедиться, что все части работают вместе в соответствии с установленными требованиями.

[IEC 61508-4]

3.27 **излучаемые воздействия большой мощности** (radiated HPEM environment): Электромагнитные поля большой мощности с максимальными уровнями напряженности электрического поля, как правило, превышающими 100 В/м.

[IEC 61000-2-13]

3.28 **кондуктивные воздействия большой мощности** (conducted HPEM environment): Электромагнитные токи и напряжения, создаваемые источником большой мощности, которые инжектируются в кабели и провода непосредственно или с использованием механизмов связи с уровнями напряжения, обычно превышающими 1 кВ.

[IEC 61000-2-13]

4 Общие положения

Электромагнитные помехи могут влиять на качество функционирования оборудования и на функциональную безопасность систем.

Целями настоящего стандарта в отношении ЭМС и функциональной безопасности являются рассмотрение возможных эффектов воздействия электромагнитных помех на системы, связанные с безопасностью, и установление требований к соответствующим стадиям жизненного цикла системы, связанной с безопасностью, для достижения способности исключить систематические отказы за счет электромагнитных аспектов, как установлено в спецификации требований к безопасности (SRS).

Правильная работа системы, связанной с безопасностью, зависит от нескольких факторов. Стандарты серии IEC 61508 содержат общие утверждения для систем, связанных с безопасностью. Конкретные аспекты, относящиеся к электромагнитным помехам, рассматриваются в настоящем стандарте.

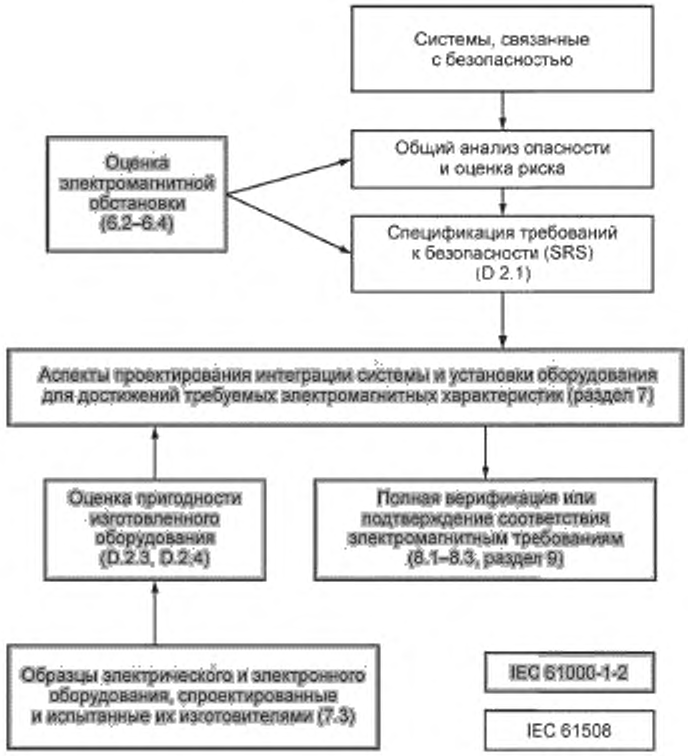
Эти аспекты включают в себя:

- электромагнитную обстановку (см. раздел 6):
    - информацию об оценке окружающей обстановки,
    - установление испытательных уровней и методов испытаний,
    - соображения по электромагнитным помехам и уровням полноты безопасности;
- аспекты ЭМС в процессе проектирования и интеграционных процессов (см. раздел 7):
    - уровень системы,
    - уровень оборудования;

- верификацию/подтверждение помехоустойчивости в целях достижения функциональной безопасности (см. раздел 8):
  - процессы верификации и подтверждения,
  - критерии качества функционирования и основные принципы проведения испытаний;
- испытания на помехоустойчивость в отношении функциональной безопасности (см. раздел 9):
  - соображения по методам испытаний и испытательным уровням,
  - соображения по испытаниям на помехоустойчивость в отношении способности исключить систематические отказы.

Рисунок 2 показывает взаимную связь между этими аспектами, а также аспектами, относящимися к IEC 61508.

Хотя спецификация требований к безопасности (SRS) прежде всего является одним из аспектов IEC 61508, в ней должны быть рассмотрены итоги оценки электромагнитной обстановки, в которой система, связанная с безопасностью, будет функционировать в соответствии с назначением.



Примечание — Ссылки приведены на определенные структурные элементы настоящего стандарта.

Рисунок 2 — Основной подход к достижению функциональной безопасности исключительно в отношении электромагнитных явлений

5 Достижение функциональной безопасности

5.1 Общие положения

Достижение функциональной безопасности представляет собой процесс, который содержит как техническую, так и управленческую составляющие. Прежде всего этот процесс требует понимания некоторых основных терминов и понятий в сфере функциональной безопасности, таких как:

- жизненный цикл систем безопасности: необходимые действия, связанные с внедрением систем, связанных с безопасностью, проходящие в течение определенного периода времени, который начинается со стадии разработки концепции и заканчивается, когда система, связанная с безопасностью, больше не может быть использована (см. 5.2);

- полнота безопасности: вероятность того, что система, связанная с безопасностью, удовлетворительно выполняет требуемые функции безопасности в заданных условиях в течение заданного периода времени (см. 5.3).

Примечание — IEC 61000-1-2 не касается всех стадий полного жизненного цикла (см. также рисунок 1).

Принимая во внимание эти основные термины и понятия, в 5.4 приведены рекомендации по тем шагам достижения функциональной безопасности, которые связаны с воздействием электромагнитных помех. Соответствующие процедуры на уровне управления описаны в 5.5.

5.2 Жизненный цикл систем безопасности

Общий жизненный цикл, относящийся к функциональной безопасности Э/Э/ПЭ систем, связанных с безопасностью, определен в IEC 61508, как показано на рисунке 1. Жизненный цикл начинается со стадии разработки концепции с последующим определением области применения и анализа опасности и риска. Анализ опасности и риска и рассмотрение полных требований безопасности приводят к установлению требований к системе, связанной с безопасностью. Эти фазы жизненного цикла относятся к области применения стандартов серии IEC 61508.

Спецификация требований к безопасности (SRS) является переходом к описанию Э/Э/ПЭ системы, связанной с безопасностью. Для Э/Э/ПЭ систем, связанных с безопасностью, спецификация требований к безопасности (SRS) относится к области применения стандартов серии IEC 61508, а также частично к области применения IEC 61000-1-2 для описания электромагнитной обстановки.

В целом процесс проектирования и необходимые конструктивные особенности для достижения функциональной безопасности Э/Э/ПЭ систем, связанных с безопасностью, определены в стандартах серии IEC 61508. Это включает в себя требования к конструктивным особенностям, обеспечивающие совместимость системы с электромагнитными помехами.

Стадии разработки, внедрения, проверки, ввода в эксплуатацию и модификации Э/Э/ПЭ систем, связанных с безопасностью, относятся к области применения IEC 61508 и IEC 61000-1-2. Стандарты серии IEC 61508 включают в себя все аспекты, имеющие отношение к функциональной безопасности, а IEC 61000-1-2 относится к аспектам, связанным с электромагнитными помехами.

Использование, техническое обслуживание и вывод из эксплуатации Э/Э/ПЭ систем, связанных с безопасностью, относятся к области применения стандартов серии IEC 61508.

Для Э/Э/ПЭ оборудования, используемого в системах безопасности, относящегося к области применения стандартов серии IEC 61508, подход к решению вопросов, связанных с электромагнитными помехами, отличается от используемого для систем, связанных с безопасностью.

Важным фактором для оборудования является его заданное «поведение». Под этим понимается состояние/условие функционирования оборудования и/или его восстановления при возникновении сбоя. Такое поведение должно быть указано производителем оборудования. Например, таким указанием может быть просто заявление о том, что оборудование будет вырабатывать определенный выходной сигнал при обнаружении сбоя оборудования.

Это установленное поведение оборудования рассматривается применительно к нескольким стадиям жизненного цикла оборудования. Они включают в себя стадии концепции, общего планирования, проектирования и разработки, интеграции, эксплуатации и технического обслуживания, подтверждения соответствия и модификации. Стадии анализа опасности и риска, общих требований безопасности и распределения требований безопасности на уровне оборудования не применяются.

5.3 Полнота безопасности

Спецификация требований к безопасности (SRS) содержит два типа требований:

- требования к функциям безопасности (что требуется от системы, связанной с безопасностью);

- требования к полноте безопасности (требуемая вероятность удовлетворительного выполнения каждой функции безопасности).

IEC 61508 вводит понятие уровня полноты безопасности (SIL). Это дискретный уровень (один из четырех возможных), который соответствует диапазону значений полноты безопасности и выражается либо в виде частоты опасных отказов в час или средней вероятности опасного отказа по требованию, где SIL 4 имеет самый высокий уровень полноты безопасности и SIL 1 имеет самый низкий (см. таблицу 2).

Таблица 2 — Уровни полноты безопасности

Уровень полноты безопасности	Средняя вероятность опасного отказа по требованию x[a)]	Частота опасных отказов функции безопасности в час y[b)]
4	$10^{-5} < x < 10^{-4}$	$10^{-9} < y < 10^{-8}$
3	$10^{-4} < x < 10^{-3}$	$10^{-8} < y < 10^{-7}$
2	$10^{-3} < x < 10^{-2}$	$10^{-7} < y < 10^{-6}$
1	$10^{-2} < x < 10^{-1}$	$10^{-6} < y < 10^{-5}$

Примечание — Другие детали приведены в IEC 61508-1, подраздел 7.6.

[a)] Режим работы с низкими требованиями, при котором функция безопасности выполняется только по требованию в целях перевода управляемого оборудования (EUC) в установленное безопасное состояние, и частота требований не превышает одного требования в год.

[b)] Режим работы с высокими требованиями или непрерывный режим работы. Функция безопасности выполняется только по требованию в целях перевода EUC в установленное безопасное состояние, и частота требований превышает одно требование в год. При непрерывном режиме работы функция безопасности сохраняет EUC в состоянии безопасности в рамках нормальной работы.

Полнота безопасности системы, связанной с безопасностью, определяется полнотой безопасности ее аппаратных средств и ее полнотой безопасности по отношению к систематическим отказам.

Полнота безопасности аппаратных средств относится к опасным отказам аппаратных средств в связи с физической деградацией (которая будет происходить случайным образом во времени). Полнота безопасности аппаратных средств систем, связанных с безопасностью, может быть определена количественно на основе значений полноты безопасности составляющих ее элементов (которые зависят от частот их случайных отказов).

Полнота безопасности по отношению к систематическим отказам (в том числе полнота безопасности программного обеспечения) относится к опасным отказам, которые будут всегда происходить из-за определенного набора обстоятельств. Полноту безопасности по отношению к систематическим отказам трудно точно оценить количественно. Уровень полноты безопасности системы, связанной с безопасностью (создаваемый в результате выполнения ее требований полноты безопасности), будет влиять на степень жесткости, необходимой при выполнении требований для управления или исключения систематических отказов. Некоторые из этих требований ясно дифференцируются в зависимости от уровня полноты безопасности (см. таблицу 4).

Отказ или неисправность системы, связанной с безопасностью, из-за электромагнитных помех заданной мощности является систематическим, до тех пор пока длительность помехи больше или равна длительности рабочего цикла системы, связанной с безопасностью. Поэтому в настоящем стандарте предполагается, что длительность помехи именно такая, к тому же влияние заданных электромагнитных помех на заданную систему, связанную с безопасностью, считается одним и тем же для каждого случая. На уровне системы соответствующие методы помехоподавления повышают помехоустойчивость в отношении функций, связанных с безопасностью, и должны рассматриваться как часть способности исключить систематические отказы.

Любое оборудование, которое было разработано соответствующим в полной мере требованиям стандартов серии IEC 61508 в отношении полноты безопасности по отношению к систематическим отказам для данного уровня полноты безопасности (SIL), считается обладающим соответствующей способностью исключить систематические отказы.

С другой стороны, способность исключить систематические отказы может быть продемонстрирована путем использования доказательств в соответствии со строгими требованиями IEC 61508-2.

В общем случае все оборудование, используемое в системе, связанной с безопасностью, должно обладать способностью исключить систематические отказы по меньшей мере в соответствии с уровнем полноты безопасности (SIL) системы в целом.

Таким образом, пригодность оборудования для систем, связанных с безопасностью, в целом определяется данными о случайных аппаратных отказах оборудования и о его способности исключить систематические отказы.

5.4 Последовательность шагов в области ЭМС для достижения функциональной безопасности

Для достижения функциональной безопасности должны быть предприняты следующие действия в отношении электромагнитных воздействий:

a) рассмотрение структуры, проекта и функций разрабатываемой или существующей системы, связанной с безопасностью;

b) описание соответствующей электромагнитной обстановки, в которой система, связанная с безопасностью, предназначена для использования в течение всего ее жизненного цикла (см. 6.1);

c) учет физических и климатических составляющих окружающей среды и ухудшения качества функционирования при обычном использовании, а также при прогнозируемом неправильном использовании в отношении электромагнитных аспектов, при которых система, связанная с безопасностью, предназначена для использования в течение всего ее жизненного цикла;

d) внедрение аспектов ЭМС в процесс проектирования (см. раздел 7) систем, связанных с безопасностью (см. 7.3);

e) осуществление верификации/подтверждения соответствия требованиям устойчивости к электромагнитным помехам в целях достижения функциональной безопасности (см. раздел 8);

f) внесение изменений в процессы проектирования или установки, если это необходимо, в целях достижения необходимого уровня помехоустойчивости;

g) разработка инструкций по проведению конкретных действий по эксплуатации и техническому обслуживанию для обеспечения требуемого уровня функциональной безопасности в течение времени эксплуатации (эти инструкции будут являться дополнением к Руководству безопасности).

5.5 Управление параметрами ЭМС для достижения функциональной безопасности

Требования настоящего подраздела повторяют требования IEC 61508-1 с той разницей, что показывают только те требования, которые частично применимы к достижению ЭМС для систем, связанных с безопасностью, в целях достижения функциональной безопасности.

Организация, ответственная за ЭМС системы или оборудования, связанных с безопасностью, или за какие-либо действия, относящиеся к области применения настоящего стандарта, должна назначить одного или нескольких человек, ответственных:

- за системы или оборудование, или за соответствующие действия;
- координацию действий, связанных с ЭМС;
- взаимосвязь между этими действиями и действиями, проводимыми другими организациями;
- выполнение всех требований настоящего подраздела;
- обеспечение уверенности, что мероприятия ЭМС являются достаточными, и демонстрации их соответствия целям и требованиям настоящего стандарта.

Примечание 1 — Ответственность за конкретные действия в области ЭМС, относящиеся к безопасности, могут быть переданы другим лицам, в частности имеющим соответствующий опыт; ответственность за различные виды деятельности и требования могут нести разные лица. Тем не менее ответственность за координацию и за общие вопросы ЭМС в целях достижения функциональной безопасности должна возлагаться на одного человека или на небольшую группу лиц с достаточными полномочиями управления.

Для тех действий, за которые организация несет ответственность, должны быть установлены требования к политике и стратегии для достижения ЭМС в целях достижения функциональной безопасности вместе со способами их достижения, а также со способами установления связей в рамках организации.

Все лица, отделы и организации, ответственные за проведение конкретных действий в области ЭМС, связанной с безопасностью, должны быть идентифицированы, и их обязанности должны быть полностью и четко доведены до них. Другие лица, отделы и организации, которые могут повлиять на функционирование, связанное с безопасностью, достигнутое системой, должны быть осведомлены об этих обязанностях в случае необходимости.

Должны быть установлены процедуры определения того, какая именно информация должна передаваться, между какими участниками и каким образом.

Примечание 2 — Требования к документации см. в разделе 10.

Должны быть установлены процедуры для удостоверения того, что опасные ситуации, связанные с ЭМС, анализируются в связи с системами, связанными с безопасностью, оборудованием или действиями, за которые организация несет ответственность, и что даны рекомендации для того, чтобы минимизировать вероятность возникновения повторных случаев опасных ситуаций.

Должны быть установлены процедуры для обеспечения оперативной реакции и соответствующих выводов и рекомендаций, касающихся ЭМС-систем, связанных с безопасностью, в том числе тех, что были сделаны на основе контроля, подтверждения, отчета и анализа происшествия. Организации должны усовершенствовать систему путем внесения изменений в результате обнаружения дефектов, связанных с ЭМС, в системе, связанной с безопасностью, или в оборудовании, за которые она несет ответственность, и, если они не в состоянии внести изменения сами, информировать пользователей о необходимости модификации в случае дефекта, влияющего на безопасность.

Те лица, которые несут ответственность за одно или несколько действий в сфере настоящего стандарта, должны в отношении тех действий, за которые они несут ответственность, указать все управленческие и технические действия, которые необходимы для обеспечения достижения и демонстрации ЭМС в целях функциональной безопасности систем, связанных с безопасностью, и оборудования. Это включает в себя выбранные меры, методы и испытания, используемые для достижения соответствия требованиям настоящего стандарта.

Должны быть установлены процедуры для обеспечения того, что все лица, участвующие в любых действиях, относящихся к области применения настоящего стандарта, должны иметь соответствующую подготовку, технические знания, опыт и квалификацию, соответствующие конкретным обязанностям, ими исполняемым.

Процедуры, установленные в результате соблюдения требований настоящего подраздела, должны быть внедрены и быть под постоянным наблюдением.

Поставщики, предоставляющие товары или услуги для организации, имеющей общую ответственность за одно или несколько действий, относящихся к области применения настоящего стандарта, должны поставлять продукцию или услуги, соответствующие требованиям этой организации и должны иметь соответствующую систему менеджмента качества.

6 Электромагнитная обстановка

6.1 Общие положения

Электромагнитная обстановка определяется как совокупность электромагнитных явлений, существующих в конкретном месте. Эти помехи могут зависеть от времени. Информация об электромагнитной обстановке должна быть доведена до разработчика/спецификатора системы в качестве начального условия для спецификации требований к безопасности (см. рисунок 2).

Определенная электромагнитная обстановка создается, например:

- стационарными и подвижными источниками электромагнитной энергии;
- оборудованием низкого, среднего и высокого напряжения;
- системами управления, сигнализации, связи и энергоснабжения;
- преднамеренными излучателями;
- физическими процессами (например, атмосферными разрядами, переключениями);
- случайными или редкими переходными процессами, которые могут создавать помехи, потенциально воздействующие на рассматриваемую систему, связанную с безопасностью.

Таблица 3 дает обзор основных видов электромагнитных явлений, которые должны быть рассмотрены для достижения функциональной безопасности систем, связанных с безопасностью. Этот перечень не обязательно является законченным, но он должен быть использован, чтобы начать рассмотрение электромагнитных обстановок, которые могут повлиять на функциональную безопасность.

Примечание — Должно быть принято во внимание, что в отдельных электромагнитных обстановках некоторое влияние на помехоустойчивость систем, связанных с безопасностью, может иметь наличие нескольких электромагнитных явлений в одно и то же время, например гармоник и апериодических переходных процессов.

Таблица 3 — Обзор видов электромагнитных явлений

Кондуктивные низкочастотные явления	Гармоники, интергармоники. Напряжения сигналов в сетях электроснабжения. Колебания напряжения. Провалы и прерывания напряжения. Отклонения напряжения. Отклонения частоты в системах электроснабжения. Постоянные составляющие в сетях электропитания переменного тока
Излучаемые низкочастотные явления	Магнитные поля[a]. Электрические поля
Кондуктивные высокочастотные явления	Напряжения или токи, представляющие собой непрерывные колебания. Напряжения или токи, представляющие собой апериодические переходные процессы[b]. Напряжения или токи, представляющие собой колебательные переходные процессы[b]
Излучаемые высокочастотные явления	Магнитные поля. Электрические поля. Электромагнитные поля, вызываемые: - непрерывными колебаниями; - переходными процессами[c]
Явления электростатического разряда	Люди и механизмы
Кондуктивные и излучаемые помехи большой мощности[d]	
Электромагнитные импульсы высотного ядерного взрыва[d]	
[a] Непрерывные или переходные. [b] Одиночные или повторяющиеся (пачки). [c] Одиночные или повторяющиеся. [d] В особых условиях (см. IEC 61000-2-13).	
Примечание — Существует не резкое изменение между низкочастотной и высокочастотной областями, а плавный переход между 9 кГц и 150 кГц. Формальный предел установлен на частоте 9 кГц (ответственность CISPR).	

6.2 Информация об электромагнитной обстановке

Многие публикации включают в себя основные описания электромагнитных обстановок с рассмотрением электромагнитных явлений и уровней помех, обычно ожидаемых в таких условиях. Общую информацию об электромагнитных помехах и их уровнях в различных местах можно найти в стандартах или технических отчетах серии IEC 61000-2. Примеры описания различных обстановок приведены в IEC 61000-2-5. Эти описания, однако, даются с точки зрения уровней совместимости (которые по определению ниже, чем уровни помехоустойчивости, необходимые в таких условиях).

IEC 61000-4-1 оказывает помощь и обеспечивает общими рекомендациями относительно выбора соответствующих испытаний, описанных в стандартах серии IEC 61000-4. Следует отметить, что стандарты, разработанные для достижения ЭМС, которые основаны главным образом на технических/экономических факторах, не могут дать описание электромагнитных обстановок в мере, достаточной для достижения функциональной безопасности систем, связанных с безопасностью.

В таблице А.2 приложения А приведен перечень уровней электромагнитных обстановок, которые могут рассматриваться в качестве примеров максимальных электромагнитных уровней для каждого из видов помех для двух примерных типов электромагнитной среды. Так как было принято, что сама электромагнитная обстановка не изменяется по отношению к уровню полноты безопасности

(SIL) систем, размещенных в установке, эти максимальные электромагнитные обстановки должны быть учтены для всех ситуаций электромагнитной функциональной безопасности. Хотя некоторые примеры приведены в приложении А, следует признать, что трудно гарантировать непревышение максимальных уровней. Поэтому ответственность разработчика/спецификатора системы состоит в том, чтобы в целях функциональной безопасности были рассмотрены соответствующие электромагнитные помехи и их уровни.

Подчеркивается, что уровни электромагнитных помех, указанные в различных стандартах ЭМС, технических отчетах или технических требованиях/условиях, должны учитываться очень осторожно в связи с их последствиями для функциональной безопасности. В частности:

a) уровень электромагнитных помех изменяется в соответствии со статистическим распределением (см. рисунок А.1), и уровни, указанные в качестве примеров в таблице А.1, могут быть превышены при определенных обстоятельствах. Тем не менее такие обстоятельства могут существовать лишь иногда или в конкретных местах. Важно установить уровни этих помех для целей функциональной безопасности;

b) стандартизованные методы испытаний на помехоустойчивость, испытательные уровни и критерии качества функционирования, установленные в стандартах помехоустойчивости, связаны с эксплуатационными требованиями, а не с функциональной безопасностью. При проведении испытаний с использованием этих методов испытательные уровни, относящиеся к безопасности, и критерии качества функционирования должны быть определены для электромагнитных помех каждого вида;

c) электромагнитные характеристики оборудования и систем со временем могут ухудшаться, например могут снижаться физические параметры мер защиты. Этот аспект жизненного цикла, связанный с электромагнитными воздействиями, должен быть учтен.

6.3 Методы оценки электромагнитной обстановки

Соответствующая и важная информация приведена в публикациях ЭМС, относящихся к электромагнитной обстановке, существующей в тех местах, где функционирует большая часть электрического или электронного оборудования.

В случаях если в публикациях ЭМС недостаточно информации, рекомендуется проводить альтернативные действия в целях получения соответствующей информации об электромагнитной обстановке в местах, представляющих интерес.

Такие действия могут включать в себя:

- изучение литературы, чтобы определить объем доступной информации;
- непосредственное исследование области, представляющей интерес; такое обследование может включать в себя проведение измерительной компании для определения характеристик существующих электромагнитных помех и анализ для оценки данных и характеристик электромагнитных помех, создаваемых известными источниками.

Полученная информация об электромагнитной обстановке должна быть оценена таким образом, чтобы были получены данные в отношении:

- электромагнитных помех, которые, как ожидается, будут создаваться в местах, представляющих интерес;
- характеристик этих электромагнитных помех, например их уровней, частот, модуляции, времени нарастания и т. д.

Примечание 1 — В ISO в интересах автомобильной и аэрокосмической промышленности созданы рабочие группы, которые предоставляют необходимую информацию об ЭМС этих отраслей. Эта информация должна быть использована в качестве отправной точки для описания набора электромагнитных обстановок соответствующих аспектов функциональной безопасности.

Примечание 2 — Что касается обследований, то необходимо признать, что любое обследование ограничено по месту и времени, и поэтому должно быть проведено дополнительное рассмотрение для повышения уверенности в максимальных характеристиках электромагнитной среды.

6.4 Установление испытательных уровней и методов испытаний

После того как для конкретной обстановки были установлены электромагнитные характеристики, они должны быть использованы при создании систем, связанных с безопасностью. Хотя тщательное проектирование является важной частью общего процесса, общеизвестно, что необходимы реальные

испытания для того, чтобы убедиться, что системы, связанные с безопасностью, соответствуют требованиям, установленным спецификациями. Поскольку сообществом специалистов ЭМС IEC было разработано значительное число испытаний на помехоустойчивость для оборудования и небольших систем, их следует рассматривать в качестве отправной точки для испытаний электромагнитных характеристик в целях достижения функциональной безопасности.

Для каждого вида электромагнитной помехи, установленной для конкретной электромагнитной обстановки, спецификатор системы должен включить помеху в спецификацию требований к безопасности (SRS) и изучить существующий метод IEC испытания на помехоустойчивость (используя IEC 61000-4-1 в качестве основополагающего стандарта), чтобы определить, является ли данный метод испытаний целесообразным. Спецификатор системы должен также проверить, находятся ли электромагнитные характеристики окружающей обстановки, которые должны быть применены при испытаниях, в пределах требований основополагающих стандартов помехоустойчивости (см. стандарты серии IEC 61000-4).

Требования помехоустойчивости, как установлено, например, в общем стандарте IEC 61000-6-2, направлены на поддержку и достижение нормального функционирования при нормальных условиях. Соответствующие испытательные уровни помехоустойчивости получены для наиболее часто встречающихся видов электромагнитных помех на основе технического/экономического подхода и с учетом распространенности рассматриваемых оборудования или систем. Следовательно, можно ожидать, и это принято всеми заинтересованными сторонами, что функционирование оборудования или системы может быть нарушено в некоторых случаях.

Примечание — Такой подход может быть применен к обычным функциям оборудования или системы, но неприменим к функциям, связанным с безопасностью. Следовательно, аспекты функциональной безопасности не допускается рассматривать как часть обычных требований помехоустойчивости, установленных, например, в IEC 61000-6-2, без конкретного рассмотрения электромагнитной обстановки, для использования в которой предназначены оборудование или система.

Для того чтобы иметь возможность обосновать метод и параметры испытаний на помехоустойчивость, разработчик системы должен учитывать неопределенность этих испытаний. Неопределенность, вызываемая испытательным оборудованием, может быть рассчитана с использованием технических данных испытательного оборудования. Может быть необходимо оценить значимость навыков персонала при проведении испытаний и тех условий окружающей обстановки, которые не установлены в стандартах. После полной оценки неопределенности могут быть использованы один или несколько из указанных ниже подходов к компенсации неопределенности испытаний в зависимости от факторов неопределенности.

a) Если имеющееся испытательное оборудование применимо для испытаний на помехоустойчивость и если применяемые испытательные уровни выше, чем уровень электромагнитной помехи, то в спецификации требований к системе должны быть определено значение запаса относительно уровня, при котором происходит отказ, и приведено описание того, как система, связанная с безопасностью, реагирует на отказ, вызванный электромагнитным воздействием.

b) Если имеющееся испытательное оборудование неприменимо для испытаний на помехоустойчивость по причине несоответствия необходимым параметрам испытаний (например, амплитуде, частоте, модуляции, частоте повторения и т. д.), то:

- разработчик системы должен обратиться с запросом для получения и использования подходящего испытательного оборудования, и/или
- разработчик системы должен установить необходимость применения на уровне системы методов ослабления электромагнитных воздействий так, чтобы могли быть установлены облегченные требования к параметрам оборудования, связанного с безопасностью, с возможностью проведения испытаний с использованием доступного испытательного оборудования (например, с использованием экранированных стоек, устройств защиты от импульсных помех сетевых и кабельных вводов, волоконно-оптических линий передачи данных, методов развязки силовых линий и т. д.).

Примеры указанных методов ослабления приведены в IEC 61000-5-6. Применяемые методы ослабления (экраны, устройства защиты от импульсных помех, схемы развязки и т. д.) должны стать неотъемлемой частью конструкции системы и быть испытаны отдельно, чтобы гарантировать, что они уменьшают влияние внешних электромагнитных обстановок, снижая уровни помех до применяемых испытательных уровней.

7 Аспекты ЭМС-процессов проектирования и интеграции

7.1 Общие положения

Планирование ЭМС в целях безопасности (контроль ЭМС в целях безопасности, управление ЭМС в целях безопасности) должно осуществляться с учетом соображений функциональной безопасности. Имеется в виду стратегия обеспечения ЭМС-системы, связанной с безопасностью, с учетом других систем, расположенных вблизи, и с учетом внешней окружающей обстановки (см. приложение F). Целью планирования ЭМС в целях безопасности является обеспечение ЭМС при приемлемой стоимости путем выполнения целевых требований на всех этапах развития реализации проекта.

Это означает рассмотрение, исследования и оценки всех вопросов электромагнитной совместимости, которые могут возникнуть во время планирования проекта. Все указанные мероприятия и шаги должны быть отражены в плане ЭМС в целях безопасности (включая контроль ЭМС в целях безопасности и управление ЭМС в целях безопасности). Глубина и масштабы планирования ЭМС в целях безопасности зависят от сложности системы и уровня полноты безопасности (SIL), установленной в спецификации требований к безопасности (SRS).

Примечание — Во многих случаях планирование ЭМС для выполнения требований, не связанных с безопасностью, будет уже проведено; при этих условиях оно может быть продолжено, для того чтобы включить в себя аспекты функциональной безопасности. Дополнительная информация о процессе планирования ЭМС в целях безопасности приведена в приложении F.

При управлении проектированием в части ЭМС одно или несколько идентифицированных лиц несут ответственность за создание и выполнение Плана ЭМС в целях безопасности. Они должны установить порядок поддержания характеристик ЭМС в течение жизненного цикла путем проведения мероприятий во время технического обслуживания, ремонта и реконструкции (там, где они не проводятся производителем). Кроме того, они несут ответственность за информацию о любых ограничениях в отношении будущих изменений электромагнитной обстановки. Эта информация должна быть передана пользователю.

7.2 Аспекты ЭМС-систем

Электромагнитная обстановка в месте, где используется система, связанная с безопасностью, не должна недопустимо влиять на ее функциональную безопасность. Таким образом, уровень помехоустойчивости системы, связанной с безопасностью, должен быть достаточен для установленного уровня полноты безопасности и для электромагнитной обстановки в течение всего жизненного цикла.

Любые электромагнитные помехи, генерируемые внутри системы, связанной с безопасностью, не должны отрицательно влиять на функциональную безопасность других частей системы, связанной с безопасностью.

Электромагнитные помехи обычно вызывают систематические, или «общие», сбои. Способность электромагнитных помех влиять одновременно на несколько образцов оборудования системы, связанной с безопасностью, вызывается конструкцией системы и, следовательно, должна быть учтена при использовании мер и методов, представленных ниже и в приложении В.

Все мероприятия по ЭМС должны быть спроектированы и реализованы таким образом, чтобы они были эффективными с учетом физической среды (которая включает в себя механические, климатические, химические, биологические и другие воздействия и деформации) в течение жизненного цикла системы, связанной с безопасностью. Это связано с тем, что электромагнитные эмиссии и помехоустойчивость системы, связанной с безопасностью, могут изменяться в течение жизненного цикла под воздействием внешней физической среды. Конструкция системы, связанной с безопасностью, должна быть такой, чтобы сохранять требуемые электромагнитные характеристики в течение всего жизненного цикла.

Одним из подходов к достижению устойчивости системы к воздействию электромагнитных помех является рассмотрение устойчивости каждого отдельного образца оборудования. Для этого необходимо использовать следующую процедуру.

- всю систему формально разделяют на образцы оборудования;
- все образцы оборудования системы должны быть описаны с указанием их характеристик ЭМС. Образец оборудования может содержать несколько компонентов (например, электропитание, печатные платы, дисплей), а также схему кабелей;

- должно быть проанализировано и оценено взаимодействие между каждой комбинацией образцов оборудования с точки зрения устойчивости к влиянию как внешней, так и внутренней электромагнитной обстановки. Это может привести к анализу и оценке устойчивости всех комбинаций компонентов обоих образцов оборудования, как схематически показано, например, на рисунке 3;

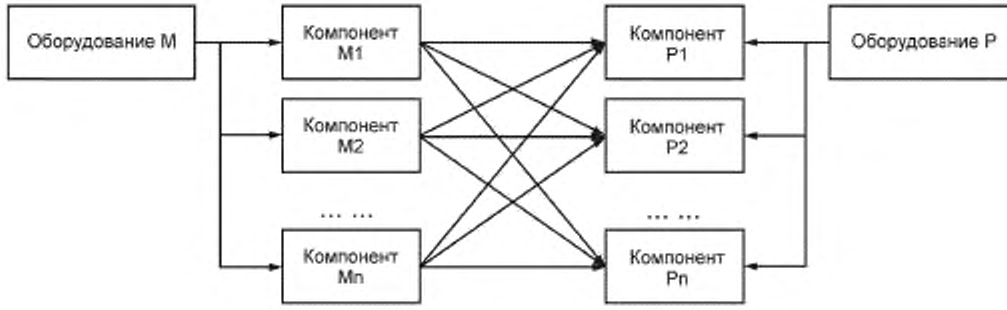


Рисунок 3 — ЭМС между оборудованием M и оборудованием P

- функциональные критерии эффективности различных компонентов, когда они влияют друг на друга, должны быть проанализированы с точки зрения их общего влияния на конкретную конструкцию рассматриваемой системы, связанной с безопасностью. Некоторое ухудшение функционирования, которое является приемлемым для компонента, когда его испытывают в автономном режиме или в другой системе, может быть неприемлемым, если оно происходит в конкретной системе, связанной с безопасностью.

Дальнейшие указания по конструкции, методам управления разработкой и другим мерам приведены в таблице 4. Эти методы классифицируются по уровню полноты безопасности (SIL) в соответствии с наилучшей экспертной оценкой. Таблица 4 также относится к мерам технической разработки, которые представлены в приложении B.

Таблица 4 — Разработка, способы управления разработкой и другие меры

№	Разработка, способы управления разработкой и другие меры	SIL1	SIL2	SIL3	SIL4
1	Планирование ЭМС в целях безопасности	R	R	HR	HR
2	Информирование пользователя о любых возможных ограничениях, касающихся будущих изменений электромагнитной обстановки	R	R	HR	HR
3	Учет мер технической разработки (см. приложение B)	R	HR	HR	HR
4	Учет требований ЭМС, указанных в Руководстве по эксплуатации для всей закупаемой продукции и оборудования	M	M	M	M
5	Процедуры поддержания электромагнитных характеристик в течение жизненного цикла при эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте, восстановлении, модернизации и модификации	HR	HR	M	M
6	Рассмотрение влияния разумно предсказуемого неправильного использования на электромагнитные характеристики и меры помехоподавления	M	M	M	M
M	Метод или мероприятие являются обязательными и должны выполняться для установленного уровня полноты безопасности (или способности исключить систематические отказы)				
HR	Метод или мероприятие рекомендуются для установленного уровня полноты безопасности (или способности исключить систематические отказы) и выполняются, если отсутствует техническое обоснование не выполнять их. Если эти метод или мероприятие не применяются, то обоснование их неприменения должно быть подробно обсуждено во время планирования безопасности и согласовано с экспертом				

Окончание таблицы 4

№	Разработка, способы управления разработкой и другие меры	SIL1	SIL2	SIL3	SIL4
R	Метод или мероприятие рекомендуются для установленного уровня полноты безопасности (или способности исключить систематические отказы) и должны применяться в качестве минимально допустимых по рекомендациям HR				
Примечание — Если метод или мероприятие являются рекомендуемыми, то считается, что их применение обеспечит бóльшую вероятность получения желаемого результата, чем применение альтернативных методов и мероприятий. Тем не менее могут быть выбраны альтернативные методы и мероприятия. Однако там, где используются альтернативные метод или мероприятие, проектировщик должен уметь грамотно обосновать этот выбор.					

7.3 Аспекты ЭМС-оборудования

Помехоустойчивость системы, связанной с безопасностью, зависит от помехоустойчивости включенного в нее оборудования, электромагнитных характеристик и примененных мер помехоподавления и должна быть достаточной для соответствия спецификации требований к безопасности (SRS) в течение ожидаемого жизненного цикла. Любые электромагнитные помехи, генерируемые оборудованием внутри системы, связанной с безопасностью, не должны чрезмерно влиять на другие образцы оборудования системы, связанной с безопасностью.

Все мероприятия по ЭМС должны быть спроектированы и реализованы таким образом, чтобы они являлись эффективными в течение всего жизненного цикла оборудования, принимая во внимание физическую среду (которая включает в себя механические, климатические, химические, биологические и другие воздействия и деформации). Это связано с тем, что электромагнитные эмиссии и помехоустойчивость системы, связанной с безопасностью, могут быть изменены в течение жизненного цикла под воздействием ее внешней физической среды. Конструкция системы, связанной с безопасностью, должна быть такой, чтобы сохранять требуемые электромагнитные характеристики в течение всего жизненного цикла.

Поэтому устойчивость к электромагнитным помехам должна рассматриваться на уровне оборудования. Требования помехоустойчивости оборудования должны быть установлены с учетом:

- внешней электромагнитной обстановки;
- локальной электромагнитной обстановки, связанной с влиянием на рассматриваемое оборудование другого оборудования, находящегося в непосредственной близости;
- требований, определяемых аспектами система/оборудование, с учетом любых мер помехоподавления на уровне системы;
- любых требований, определенных в процессе планирования ЭМС в целях безопасности.

Это должно находить свое отражение в спецификации требований к оборудованию (ERS), которая должна содержать:

- сведения об электромагнитных помехах, устойчивость к воздействию которых должна быть достигнута;
- уровни помехоустойчивости;
- особые требования, относящиеся к параметрам испытаний (например, увеличение длительностей испытаний);
- критерии оценки функционирования с указанием определенного поведения испытуемого оборудования (например, использование особого критерия функционирования, учитывающего аспекты функциональной безопасности системы в целом).

Примечание 1 — В спецификации требований к оборудованию (ERS) ситуация должна быть рассмотрена применительно к конкретной установке. Это необязательно совпадает со спецификацией изделия, которую производитель выполняет для изделий, которые он предлагает на рынке, и в которой он должен подтвердить данные путем применения соответствующих методов. В некоторых случаях обе спецификации могут быть идентичными, но в других случаях, возможно, придется применить к изделию дополнительные меры, для того чтобы обеспечить его соответствие спецификации требований к оборудованию (ERS). См. приложение D, в частности рисунок D.2, для описания этого процесса.

Спецификация требований к оборудованию (ERS) может быть выполнена с помощью соответствующих методов управления разработкой, таких как определение естественной электромагнитной восприимчивости, проектирование электромагнитных характеристик, для того чтобы справиться с

прогнозируемыми отказами и неправильным использованием, применение более чем одного уровня защиты, исключение компонентов с неприемлемыми электромагнитными характеристиками и верификация индивидуальных электромагнитных аспектов конструкции.

Там, где ряд одинаковых образцов оборудования используются в нескольких каналах для обеспечения избыточности, способность исключить систематические отказы отдельных элементов не должна быть меньше, чем способность исключить систематические отказы, необходимая для системы в целом.

Примечание 2 — Последствия воздействия электромагнитных помех и физической среды на образцы оборудования, имеющие одну и ту же конструкцию, как правило, являются систематическими («общими») (см. раздел 5) и будут одинаково влиять одновременно на все образцы.

8 Верификация/подтверждение устойчивости к электромагнитным помехам для функциональной безопасности

8.1 Процессы верификации и подтверждения

В большинстве случаев нет простого или практичного способа проверить и убедиться с помощью испытаний или измерений, что система, связанная с безопасностью, обладает полной устойчивостью в отношении других систем, оборудования или внешней электромагнитной обстановки при всех условиях эксплуатации и режимах работы. Это связано с тем, что не все комбинации условий эксплуатации, режимов работы и электромагнитных помех, действующих на систему, могут быть достигнуты в разумных пределах и в течение разумного времени. Поэтому рекомендуется, чтобы на уровне оборудования и на системных уровнях применялись четко определенные процессы для демонстрации соответствия помехоустойчивости в соответствии со спецификацией требований к безопасности (SRS).

Для того чтобы продемонстрировать, что система, связанная с безопасностью, соответствует спецификации требований к безопасности (SRS), должны выполняться процессы верификации и подтверждения. Рекомендуется планирование этих процессов. Это может быть сделано в рамках планирования ЭМС или отдельно при планировании верификации и подтверждения.

Соотношение между процессами верификации и подтверждения, а также их отношение к жизненному циклу системы безопасности могут быть продемонстрированы на диаграмме, представленной на рисунке 4. Диаграмма учитывает только те части жизненного цикла, которые связаны с конкретными аспектами ЭМС. Диаграмма показывает эти части более детально, используя V-представление жизненного цикла (вместо чисто последовательного представления в соответствии с рисунком 1).

V-представление отражает жизненный цикл в сочетании с подходом, учитывающим переход от уровня системы через уровень оборудования к уровню компонентов, из которых состоит система.

Примечание 1 — В зависимости от сложности системы может быть использовано большее или меньшее число уровней.

Ветвь, идущая сверху вниз (левая сторона), в общем случае может быть использована при проектировании и разработке, а также является процессом улучшения, начинающимся с системы, связанной с безопасностью, и заканчивающимся компонентами системы. Ветвь, идущая снизу вверх (правая сторона), связана со сборкой, производством и монтажом всей системы.

V-представление указывает, что деятельность по приемке неразрывно связана с проектированием и разработкой, поскольку то, что проектировалось, должно быть в конечном итоге проверено с учетом установленных требований. Представление эффективно показывает задачи верификации и подтверждения в течение всего жизненного цикла. Кроме того, оно показывает уровень выполняемых задач.

Примечание 2 — Например, требуемая помехоустойчивость всей системы, связанной с безопасностью, может частично быть прослежена к требованиям в отношении помехоустойчивости компонентов или оборудования, составляющих всю систему. Таким образом, во время процесса верификации требуемая устойчивость отдельных компонентов или оборудования должна быть проверена, например, путем проведения испытаний на помехоустойчивость с результатами, отраженными в соответствующем отчете об испытаниях.

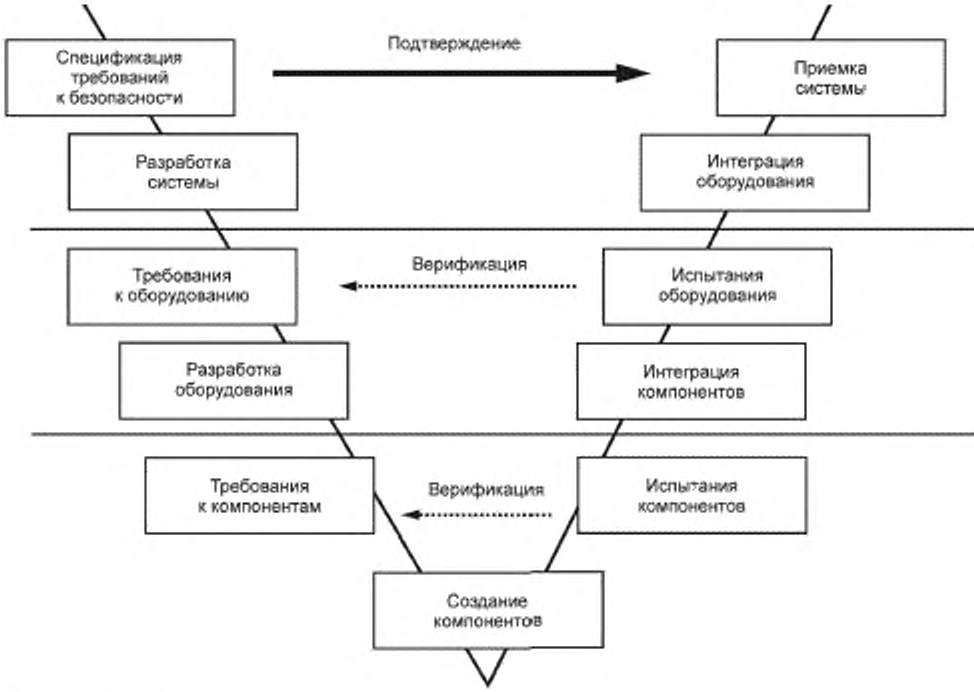


Рисунок 4 — V-представление жизненных циклов, демонстрирующее роль подтверждения и верификации

8.2 Верификация

Целями верификации являются подтверждение и демонстрация соответствия результатов каждой стадии жизненного цикла во всех отношениях требованиям этой стадии. Следовательно, верификацию проводят в пределах индивидуальной стадии и относят к уровням, более низким, чем общесистемный уровень, например к уровню оборудования или уровню компонента.

При проведении верификации должны учитываться все соответствующие электромагнитные явления, в отношении которых необходимо обеспечить помехоустойчивость, а также требуемые уровни помехоустойчивости. Должны применяться особые критерии соответствия/несоответствия (например, частный критерий качества функционирования, учитывающий аспекты функциональной безопасности), особые методы и мероприятия верификации, а также используемых положений ЭМС.

Верификация может быть проведена с использованием одной процедуры или включать в себя несколько процедур. В большинстве случаев, однако, верификацию будут проводить посредством испытаний стандартизованными методами (см. раздел 9) в сочетании с соответствующим критерием качества функционирования, учитывающим аспекты функциональной безопасности (см 9.3 и 9.4). Соответствие демонстрируется выполнением технических количественно установленных требований стандартов, определяющих эти методы испытаний (например, стандартов серии IEC 61000-4), и документированием результатов в отчетах об испытаниях, испытательных сертификатах или эквивалентных документах.

Мероприятия по верификации могут также включать в себя:

- обзоры по завершению каждой стадии жизненного цикла, свидетельствующие о соответствии целям и требованиям стадии с учетом конкретных входных данных для этой стадии;
- проведение нестандартизованных испытаний сконструированных изделий, чтобы убедиться, что они функционируют в соответствии с их спецификациями;
- индивидуальные и/или комплексные испытания аппаратуры, проводимые, когда отдельные части системы последовательно монтируются для совместного применения, а также проведение испытаний на помехоустойчивость, чтобы убедиться, что все части функционируют совместно как установлено. Результаты верификации отражают в отчете о верификации (который может быть, например, отчетом об испытаниях) или в техническом конструкционном файле.

8.3 Подтверждение

Целью подтверждения является получение окончательного вывода о том, что вся система, связанная с безопасностью, отвечает всем требуемым целям. Это включает в себя комплекс нескольких видов деятельности, таких как прогнозы, обзоры или испытания. Для того чтобы продемонстрировать, что все требования безопасности были полностью соблюдены, рекомендуется планировать заранее, каким образом обзоры, испытания и т. д. будут структурированы. Данное планирование иногда называют планированием качества, но чаще — планом подтверждения, и это может быть частью Плана ЭМС или отдельным документом.

Подтверждение должно учитывать все стадии жизненного цикла и указывать точки аудита. При подтверждении допускается пользоваться конкретным критерием соответствия/несоответствия, выбором методов и мероприятий проверки и ясным осмыслением несоответствий.

Мероприятия по подтверждению включают в себя:

- демонстрацию того, что требования к безопасности в полной мере учитывались и правильно реализованы;
- контрольные листы (например, для того чтобы удостовериться, что меры в области ЭМС должным образом установлены, применены и внедрены);
- инспекции (например, касающиеся соблюдения инструкции по монтажу);
- обзоры и аудит (например, аудит при закрытии завершенного проекта);
- оценки;
- испытания (приемочные заводские или в испытательной лаборатории).

Процесс подтверждения отражается в плане подтверждения. Он содержит структуру и график процесса подтверждения, а также техническое обоснование того, как выбранные мероприятия показывают, что требования безопасности соблюдены.

В случаях, когда имеются изменения в системе или в ее использовании, или в электромагнитной обстановке, соответствующие стадии жизненного цикла должны быть пересмотрены, и в случае необходимости проводят повторное подтверждение.

Результаты процесса подтверждения описаны в отчете о подтверждении.

8.4 Критерии качества функционирования

8.4.1 Критерии качества функционирования для применения к безопасности

Критерии качества функционирования, применяемые для приложений безопасности, должны быть установлены в спецификации требований к безопасности (SRS).

Конкретный критерий качества функционирования для функции, способствующей или предназначенной для приложений безопасности с учетом аспектов функциональной безопасности, обозначается «FS» и определяется следующим образом.

Функции испытуемого оборудования (ИО), предназначенные для приложений безопасности, не должны быть затронуты так, чтобы оказаться вне их спецификации, или могут быть затронуты временно или постоянно, если ИО реагирует на возмущение таким образом, что возмущение обнаруживается и состояние ИО определяется или состояние ИО поддерживается, или поддержание состояния ИО достигается в установленные сроки. Также допускается разрушение компонентов, если определенное состояние ИО поддерживается или его поддержание достигается в установленные сроки.

Примечание 1 — В результате возможно, что выявленное состояние будет за пределами допустимого уровня или обнаружено иным способом.

Функции, не предназначенные для приложений безопасности, могут быть нарушены временно или постоянно.

Примечание 2 — Обобщенные критерии качества функционирования А, В и С, установленные в общих стандартах ЭМС, а также более точные критерии качества функционирования, установленные в стандартах ЭМС, распространяющихся на продукцию или группы продукции, не были созданы специально для применения к функциональной безопасности, однако критерий качества функционирования А применим всегда.

8.4.2 Применение критерия качества функционирования FS

Этот критерий качества функционирования, применимый только к функции, способствующей или предназначенной для приложений безопасности, должен рассматриваться для всех электромагнитных помех. Не требуется дифференциации между непрерывными и переходными электромагнитными помехами.

Оборудование, выполняющее или предназначенное для выполнения функций безопасности или части функций безопасности, должно функционировать определенным образом. Установленное «поведение» системы, связанной с безопасностью, предназначено для достижения или поддержания безопасных условий работы оборудования и соответствующего управляемого оборудования. Для достижения этой цели поведение оборудования должно быть известно при всех рассматриваемых условиях.

В спецификации требований к безопасности (SRS) системы указываются и функции безопасности, и требуемое поведение в случае отказа или возникновения неисправности. Требуемое функциональное поведение и соответствующие временные ограничения могут отличаться от общего описания критериев качества функционирования В и С в общих стандартах или стандартах на продукцию.

Если устройство или система выполняет как функции безопасности, так и функции, не связанные с безопасностью, требования к функциональной безопасности применяются только в контексте требований к функциям безопасности.

8.4.3 Основные принципы проведения испытаний оборудования, предназначенного для использования в системах, связанных с безопасностью

Несмотря на то что функциональная безопасность требует правильного функционирования всей системы, например включающей в себя датчики, логическое решающее устройство и привод, можно проверить ее устройства по отдельности. Чтобы решить эту задачу, для отдельных устройств, предназначенных для создания системы, связанной с безопасностью, должны быть установлены точные спецификации. Такая спецификация включает в себя предназначенную функцию и допустимое поведение в случае отказа. Целью испытаний на помехоустойчивость является доказательство того, что спецификация выполняется для рассматриваемых электромагнитных помех.

Оборудование, предназначенное для использования в системах, связанных с безопасностью, должно иметь спецификацию своих функций по назначению. Будет ли нарушение функции опасным или нет, неизвестно, потому что это зависит от будущего применения в системе, связанной с безопасностью. Поэтому испытание должно показать поведение ИО. Отклонения от ненарушенных функций должны быть обнаружены и указаны в отчете об испытаниях.

Критерии качества функционирования для функциональной безопасности определяют конкретные требования к оборудованию, которое предназначено для использования в приложениях, связанных с безопасностью. В этом случае применяются как обычные, так и особые требования к функциональной безопасности. Критерии качества функционирования для обычных испытаний на помехоустойчивость в рамках связанных с ними ограничений и критериев качества функционирования при испытаниях ЭМС в целях безопасности должны рассматриваться отдельно, что может иметь место при различных испытаниях.

Примечание 1 — Обычные испытания на помехоустойчивость/требования представляют собой испытания/требования, которые соблюдают в соответствии со спецификациями, приведенными в общих стандартах или стандартах на продукцию, где эти спецификации не относятся к аспектам функциональной безопасности.

Общий подход показан в таблице 5.

Таблица 5 — Применимые критерии качества функционирования и наблюдаемое поведение во время испытаний оборудования, предназначенного для использования в системах, связанных с безопасностью

Обычные испытания ЭМС	Испытания ЭМС в целях безопасности
Критерий А Критерий В + наблюдаемые отклонения + документированное время восстановления Критерий С + наблюдаемое поведение, обнаруженное и документированное	FS
Примечание 1 — Критерии качества функционирования В и С описаны в общих стандартах, таких как IEC 61000-6-1, и соответствующим образом адаптированы в стандартах на продукцию. Примечание 2 — Для более подробной информации о разрешенных эффектах во время испытаний на устойчивость см. таблицы С.1 и С.2 приложения С. Примечание 3 — Потенциальные последствия критериев качества функционирования В и С, допускающих неправильное выполнение функции безопасности (например, отказ функции безопасности), должны быть оценены.	

В таблице С.1 приложения С более детально иллюстрировано применение соответствующих критериев качества функционирования оборудования с указанием, какие эффекты, связанные с конкретными электромагнитными помехами, допустимы.

8.4.4 Основные принципы проведения испытаний систем, связанных с безопасностью

Для системы, связанной с безопасностью, устанавливают назначенные функции и возможные безопасные состояния. Целью испытаний на помехоустойчивость является демонстрация того, как себя ведет система в целом и соответствует ли она спецификации требований к безопасности (SRS).

Критерии качества функционирования для функциональной безопасности определяют дополнительные требования к системе, связанной с безопасностью. Критерии качества функционирования для обычных испытаний ЭМС в рамках связанных с ними ограничений и критерии качества функционирования для испытаний на ЭМС в целях безопасности рассматриваются отдельно.

В таблице С.2 приложения С более детально иллюстрировано применение соответствующих критериев качества функционирования систем с указанием, какие эффекты, связанные с конкретными электромагнитными помехами, допустимы.

Испытания системы следует проводить при самом высоком уровне сборки, при необходимости используя соответствующие методы испытаний в испытательной лаборатории или на месте установки.

9 Испытания в области ЭМС в отношении функциональной безопасности

9.1 Виды электромагнитных испытаний и электромагнитные испытательные уровни в целях функциональной безопасности

9.1.1 Обсуждения испытаний

В большинстве случаев не существует простого или практичного способа проверить исключительно с помощью испытаний, что адекватный уровень помехоустойчивости может быть достигнут (см. раздел 7). Поэтому испытания в области ЭМС в целях достижения функциональной безопасности требуют некоторых специальных обсуждений.

9.1.2 Виды испытаний на помехоустойчивость

Как правило, испытания на функциональную устойчивость в общем стандарте или стандарте на продукцию не учитывают всех возможных электромагнитных помех (как указано в таблице А.1). Возможно также, что высокий уровень электромагнитной помехи не был принят во внимание, что может иметь влияние на безопасность.

Что касается безопасности, необходимо оценить, могут ли возникнуть помехи, которые, возможно, не рассматривались в общих стандартах или стандартах на продукцию. Если их актуальность была продемонстрирована, их влияние должно быть проанализировано и должны быть проведены соответствующие испытания.

9.1.3 Испытательные уровни

Уровни испытаний на помехоустойчивость, указанные в общих стандартах ЭМС или стандартах на продукцию, связаны с нормальными уровнями помех в окружающей обстановке.

В целях безопасности разработчики системы должны установить испытательные уровни, основанные на максимальных уровнях электромагнитных помех, при которых функционируют системы, связанные с безопасностью. Производители должны указать испытательные уровни, основанные на максимальных уровнях помех, которые могут быть в местах, наиболее вероятных для установки данного оборудования. Разработчики систем должны обеспечить, чтобы применяемые помехи и их уровни, указанные производителями, соответствовали спецификации требований к безопасности (SRS).

Если это возможно, т. е. при наличии достаточных опыта или знаний об электромагнитной обстановке, необходимо также принять во внимание статистическое распределение уровней помех.

Поэтому необходимо повысить функциональные испытательные уровни помехоустойчивости на значение, полученное в результате оценки электромагнитной обстановки. Не всегда можно дать общие рекомендации относительно этого значения, так как оно зависит от многих условий, включая неопределенность (см. 9.4). Это значение должно быть установлено в каждом конкретном случае, и установленные значения могут различаться для каждого вида электромагнитной помехи с учетом факта ее возникновения. В некоторых случаях будет необходимо устанавливать это значение таким образом, чтобы применить более высокий уровень испытаний, чем требуется по условиям функционирования.

Для оборудования или систем, включающих в себя специальные части, связанные с безопасностью, могут быть предусмотрены две серии испытаний:

- серия испытаний для частей системы, не связанных с безопасностью;
- серия испытаний для частей системы, связанных с безопасностью, с отличающимися требованиями.

9.2 Определение методов испытаний в отношении функциональной безопасности

Что касается разнообразия оборудования, условий окружающей среды и условий, характерных для рассматриваемой установки, трудно представить точные правила выбора испытаний. В основном выбор испытаний должен учитывать все электромагнитные помехи, которые были определены как существующие в данной электромагнитной обстановке. Эта обстановка включает в себя как электромагнитные помехи, обусловленные внешними условиями, так и электромагнитные помехи, являющиеся результатом процессов внутри установки. Испытания должны быть выбраны и определены таким образом, чтобы они отражали и моделировали влияние электромагнитных помех на систему, связанную с безопасностью, и ее компоненты.

Примечание 1 — В некоторых случаях нецелесообразно применять испытания в целом системы, связанной с безопасностью, и испытания эффективнее проводить с индивидуальным оборудованием по отдельности. В этих случаях испытания должны быть выбраны таким образом, чтобы их применение для отдельного оборудования позволило сделать выводы об эффекте, который электромагнитные помехи оказывают на всю систему, связанную с безопасностью.

При определении метода испытаний на помехоустойчивость необходимо учитывать оценку неопределенности испытаний как при проведении самих испытаний, так и по отношению к действующим параметрам испытаний на устойчивость.

Существуют несколько возможностей для определения соответствующих методов испытаний на помехоустойчивость:

a) использование стандартизованных методов испытаний, например установленных основополагающими стандартами серии IEC 61000-4.

В большинстве случаев должны быть рассмотрены такие электромагнитные помехи, как электрические быстрые переходные процессы (пачки) или электростатические разряды (ESD), поскольку они являются ожидаемыми в типичных установках. Но в дополнение к ним должны быть рассмотрены некоторые другие электромагнитные помехи в условиях конкретных установок. Например, возникновение относительно сильных магнитных полей или наличие плохого источника питания со значительной асимметрией напряжений или частыми прерываниями напряжения. Эти явления были хорошо изучены в течение нескольких десятилетий, и были разработаны методы испытаний, для того чтобы показать эффект от помех, воздействующих на ИО. Соответствующие методы испытаний описаны в стандартах серии IEC 61000-4. Был получен ценный опыт в отношении проведения и параметров испытаний для как можно более реалистичной демонстрации эффектов от воздействия помехи;

b) использование вариантов стандартизованных методов испытаний.

Хотя стандартизованные методы испытаний на помехоустойчивость описаны, например, в основополагающих стандартах серии IEC 61000-4, а параметры испытаний, указанные в них, охватывают широкий спектр электромагнитных помех, могут возникнуть ситуации, где электромагнитная помеха, действие которой ожидается в установке, отличается в некоторой степени от той, которая предусмотрена стандартизованным испытанием. В этих случаях полезно оценить отклонение фактической помехи от применяемой в стандартизованном методе испытаний и проверить применимость стандартизованного метода испытаний.

Примечание 2 — Данный подход может быть иллюстрирован следующим примером. Для испытаний на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты могут быть применены методы и параметры, установленные в IEC 61000-4-8. Этот стандарт в основном распространяется на воздействие магнитных полей частотой 50—60 Гц. Если, однако, оценка электромагнитной обстановки показывает, что существуют гармоники, которые необходимо учитывать, основной метод испытания этого стандарта также может быть использован для испытаний на устойчивость к магнитному полю на частотах гармоник;

c) электромагнитная помеха не относится к области применения действующих стандартов или их вариантов.

В некоторых установках возникают электромагнитные помехи, которые не учитываются ни стандартизованными методами испытаний на помехоустойчивость, такими как методы, установленные

стандартами серии IEC 61000-4, ни смоделированными с учетом стандартизованных методов испытаний. Весьма возможна ситуация, когда, например, в результате применения новых технологий возникают электромагнитные помехи, которые еще не учтены в стандартизованных методах испытаний. В таких случаях должны быть разработаны конкретные методы испытаний, процедуры и параметры которых должны отражать эффект рассматриваемой электромагнитной помехи как можно более реалистично.

Примечание 3 — Разработка нового метода испытания в целом увеличивает сомнение в правильности его применения. Поэтому рекомендуется проверить и подтвердить новый метод, для того чтобы продемонстрировать, что с его помощью получены точные и надежные результаты испытаний.

9.3 Рассмотрение методов и процедур испытаний в отношении способности исключить систематические отказы

9.3.1 Общие положения

Рекомендуется, чтобы испытания на помехоустойчивость и испытательные уровни помехоустойчивости были выбраны для различных электромагнитных помех с учетом:

- характеристик электромагнитной обстановки, в которой должна функционировать установка;
- максимальной амплитуды фактических электромагнитных помех, ожидаемых в различных местах установки;
- максимальной неопределенности, связанной с методом испытаний и с испытательным оборудованием.

Все мероприятия должны дать представление о методах испытаний и испытательных уровнях, которые будут использованы для испытаний на помехоустойчивость. Второе и третье соображения, приведенные выше, основаны на том, что для электромагнитных помех обычно невозможно установить простую, очевидную и доказуемую корреляцию между используемыми требованиями испытаний на устойчивость и уровнем полноты безопасности (SIL) в связи с вероятностными аспектами определения уровня полноты безопасности (SIL). Так как эти максимальные амплитуды не коррелируются с уровнем полноты безопасности (SIL), они должны быть использованы для определения уровней испытаний.

Кроме испытательных уровней помехоустойчивости существуют другие параметры, которые влияют на пригодность испытаний на помехоустойчивость. Такими параметрами, например, являются:

- длительность испытаний;
- число испытаний с различными наборами условий или испытуемых образцов;
- изменение параметров испытаний (например, направления воздействия электромагнитного поля, фазового соотношения между испытательными импульсами, вида модуляции радиочастотного поля);
- факторы окружающей обстановки (например, температура, влажность или возникновение различных электромагнитных помех в одно и то же время);
- критерии качества функционирования.

Для стандартизованных испытаний на помехоустойчивость, например установленных в основополагающих стандартах серии IEC 61000-4, эти параметры определяются таким образом, чтобы отразить типичные случаи или типичные условия помехи. Параметры устанавливают на технической/экономической основе. Например, длительность испытаний ограничивается временем, которое представляет собой компромисс между длительностью испытания и уверенностью, что длительность испытания достаточна для типичных условий воздействия помех.

Следовательно, эти параметры могут быть изменены для повышения уровня уверенности в том, что модифицированное испытание на помехоустойчивость отражает эффект электромагнитной помехи с более высокой вероятностью, чем при использовании параметров, приведенных, например, в основополагающих стандартах серии IEC 61000-4. В связи с этим параметры могут быть изменены в соответствии с требуемым уровнем полноты безопасности (SIL). Некоторые примеры модификации параметров приведены в таблице 6.

Примечание — Как и в случае уровней помехоустойчивости, не представляется возможным установить простую, очевидную и доказуемую корреляцию между соответствующим образом модифицированным испытанием на помехоустойчивость и требуемым уровнем полноты безопасности (SIL). Поэтому модификации или изменения испытаний на помехоустойчивость должны в основном базироваться на технической оценке.

Таблица 6 — Примеры методов повышения уровня доверия

Вид электромагнитной помехи	Пример стандартов	Метод повышения жесткости испытаний по сравнению с требованиями основополагающего стандарта
Непрерывные помехи звуковой частоты (ЗЧ)/радиочастотные (РЧ)	IEC 61000-4-3 IEC 61000-4-6 IEC 61000-4-16 IEC 61000-4-8 IEC 61000-4-13	Частота модуляции (например, 2 Гц, 400 Гц, 1 кГц, 1 Гц до 10 кГц). Различные испытательные установки (применение различных сочетаний оборудования/версий/каблирования). Тип модуляции [например, амплитудная модуляция (AM), частотная модуляция (FM), импульсная модуляция (PM)]. Различные несущие частоты в одно и то же время
Переходные помехи	IEC 61000-4-4	Увеличение длительности испытания (без изменений нормативных параметров). Изменение частоты повторения импульсов. Изменение длины пачки/частоты повторения импульсов. Различные испытательные установки (различные сочетания оборудования/версий)
	IEC 61000-4-12 IEC 61000-4-18	Различные испытательные установки (различные сочетания оборудования/версий). Различные несущие частоты в одно и то же время
	IEC 61000-4-2 IEC 61000-4-5	Число импульсов Изменение частоты повторения/времени между импульсами/фазового угла. Различные испытательные установки (различные сочетания оборудования/версий)

Примечание 1 — Определенные методы повышения жесткости испытаний могут быть неприменимы к некоторым испытаниям, указанным в основополагающих стандартах.

Примечание 2 — Параметры электромагнитных помех, указанные в методах повышения жесткости испытаний, следует применять, только если эти параметры по результатам рассмотрения действительно могут возникать в электромагнитной среде.

9.3.2 Длительность испытаний

Некоторые из электромагнитных помех, которые будут рассмотрены, могут быть связаны с рабочим состоянием оборудования только статистически, например при одновременном возникновении импульсного пика относительно определенного состояния цифровой схемы или цифровой передачи сигнала.

В целях повышения уровня доверия в отношении помехоустойчивости для более высокого уровня полноты безопасности (SIL) может потребоваться провести испытания на устойчивость к подобным электромагнитным помехам с бóльшим числом импульсов по сравнению с требованиями соответствующих основополагающих стандартов. Это может быть сделано с помощью увеличения длительности испытаний или путем использования дополнительных воздействующих импульсов, и эти изменения могут зависеть от уровня полноты безопасности (SIL).

Примечание — Пример модификации испытаний на устойчивость к воздействию электрических быстрых переходных процессов (IEC 61000-4-4): пачки импульсов обычно подают в течение 1 мин для каждой полярности. Эта длительность может быть увеличена в зависимости от уровня полноты безопасности (SIL).

9.3.3 Число испытаний с различными испытательными установками или испытуемых образцов

В поведении оборудования в части помехоустойчивости могут происходить изменения, например из-за отклонений в характеристиках устройств, используемых в оборудовании, или из-за отклонений в изготовлении оборудования. Дополнительные неопределенности могут возникнуть в результате различных вероятностей, касающихся испытательных установок при испытаниях. Вследствие этого целесообразно расширить испытания на помехоустойчивость за счет:

- испытаний большего числа образцов рассматриваемой продукции;
- неоднократных испытаний образца при изменениях испытательной установки.

Оба варианта могут быть использованы по отдельности или в комбинации.

9.3.4 Изменение параметров испытаний

Стандартизованные испытания на помехоустойчивость, установленные, например, в основополагающих стандартах серии IEC 61000-4, описывают подробную конфигурацию оборудования, а также условия проведения этих испытаний. Эти условия, а также их изменения могут быть использованы для повышения уровня доверия к результатам испытаний. В результате этого, а не с помощью использования условий основополагающих стандартов помехоустойчивости, предполагается более широкий диапазон возможных последствий воздействия электромагнитной помехи на оборудование. Примеры таких модификаций включают в себя:

- модификации, касающиеся воздействия электромагнитной помехи на ИО;
- модификации, касающиеся расположения ИО.

Примечание 1 — Пример модификации испытаний на устойчивость к микросекундным импульсным помехам (IEC 61000-4-5): подача импульсов на линии переменного тока при углах фазового сдвига, дополнительных к установленным в основополагающем стандарте.

Примечание 2 — Пример модификаций испытаний на устойчивость к излученному радиочастотному электромагнитному полю (IEC 61000-4-3): поле воздействует не только на основные поверхности, но также и при наклонной ориентации ИО; оборудование испытывается при различных частотах модуляции (например, от 2 Гц до 10 кГц) или при разных несущих частотах одновременно.

9.3.5 Факторы окружающей обстановки

Помимо изменения состояния помехоустойчивости оборудования из-за допусков в используемом устройстве или при его сборке существует возможность того, что помехоустойчивость зависит от параметров окружающей среды. Такими факторами являются, например, температура или влажность, которые могут варьироваться в широком диапазоне в конечном месте установки. Возможное влияние этих факторов на устойчивость должно быть рассмотрено.

Другим аспектом испытаний является количественная оценка влияния разрушающих воздействий, старения, разумно предсказуемого неправильного использования и т. д. на электромагнитные характеристики оборудования или системы. Существуют много видов возможных воздействий, в том числе механических (например, изгиб, скручивание и т. д.) и климатических (например, давление воздуха, температура, влажность и т. д.). После того как первоначальные испытания электромагнитного функционирования были проведены, как описано выше, и оборудование проходит испытания, следует провести испытания на старение, если ожидается, что электромагнитные характеристики будут изменяться в течение жизненного цикла оборудования. Это испытание должно включать в себя, например, оценку ухудшения эффективности мер по снижению электромагнитного воздействия, связанного с оборудованием или изделием из-за коррозии или механического движения в течение ожидаемого срока службы системы. В случае необходимости во время или после этих испытаний на воздействие/старение должно быть определено, произошли ли существенные искажения электромагнитных характеристик оборудования. Все аспекты физических воздействий и старения в рамках спецификации оборудования/системы должны быть оценены и документированы. Результаты таких испытаний и их влияние на электромагнитные характеристики в течение срока жизни оборудования или системы также должны быть документированы для каждого вида электромагнитной помехи.

С другой стороны, в случае если оборудование защищено от электромагнитной и физической среды внешним корпусом, допустимо проверить готовый корпус на возможность ухудшения его электромагнитных характеристик из-за физических нагрузок, старения, разумно предсказуемого неправильного использования и т. д. в течение ожидаемого жизненного цикла. Испытуемый корпус должен включать в себя те же типы кабельных вводов, крепления крышек и панелей и т. д., что входили в комплект поставки или указанные для оборудования. В одновременных испытаниях изделий и другого оборудования, размещенных внутри корпуса, нет необходимости.

Некоторые производители корпусов могут предоставить соответствующие результаты испытаний для их корпусов, чтобы помочь проектировщикам в выборе шкафа. Если аспекты физических напряжений, старения и неправильного использования включены в спецификацию корпуса, изделия или оборудования внутри корпуса, то в испытаниях, описанных выше, нет необходимости.

9.4 Неопределенность испытаний

Требуемая помехоустойчивость изделий или образцов оборудования в большинстве случаев демонстрируется с помощью испытаний на помехоустойчивость в соответствии с основополагающими

стандартами ЭМС. Результаты испытаний используют для вывода, отвечает ли ИО требованиям и, следовательно, может ли оно быть использовано в системе, связанной с безопасностью.

Поэтому важно иметь некоторые признаки качества результатов испытаний, т. е. степень точности, которой можно доверять. Одними из средств демонстрации качества выполнения испытаний на помехоустойчивость и результатов испытаний являются определение и оценка соответствующей неопределенности.

Вне зависимости от того, являются ли испытания на помехоустойчивость стандартизованными или модифицированными, они должны быть проведены таким образом, чтобы получить воспроизводимые результаты, даже если испытания с одним и тем же ИО выполняют разные лица. Кроме этого факта повторяемости испытательная конфигурация и скорректированный испытательный уровень помехоустойчивости должны соответствовать установленному испытательному уровню как можно ближе. Поэтому особое внимание должно быть уделено любым факторам, которые могут вызвать отклонение от установленных уровней и влияние которых можно количественно охарактеризовать с помощью неопределенности. Существенная информация о всех аспектах, связанных с неопределенностью, и ее определения приведены в стандартах серии CISPR 16-4.

Как следствие, неопределенность, связанная с испытаниями на помехоустойчивость, должна быть определена и оценена в отношении ее влияния на результаты испытаний.

Неопределенность испытаний может быть компенсирована за счет увеличения испытательных уровней помехоустойчивости в следующих случаях:

- если существующая неопределенность превышает значение, определяемое в соответствии с подходом, используемым в CISPR 16-4-2; и/или
- если для обеспечения большей уверенности в том, что испытание было проведено на установленном уровне, используют метод расширенной неопределенности. Метод установлен в IEC 61000-4-6.

Примечание 1 — Рассматриваемый вид неопределенности не должен изменяться, и значение неопределенности не должно превышаться в зависимости от конкретного испытания на помехоустойчивость.

Примечание 2 — Возможны факторы неопределенности испытаний, которые необходимо учитывать в дополнение к инструментальной неопределенности.

10 Документация

Документация должна соответствовать требованиям, установленным в IEC 61508-1.

Приложение А
(справочное)

Примеры уровней электромагнитных помех

Настоящее приложение обеспечивает поддержку методологии определения требований к электромагнитной обстановке системы, связанной с безопасностью.

Приложение основано в первую очередь на классификации электромагнитных обстановок в IEC 61000-2-5, который классифицирует электромагнитные обстановки и представляет собой базовые рекомендации по выбору уровней помехоустойчивости. Уровни, приведенные в IEC 61000-2-5, являются уровнями электромагнитной совместимости. Уровень электромагнитной совместимости определяется как регламентированный уровень электромагнитной помехи, используемый в качестве опорного в целях координации при установлении норм электромагнитной эмиссии и устойчивости к электромагнитной помехе (см. рисунок А.1).

Примечание 1 — Обычно уровень электромагнитной совместимости выбирают так, чтобы уровень реальной электромагнитной помехи мог превысить его лишь с малой вероятностью. Однако электромагнитная совместимость достигается только в случае, если уровни электромагнитной эмиссии и устойчивости к электромагнитной помехе контролируются таким образом, чтобы для каждого места уровень электромагнитной помехи, возникший в результате совместной эмиссии всех источников, был ниже, чем уровень помехоустойчивости каждого устройства, оборудования и системы, расположенных в том же месте.

Примечание 2 — Уровень электромагнитной совместимости может зависеть от электромагнитного явления, времени или места размещения.

Примеры уровней совместимости для различных видов помех описаны в IEC 61000-2-5, приложение А, для типичных классов местоположения. Описание охватывает восемь различных обстановок (мест расположения), приведенных в таблицах А.1—А.8 IEC 61000-2-5. Типичные уровни совместимости определяют для каждого вида электромагнитной помехи в каждой обстановке. Установлено, что для различных функций многофункционального элемента могут быть применены различные характеристики устойчивости. Например, функция для приложения безопасности должна иметь более высокий уровень устойчивости, чем функция, не влияющая на безопасность, хотя это должно быть достигнуто путем определения электромагнитной обстановки, пригодной для целей безопасности, в отличие от произвольного повышения уровней испытаний на помехоустойчивость.



Рисунок А.1 — Уровни электромагнитной эмиссии/помехоустойчивости и уровень совместимости на примере уровней эмиссии/помехоустойчивости для одного эмиттера и одного рецептора в зависимости от некоторой независимой переменной (например, частоты)

Уровни, приведенные в IEC 61000-2-5, являются уровнями электромагнитной совместимости. Уровни помехоустойчивости должны превышать уровни совместимости, однако некоторые из уровней помехоустойчивости указанных, например, в общем стандарте ЭМС для промышленного применения IEC 61000-6-2, ниже соответствующих

уровней совместимости, приведенных в IEC 61000-2-5 (например, уровни ВЧ-кондуктивных помех на управляющих и сигнальных линиях для класса 5 мест расположения). Это должно быть принято во внимание при обосновании уровней помехоустойчивости, необходимых для функциональной безопасности. Виды электромагнитных помех по IEC 61000-2-5 анализируют и сравнивают с уровнями, установленными в общем стандарте ЭМС IEC 61000-6-2 (для промышленного применения); и соответствующие примеры представлены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Пример выбора электромагнитных помех для достижения функциональной безопасности при промышленном применении

Помеха в соответствии с IEC 61000-2-5 Испытательный уровень в соответствии с IEC 61000-6-2	Основополагающий стандарт	Помеха влияет на функциональную безопасность?	Испытательный уровень для функциональной безопасности должен быть установлен?	Примечание
1 ЭСР 4 кВ (контактный) 8 кВ (воздушный)	IEC 61000-4-2	Да	Да	Уровни должны применяться в соответствии с условиями окружающей среды, приведенными в IEC 61000-4-2. Уровни, установленные в общем стандарте, могут быть выбраны только при наличии соответствующих условий электромагнитной обстановки
2 ВЧ-поле 10 В/м (80—1000 МГц), 3 В/м (1,4—2,0 ГГц), 1 В/м (2,0—2,7 ГГц)	IEC 61000-4-3	Да	Да	Повышенный уровень применяется в полосах частот, используемых для мобильных передатчиков в целом, за исключением случая, когда приняты надежные меры для исключения применения поблизости таких передатчиков. ISM частоты должны быть приняты во внимание на индивидуальной основе
3 Пачка импульсов 1 kV (I/O), 2 kV (a.c./d.c.)	IEC 61000-4-4	Да	Да	В промышленных применениях можно ожидать более высоких уровней по сравнению с уровнями, предусмотренными в применимых стандартах, имеющих целью обеспечение функционирования
4 Выброс напряжения a.c.: 2 кВ (L—L), 1 кВ (L—G); d.c.: 0,5 (L—L), 0,5 кВ(L—G); I/O: 1,0 кВ (L—G)	IEC 61000-4-5	Да	Да	Повышенные требования могут быть адекватными, но должны быть рассмотрены дополнительные внешние меры обеспечения ЭМС
5 ВЧ-кондуктивные помехи 10 В (0,15—80 МГц)	IEC 61000-4-6	Да	Да	Повышенный уровень применяется в полосах частот, используемых для мобильных передатчиков в целом, за исключением случая, когда приняты надежные меры для исключения применения поблизости таких передатчиков. ISM частоты должны быть приняты во внимание на индивидуальной основе
6 Магнитное поле промышленной частоты 50/60 Гц 30 А/м	IEC 61000-4-8	Да	Нет	Применимо в соответствии с общими исключениями, установленными в общих стандартах. Повышенный уровень в основном не применяется. Повышенный уровень может быть адекватен в обстановке по IEC 61000-6-5 или аналогичной, соответствующей промышленным коммутационным зонам

Продолжение таблицы А.1

Помеха в соответствии с IEC 61000-2-5 Испытательный уровень в соответствии с IEC 61000-6-2	Основополагающий стандарт	Помеха влияет на функциональную безопасность?	Испытательный уровень для функциональной безопасности должен быть установлен?	Примечание
7 Импульсное магнитное поле	IEC 61000-4-9	Нет	n.a.	Повышенный уровень в основном не применяется. Повышенный уровень может быть адекватен в обстановке по IEC 61000-6-5 или аналогичной, соответствующей промышленным коммутационным зонам
8 Колебательное магнитное поле	IEC 61000-4-10	Нет	n.a.	То же
9 Провалы напряжения 0 % для 1 периода, 40 % для 10/12 периодов, 70 % для 25/30 периодов	IEC 61000-4-11	Да	Нет	Решение принимается в каждом конкретном случае
10 Прерывания напряжения 0 % для 250/300 периодов	IEC 61000-4-11	Да	Нет	То же
11 Изменения напряжения	IEC 61000-4-11	Нет	n.a.	Изменения напряжения считаются функциональными аспектами, не связанными с ЭМС
12 Звенящие волны	IEC 61000-4-12	Нет	n.a.	В основном не применяются, но могут быть рассмотрены для целей функциональной безопасности
13 Гармоники	IEC 61000-4-13	Да	Нет	Решение принимается в каждом конкретном случае
14 Интергармоники	IEC 61000-4-13	Да	Нет	То же
15 Сигнализация по электрическим сетям	IEC 61000-4-13	Нет	n.a.	То же
16 Кондуктивные, общие несимметричные помехи 0 Гц — 150 кГц	IEC 61000-4-16	Да	Да	Повышение уровня только для кратковременных явлений промышленной частоты. Ограничено номинальным напряжением системы электроснабжения
17 Колебательные волны	IEC 61000-4-18	Нет	n.a.	В основном не применяются, но могут быть рассмотрены для целей функциональной безопасности
18 Излучаемые помехи большой мощности	IEC 61000-4-23	Нет	n.a.	То же
19 Кондуктивные помехи большой мощности	IEC 61000-4-24	Нет	n.a.	То же
20 Устойчивость к помехам большой мощности	IEC 61000-4-25	Нет	n.a.	То же

Окончание таблицы А.1

Помеха в соответствии с IEC 61000-2-5 Испытательный уровень в соответствии с IEC 61000-6-2	Основополагающий стандарт	Помеха влияет на функциональную безопасность?	Испытательный уровень для функциональной безопасности должен быть установлен?	Примечание
21 Асимметрия в трехфазных электрических сетях	IEC 61000-4-27	Нет	n.a.	То же
22 Отклонения промышленной частоты	IEC 61000-4-28	Нет	n.a.	В основном не применяются, но могут быть рассмотрены для специальных применений, таких как UPS, аварийные системы электроснабжения и т. д.
23 Провалы напряжения на портах питания постоянного тока	IEC 61000-4-29	Да	Нет	Решение принимается в каждом конкретном случае
24 Прерывания напряжения на портах питания постоянного тока	IEC 61000-4-29	Да	Нет	Решение принимается в каждом конкретном случае
25 Отклонения напряжения постоянного тока	IEC 61000-4-29	Нет	n.a.	В основном не применяются, но могут быть рассмотрены для целей функциональной безопасности
26 Постоянный ток в сетях переменного тока		Да	Нет	Решение принимается в каждом конкретном случае
27 Магнитное поле постоянного тока		Нет	n.a.	В основном не применяются, но могут быть рассмотрены для специальных применений (например, тяговые системы, процессы производства алюминия)
28 Магнитное поле 16 2/3 Гц		Нет	n.a.	В основном не применяются, но могут быть рассмотрены для специальных применений, таких как тяговые системы
29 Магнитное поле систем без электропитания		Нет	n.a.	Решение принимается в каждом конкретном случае
30 Магнитное поле гармоник систем электропитания		Нет	n.a.	То же
31 Электрическое поле постоянного тока		Нет	n.a.	
32 Электрическое поле 16 2/3 Гц		Нет	n.a.	
33 Электрическое поле 50/60 Гц		Нет	n.a.	
34 Импульсное электрическое поле		Нет	n.a.	Решение принимается в каждом конкретном случае
35 Поле ЭСР		Нет	n.a.	
36 Миллисекундные импульсы		Нет	n.a.	

Примечание — Технические комитеты по продукции могут использовать эту таблицу в качестве основы при принятии в каждом конкретном случае решения по каждому электромагнитному явлению/испытательному уровню.

«n.a.» — Неприменимо, в общем случае.

Так как информация в таблице А.1 основывается на помехах, указанных в IEC 61000-2-5 для целей обеспечения ЭМС, то представленные в таблице результаты могут не перекрывать более высокие уровни помех, вероятность возникновения которых мала. В целях функциональной безопасности эти маловероятные электромагнитные обстановки должны быть учтены. В таблице А.2 приведен пример максимальных уровней электромагнитных помех, подходящих для двух типичных мест размещения — жилых зон и зон тяжелой промышленности. Они были получены путем изучения имеющейся литературы с учетом вероятности очень близкого расположения сотовых телефонов к оборудованию, связанному с безопасностью. Эти излучаемые помехи высокого уровня от сотовых телефонов не были рассмотрены в IEC 61000-2-5 и поэтому должны быть оценены здесь отдельно. Следует отметить, что для некоторых конкретных применений уровни электромагнитных помех могут быть выше.

В левой графе таблицы А.2 приведены испытания на помехоустойчивость, установленные стандартами, связанными с различными ранее рассмотренными электромагнитными помехами. Следует отметить, что в перечне указаны не все виды помех. Для целей безопасности дополнительные электромагнитные явления должны рассматриваться всеми заинтересованными сторонами.

Таблица А.2 — Оценки максимальных уровней электромагнитных помех

Помехи и порты	Единицы измерения	Максимальные электромагнитные уровни	
		Бытовые зоны	Промышленные зоны
ЭСР: - воздушный разряд; - контактный разряд	кВ	 15 8	 15 8
ВЧ-поля[a)] < 80 МГц до 1000 МГц	В/м (мод)	50	50
РЧ-поля цифровых телефонов 0,9 (1,8) ГГц	В/м (мод)	50	50
Пачка импульсов: - линии питания переменного тока; - линии питания постоянного тока; - линии управления/сигнализации; - функциональное заземление	кВ	 4 4 2 2	 8 8 4 2
Выбросы напряжения 1,2/50 мкс (8/20 мкс): - линии питания переменного тока (L—G); - линии питания переменного тока (L—L); - линии питания постоянного тока (L—G); - линии питания постоянного тока (L—L); - линии управления/сигнализации (L—G); - линии управления/сигнализации (L—L)	кВ	 4 2 2 2 2 1	 8 4 2 2 4 2
Кондуктивные ВЧ-помехи 0,15—80 МГц[a)]: - линии питания переменного тока, общий несимметричный режим; - линии питания постоянного тока, общий несимметричный режим; - управление/сигнал, общий несимметричный режим; - функциональное заземление	В (мод)	 50 50 50 10	 50 50 50 10
Магнитные поля промышленной частоты	А/м	10	60
Провалы напряжения переменного тока	% U_n, периоды	10—95 0,5—150	10—95 0,5—300
Прерывания напряжения переменного тока > 95 %	периоды	2500	2500
Звенящая волна: - 0,1 МГц (линии питания переменного тока); - 0,1 МГц (линии управления)	кВ	 4 2	 4 2
Гармоники: - THD - 5-я гармоника	 % U_n % U_n	 8 6	 10 8

Окончание таблицы А.2

Помехи и порты	Единицы измерения	Максимальные электромагнитные уровни	
		Бытовые зоны	Промышленные зоны
Колебания напряжения переменного тока	% U_n	+ 10, – 10	+ 10, – 15
Колебательные волны: - медленные (0,1 и 1 МГц); - быстрые (3, 10, 30 МГц)	кВ	 4 4	 4 4

[a] Максимальные уровни необязательно отмечаются во всей полосе частот.

Примечание — THD — суммарный коэффициент гармонических искажений.

Приложение В
(справочное)

Меры и методы достижения функциональной безопасности в отношении электромагнитных помех

В.1 Общие принципы

Важно обеспечить, чтобы системы, связанные с безопасностью, не становились опасными при использовании в конкретной электромагнитной обстановке (в том числе из-за электромагнитных помех, создаваемых их собственным оборудованием).

Важно также гарантировать, что эмиссия электромагнитных помех от системы (или ее части) не вызывает рисков безопасности за счет влияния на систему, связанную с безопасностью.

Таким образом, на протяжении всего жизненного цикла системы, связанной с безопасностью, следует применять соответствующие меры, в том числе в отношении изделий и оборудования, входящих в нее.

В большинстве случаев не следует ожидать, что Э/Э/ПЭ изделия и другие устройства массового производства, которые часто используют, чтобы собрать систему, связанную с безопасностью, будут иметь характеристики электромагнитной эмиссии и/или помехоустойчивости, соответствующие всем возможным электромагнитным обстановкам, в которых допускается использовать системы, связанные с безопасностью. Поэтому важно признать, что принятие электромагнитных мер на уровне оборудования, системы и/или установки часто является эффективным способом достижения требуемых электромагнитных характеристик и, следовательно, безопасности.

Цель настоящего приложения заключается в том, чтобы дать информативный обзор мер и методов, доступных для достижения функциональной безопасности в отношении электромагнитных помех. В таблице ниже представлены эти меры и методы. Дополнительная информация приведена в подразделах настоящего стандарта, на которые даны ссылки в третьей графе таблицы В.1.

Таблица В.1 — Обзор мер и методов достижения функциональной безопасности в отношении электромагнитных помех

Практика	Обзор	Ссылка на дополнительную информацию
Планирование ЭМС в целях достижения безопасности	Компетентному лицу предоставляются полномочия для обеспечения правильного применения всех мер и методов, указанных ниже, где это необходимо, для достижения адекватной безопасности в течение жизненного цикла, несмотря на электромагнитные помехи	В.2
Оценка нежелательных событий безопасности, которых следует исключить	Рассматриваются: a) отсутствие действия, когда действие необходимо; b) действие, когда в действии нет необходимости; c) неправильное или неточное действие	—
Получение необходимой справочной информации для проектирования	Оценка разумно предсказуемого жизненного цикла	В.3.1
	Оценка максимальной электромагнитной обстановки в течение разумно предсказуемого жизненного цикла	В.3.2
	Оценка наихудшей физической среды в течение разумно предсказуемого жизненного цикла	В.3.3
	Оценка функциональных характеристик, которые должны быть достигнуты в течение разумно предсказуемого жизненного цикла	В.3.4
Меры и методы, которые необходимо учитывать при проектировании и разработке	Проектирование архитектуры системы так, чтобы адекватно уменьшить вероятность опасных отказов из-за электромагнитных помех	В.4.1
	Меры и методы проектирования и разработки, которые необходимо учитывать	В.4.2
	Выбор компонентов и изделий; проектирование схем, аппаратного и программного обеспечения для уменьшения вероятности опасных отказов из-за электромагнитных помех	В.4.3

Продолжение таблицы В.1

Практика	Обзор	Ссылка на дополнительную информацию
Меры и методы, которые необходимо учитывать при проектировании и разработке	Использование испытаний и анализа для определения электромагнитных и физических характеристик компонентов, изделий, схем, аппаратного и программного обеспечения при воздействии электромагнитных помех и физических нагрузок, репрезентативных для разумно предсказуемой обстановки системы	В.4.4
	Проектирование заземления, электрического соединения, проводки, каблирования, печатных плат для максимизации электромагнитных характеристик	В.4.5
	Использование волоконно-оптических линий связи вместо металлических проводников	—
	Использование автоматизированного проектирования для минимизации электромагнитных путей связи	В.4.6
	Использование методов подавления электромагнитных помех, включая экранирование, фильтрацию, защиту от перенапряжений, защиту от сверхтоков, подавление электростатических разрядов, кондиционирование сети питания, гальванические развязки и т. д.	В.4.7
	Использование методов ослабления жесткости внешних воздействующих факторов физической среды для обеспечения поддержания адекватных электромагнитных характеристик компонентов, устройств, изделий, оборудования и мер помехоподавления в течение их разумно предсказуемого жизненного цикла, например применение антивибрационных креплений, гидроизоляции и т. д.	В.4.8
	Применение методов проектирования, обеспечивающих поддержание безопасности, несмотря на деградацию электромагнитных характеристик, вызванную разумно предсказуемыми сбоями и отказами, например блокировки экранированной двери и инициализации реакции при нарушении безопасности	В.4.9
	Использование двух или более слоев помехоподавления, если нет оснований полагаться исключительно на один слой	В.4.10
	Использование контрольных списков, основанных на исследованиях и опыте, полученных в аналогичных приложениях	В.4.11
	Принятие во внимание заземления электропитающих систем (например, TNS, TNC, IT и т. д., см. IEC 60364-1)	—
Меры и методы, которые необходимо учитывать при реализации и интеграции	Закупка материалов, компонентов и изделий в соответствии с их электромагнитными спецификациями	В.5.1
	Сборка в соответствии с проектом, с использованием правильно выбранных материалов, компонентов и изделий в соответствии с их электромагнитными спецификациями	В.5.2
	Установка в соответствии с проектом обеспечения ЭМС	В.5.3
Меры и методы, которые необходимо учитывать при установке и вводе в эксплуатацию	Любые ограничения на физическое позиционирование образцов оборудования, которые составляют систему	В.6.3
	Любые ограничения на типы, длины и маршрутизацию линий электроснабжения, контрольных и сигнальных межсоединительных кабелей	В.6.4
	Методы обработки концов экранов всех кабелей	В.6.5
	Типы соединителей и зажимов, которые необходимо использовать, и любые специальные требования по монтажу для них	В.6.6

Окончание таблицы В.1

Практика	Обзор	Ссылка на дополнительную информацию
Меры и методы, которые необходимо учитывать при установке и вводе в эксплуатацию	Требования к электрическому питанию (качеству электрической энергии)	В.6.7
	Любое дополнительное требуемое экранирование	В.6.8
	Любая дополнительная требуемая фильтрация	В.6.9
	Любые дополнительные требования в части защиты от перенапряжений и сверхтоков	В.6.10
	Любые дополнительные требования к кондиционированию питания	В.6.11
	Любые дополнительные требования к защите от электростатических разрядов	В.6.12
	Любая дополнительная требуемая физическая защита	В.6.13
	Любые требования к заземлению и электрическому соединению	В.6.14
	Процедуры и материалы, которые должны использоваться. Защита от коррозии Примечание — Выполнение надлежащих требований по монтажу различных средств защиты должно быть проверено.	
Меры и методы, которые необходимо учитывать при эксплуатации и техническом обслуживании	Наличие подробных инструкций пользователя, включая операционные процедуры, необходимые для поддержания адекватных электромагнитных характеристик мер помехоподавления	В.7.1
	Процедуры технического обслуживания и планирования, связанные с электромагнитными характеристиками мер помехоподавления	В.7.2
	Отслеживание изменений внешней электромагнитной обстановки для учета новых возникающих электромагнитных угроз, которые не были включены в первоначальный проект	В.7.3
	Методы разборки/повторной сборки, обеспечивающие сохранение электромагнитных характеристик	В.7.4
	Периодические испытания (контрольные испытания) критических компонентов в части электромагнитных характеристик (например, подавителей помех, экранов, заземляющих и связывающих соединений и т. д.)	В.7.5
	Периодическая замена критических компонентов, восприимчивых к деградации или износу с течением времени (например, подавителей помех)	В.7.6
	Проверка на отсутствие коррозии	—
Модификации и модернизации (аппаратное и программное обеспечение)	Оценка влияния предлагаемых модификаций и модернизаций на электромагнитные характеристики рассматриваемой системы, связанной с безопасностью, и любой другой системы, связанной с безопасностью, которая может быть затронута	В.8.1
	Обеспечение того, чтобы модификации и модернизации не привели к снижению электромагнитных характеристик ниже приемлемых уровней для рассматриваемой системы и любой другой системы, связанной с безопасностью, которая может быть затронута	В.8.2

В.2 Планирование ЭМС в целях достижения безопасности

Эффективное проектирование электромагнитной безопасности для жизненного цикла системы, связанной с безопасностью, нуждается в надлежащем управлении, которое включает в себя План ЭМС в целях безопасности.

Этот план должен быть создан руководителем, имеющим необходимые полномочия и бюджет (или создан для руководителя), чтобы быть уверенным в том, что он выполняется, и установлены лица, несущие ответственность за его правильное выполнение.

План должен определить:

a) что подлежит управлению (границы оборудования или системы);

b) спецификацию конкретного оборудования или системы;

c) цели и функции оборудования или системы;

d) место (места), в котором(ых) оборудование или система предназначены для установки;

e) спецификацию электромагнитной и физической обстановки (обстановок) в течение ожидаемого жизненного цикла;

f) для системы — спецификацию ее требований к безопасности (SRS);

g) имя лица, ответственного за план ЭМС применительно к целям безопасности и за обеспечение того, что окончательные электромагнитные характеристики будут достаточно высокими для требуемой функциональной безопасности в течение всего жизненного цикла;

h) имена всех других лиц, которые также принимают на себя часть ответственности за конечные электромагнитные характеристики;

i) идентификацию всех стандартов, спецификаций, руководств по разработке, процедур обеспечения качества, внутренних руководств по разработке и контрольных списков, которые должны быть использованы для руководства проектированием, испытаниями и обеспечением качества на выходе;

j) любое обучение, экспертную помощь третьей стороны или сторонние услуги по испытаниям, если это требуется вышеуказанному персоналу для качественного достижения цели;

k) любые публикации, компьютерное или испытательное оборудование, необходимые для качественного достижения цели вышеуказанным персоналом;

l) перечень документации, которая будет разрабатываться вышеуказанным персоналом:

- во-первых, для использования в компании, чтобы продемонстрировать, что персонал правильно выполнил свои обязанности;

- во вторых (в отношении образцов оборудования), для передачи клиентам с тем, чтобы уведомить их обо всех электромагнитных и физических проблемах и о результирующем функциональном поведении при воздействии на оборудование всех электромагнитных помех, которые могут возникнуть в его окружении в течение жизненного цикла;

m) фиксированные точки программы проекта для констатации прогресса руководителем проекта и/или независимыми экспертами и для внесения изменений в программу проекта в случае необходимости;

n) временные рамки деятельности в области ЭМС, проводимой вышеуказанным персоналом.

B.3 Получение необходимой справочной информации для проектирования

B.3.1 Оценка разумно предсказуемого жизненного цикла

Эта оценка необходима для того, чтобы система или оборудование могли быть спроектированы для поддержания адекватных характеристик ЭМС в целях безопасности в течение всего жизненного цикла.

Жизненный цикл включает в себя все, что следует после окончательного изготовления системы или оборудования, в том числе периоды хранения, транспортирования, простоя или обслуживания, а также функционирования. Некоторые типы систем или оборудования могут быть при необходимости законсервированы в течение нескольких лет, возможно, после нескольких лет использования, и ожидается, что они должны снова безопасно функционировать, когда будут вновь введены в эксплуатацию. Некоторые системы могут иметь очень длительные жизненные циклы.

Жизненный цикл включает в себя повторное использование и использование после переоборудований, модификаций и модернизаций.

Для некоторых систем безопасности (например, на атомных электростанциях) в жизненный цикл, возможно, необходимо также включать время, необходимое для демонтажа установки, частью которой они являются.

B.3.2 Оценка максимальной электромагнитной обстановки в течение разумно предсказуемого жизненного цикла

Проведение оценки разумно предсказуемой максимальной электромагнитной обстановки системы или оборудования в течение всего ожидаемого жизненного цикла в месте (или на транспортном средстве и т. д.), где система безопасности должна быть окончательно установлена, позволяет разумно предсказать будущие изменения, относящиеся как к месту установки (или транспортному средству), так и к окружающей среде.

Для длительных помех рассматривают разумно предсказуемые:

- полосы частот;
- виды модуляции;
- полосу частот модуляции;
- максимальные уровни;
- события, которые могут оказать влияние на проект.

Для кратковременных помех рассматривают разумно предсказуемые:

- формы волны напряжения и тока;

- максимальные уровни;
- события (в том числе влияние источников света, замыканий на землю при низком и высоком напряжении и т. д.).

Кроме всего указанного выше должны быть также приняты во внимание последствия разумно предсказуемых отказов. Например, повреждения изоляции в сетевых источниках питания являются достаточно общей причиной в стандартах безопасности для того, чтобы стала необходимой установка плавких предохранителей или автоматических выключателей защиты. Соответственно, электромагнитные эффекты повреждений изоляции следует принимать во внимание при оценке электромагнитной среды для системы безопасности. Эти отказы могут привести к высокому уровню широкополосного шума в течение нескольких часов или дней (или еще продолжительнее), если изоляция нарушается; к высокому уровню импульсных магнитных полей из-за токов замыкания, когда изоляция нарушается полностью (ток может легко превысить 1 кА в сети питания с номинальным током 13 А); к высокому уровню перенапряжений, так как энергия, накопленная в магнитном поле кабеля, трансформируется при открытии предохранителя или автоматического выключателя, а также к высокому уровню широкополосного шума в связи с искрением предохранителя или автоматического выключателя при их открывании.

Оценка должна также рассмотреть вероятность двух или более электромагнитных помех, возникающих в одно и то же время, например непрерывного РЧ-поля (или общего несимметричного тока в кабеле) на одной частоте одновременно с пачкой импульсов, выбросом напряжения или событием электростатического разряда. Возможны также несколько непрерывных РЧ-полей или общих несимметричных токов в кабеле, и вероятность таких событий должна быть оценена. Если это может произойти (и обычно такие события возможны), то для успешного решения вопросов, связанных с такими событиями, могут быть использованы соответствующие методы анализа проекта, не требующие испытаний, которые следует проводить при одновременном воздействии помех.

Применительно ко всем вопросам, затронутым в настоящем подразделе, следует принимать во внимание последствия разумно предсказуемых использования и неправильного использования. Например, люди могут игнорировать предупреждающие знаки или забыть сведения, полученные при обучении; сотовые телефоны или рации могут оказаться ближе, чем это было предусмотрено спецификацией электромагнитной обстановки.

Для руководства по оценке электромагнитной обстановки см. раздел 6 и приложение А.

В.3.3 Оценка наихудшей физической среды в течение разумно предсказуемого жизненного цикла

Физическая среда включает в себя воздействия, обусловленные:

- механическими;
- климатическими;
- химическими;
- биологическими

и другими нагрузками, которые система, связанная с безопасностью, или входящее в ее состав оборудование должны выдерживать в течение своего жизненного цикла. Эти напряжения могут влиять на электромагнитные характеристики. Например, эффективность экранирования может быть снижена за счет креплений или других прилагаемых сил, которые вызывают расхождение швов, и/или за счет износа и коррозии металлических креплений и проводящих прокладок. Эффективность фильтрации может быть снижена из-за высоких напряжений питания и/или высоких температур, или вышедших из строя и корродированных заземляющих соединений. Цепи обратной связи цепи могут стать нестабильными на радиочастотах из-за старения компонентов и/или экстремальных температур, или проводящих пыли или жидкостей.

Таким образом, необходимо выполнить оценку физической среды применительно к месту (или транспортному средству и т. д.), где должна быть установлена завершенная система безопасности, принимая во внимание разумно предсказуемые будущие изменения в месте установки (или на транспортном средстве). Электромагнитные меры должны быть спроектированы и испытаны так, чтобы система в конце ее жизненного цикла еще обладала электромагнитными характеристиками, достаточными для обеспечения адекватной безопасности.

Жизненный цикл включает в себя:

- проектирование и разработку;
- производство и испытания;
- хранение;
- транспортирование и перевозку;
- установку (монтаж);
- ввод в эксплуатацию;
- функционирование;
- очистку;
- замену расходных материалов;
- техническое обслуживание;
- ремонт;
- модификацию;
- обновление;
- модернизацию;
- демонтаж и утилизацию.

Физические нагрузки, которые следует учитывать, включают в себя, но ими не ограничиваются, разумно предсказуемые:

- экстремальные значения и циклический характер напряжения питания;
- экстремальные значения и циклический характер температуры;
- экстремальные значения и циклический характер воздушного давления;
- экстремальные значения и циклический характер влажности;
- статические механические напряжения (например, при неплоских скрепленных поверхностях, нагрузке поверхности объектами, расположенными на вершине, и т. д.);
- повторяющиеся механические напряжения, такие как удары и вибрации;
- износ и старение (из-за повторяющихся действий пользователей или по другим причинам);
- воздействие конденсации, воды, брызг, очищающих жидкостей и материалов, напитков, топлива, телесных жидкостей, других жидкостей, газов и пыли, песка и т. д.;
- рост плесени;
- деятельность животных (например, грызунов);
- режимы мойки и чистки (с учетом материалов, инструмента и методов, которые могут быть использованы);
- деятельность по модификации, ремонту, восстановлению и обновлению;
- злоупотребления и неправильное использование, например штабелирование оборудования, конструкция которого не была предназначена для укладки, или его работа в помещениях с протекающими крышами, или при неисправных системах управления отоплением/охлаждением/влажностью.

Разумно предсказуемые использование, неправильное использование и отказы также должны в полной мере учитывать все вышеперечисленное, например перегрузки, протекающие крыши, неисправные кондиционеры.

B.3.4 Оценка функциональных характеристик, которые должны быть достигнуты в течение разумно предсказуемого жизненного цикла

Необходимо определить требования к рабочим характеристикам для каждой функции безопасности системы или функции оборудования, когда систему или оборудование подвергают электромагнитным помехам, которые могут возникнуть в окружающей обстановке на протяжении их жизненного цикла.

При этом возможны два типа требований к рабочим характеристикам:

a) рабочие характеристики остаются в некоторых заданных пределах, и при этом поддерживается функциональная безопасность. Прекращение состояния безопасности неприемлемо. Примеры систем, где следует применять этот критерий, включают в себя системы жизнеобеспечения, в которых прекращение состояния безопасности не может быть допущено, и для безопасности требуется непрерывная работа;

b) как указано выше в перечислении a), за исключением того, что прекращение состояния безопасности допустимо при определенных обстоятельствах. Ниже указаны соображения, помогающие установить нежелательные события безопасности, которые могут возникнуть. При установлении нежелательных событий безопасности следует рассматривать следующее:

- отсутствие действия, когда оно необходимо (например, сигнальная лампа не горит, когда ей следует гореть);
- действие, когда в действии нет необходимости (например, пуск двигателя, когда необходимо, чтобы он находился в стационарном состоянии для технического обслуживания);
- неправильное действие, результатом которого являются неправильные данные или управление (например, ошибка измерения параметра, которая имеет последствия для безопасности).

B.4 Меры и методы проектирования и разработки, которые необходимо учитывать

B.4.1 Проектирование архитектуры системы с учетом адекватного уменьшения вероятности опасных отказов из-за электромагнитных помех

Соответствующие меры и методы проектирования могут включать в себя:

- отказоустойчивую конструкцию;
- использование параллельных резервных каналов и т. д.

Важные в отношении безопасности элементы и схемы допускается дублировать и соединять параллельно, чтобы обеспечить требуемое поведение оборудования в случае отказа. Рекомендуется, чтобы каждый параллельный элемент системы был разработан с применением другой технологии (для аппаратного и программного обеспечения), чтобы предотвратить сбой более чем одного из них в одно и то же время из-за той или иной электромагнитной помехи.

B.4.2 Отказ от использования компонентов, схемных и механических и программных методов, которые могут увеличить восприимчивость к электромагнитным помехам

Известно, что некоторые компоненты, конструкции цепей, механические и программные элементы конструкций, как правило, особенно восприимчивы к определенным электромагнитным помехам, или их особая восприимчивость может быть показана с помощью анализа. Некоторые из них могут быть определены опытным путем, как особенно восприимчивые в конкретных применениях.

Отказ от использования этих компонентов, конструкций цепей, механических и программных элементов конструкций облегчает проектирование электромагнитной безопасности систем. Следует предотвращать использование поддельных компонентов, сборок, модулей и оборудования.

В.4.3 Выбор компонентов и изделий; проектирование схем, аппаратного и программного обеспечения для уменьшения вероятности опасных отказов из-за электромагнитных помех

Известно, что некоторые компоненты и изделия, конструкции цепей, механические и программные элементы конструкций, как правило, обладают особенной сопротивляемостью (большей устойчивостью) к определенным электромагнитным помехам и физическим воздействиям или их особая сопротивляемость может быть показана с помощью анализа. Некоторые из них могут быть определены опытным путем как обладающие особенной сопротивляемостью в конкретных применениях.

Использование компонентов, конструкций цепей, механических и программных элементов конструкций, обладающих особенной сопротивляемостью при данных электромагнитных и физических спецификациях, облегчает проектирование электромагнитной безопасности систем и планирование любых электромагнитных и/или физических мер по подавлению (см. В.5.7 и В.5.8) при заданных электромагнитных и физических спецификациях системы.

Опубликованы стандарты электромагнитных испытаний интегральных схем (ИС), поэтому вскоре можно будет выбрать ИС на основе данных об электромагнитных характеристиках, опубликованных их производителями. Если электромагнитные характеристики ИС или другого полупроводника неизвестны, то, как правило, можно выбирать между конкурирующими устройствами при их функционировании в режиме оценки при использовании простых электромагнитных испытаний (например, с использованием датчиков ближнего поля или других типов датчиков для измерения относительной электромагнитной эмиссии или инжекции радиочастотных полей или переходных процессов).

Что касается цифровых схем, то помощь в обеспечении безопасной работы могут оказать следующие методы программного обеспечения:

- цифровое информационное кодирование;
- алгоритмы обнаружения ошибок;
- алгоритмы коррекции.

Коррекция ошибок работает таким образом, что в присутствии переходных возмущений система может возобновить нормальную работу, поскольку ошибки сигнала обнаруживаются и устраняются. Это должно происходить без возникновения любого риска для пользователей системы.

Безопасность системы может быть также улучшена за счет рационального проектирования программного обеспечения и разработки его структуры. В частности программное обеспечение должно быть в состоянии выявить возникновение ошибок, вызванных действием электромагнитных помех (неожиданного скачка программы или изменения инструкции по эксплуатации, адресных кодов и т. д.).

Такой же подход следует принимать для компонентов, схем, механики, программного обеспечения и изделий, которые специально изготовлены заказчиком для использования в системе безопасности, даже если они произведены той же компанией, которая отвечает за конечную систему безопасности.

В.4.4 Использование испытаний и анализа для определения электромагнитных и физических характеристик компонентов, изделий, схем, аппаратного и программного обеспечения при воздействии электромагнитных помех и физических нагрузок, репрезентативных для разумно предсказуемой обстановки системы

Достижению безопасности системы помогает построение ее функций безопасности с использованием компонентов, схем, изделий, механики и программного обеспечения, которые, как было доказано путем испытаний, функционируют должным образом в максимальной разумно предсказуемой электромагнитной обстановке, указанной в спецификации требований к безопасности (SRS).

Если система использует подавление электромагнитных помех (см. В.4.7), то может не быть необходимым, чтобы все или некоторые из испытаний в области ЭМС, применяемых к компонентам или цепям, которые защищены мероприятиями помехоподавления, имели жесткость, установленную в электромагнитной спецификации системы.

Выявление электромагнитных характеристик образцов оборудования и/или их цепей, или устройств является важным методом, помогающим понять, как наиболее легко и экономически эффективно следует применять мероприятия по подавлению электромагнитных помех (например, экранирование, фильтрация, подавление выбросов и электростатических разрядов и др.) для достижения требуемой полноты безопасности в реальной жизни. Образец оборудования или цепь, или устройство могут быть восприимчивы к относящимся к ним электромагнитным помехам, таким как демодуляция, интермодуляция двух или большего числа сигналов, перенапряжения, перегрузки по току или повышенное затухание.

Существуют несколько методов проведения требуемого анализа. Два метода изложены ниже.

a) Использование имеющегося опыта применения одинаковых элементов (или цепей), использующих одинаковые устройства.

Следует отметить, что полупроводники, имеющие термоусадочную маску или упакованные по-разному, являются неидентичными устройствами в отношении их рассматриваемых электромагнитных характеристик. Опыт должен быть основан на измерениях и документации.

b) Испытания в области ЭМС незащищенных элементов или схем, или устройств, предназначенные для полного определения их естественных электромагнитной эмиссии и восприимчивости.

При проведении этих испытаний на электромагнитную эмиссию и помехоустойчивость может быть использован любой подходящий метод, причем нет необходимости следовать стандартам IEC при условии, что результаты могут быть обоснованно интерпретированы с точки зрения электромагнитных характеристик конечного оборудования.

Во время этих испытаний оборудование (и/или схемы) должны быть свободны от всех мероприятий помехоподавления, т. е. в них не должны быть использованы любое экранирование, фильтрация, подавление выбросов или защита от ЭСР, автоматическое отключение и т. д.

Необходимо обратить внимание, что метод по перечислению b), как правило, предпочтителен для применения, если существуют аппаратные средства, которые могут быть испытаны, так как действительная идентичность двух проектов по аппаратному и программному обеспечению крайне редка.

Подобные методы могут быть применены для определения естественной восприимчивости к физическим нагрузкам, чтобы помочь проведению физического проектирования системы и мероприятий по ослаблению так, чтобы адекватные электромагнитные характеристики сохранялись в течение ожидаемого жизненного цикла.

Электромагнитные меры, необходимые для достижения достаточной безопасности системы, должны быть оценены с использованием электромагнитных испытаний и крайне ускоренного ресурсного испытания (HALT), чтобы продемонстрировать, что отдельные электромагнитные аспекты конструкции (например, конструкции цепей, экранированного корпуса, фильтра, устройств подавления выбросов или защиты от ЭСР и т. д.) реально обеспечивают необходимые электромагнитные характеристики в течение разумно предсказуемого жизненного цикла.

Такие испытания следует проводить по возможности с самого начала проектирования для уменьшения технических рисков и экономии времени и денег. Некоторые из этих испытаний не требуют функционирующего образца, например испытания эффективности экранирования, обеспечиваемой экраном, смонтированным на печатной плате, корпусом, кабелем или разъемом могут быть проведены изолированно.

Электромагнитные испытания/испытания HALT должны быть основаны на спецификации требований к электромагнитным и физическим характеристикам системы и могут использовать любой подходящий метод, так что нет необходимости ограничиваться стандартными методами IEC при условии, что результаты могут быть обоснованно интерпретированы с точки зрения электромагнитных характеристик конечного оборудования в течение разумно предсказуемого жизненного цикла.

Сравнение (относительных) результатов измерения электромагнитных измеряемых величин, часто основанных на применении некалиброванных пробников ближнего поля и аналогичных измерительных приборов в течение или до и после испытания HALT, может в некоторых случаях представлять собой все, что требуется.

Примечание 1 — Испытания HALT отдельных элементов конструкции рекомендуются, если образец оборудования необходим для выполнения функций безопасности с высоким уровнем полноты безопасности (высокой надежностью). Добавление электромагнитных испытаний к этим испытаниям HALT не потребует значительных дополнительных затрат или времени, если они соответственно подготовлены.

Примечание 2 — На основе спецификации физической обстановки системы экспертами по испытаниям HALT должен быть разработан план испытаний HALT.

Примечание 3 — Вместо HALT допускается использовать другие методы оценки физической деградации.

Если есть информация или это может быть рассчитано для конкретных электромагнитных аспектов конструкции, и если она полностью документирована в записях проекта (ссылки неприемлемы, поскольку ссылочные документы могут быть недействующими), то указанные выше комбинированные электромагнитные и физические испытания могут не быть необходимыми.

В качестве альтернативы указанным выше испытаниям используют:

- данные изготовителя.

Например, квалифицированные изготовители проводят различные испытания своих изделий, имитирующие различные физические воздействия в течение жизненного цикла. Данные изготовителя допускается использовать только там, где их части применяют в полном соответствии с инструкциями по применению производителя;

- данные предыдущих проектов.

Допускается использовать данные конструкторских испытаний или документированный опыт идентичных конструкций в идентичных физических условиях.

B.4.5 Проектирование заземления, электрического соединения, проводки, каблирования, печатных плат для максимизации электромагнитных характеристик

Целью заземления является поддержание потенциала металлических конструкций (экранов, корпусов, шасси) при постоянном значении. Заземление может быть выполнено в одной или нескольких точках. IEC 61000-5-2, раздел 5, рекомендует ячеистую сеть заземления с несколькими взаимосвязанными заземлителями, которая является общей для всего здания или другого сооружения.

Электрическое соединение помогает обеспечить электрическую однородность в металлических конструкциях для уменьшения разности потенциалов между образцами, а также обеспечить путь для общих несимметричных токов. Полное сопротивление заземляющих перемычек должно быть низким в широкой полосе частот,

и, следовательно, они должны быть как можно короче (следует отметить, что прямая связь «металл — металл» предпочтительнее применения перемычек). Если перемычки подвержены коррозии, они должны быть легко удаляемыми и заменяемыми (см. IEC 61000-5-2, раздел 6). IEC 61000-5-2 рекомендует создание сетчатой общей изолированной структуры (MESH-CBN). Заземления и связующие соединения должны быть защищены от воздействия коррозии.

Правильные технические приемы проводки/каблирования должны исключить индукцию напряжений или токов помех внешними полями и перекрестные помехи между проводниками, а также должны контролировать пути общих несимметричных токов. Схема проводки/кабелей должна быть тщательно разработана. Взаимодействие между проводами/кабелями и электромагнитными помехами следует свести к минимуму, например с помощью следующих методов:

- экранирование кабелей;
- использование кабелей с двойной изоляцией;
- круговое (360°) подключение экранов кабелей к экранированному корпусу на обоих концах кабеля (только внутри эквипотенциальных зон или с добавлением параллельного заземляющего проводника);
- использование витых пар проводов (с экранированием или без экрана кабеля);
- разнесение кабелей, несущих сигналы разных уровней и/или типов (IEC 61000-5-2 рекомендует использовать пять классов кабелей с минимальными расстояниями между ними);
- экранирование путем использования металлических конструкций;
- обеспечение пути с низким полным сопротивлением для общего несимметричного тока кабеля в непосредственной близости от кабеля, например с помощью связанных металлических трубопроводов или воздуховодов;
- использование волоконно-оптических, инфракрасных линий или радиолиний вместо проводящих кабелей (в настоящее время доступны волоконно-оптические линии, которые могут передавать электрическую мощность до нескольких ватт).

Трассировка печатной платы (PCB), проводниковой печатной платы (PWB) играет важную роль в решении проблем электромагнитной совместимости в области электромагнитной эмиссии, а также помехоустойчивости. Существуют много методов электромагнитного проектирования, которые могут быть применены при их проектировании, в том числе следующие:

- применение шин заземления или шин с нулевым потенциалом, имеющих низкое полное сопротивление в полосе контролируемых частот;
- применение систем распределения электроэнергии, которые имеют низкое полное сопротивление и резонансы малой добротности в полосе контролируемых частот;
- разделение коммутируемого конвертера электропитания и аналоговых и цифровых схем. Внутри каждой области созданные схемы следует дополнительно разделить, чтобы обеспечить области для чувствительных схем и/или схем низкого уровня; области цифровых схем следует разделить в соответствии с их рабочей скоростью. Таким образом, уменьшаются внутренние перекрестные помехи;
- локализация экранирования и/или фильтрации компонентов или областей PCB;
- подавление наведенных помех на границах между сборками PCB/PWB и другими платами или кабелями, используя экранирование, фильтрацию, подавление перенапряжений и/или методы гальванической изоляции.

Таким образом, контролируется взаимодействие между сборками PCB/PWB и наведенными и излучаемыми электромагнитными помехами для уменьшения влияния внутрисистемных помех.

В.4.6 Использование автоматизированного проектирования для минимизации электромагнитных путей связи

Инструменты автоматизированного проектирования могут помочь ускорить процесс проектирования/разработки за счет использования виртуальных итераций проекта для улучшения электромагнитных характеристик перед изготовлением или испытаниями любого аппарата. Они не являются (пока) альтернативой реальным испытаниям оборудования, но позволяют еще до создания первого прототипа аппарата решать любые важные электромагнитные проблемы быстро и с низкими затратами.

В.4.7 Использование методов подавления электромагнитных помех, включая экранирование, фильтрацию, защиту от перенапряжений, защиту от сверхтоков, подавление электростатических разрядов, кондиционирование сети питания, гальванические развязки и т. д.

В сети Интернет и многочисленных публикациях и учебниках приведено много общедоступных сведений о правильном использовании методов подавления электромагнитных помех.

Экранирование выполняют с использованием металлических барьеров для уменьшения распространения электромагнитных полей из одной области в другую. Оно может быть использовано для существенного ограничения электромагнитного поля определенного источника в пределах экранированного объема для уменьшения электромагнитной эмиссии. Оно также может быть использовано для повышения помехоустойчивости за счет уменьшения интенсивности внешних электромагнитных полей, входящих в объем и воздействующих на находящиеся в нем цепи. Экранирование может быть применено к кабелям и/или к оболочкам.

Экранирование кабелей и оболочек может оказаться частично или полностью неэффективным в связи с наличием отверстий, щелей, стыков и других отверстий в экране, или если непрерывность электрической цепи между

частями, составляющими экран, является недостаточной. Экранирование оболочки может оказаться частично или даже полностью неэффективным, если любой/все из проводов или кабелей, входящих или выходящих в оболочку, не экранируются и/или не фильтруются в необходимой степени.

В любом случае экраны или фильтры должны быть правильно соединены с экраном оболочки в точке проникновения в экран оболочки.

Фильтрация использует специально разработанные схемы для уменьшения распространения кондуктивных помех в проводах и кабелях, проходящих из одной области в другую. Она может быть использована для существенного ограничения кондуктивных электромагнитных помех данного источника и уменьшения электромагнитной эмиссии, а также для повышения помехоустойчивости за счет уменьшения интенсивности внешних кондуктивных электромагнитных помех, поступающих в цепь.

Фильтры могут быть использованы в проводниках силового питания (постоянного и переменного тока), а также в сигнальных проводниках.

Их конструкции зависят от силы тока или типа сигнала, проходящего через фильтр, а также типов и уровней электромагнитных помех, которые должны быть подавлены.

Защиту от перенапряжений используют для того, чтобы предотвратить влияние кондуктивных переходных процессов или перенапряжений на цепи и устройства, или их непосредственное повреждение. Для защиты от электростатического разряда и импульсных перенапряжений защитные устройства должны работать в течение времени менее 1 нс, но быть рассчитаны только на низкие значения полной энергии, в то время как для защиты от выбросов напряжения в электрической силовой сети они могут быть в состоянии работать медленнее, в течение времени от 100 нс до 1 мс, но должны быть рассчитаны на очень большие значения полной энергии. Во всех случаях устройства защиты от перенапряжения требуют наличия опорного заземления с крайне низким полным сопротивлением, достаточным для поглощения требуемого тока без возникновения заметного риска повышения потенциала в соответствующей полосе частот.

Защиту от сверхтоков используют для того, чтобы защитить устройства защиты от перенапряжений (и, следовательно, схемы и устройства, которые они защищают), от повреждений, вызванных электрическими неисправностями (например, в электрической питающей распределительной сети), которые могут вызвать сверхтоки, превышающие их номинальные значения.

Электростатический разряд может быть подавлен с помощью воздушной или твердой изоляции, которая имеет достаточный уровень способности выдерживать напряжение (диэлектрической прочности) для предотвращения разряда электростатического заряда помехи на оборудование. С другой стороны, электростатический разряд может быть допустимым, если методы помехоподавления, такие как экранирование, фильтрация, подавление перенапряжений, технические приемы программного обеспечения и т. д., используют для предотвращения причинения разрядом неприемлемых воздействий на любые функции безопасности.

Значительное число электромагнитных помех, воздействующих на электрические распределительные системы, снижают в них качество электрической энергии, и для каждого типа помехи имеются методы помехоподавления, которые могут улучшить качество электрической энергии — от несложных мероприятий вплоть до полной регенерации энергоснабжения с использованием установки «двигатель — генератор» или зарядки аккумулятора или конденсатора большой емкости и использования запасенной энергии для питания локального инвертора.

Гальваническая развязка разрывает контур заземления и путь общих несимметричных токов, а также помогает противостоять общим несимметричным напряжениям. Для использования с электропитанием и/или сигналами доступен ряд методов, в том числе изолирующие трансформаторы, оптические изоляторы, оптико-волоконная, беспроволочная и инфракрасная техника.

В нескольких стандартах IEC или технических отчетах (например, серии IEC 61000-5) приведены подробные рекомендации о применении определенных мер помехоподавления. Они также могут быть рекомендованы в соответствующих стандартах на продукцию.

Методы помехоподавления, как правило, используют для создания электромагнитных зон внутри структур, которые обеспечивают различные уровни электромагнитной защиты от внешнего окружения оборудования и/или изделий, находящихся в них.

Электромагнитные зоны создают с использованием заземляющих структур, фильтрации, экранирования и подавления выбросов на границе между одной зоной и другой (соответствующие стандарты — IEC 61000-5-2 и IEC 61000-5-6).

Уровни защиты, необходимой для зоны, зависят от первоначальной оценки электромагнитной обстановки, а также от электромагнитных характеристик (электромагнитной эмиссии и помехоустойчивости) оборудования, предназначенного для размещения внутри зоны.

Образцы оборудования и их кабелей затем размещают в пределах этих зон в соответствии с необходимой степенью их защиты друг от друга и необходимой степенью защиты от них электромагнитной обстановки или необходимой степенью их защиты от электромагнитной обстановки в течение жизненного цикла.

Например, в больнице лучшее место для операционной и жизнеобеспечения пациентов находится на первом этаже многоэтажного здания в области, находящейся в середине его конструкции, из-за защиты, которую эта зона обычно обеспечивает от молнии и электромагнитного импульса молнии.

В.4.8 Использование методов ослабления жесткости внешних воздействующих факторов физической среды для обеспечения поддержания адекватных электромагнитных характеристик компонентов, устройств, изделий, оборудования и мер помехоподавления в течение их разумно предсказуемого жизненного цикла, например применение антивибрационных креплений, гидроизоляции и т. д.

Меры по смягчению физических последствий для конструкции оборудования включают в себя мероприятия по снижению напряжений из-за механических, климатических, химических, биологических и других факторов.

Они включают в себя следующие технические приемы (но не ограничиваются ими):

- антиударную и антивибрационную установку (активную или пассивную);
- виброзащитные крепления для электрических контактов и других креплений;
- защитные оболочки (например, брызгонепроницаемые и водонепроницаемые);
- защитные покрытия и/или инкапсуляцию;
- смазку (проводящую или нет, в зависимости от обстоятельств);
- окраску (проводящую или нет, в зависимости от обстоятельств);
- кабельные стяжки;
- приемы защиты от конденсации (например, нагреватели, контроль влажности);
- принудительную вентиляцию, кондиционирование и т. д.;
- поддержание по крайней мере минимальных уровней влажности для ограничения потенциала электростатических разрядов.

Меры по смягчению физических последствий, как правило, используют для создания зон физической защиты, которые представляют собой объемы в пределах структуры, обеспечивающие различные уровни физической защиты от внешней среды для оборудования и/или изделия, размещенных внутри их.

Их создают путем контроля наличия или изменений физических, климатических, химических, биологических и других параметров на основе первоначальной оценки физической среды (см. В.3.3).

Образцы оборудования и их кабели затем размещают в пределах этих зон в соответствии с необходимой степенью их защиты от физической среды системы для гарантии того, что их электромагнитные характеристики не ухудшаются существенно в любой момент их жизненного цикла.

Например, в автомобиле монтаж электронной субсборки в пассажирском салоне упрощает ее электромагнитную конструкцию по сравнению с размещением субсборки в моторном отсеке, где она подвергается воздействию воды и солевых аэрозолей дорожного покрытия, масла, тормозной жидкости и т. д., а также более экстремальным температурам и циклическим изменениям температуры.

В.4.9 Применение методов проектирования, обеспечивающих поддержание безопасности, несмотря на деградацию электромагнитных характеристик, вызванную разумно предсказуемыми сбоями и отказами, например блокировки экранированной двери и инициализация реакции при нарушении безопасности

Отказы могут существенно повлиять на помехоустойчивость при нормальной электромагнитной обстановке.

Например, серьезную угрозу представляют:

- для фильтрации электромагнитных помех — короткие замыкания, холодные (без спайки) соединения, компоненты, не соответствующие допускам;
- для экранирования от электромагнитных помех — нарушения соединений, поврежденные или отсутствующие крепления или проводящие прокладки;
- для устойчивости к импульсным перенапряжениям — отказ устройства защиты от импульсных помех/выбросов напряжения.

Таким образом, проект должен учитывать, что сбои могут предсказуемо происходить, и должен или снизить появление сбоев, или использовать методы, ограничивающие их влияние на безопасность (например, сбой, который может привести к неприемлемому ухудшению электромагнитных характеристик, может быть обнаружен и использован для инициирования безопасной реакции), в степени, соответствующей необходимому уровню полноты безопасности (или способности исключить систематические отказы).

Электромагнитные помехи и физические напряжения могут вызвать в идентичных элементах общие (неслучайные) сбои, что приводит к неэффективности многих методов, указанных в IEC 61508 (например, резервирование с использованием одинаковых элементов, работающих параллельно).

Неправильное использование может также существенно повлиять на помехоустойчивость при нормальной электромагнитной обстановке. Примерами неправильного использования являются:

- нарушение требований к установке, что может привести к использованию неэкранированного кабеля там, где требовалось экранирование, использованию экранированного кабеля с некорректным подключением экрана или к неправильной прокладке кабеля, т. е. к непредвиденным уровням электромагнитной связи;
- работа с открытыми экранированными дверями (или закрытыми неплотно) или с удалением экранирующих панелей (или с их некорректной фиксацией);
- эксплуатация мобильных или переносных радиопередатчиков в недопустимой близости к кабелю или элементу оборудования.

Выше были приведены приемы электромагнитного проектирования, помогающие достичь необходимой безопасности с учетом разумно предсказуемых сбоев и использования/ненадлежащего использования. Аналогичный подход следует применять для физического проектирования электромагнитных элементов, которые помогают поддерживать электромагнитную безопасность.

B.4.10 Использование двух или более слоев помехоподавления, если нет оснований полагаться исключительно на один слой

Бóльшая уверенность в полноте безопасности может быть достигнута, если использовать несколько слоев электромагнитной или физической защиты или ослабления, а не полагаться на один слой (например, экранирование и фильтрацию в одном общем корпусе). Часто использование нескольких слоев требует меньших затрат и его легче проектировать, так как максимально высокие характеристики каждого электромагнитного или физического слоя защиты могут не быть необходимыми.

Рекомендуется проектировать так, чтобы в случае выхода из строя одного слоя (по некоторым непредвиденным причинам) система или оборудование по-прежнему поддерживали адекватные электромагнитные и физические характеристики. Это позволяет избежать проблем, вызванных непредвиденным или неправильным использованием или сбоями.

Например, в полосе от 850 до 950 МГц требуется минимальное подавление 40 дБ (в частности, для защиты от расположенных поблизости мобильных телефонов). Дорогостоящий экранированный/фильтруемый корпус, который может быть предложен многими поставщиками, легко обеспечивает подавление 80 дБ на частоте 900 МГц. Но если будет вырезано отверстие диаметром 15 мм в корпусе (например, для установки светового индикатора), это приведет к снижению эффективности экранирования от 80 до 20 дБ на частоте 900 МГц, т. е. на 40 дБ ниже требований. И, конечно, если дверь корпуса была открыта, эффективность экранирования упадет почти до нуля.

Использование вместо этого трехслойной защиты, где каждый слой обеспечивает подавление только 20 дБ в полосе от 850 до 950 МГц, позволяет достичь подавления 60 дБ для всей системы или оборудования. При этом даже при полном уничтожении внешнего слоя защиты эффективность экранирования все равно составит 40 дБ. Спроектировать защиту, обеспечивающую подавление 20 дБ вблизи частоты около 900 МГц легче, чем защиту, обеспечивающую подавление 40 дБ, что является также менее затратным.

При использовании слоев важно понимать возможные взаимодействия между слоями, так чтобы общий результат являлся суммой его частей. Например, каскадное применение определенных типов сетевых фильтров может привести к эффективности фильтрации, которая ниже, чем обеспечиваемая только одним фильтром, хотя этого можно избежать с помощью соответствующих методов проектирования, хорошо известных специалистам в области фильтрации.

Меры подавления электромагнитных помех (например, экранирование, фильтрация, защита от выбросов напряжения, импульсов и электростатических разрядов и т. д.) и физические меры по смягчению последствий могут быть применены к следующим слоям:

- индивидуальным полупроводниковым приборам;
- сборкам печатных схем;
- компонентам и субсборкам;
- отдельным законченным образцам оборудования;
- общему уровню корпуса оборудования (например, корпусу стойки);
- помещениям или небольшим транспортным средствам;
- комплектам помещений в большом здании или крупному автомобилю или судну;
- зданиям или крупногабаритным транспортным средствам;
- земельным участкам, содержащим несколько зданий или других сооружений или местам, где работают транспортные средства.

B.4.11 Использование контрольных списков, основанных на исследованиях и опыте, полученных в аналогичных приложениях

Опытные сотрудники хорошо осведомлены об электромагнитных характеристиках и их возможном влиянии на безопасность систем, обладающих этими характеристиками. Они также знакомы с подобными системами, изготовленными или эксплуатируемыми другими организациями, посредством публикаций, конференций и аналогичных мероприятий. Технические рекомендации, приведенные в международных стандартах, должны быть общими в рамках области применения стандарта, но с учетом знаний опытных сотрудников, рекомендации соответствующих стандартов могут быть изменены или дополнены.

Для ответственных лиц в организациях важно активно искать специализированную информацию о безопасности их собственных и других систем, а затем отражать эти знания в контрольных списках, чтобы с уходом опытных сотрудников эти знания не были потеряны для организации. При таком использовании контрольных списков знания по электромагнитной безопасности поддерживаются в организации и новый или менее опытный персонал может быстро ознакомиться с информацией, необходимой для достижения адекватной безопасности в новых конструкциях.

Важно, чтобы такие контрольные списки подвергались актуализации и применялись совместно с соответствующими стандартами при изготовлении любых новых систем.

B.5 Реализация и интеграция

B.5.1 Закупки материалов, компонентов и изделий в соответствии с их электромагнитной спецификацией

Процедура обеспечения качества должна гарантировать, что конструктором определены все необходимые параметры для приобретения материалов, компонентов и изделий, которые необходимы для построения системы,

а также методы, которые будут использованы при ее сборке и производственных испытаниях. Процедуры обеспечения качества должны также гарантировать, что другие отделы компании соответствуют этим требованиям, а конечный результат представляет собой именно то, что было первоначально разработано.

Изменения конструкции или компонента, которые поставщики вносят в свою продукцию, могут быть важными для электромагнитных характеристик и/или сопротивляемости физической среде в течение жизненного цикла. Это особенно справедливо для поставщиков электронных блоков или узлов, но может быть также справедливым для поставщиков таких товаров, как металлоконструкции, которые, как часто предполагается, не играют существенной роли.

Поставщики полупроводников могут заменить версии своей продукции в той же упаковке с теми же номерами деталей, и так как они могут иметь характеристики электромагнитной эмиссии и помехоустойчивости, существенно отличающиеся от характеристик оригинальных узлов, это необходимо контролировать процедурами обеспечения качества.

В идеале система обеспечения качества должна контролировать все соответствующие вопросы состояния компонентов и изделий, поставляемых сторонними организациями, в процессе их изготовления, но это зачастую достаточно трудно выполнить, так как большинство производителей вместо этого полагаются на электромагнитные и физические проверки и испытания на выборочной основе. Эти проверки и испытания эффективнее всего проводить при доставке, в ходе приемки новой партии товара. Электромагнитные и физические проверки или испытания не должны следовать стандартам испытаний IEC или ISO; предпочтительными являются относительные сравнительные испытания, поскольку они могут быстро и легко обеспечить проектирование, изготовление и применение. При этом должны быть проверены или испытаны все значимые параметры.

В серийном производстве полные электромагнитные и физические испытания могут потребоваться, когда поставщик или подрядчик вносит существенные изменения в конструкции компонентов или изделий.

B.5.2 Сборка в соответствии с проектом, с использованием правильных материалов, компонентов и изделий в соответствии с их электромагнитной спецификацией

Система обеспечения качества должна контролировать каждый аспект состояния конструкции, позволяющий достичь необходимых электромагнитных характеристик и поддерживать их в течение разумно предсказуемого жизненного цикла.

Ниже перечислены вопросы, которые могут быть очень важными (перечень вопросов не закончен):

- замена устройства или компонента единственным способом, по «форме, креплению и функции»;
- различная прокладка провода или кабеля;
- термоусадочные маски интегральных схем и полупроводников;
- изменения метода окраски, в том числе у поставщика.

Пример — Применение нового метода окраски или работы красильщика, в результате чего создается избыточное напыление в тех областях, где требуется электрический контакт «металл — металл» или «металл — проводящая прокладка»;

- поставка металлических частей с непроводящей отделкой.

Пример — Непроводящие покрытия за счет поверхностной протравки наносят иногда там, где это не требуется в соответствии с чертежом; в результате возникают электромагнитные проблемы при электрическом соединении шасси, экранировании и фильтрации. Данные проблемы часто возникают при смене поставщиков металлоконструкций, но могут иметь место даже при использовании одного и того же поставщика металла;

- поставка металлических креплений с непроводящей отделкой.

Пример — Металлические винты, которые всегда использовались с проводящим покрытием, поставляются вместо этого с непроводящей отделкой; в результате возникают электромагнитные проблемы, связанные с более высокими полными сопротивлениями при электрическом соединении шасси, экранировании и заземлении фильтров;

- изменения в способе нанесения покрытия.

Пример — Окисление и/или электрохимическая коррозия со временем могут привести к некачественным электрическому соединению шасси или характеристикам ЭМС уплотнителей;

- использование различного рода вибростойких прокладок.

Пример — Если вибростойкая прокладка обеспечивала полезную защиту от воздействия вибрации, то переход к другому типу прокладки может поставить под угрозу этот аспект сопротивляемости физической среде в течение жизненного цикла.

Система обеспечения качества должна гарантировать, что недопустимы никакие изменения любого аспекта состояния конструкции, какими бы незначительными они ни казались, до тех пор, пока они не были проверены и утверждены лицом, ответственным за электромагнитные характеристики безопасности системы.

Целесообразно проведение ответственным лицом нескольких быстрых проверок ЭМС или даже полных повторных испытаний для выдачи разрешения на предлагаемое изменение или отклонение.

При серийном производстве полные электромагнитные и физические испытания следует проводить на выборочной основе каждые несколько месяцев или для каждых нескольких тысяч изготовленных образцов, или всякий раз, когда вводится значительное изменение конструкции. Более частые выборочные проверки электромагнитных и физических характеристик могут быть использованы для снижения частоты полных испытаний.

B.5.3 Установка в соответствии с проектом обеспечения ЭМС

Осмотры, проверки и испытания следует проводить, для того чтобы гарантировать правильную реализацию в установленной системе особенностей конструкции, связанных с достижением функциональной безопасности в отношении электромагнитных помех.

При осмотрах проверяют соответствие сборки проектной документации. Например, проводят проверку того, что уплотнительные прокладки ЭМС были установлены с учетом их конкретного вида; экраны экранированных кабелей правильно подключены к разъемам; используются и правильно проложены соответствующие типы кабелей.

Проверки электромагнитных характеристик могут быть проведены с помощью простых испытаний с использованием пробников ближнего поля и аналогичных РЧ-преобразователей малой стоимости особыми методами в зависимости от обстоятельств. Такие проверки основаны на быстрых и недорогих приемах обнаружения ряда ошибок при монтаже, особенно в связи с применением методов помехоподавления, таких как экранирование и фильтрация.

Испытания в области ЭМС необходимы, для того чтобы доказать, что конечная система обладает такими электромагнитными характеристиками, как было установлено.

B.6 Установка и ввод в эксплуатацию

B.6.1 Общие положения

Для обеспечения правильной установки и ввода в эксплуатацию системы на своей рабочей площадке и для достижения желаемых электромагнитных показателей безопасности проектировщик системы должен учитывать сведения, указанные ниже.

B.6.2 Процедуры и материалы, которые будут использованы

Процедуры и материалы, которые будут использованы, должны быть выбраны так, чтобы гарантировать достижение необходимых электромагнитных характеристик, которые могут повлиять на функции безопасности, несмотря на воздействия физической среды в течение разумно предсказуемого жизненного цикла.

B.6.3 Любые ограничения на физическое позиционирование элементов оборудования, которые составляют систему

При первоначальном планировании системы должны быть выявлены зоны внутри и за пределами площадки, на которых могут быть созданы помехи элементам системы безопасности, или те, которым могут быть созданы помехи от элементов системы безопасности (межсистемное влияние помех). Следует также определить элементы системы безопасности, которые могут создавать помехи другим элементам той же системы или могут испытывать помехи от них (внутрисистемное влияние помех).

Информацию о электромагнитных защитных мерах, вытекающих из указанного выше анализа, следует перенести в установочный этап работы, чтобы гарантировать достижение необходимых минимальных расстояний для предотвращения влияния помех.

Подобные проблемы относятся и к физической среде (например, необходимо исключить размещение электроники в зонах очень высокой температуры, подверженных наводнениям или другим значительным физическим воздействиям).

B.6.4 Любые ограничения на типы, длины и маршрутизацию линий электроснабжения, контрольных и сигнальных межсоединительных кабелей

Электромагнитные характеристики различных типов кабелей варьируются очень широко, поэтому важно установить типы кабелей, которые будут использованы при установке в каждом конкретном случае. В этом отношении может помочь часть номера типа кабеля, указываемая изготовителем, которая часто принимается в качестве руководства к требуемым кабельным характеристикам. В некоторых случаях для определенных целей в установке системы разрешается использовать только определенный изготовителем тип кабеля, что должно быть четко отражено в инструкции по установке.

Как указано в B.7.2, кабели, возможно, потребуется разнести во избежание внутрисистемного и межсистемного влияния помех. IEC 61000-5-2 обеспечивает необходимое руководство по надлежащей электромагнитной инженерной практике в этой области на основе разделения кабелей не менее чем на 5 классов в зависимости от типов используемых сигналов, способности к созданию электромагнитной эмиссии и восприимчивости к влиянию электромагнитных помех.

Общие несимметричные токи являются основной причиной проблем, связанных с кондуктивными и излучаемыми электромагнитными помехами и устойчивостью к этим помехам, а также с перекрестными помехами между кабелями. Проектирование установки для обеспечения надлежащих путей для общих несимметричных токов так, чтобы был возможен контроль за ними, является эффективным методом для улучшения электромагнитной

эмиссии и помехоустойчивости. Руководством в этой области является публикация IEC 61000-5-2. Существуют и другие руководства.

В.6.5 Методы обработки концов экранов всех кабелей

Если кабели экранированы, то на обоих концах кабеля следует использовать правильные методы заделки экрана для обеспечения электромагнитных характеристик экранирования. Руководством в этой области является публикация IEC 61000-5-2. Существуют и другие руководства.

В.6.6 Типы соединителей и зажимов, которые следует использовать, и любые специальные требования по монтажу для них

Электромагнитные характеристики различных типов кабельных соединителей и зажимов очень широко варьируются, поэтому важно установить типы, которые будут использованы в каждом случае. В этом отношении может помочь часть номера типа соединителя или зажима, указываемая изготовителем, которая часто принимается в качестве руководства к требуемым характеристикам. В некоторых случаях для определенных целей в установке системы разрешается использовать только определенный изготовителем тип, что должно быть четко отражено в инструкции по установке.

В.6.7 Требования к электрическому питанию (качеству электрического силового питания)

Распределение или генерация электрической энергии подвержены влиянию большого числа возможных кондуктивных электромагнитных помех (RF-токов и напряжений, сетевых перенапряжений и сверхтоков, пачек быстрых импульсов и т. д.), воздействующих на любой из кабелей, связанных с системой, и часто при наивысшем уровне.

Имеется также целый ряд вопросов в области ЭМС, связанных с качеством электрической энергии, таких как искажения формы сигнала (гармоники и интергармоники), провалы, пропадания, кратковременные и длительные прерывания, выбросы, фликер и т. д., от которых страдают распределительные электрические сети и источники генерируемой энергии. Они также классифицируются как электромагнитные помехи, даже если могут возникать в течение временных масштабов, измеряемых секундами.

Электромагнитные характеристики электрической сети действительно могут быть весьма значимыми для достижения электромагнитной безопасности, поэтому очень важно оценивать их на ранней стадии проектирования (см. В.3.2), чтобы помочь создать электромагнитную спецификацию системы. По этой же причине очень важно, применять спецификации к электроснабжению для установки так, чтобы монтажник мог гарантировать, что они будут достигнуты (например, путем получения энергии в подходящей точке общего присоединения в распределительной сети или применения соответствующего генератора или источника бесперебойного питания).

Важно также установить электромагнитные требования к снабжению электрической энергией, так чтобы владелец установки мог гарантировать, что они будут поддерживаться, несмотря на будущие изменения на площадке в течение ожидаемого жизненного цикла системы (см. В.8.1).

В.6.8 Любое дополнительное требуемое экранирование

Для подавления электромагнитных помех может понадобиться, чтобы экранирование было применено во время установки системы (например, путем размещения в экранированном помещении). Если такие требования выработаны, они должны быть четко определены в инструкции по установке.

Такое дополнительное экранирование может быть установлено путем описания конкретного состояния сборки (что требует подробных сборочных чертежей) либо применением спецификации электромагнитных характеристик (затухания в зависимости от полосы частот для каждого типа излучаемых помех), которые должны быть достигнуты, и методов испытаний, которые следует использовать для подтверждения.

В.6.9 Любая дополнительная требуемая фильтрация

При выполнении мероприятий по подавлению электромагнитных помех, необходимых для системы, может понадобиться, чтобы фильтрация была применена во время ее установки. Если такие требования выработаны, они должны быть четко определены в инструкции по установке.

Такую дополнительную фильтрацию устанавливают в основном путем описания электромагнитных характеристик (затухания в зависимости от полосы частот), которые должны быть достигнуты, и методов испытаний, которые следует использовать для подтверждения. Кроме того, можно установить ее описанием точного состояния сборки, что требует детальных схем и сборочных чертежей.

В.6.10 Любые дополнительные требования в части защиты от перенапряжений и сверхтоков

При выполнении мероприятий по подавлению электромагнитных помех, необходимых для системы, может понадобиться, чтобы во время ее установки была применена защита от перенапряжений и сверхтоков (например, путем применения системы молниезащиты, соответствующей определенным спецификациям функционирования). Если такие требования выработаны, они должны быть четко определены в инструкции по установке.

Такую дополнительную защиту устанавливают в основном путем описания электромагнитных характеристик (ослабления, достигаемого для различных форм сигнала или выбросов), которые должны быть достигнуты, и методов испытаний, которые должны использоваться для подтверждения. Кроме того, можно установить ее описанием точного состояния сборки, что требует детальных схем и сборочных чертежей.

В.6.11 Любые дополнительные требования к кондиционированию питания

Как отмечено в В.7.6, частью первоначального процесса проектирования является оценка прогнозируемых электромагнитных характеристик электрической сети, действующей на площадке, а также соответствующее

проектирование безопасности системы. В результате этого процесса может потребоваться применение дополнительного кондиционирования питания во время установки системы.

Применяют значительное число доступных видов кондиционирования питания в зависимости от характеристик питания, которые подлежат контролю. Если такие дополнительные требования кондиционирования питания выработаны для установки, они должны быть четко определены в инструкции по установке наряду с методами, которые будут использоваться для проверки того, что требования были успешно реализованы.

Например, для некоторых видов аварийного электропитания нередко требуется работа в течение нескольких секунд или десятков секунд, чтобы обеспечить безопасное завершение работы системы в случае перерыва питания или в случае серьезного ухудшения качества электрической энергии, которое могло бы повлиять на безопасность системы (например, падения напряжения более чем на 10 % ниже номинального).

В случае оборудования жизнеобеспечения или если отключение может привести к серьезным перебоям или финансовым потерям, резервное питание может потребоваться в течение минут, часов, даже в течение нескольких дней или недель. Такие требования, как правило, выполняют путем установки системы бесперебойного питания (UPS) с подходящими номинальными параметрами. Эти системы обычно используют суперконденсаторы, батареи или топливные элементы для хранения энергии, причем типы суперконденсатора и батареи должны обеспечить переключение на локальное генерирование электрической энергии для долгосрочного резервирования.

В.6.12 Любые дополнительные требования к защите от электростатических разрядов

Уровни электростатического разряда (ЭСР), от которого система должна быть защищена, могут быть снижены с помощью различных методов, включая использование электрически диссипативных материалов для напольных покрытий, мебели и одежды, для уменьшения электростатических разрядов, создаваемых мебелью и персоналом. Соответствующие электрическое соединение и рассеивание заряда могут уменьшить уровни ЭСР, создаваемых машинами. Другие способы контроля ЭСР включают в себя поддержание влажности воздуха выше определенного минимального уровня (обычно > 25 %) и вдувание воздуха, ионизированного с помощью источника переменного напряжения так, чтобы он был в целом нейтральным, но более проводящим, чем нормальный воздух при данной влажности.

Если такие дополнительные требования по уменьшению ЭСР выработаны для установки, они должны быть четко определены в инструкции по установке в виде подробных требований к конструкции либо в виде рабочих характеристик, которые должны быть достигнуты, и методов испытаний, которые следует использовать для проверки их эффективности.

В.6.13 Любая дополнительная требуемая физическая защита

Как отмечено в В.3.3, разумно предсказуемая физическая среда, в которой система безопасности должна функционировать в течение разумно предсказуемого жизненного цикла, должна быть оценена в начале проектирования, чтобы конструктор знал, как реализовать электромагнитные характеристики, чтобы они оставались адекватными в течение жизненного цикла.

Возможно, во время установки системы должны быть применены дополнительные меры по ослаблению физических факторов, чтобы система оставалась достаточно безопасной в течение ее жизненного цикла. Они могут включать в себя применение крыш или корпусов для защиты от дождя и снега, кондиционеров или нагревателей для защиты от конденсации, антивибрационных полов или креплений и т. д.

Если такие дополнительные требования к физической защите выработаны для установки, они должны быть четко определены в инструкции по установке в виде рабочих характеристик, которые должны быть достигнуты, и методов испытаний, которые следует использовать, чтобы убедиться в достижении необходимых характеристик.

В.6.14 Любые требования к заземлению и электрическому соединению

Структура заземления должна обеспечивать эквипотенциальную сеть в установленной полосе частот (например, для устранения выбросов, переходных помех, РЧ-шумовых токов и т. п.).

Должны быть определены полосы частот, а структура заземления должна быть спроектирована и создана таким образом, чтобы она обеспечивала достаточно низкое полное сопротивление с учетом соответствующих частот и токов для достижения требуемой степени эквипотенциальности (см. IEC 61000-5-2).

В.7 Эксплуатация и техническое обслуживание

В.7.1 Наличие подробных инструкций пользователя, включая операционные процедуры, необходимые для поддержания адекватных электромагнитных характеристик мер помехоподавления

В инструкции пользователя необходимо подробно описать электромагнитные и физические спецификации среды для системы безопасности, а также указать все, что пользователь должен сделать применительно ко всем этапам жизненного цикла для сохранения системой своих электромагнитных и физических характеристик и обеспечения достаточного уровня безопасности в течение разумно предсказуемого жизненного цикла.

Это должно включать в себя рабочие процедуры, необходимые для сохранения характеристик ЭМС и электромагнитной безопасности, а также спецификации к любому плановому техническому обслуживанию, необходимому для сохранения адекватных электромагнитных характеристик в течение разумно предсказуемого жизненного цикла, например проверки/замены устройств подавления импульсных помех, батарей и т. д., прежде чем их характеристики будут существенно снижены.

Может быть необходимым включать спецификации к чистящим материалам, методам и процедурам, которые следует использовать, чтобы сохранить электромагнитные характеристики в течение ожидаемого жизненного цикла (например, запрет окраски установленных областей электрического соединения, использования проволочных щеток при обработке металлизированных областей и др.).

Производители изделий также должны предоставлять потенциальным заказчикам аналогичные подробные инструкции пользователя. Эта информация помогает проектировщику системы безопасности решить, какую продукцию заказать, внутри каких электромагнитных и/или физических зон разместить продукцию и должны ли быть созданы новые зоны, чтобы защитить их с использованием электромагнитных и/или физических методов ослабления (см. В.4.7 и В.4.8).

В.7.2 Процедуры технического обслуживания и планирования, связанные с электромагнитными характеристиками

Проектировщик должен разработать инструкции по надлежащему поддержанию характеристик ЭМС-системы (электромагнитной эмиссии и помехоустойчивости) и привести их в общем руководстве по техническому обслуживанию, чтобы гарантировать выполнение работ по техническому обслуживанию без нарушения безопасности.

Примечание — Техническое обслуживание, ремонт и обновление не должны изменять любые аспекты состояния конструкции, которые помогают достичь электромагнитных, физических и функциональных характеристик, необходимых в течение разумно предсказуемого жизненного цикла.

Общим правилом должно быть «Не проектируй, если это не может быть отремонтировано», и это правило идеально подходит к оборудованию, которое имеет значительные размеры, высокую стоимость, длительный ожидаемый срок службы или стационарно установлено.

Однако некоторые бытовые приборы, товары народного потребления, продукция больших объемов или малой стоимости не предназначены для их технического обслуживания и ремонта в течение срока их жизни, так что проектирование их функциональной безопасности может быть более сложным, так как эта продукция часто продается в больших объемах и очень многие люди могут подвергаться риску в любой момент времени.

После ремонта или восстановления могут потребоваться частичные или полные осмотр или испытания электромагнитных и физических характеристик, чтобы убедиться, что электромагнитные характеристики не будут ухудшены в течение оставшейся части жизненного цикла.

Каждое мероприятие по техническому обслуживанию, ремонту и обновлению может быть определено как выполняемое пользователем, первоначальным изготовителем или указанной третьей стороной. Крайне важно, чтобы для всех участников было совершенно ясно, что требуется сделать, кто должен это сделать и когда.

В ходе технического обслуживания иногда требуется удаление или разборка некоторых установленных компонентов, служащих для обеспечения электромагнитных характеристик (например, двери, панели доступа и т. д.). Специалисты, выполняющие работы по техническому обслуживанию, должны быть, таким образом, предупреждены о рисках, связанных с любыми нарушениями функционирования, которые могут возникнуть в результате снижения уровня помехоустойчивости.

Предупреждающие знаки или панели должны быть размещены на рассматриваемом оборудовании или рядом с ним, хотя соответствующие указания могут быть приведены в руководстве. Возобновление нормальной работы системы либо вручную, либо автоматически осуществляется только при отсутствии любого предсказуемого риска.

В.7.3 Отслеживание изменений внешней электромагнитной обстановки для учета новых возникающих электромагнитных угроз, которые не были включены в первоначальный проект

Следует вводить ограничения работы другого оборудования, которое может не достигать надлежащего уровня электромагнитной совместимости в сравнении с оборудованием системы безопасности. Это может включать в себя ограничения по применению другого оборудования на сближенных расстояниях, в том числе мобильного передающего оборудования (особенно мобильных телефонов, портативных приемопередатчиков, а также, возможно, других передатчиков мобильной радиосвязи, в том числе Wi-Fi, Bluetooth и т. п.).

Примечание — В некоторых ситуациях практично (или даже необходимо) контролировать внешнюю электромагнитную обстановку. Например, самолет перемещается только по специально отведенным маршрутам, избегая известных областей высокой напряженности поля, и пилот имеет право контролировать использование персоналом и пассажирами персональных электронных устройств.

В.7.4 Методы разборки/повторной сборки для сохранения электромагнитных характеристик

Проектировщик должен обеспечить пользователя соответствующими инструкциями, чтобы гарантировать, что разборка и сборка для технического обслуживания или ремонта не снижают показателей электромагнитных характеристик системы, связанной с безопасностью, ниже необходимых для поддержания приемлемых рисков безопасности.

В некоторых случаях, особенно при высоких уровнях полноты безопасности (SIL), в инструкции необходимо включать требования к проверке или подтверждению электромагнитных характеристик системы после ее сборки, с использованием методов, подобных указанным в В.7.5 (периодических испытаний) или в разделах 8 и 9.

B.7.5 Периодические испытания (контрольные испытания) критических компонентов в части электромагнитных характеристик (например, подавителей помех, экранов, заземляющих и связывающих соединений и т. д.)

Некоторые компоненты могут изнашиваться или подвергаться коррозии или старению в течение их жизни. Например, устройства подавления импульсных помех рассчитаны только на заданное число переходных процессов заданных энергий, и поэтому следует учитывать, что они имеют определенный срок эксплуатации в данной электромагнитной обстановке. Электромагнитные характеристики креплений и прокладок при экранировании могут снижаться из-за трения и коррозии.

Если электромагнитные характеристики таких компонентов важны для поддержания желаемых электромагнитных характеристик системы, связанной с безопасностью, то проектировщик должен обеспечить пользователя соответствующими инструкциями по их периодическим испытаниям (доказательным испытаниям) для гарантии того, что необходимые электромагнитные характеристики системы, связанной с безопасностью, сохраняются в течение ее ожидаемого срока жизни.

В качестве альтернативы доказательным испытаниям допускается использовать запланированный режим технического обслуживания, как кратко отмечено в B.7.6.

Существуют много типов доказательных испытаний, которые могли бы быть эффективными: визуальный осмотр (например, выявление повреждения прокладки, оборванных проводов и т. д.); электрические проверки/испытания (например, определение сопротивления контакта, падения напряжения, тока утечки и т. д.); испытания электромагнитных характеристик (например, определение эффективности экранирования, затухания фильтра и т. д.) и др.

Интервалы между доказательными испытаниями должны быть определены на основании ожидаемой скорости ухудшения рабочих характеристик компонентов и должны быть значительно меньше, чем время, в течение которого деградация, как ожидается, станет неприемлемой. Чем выше уровень полноты безопасности (SIL) системы, связанной с безопасностью, тем короче должен быть интервал между доказательными испытаниями, а сами доказательные испытания должны быть более детальными и строгими.

Если рабочие характеристики компонента существенно ухудшаются с учетом заданного уровня полноты безопасности (SIL), то должны быть подготовлены инструкции по его правильным ремонту/замене (см. также B.7.4), с тем чтобы сохранить необходимые электромагнитные характеристики системы, связанной с безопасностью, в течение ожидаемого срока ее службы.

Периодическое доказательное испытание может быть менее затратным, если компоненты сконструированы таким образом, что они могут легко быть проверены и заменены в случае необходимости.

B.7.6 Периодическая замена критических компонентов, восприимчивых к деградации или износу с течением времени (например, подавителей помех)

Некоторые компоненты, связанные с электромагнитными характеристиками, имеют ограниченный срок службы. Некоторые из них будут изнашиваться из-за повторяющихся переходных перенапряжений/перегрузок по току или чрезмерных физических нагрузок. Для таких компонентов могут быть необходимыми запланированные режимы технического обслуживания, которые могут быть менее затратными, если конструкция компонентов допускает их легкую проверку и замену в случае необходимости.

Примеры — Устройства защиты от перенапряжений; фильтры, подключенные к кабелям питания переменного тока или к длинным кабелям; прокладки вокруг дверей; батареи для памяти программ и т. д.

B.8 Модификации и модернизации (аппаратное и программное обеспечение)

B.8.1 Оценка влияния предлагаемых модификаций и модернизаций на электромагнитные характеристики рассматриваемой системы, связанной с безопасностью, и любой другой системы, связанной с безопасностью, которая может быть затронута

Электромагнитные характеристики системы, связанной с безопасностью, должны поддерживаться в течение ее срока службы, несмотря на модификации, обновления и т. д.

Перед проведением любой модификации или обновления должно быть оценено их влияние на электромагнитные характеристики системы, связанной с безопасностью. Устойчивость к электромагнитным помехам модифицированной/доработанной системы должна поддерживаться на приемлемом уровне с учетом электромагнитной обстановки и уровня полноты безопасности (SIL). Также ее электромагнитная эмиссия, возможно, должна быть ограничена во избежание нарушения работы других систем, особенно если они связаны с безопасностью.

Цель этой оценки заключается в том, чтобы предвидеть любые зоны, в которых модификации/обновления могут неприемлемо ухудшить требуемые электромагнитные характеристики системы, связанной с безопасностью. Если эта оценка показывает, что может произойти неприемлемое ухудшение рабочих характеристик, необходимо определить соответствующие меры. Эти меры должны гарантировать, что при проведении модификации и обновления в отношении реальной системы результирующие электромагнитные характеристики являются адекватными для достижения приемлемых рисков безопасности (в соответствии с уровнем полноты безопасности).

Результатом этой оценки должны быть инструкции, которые детально описывают все необходимые изменения, вносимые в проект модификации/обновления, и любые необходимые инструкции для детального осуществления

модификации/обновления. Модификация/обновление могут потребовать модификации, модернизации или добавления мер подавления электромагнитных помех, таких как экранирование, фильтрация, подавление импульсных помех и т. д.

Эти инструкции должны быть подготовлены для соответствующего персонала, и, возможно, потребуется включить в них требования к проверке и подтверждению электромагнитных характеристик системы, после того как модификация или обновление были проведены. В зависимости от уровня полноты безопасности (SIL) в них допускаются методы, аналогичные указанным в В.7.5 (периодические испытания) или в разделах 8 и 9.

В.8.2 Обеспечение того, чтобы модификации и модернизации не привели к снижению электромагнитных характеристик ниже приемлемых уровней для рассматриваемой системы и любой другой системы, связанной с безопасностью, которая может быть затронута

Изменения и обновления (механических конструкций, оборудования или программного обеспечения) при проектировании и строительстве оборудования или систем могут повлиять на достижение необходимых электромагнитных и физических характеристик в течение разумно предсказуемого жизненного цикла. Таким образом, процедуры и методы, которые необходимы в этом случае, относятся к проектированию (см. В.5).

Каждое мероприятие по техническому обслуживанию, ремонту и обновлению может быть определено как выполняемое пользователем, изготовителем или третьей стороной. Крайне важно, чтобы для всех участников было совершенно ясно, что требуется сделать, кто должен это сделать и когда.

Приложение С
(справочное)

Информация, касающаяся критериев качества функционирования

В таблицах С.1 и С.2 приведен обзор допустимых воздействий на различные функции во время испытаний на помехоустойчивость, в том числе на функции, не связанные с безопасностью и связанные с безопасностью. Рассматриваются восемь возможных случаев воздействия. Таблица С.1 относится к ситуации, когда рассматривается оборудование, а таблица С.2 относится к ситуации, когда рассматривается система, связанная с безопасностью. Эти таблицы представляют собой подход, который может быть применен для определения допустимых воздействий во время испытаний, зависящих от следующих обстоятельств:

- тип функции (функция, связанная с безопасностью, или функция, не связанная с безопасностью) и
- тип испытания (нормальное испытание ЭМС или испытание ЭМС для целей безопасности).

Таблица С.1 — Допустимые воздействия на функции оборудования во время испытаний на помехоустойчивость

Воздействие во время испытания	Функция, связанная с безопасностью				Функция, не связанная с безопасностью		
	Нормальное испытание ЭМС		Испытание ЭМС в целях безопасности		Нормальное испытание ЭМС		
	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное переходное электромагнитное явление	Длительное переходное электромагнитное явление
1 Функция не нарушена	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается
2 Временное обратимое нарушение качества функционирования, предоставляется информация о нарушении (нарушение не обязательно должно диагностироваться автоматически)	Допускается только в установленных пределах	Допускается	Допускается	Допускается	Допускается только в установленных пределах	Допускается, но без необходимости обеспечить информацию	Допускается, но без необходимости обеспечить информацию
3 Временная потеря функции, действие как предназначено после испытания (самовосстановление). Отказ обнаруживается автоматической диагностикой (информация об отказе обеспечивается)	Не допускается (не должно быть сбоя функции, требуется нормальное ненарушенное действие благодаря нормальному режиму ЭМС)	То же	То же	То же	Не допускается	Допускается	Допускается
4 Временная потеря функции, действие как предназначено после испытания (самовосстановление). Отказ не обнаруживается автоматической диагностикой (внутренней или внешней по отношению к ИО)	Не допускается	Не допускается (доминирует специфический аспект FS)	Не допускается	Не допускается	То же	Не допускается	То же
5 Временная потеря функции, которая требует вмешательства оператора или перезапуска для восстановления. Отказ обнаруживается, например, диагностикой (информация об отказе обеспечивается)	Не допускается (доминируют нормальные требования ЭМС, т. е. не должно быть сбоя функции)	Допускается	Допускается	Допускается	То же	То же	То же

Окончание таблицы С.1

Воздействие во время испытания	Функция, связанная с безопасностью				Функция, не связанная с безопасностью		
	Нормальное испытание ЭМС		Испытание ЭМС в целях безопасности		Нормальное испытание ЭМС		
	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное переходное электромагнитное явление	Длительное переходное электромагнитное явление
6 Временная потеря функции, которая требует вмешательства оператора или перезапуска для восстановления. Отказ не обнаруживается автоматической диагностикой (внутренней или внешней по отношению к ИО)	Не допускается	Не допускается (исключая безопасный отказ)	Не допускается (исключая безопасный отказ)	Не допускается (исключая безопасный отказ)	Не допускается	Не допускается	Допускается
7 Как в 5, однако без восстановления (повреждение включается)	Не допускается (доминируют нормальные требования ЭМС)	Не допускается (доминируют нормальные требования ЭМС)	Допускается	Допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается
8 Как в 6, однако без восстановления (повреждение включается)	Не допускается	Не допускается	Не допускается (исключая безопасный отказ)	Не допускается (исключая безопасный отказ)	Не допускается	Не допускается	Не допускается
Примечание — В качестве кратковременного переходного электромагнитного явления рассматриваются: электростатический разряд, пачка импульсов, выброс; в качестве длительного переходного электромагнитного явления рассматриваются: провал напряжения, прерывание напряжения.							

Таблица С.2 — Допустимые воздействия на функции системы во время испытаний на помехоустойчивость

Воздействие во время испытания	Функция, связанная с безопасностью				Функция, не связанная с безопасностью		
	Нормальное испытание ЭМС		Испытание ЭМС в целях безопасности		Нормальное испытание ЭМС		
	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное переходное электромагнитное явление	Длительное переходное электромагнитное явление
1 Функция не нарушена	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается	Всегда допускается

Окончание таблицы С.2

Воздействие во время испытания	Функция, связанная с безопасностью				Функция, не связанная с безопасностью		
	Нормальное испытание ЭМС		Испытание ЭМС в целях безопасности		Нормальное испытание ЭМС		
	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное и длительное переходное электромагнитное явление	Непрерывное электромагнитное явление	Кратковременное переходное электромагнитное явление	Длительное переходное электромагнитное явление
2 Потеря функции, действие как предназначено после испытания (самовосстановление). Осуществляется установленная реакция на сбой	Не допускается (не должно быть сбоя функции, требуется нормальное ненарушенное действие благодаря нормальному режиму ЭМС)	Допускается	Допускается	Допускается	Не допускается	Допускается	Допускается
3 Временная потеря функции, действие как предназначено после испытания (самовосстановление). Установленная реакция на сбой не осуществляется	Не допускается	Не допускается (доминирует специфический аспект FS)	Не допускается	Не допускается	Не допускается	Допускается	Допускается
4 Временная потеря функции, которая требует вмешательства оператора или перезапуска для восстановления. Установленная реакция на сбой осуществляется	Не допускается (доминирует нормальное требование ЭМС, т. е. не должно быть сбоя функции)	Допускается	Допускается	Допускается	Не допускается	Не допускается	Допускается
5 Временная потеря функции, которая требует вмешательства оператора или перезагрузки для восстановления. Установленная реакция на сбой не осуществляется	Не допускается	Не допускается (исключая опасный сбой)	Не допускается (исключая опасный сбой)	Не допускается (исключая опасный сбой)	Не допускается	Не допускается	Не допускается
6 Как в 4, однако без восстановления (повреждение включается)	Не допускается (доминирует нормальное требование ЭМС)	Не допускается (доминирует нормальное требование ЭМС)	Допускается	Допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается
7 Как в 5, однако без восстановления (повреждение включается)	Не допускается	Не допускается	Не допускается (исключая безопасный отказ)	Не допускается (исключая безопасный отказ)	Не допускается	Не допускается	Не допускается

Примечание — В качестве кратковременного переходного электромагнитного явления рассматриваются: электростатический разряд, пачка импульсов, выброс; в качестве длительного переходного электромагнитного явления рассматриваются: провал напряжения, прерывание напряжения.

Приложение D
(справочное)

Соображения о взаимосвязи системы, связанной с безопасностью, оборудования и изделий, и их спецификаций

D.1 Взаимосвязь между терминами «система, связанная с безопасностью», «оборудование» и «изделие»

D.1.1 Общие положения

Настоящее приложение предназначено для объяснения взаимосвязи между терминами «система, связанная с безопасностью», «оборудование» и «изделие», используемыми в настоящем стандарте.

Для целей настоящего стандарта следует понимать, что система, связанная с безопасностью, состоит из одного или большего числа образцов оборудования. В свою очередь, следует понимать, что каждый образец оборудования содержит одно или большее число изделий. Эта концепция показана ниже на рисунке D.1.

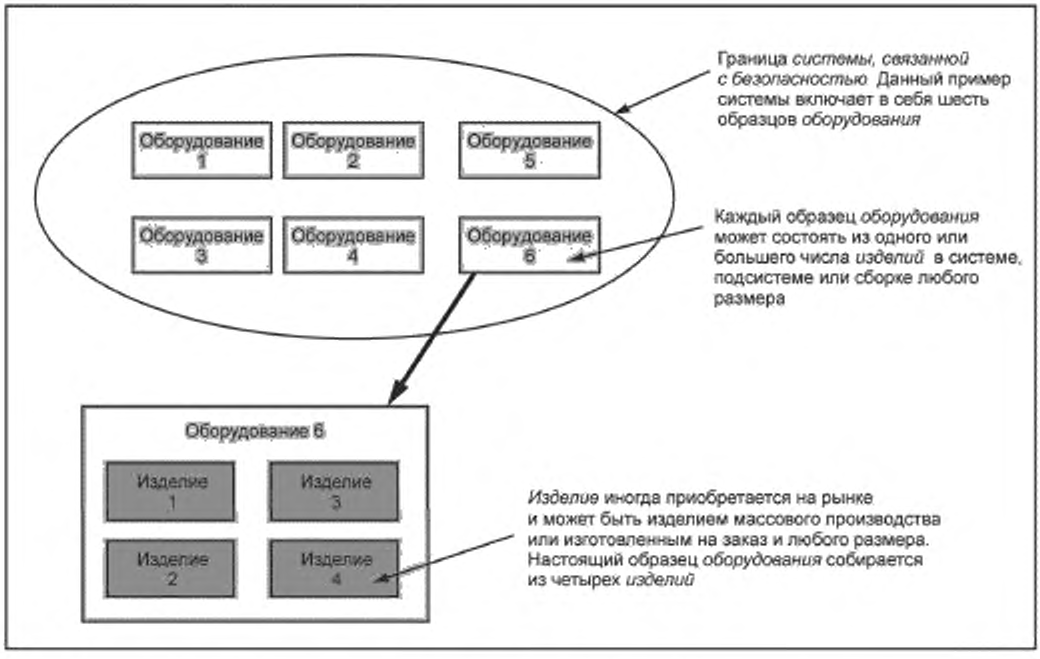


Рисунок D.1 — Взаимосвязь между системой, связанной с безопасностью, оборудованием и изделием

D.1.2 Система, связанная с безопасностью

Включает в себя все образцы оборудования, применяемые в системе, связанной с безопасностью, которая должна быть разработана.

D.1.3 Изделие

Изделие — элемент, который имеется в продаже на рынке от производителей или их агентов, например промышленный компьютер, моторный привод, усилитель термопары и т. д.

Изделия могут быть стандартными образцами массового производства, образцами, изготовленными в специальном порядке, или образцами, изготовленными на заказ специально для конкретной цели или системы.

D.1.4 Оборудование

Термины «система, связанная с безопасностью» и «изделие» используются в настоящем стандарте предельно близко к описанному выше. Но термин «оборудование», используемый в настоящем стандарте, имеет чрезвычайно общий характер и применяется к широкому диапазону возможных подсистем, приборов и других сборок изделий, включая новые или повторно используемые образцы.

D.2 Взаимосвязь между электромагнитным ослаблением и электромагнитными спецификациями

D.2.1 Спецификация требований к безопасности (SRS)

Максимальная электромагнитная обстановка, которая воздействует на систему, связанную с безопасностью, в течение ее срока службы, является основанием для спецификации электромагнитных характеристик в спецификации требований к безопасности (см. рисунок 1).

D.2.2 Спецификация требований к оборудованию (ERS)

Спецификация требований к оборудованию (ERS) создается для каждого образца оборудования в системе, связанной с безопасностью. В каждую спецификацию требований к оборудованию (ERS) включается спецификация электромагнитных характеристик на основе максимальной электромагнитной обстановки, которая ожидается в течение всего срока службы данного конкретного образца оборудования.

Создание спецификации требований к оборудованию (ERS) для каждого образца оборудования, включая его спецификацию электромагнитных характеристик, является задачей проектировщика системы, связанной с безопасностью.

Спецификация электромагнитных характеристик в спецификации требований к оборудованию (ERS) зависит от спецификации требований к безопасности (SRS) и должна, кроме того, учитывать применение мероприятий по помехоподавлению на уровне системы. Следует отметить, что спецификация требований к оборудованию (ERS), возможно, также должна обеспечить защиту определенного оборудования от электромагнитной эмиссии других частей системы, связанной с безопасностью, т. е. надо принимать во внимание аспекты внутрисистемной ЭМС. Применение концепций электромагнитного зонирования полезно при разработке мер помехоподавления (см. IEC 61000-5-6).

В настоящем стандарте предполагается, что проектировщик системы, связанной с безопасностью, как правило, создает спецификации требований к оборудованию (ERS) и что конструкторы различного оборудования (работающие в той же самой организации или в организациях-поставщиках) выбирают изделия для использования в рамках образцов своего оборудования так, чтобы соблюдать соответствующие спецификации требований к оборудованию. Эта ситуация типична для крупных промышленных и коммерческих установок. Но там, где система, связанная с безопасностью, достаточно мала, спецификации требований к оборудованию (ERS) могут не потребоваться.

D.2.3 Спецификации изделия

Они создаются производителями изделий для своей продукции и содержат спецификации электромагнитных рабочих характеристик, которые связаны со стандартами ЭМС IEC. Но важно понимать, что спецификации изделия могут быть основаны на общих знаниях электромагнитных требований в большей степени, чем на конкретных знаниях спецификации требований к безопасности (SRS) или спецификации требований к оборудованию (ERS) для конкретной системы, связанной с безопасностью.

Это означает, что спецификация изделия может не удовлетворять электромагнитным рабочим характеристикам, требуемым спецификацией требований к оборудованию (ERS) для данной системы, связанной с безопасностью.

Обеспечение спецификации электромагнитных характеристик оборудования в его спецификации требований к оборудованию (ERS) с использованием спецификаций изделий и мероприятий электромагнитного ослабления, как указано в D.2.4, представляет собой работу разработчика образца оборудования. При этом также следует учитывать возможность электромагнитного влияния между различными изделиями, составляющими оборудование.

D.2.4 Обзор отношений между спецификациями требований к безопасности (SRS), различными спецификациями требований к оборудованию (ERS) и спецификациями изделий

На рисунке D.2 показан пример процесса, при использовании которого коммерчески доступные изделия могут соответствовать условиям максимальной электромагнитной остановки, воздействующей на изделия, применяемые в системе, связанной с безопасностью.

Типичная промышленная система, связанная с безопасностью, использует изделия, приобретенные по каталогам производителей или дистрибьюторов. В таких случаях конструктору оборудования, сталкивающемуся со спецификацией требований к оборудованию (ERS), которая включает в себя электромагнитную спецификацию, являющуюся более строгой, чем у изделий, доступных в продаже, возможно, потребуется использовать меры помехоподавления, создавать необходимые электромагнитные зоны для использования изделия в оборудовании, соблюдая спецификацию требований к оборудованию (ERS).

Если конкретный образец коммерчески недоступен, конструктор оборудования может выбрать заказ на его специальное изготовление.

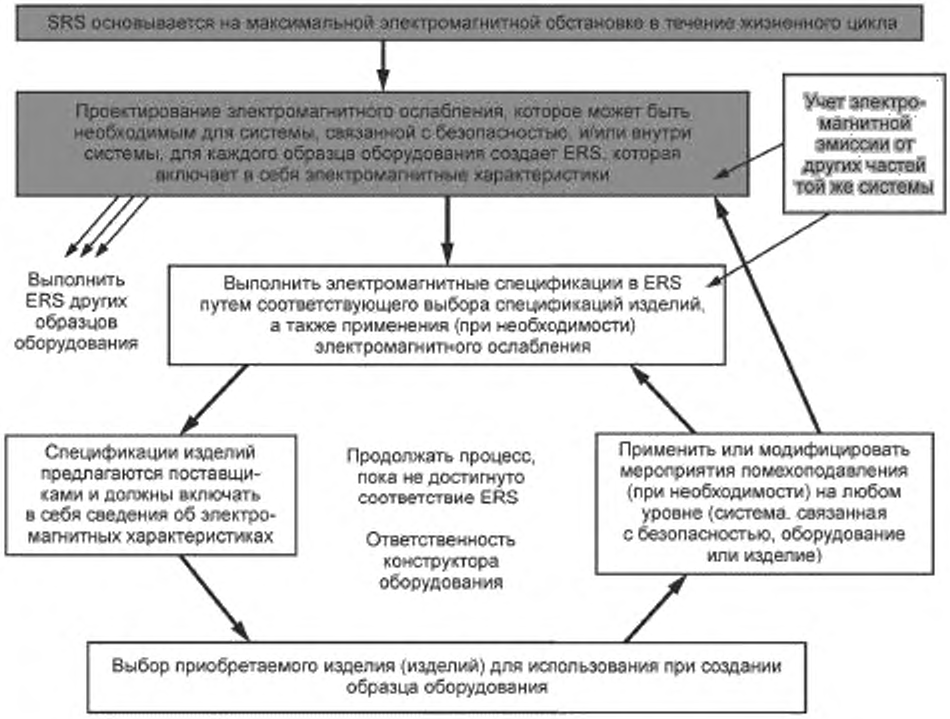


Рисунок D.2 — Процесс достижения электромагнитной спецификации в SRS при использовании коммерчески доступных изделий

Приложение Е
(справочное)

Соображения об электромагнитном явлении и уровне полноты безопасности

Настоящее приложение приведено с целью объяснить некоторые соображения относительно электромагнитных явлений и уровня полноты безопасности (SIL).

Количественное описание требуемой устойчивости к электромагнитным явлениям практически устанавливается путем введения соответствующих испытаний на помехоустойчивость, уровней испытаний на помехоустойчивость и конкретных критериев качества функционирования. Это трудная и важная задача, потому что должны быть рассмотрены и объединены разные подходы и стратегии для зон ЭМС и функциональной безопасности.

Классический подход к получению электромагнитных уровней помехоустойчивости для ЭМС может быть продемонстрирован с помощью рисунка Е.1 (подробнее см. IEC 61000-2-5). Левая кривая этого рисунка показывает плотность вероятности возникновения электромагнитных помех, результирующихся от электромагнитной эмиссии отдельных источников (т. е. уровень помех в системе).

Кривая справа представляет собой плотность вероятности режима устойчивости оборудования к электромагнитным помехам. Несмотря на то что уровни помехоустойчивости, как правило, задаются в виде дискретных количественных значений, вероятностная кривая существует. Эта кривая отражает тот факт, что часто оборудование может иметь более высокую помехоустойчивость, чем требуемая помехоустойчивость (испытания на помехоустойчивость, как правило, проходят только по отношению к требуемому испытательному уровню). Эта кривая показывает также, что возможно изменение фактической помехоустойчивости из-за допусков в самом оборудовании и неопределенностей, связанных с контрольно-измерительной аппаратурой и проведением испытаний.



Рисунок Е.1 — Уровни электромагнитной эмиссии/помехоустойчивости на примере уровней электромагнитной эмиссии/помехоустойчивости для одного эмиттера и одного рецептора в зависимости от некоторых независимых переменных (например, амплитуд импульсов в пачке или уровней напряженности поля)

Для количественного описания этой ситуации вводят уровень электромагнитной совместимости, который выбирают в качестве своего рода опорного уровня для описания помех. Такие уровни совместимости для различных электромагнитных явлений приведены, например, в IEC 61000-2-5.

Их допускается использовать в качестве отправной точки для получения уровней помехоустойчивости, которые обычно должны быть выше, чем уровни совместимости. Как следствие, электромагнитная совместимость достигается только в том случае, если уровни электромагнитной эмиссии и устойчивости к электромагнитной помехе контролируются таким образом, чтобы для каждого места уровень электромагнитной помехи, возникший в результате совместной эмиссии всех источников, был ниже уровня помехоустойчивости каждого устройства, оборудования и системы, расположенных в том же месте.

Следует, однако, отметить, что уровни электромагнитной совместимости могут зависеть от электромагнитного явления, времени или места размещения.

Из формы кривых на рисунке Е.1 можно сделать вывод, что возрастающая разница между уровнем совместимости и применяемым уровнем помехоустойчивости приводит к понижению частоты ситуаций влияния помехи и, следовательно, к «лучшей» ЭМС.

На практике уровни помехоустойчивости получены так, чтобы потенциальное перекрытие между кривой, указывающей уровни помех, и кривой, указывающей уровни помехоустойчивости, составляло приблизительно несколько процентов (обычно до 5 %, как показано на рисунке Е.1). Такой подход представляет собой технический/экономический компромисс, позволяющий установить уровни помехоустойчивости, которые не являются слишком высокими, чтобы избежать влияния помех в некоторых случаях. Перекрытие 5 % не обязательно означает, что в 5 % установок, в которых используются эти компоненты, существуют помехи. В результате вероятность влияния помех, как правило, значительно ниже, как указано в А.6 приложения А IEC 61000-1-1.

Теоретически возможно получить уровни помехоустойчивости таким образом, что оставшаяся вероятность влияния помех будет ниже определенной вероятности. На практике, однако, эта задача не может быть решена в разумных пределах по причинам, указанным ниже.

a) Кривые на рисунке Е.1 показывают «принципиальное поведение» кривых плотности вероятности электромагнитной эмиссии и помехоустойчивости и положения уровней совместимости и помехоустойчивости. Эти кривые зависят от вида электромагнитного явления, времени и/или места расположения. Поэтому потенциальное знание таких кривых плотности вероятности для конкретного явления в конкретной установке не может быть применено к любым другим произвольным электромагнитному явлению и установке.

b) Фактическое знание таких вероятностных кривых является относительно недостаточным для большинства электромагнитных явлений, и подробная информация доступна только применительно к некоторым явлениям (как, например, молниезащита и область импульсных перенапряжений). Но даже в этих случаях имеющиеся знания более или менее касаются лишь самого явления (как в случае применения графиков распределения грозовых дней в году применительно к молниевым разрядам) и в меньшей степени касаются электромагнитных напряжений, последовательно воздействующих на оборудование.

Даже в случае сравнительно хорошо известных вероятностных кривых можно ожидать, что они относительно хорошо известны в тех диапазонах значений, где их амплитуды равны нескольким процентам или нескольким десяткам процентов. Это, однако, не может считаться достаточным, если взглянуть на вероятностные требования, установленные уровнями полноты безопасности (SIL). Здесь конструкторы системы, связанной с безопасностью, должны учитывать вероятности от 10^{-5} до 10^{-9} отказов за 1 ч (см. таблицу 2) для функции безопасности. Этот математический подход невозможен в отношении электромагнитных явлений, так как знание электромагнитной обстановки является недостаточным и всегда будет таким в этом отношении.

Имеющиеся для аппаратных отказов данные не относятся к отказам из-за электромагнитных явлений.

Из этих граничных условий можно сделать вывод о том, что в большинстве случаев не существует очевидного способа найти разумную корреляцию между уровнем совместимости помех, действующих в пределах установки, уровнем помехоустойчивости для образца оборудования, который будет установлен как часть системы, связанной с безопасностью, в такой установке, и уровнем полноты безопасности (SIL), который должен быть достигнут для системы. Без такой корреляции, однако, не существует градаций, которые могут быть применены для установления уровней помехоустойчивости оборудования по уровню полноты безопасности (SIL).

Единственный практический способ получить соответствующие уровни помехоустойчивости заключается в том, чтобы принять во внимание конкретную электромагнитную обстановку, в которой система, связанная с безопасностью, предназначена для использования, и определить уровни помехоустойчивости для функциональной безопасности с помощью технических аргументов. Уровни совместимости могут быть использованы только в качестве своего рода основы для получения предельных значений помехоустойчивости. Поскольку никакие вероятностные данные не могут быть приняты во внимание, производные уровни помехоустойчивости в основном применяют в этой конкретной электромагнитной обстановке для всех систем, связанных с безопасностью, независимо от требуемого уровня полноты безопасности (SIL).

Эта ситуация может быть проиллюстрирована следующим примером.

При рассмотрении феномена устойчивости к напряженности излучаемого электромагнитного поля возможны два случая для конкретной ситуации.

a) Если соответствующая оценка показывает, что сильные РЧ-поля не могут присутствовать (например, исключаются с помощью организационных мер) в течение ожидаемого срока службы системы, связанной с безопасностью, даже с учетом предсказуемого использования и неправильного использования, то испытательные уровни допускается основывать на стандартном уровне помехоустойчивости. Данный уровень помехоустойчивости может быть получен, например, из общего стандарта, применимого к рассматриваемой электромагнитной обстановке.

Это относится только к полосе частот, охватываемой стандартом, используемым для получения уровня помехоустойчивости. Вне этой полосы частот следует искать другие руководящие указания (например, в других стандартах). Полученный уровень помехоустойчивости может использоваться независимо от конкретного уровня полноты безопасности (SIL), который будет установлен для этой установки.

b) Если ручные радиопередатчики могут быть использованы в непосредственной близости от соответствующего оборудования, то задачей инженера в области ЭМС-безопасности является определение максимального уровня напряженности поля, создаваемого таким передатчиком, и установление соответствующего уровня

помехоустойчивости, который будет применен. Обычно невозможно разумно определить вероятность появления таких уровней напряженности поля (они могут иметь место во время технического обслуживания, ремонта или надзорной деятельности, которые по своей природе не могут быть предсказаны); по крайней мере, таким путем невозможно выявить очевидную взаимосвязь, касающуюся очень малых вероятностей, которые допустимы для различных уровней полноты безопасности (SIL). Поэтому помехоустойчивость оборудования должна быть определена как его устойчивость к уровням напряженности поля независимо от числа появлений этих уровней, и, следовательно, она также независима от требуемого уровня полноты безопасности (SIL).

Введение таких уровней помехоустойчивости, полученных с помощью технических аргументов, можно рассматривать в качестве простейшей возможности преодоления проблемы неизвестных статистических и вероятностных параметров. В то же время оно обеспечивает учет максимальных уровней. В качестве дополнительной выгоды эта концепция определения повышенных уровней помехоустойчивости исключает из обязательных испытательные уровни, зависимые от уровня полноты безопасности (SIL).

Приложение F
(справочное)

Планирование ЭМС в целях безопасности

F.1 Общая структура

Планирование ЭМС в целях безопасности представляет собой структурированный процесс, включающий в себя несколько шагов и действий. Основная структура процесса в отношении к процессу обеспечения безопасности показана на рисунке F.1.

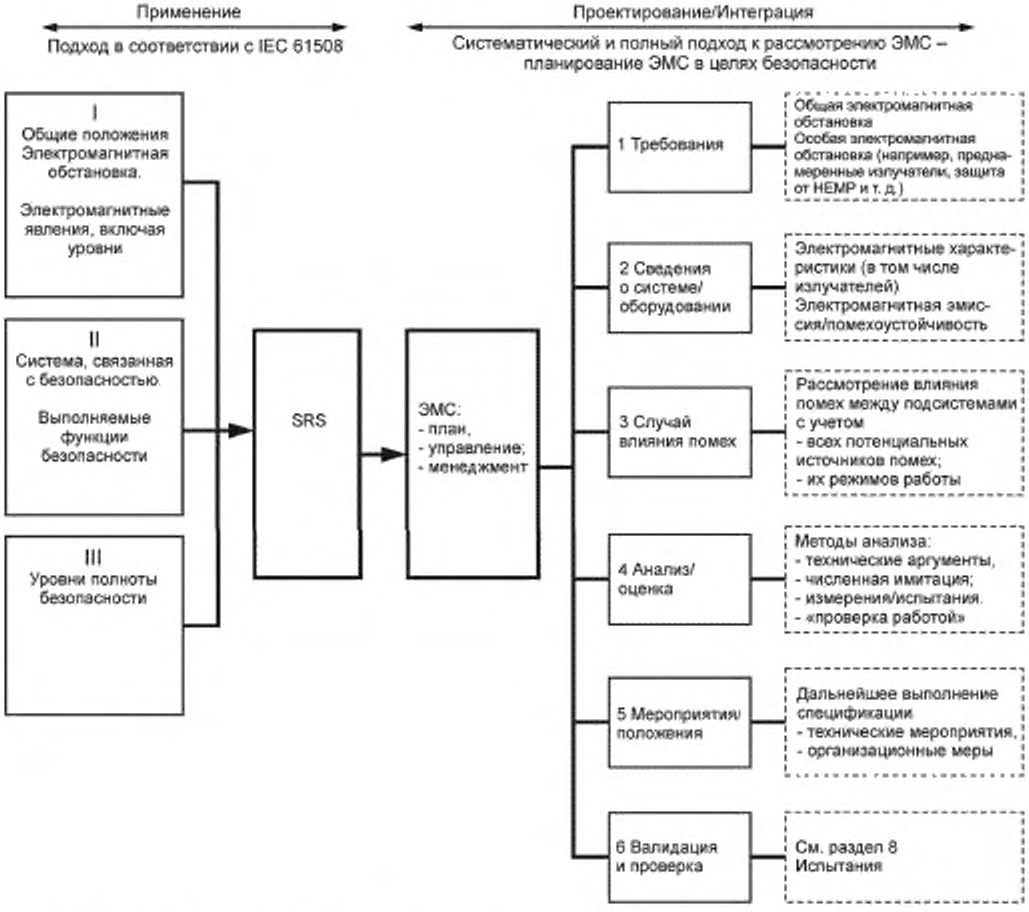


Рисунок F.1 — Планирование ЭМС в целях безопасности для систем, связанных с безопасностью

F.2 Требования

Тип/характер электромагнитной обстановки, в которой будет функционировать система, связанная с безопасностью, представляет собой один из основных аспектов спецификации требований к безопасности (SRS), который имеет продолжение в спецификациях технических требований к системе и всех образцов оборудования в ней.

В зависимости от электромагнитных явлений и их уровней, которые идентифицируются как относящиеся к этой обстановке, могут быть определены соответствующие испытания на помехоустойчивость и испытательные уровни и связаны с соответствующими критериями качества функционирования оборудования. Это приводит к одному или нескольким техническим требованиям в спецификациях для оборудования, предназначенного для

использования в системе, связанной с безопасностью. Выполнение спецификации требований к оборудованию представляет собой предварительное условие для достижения функциональной безопасности при интеграции оборудования в систему, связанную с безопасностью.

Примечание — Может быть необходимым применить дополнительные меры помехоподавления к изделиям, чтобы соответствовать спецификации требований к оборудованию (ERS), выявленных в ходе процесса планирования ЭМС в целях безопасности.

Во многих случаях общее описание электромагнитной обстановки — единственное, что требуется для установления требований помехоустойчивости в спецификации требований к оборудованию (ERS). Тем не менее в некоторых случаях это общее описание должно быть изменено в связи с наличием определенного оборудования (например, ISM оборудования группы 2) или из-за оборудования, планируемого к установке в будущем. Любой из этих случаев может привести к измененной электромагнитной обстановке.

Следовательно, должно быть определено, отличается ли фактическая электромагнитная обстановка от общей обстановки с учетом некоторых конкретных электромагнитных явлений. Это соображение может привести к конкретным требованиям помехоустойчивости системы, так же как и оборудования, и/или к мерам помехоподавления для уменьшения электромагнитной эмиссии или для повышения помехоустойчивости.

F.3 Сведения о системе/оборудовании

Для того чтобы оценить обстановку и обеспечить устойчивость результирующей конфигурации к потенциальным помехам, создаваемым системой и всем ее оборудованием (внутрисистемная ЭМС), а также оценить помехи, создаваемые системой и оборудованием во внешней электромагнитной среде, необходимо идентифицировать и описать все образцы оборудования в понятиях ЭМС. Это описание может основываться на обследованиях площадки, технических спецификациях, практическом опыте и т. д. Потенциальные источники влияния помех, механизмы связи и интерфейсы должны быть также выявлены и описаны.

F.4 Матрица ЭМС

На основании идентифицированного оборудования должна быть создана матрица, которая отражает все потенциальные ситуации влияния помех между всеми образцами оборудования и/или изделиями как внутри, так и вне системы. В рамках этой матрицы должны быть рассмотрены все режимы работы и все виды связи.

F.5 Анализ/оценка

Все случаи возможного влияния помех, обнаруженные с помощью матрицы ЭМС, должны быть проанализированы и оценены на систематической основе. Кроме того, могут быть определены критерии, указывающие, до какой степени глубины должен быть проведен каждый отдельный анализ.

F.6 Мероприятия/положения

Помимо того что оборудование должно соответствовать требованиям помехоустойчивости, возможно, необходимо будет проводить мероприятия в целях обеспечения помехоустойчивости на уровне системы. В том случае, если анализ и оценка показывают, что ожидаются вредные влияния помех, применяют дополнительные меры помехоподавления для предотвращения их влияний.

Следует отметить, что соответствующие меры не должны ограничиваться только увеличением помехоустойчивости. В отдельных случаях может быть более целесообразным применять меры к источнику помех.

F.7 Валидация/проверка

Для системы, связанной с безопасностью, соблюдение спецификации требований к безопасности (SRS) должно быть продемонстрировано (см. раздел 8). Это может быть сделано на основе плана испытаний в области ЭМС для системы.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов и документов межгосударственным и национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение международного стандарта и документа	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60050-161	—	*
IEC 61000-2-5	—	*
IEC 61000-2-13	—	*
IEC 61000-4	—	*
IEC 61000-4-1	—	*
IEC 61508 (all parts)	—	*
IEC 61508-1	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-1—2012 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 1. Общие требования»
IEC 61508-2	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-2—2012 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 2. Требования к системам»
IEC 61508-4	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508-4—2012 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 4. Термины и определения»
IEC Guide 104:1997	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта и документа.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

Общие документы, касающиеся функциональной безопасности

IEC Guide 107:1998 Electromagnetic compatibility — Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications

(Электромагнитная совместимость. Руководство по подготовке публикаций по электромагнитной совместимости)

Техническая информация по функциональной безопасности

LIMNIOS N. Arbres de défaillances. Paris: Editions Hermès, 1991. 183 p. (Handbook)

Guidance document on EMC and Functional Safety, The IET, gost.e-ecolog.ru

BROWN S.J. EMC and Safety related Systems. Proceedings of the IEE International Conference on EMC, Coventry, 1997

JAEKEL Bernd. Considerations on immunity test levels and methods with regard to functional safety. In LEWANDOWSKI G. and JANISZEWSKI J.M. (ed.). Electromagnetic Compatibility 2006. Wroclaw: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, 2006, p. 187—192, ISBN 837085-947-X

ARMSTRONG Keith. Why EMC Immunity Testing is Inadequate for Functional Safety, 2004

IEEE International EMC Symposium, Santa Clara, California, USA, August 9-13 2004, ISBN 0-7803-8443-1, p. 145—149. Also published in Conformity, March 2005, p. 15—23, gost.e-ecolog.ru

ARMSTRONG Keith. Design and Mitigation Techniques for EMC for Functional Safety, 2006

IEEE International EMC Symposium, 14—18 August 2006, Portland, Oregon, USA, ISBN: 14244-0294-8

Parker W.H., Tustin W. and Masone T. The Case for Combining EMC and Environmental Testing, ITEM 2002 p. 54—60, http://www.interferencetechnology.com

BROWN Simon and RADASKY William. Functional Safety and EMC, IEC Advisory Committee on Safety (ACOS) Workshop VII, Frankfurt am Main, Germany March 9/10 2004

WILLIAMS Tim and ARMSTRONG Keith. EMC for Systems and Installations, Newnes, 2000, ISBN: 0-7506-4167-3

Другие публикации

IEC 60050-191	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 191: Dependability and quality of service (Международный электротехнический словарь. Глава 191. Надежность и качество услуги)
IEC 60364-1	Low-voltage electrical installations — Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions (Низковольтные электрические установки. Часть 1. Основные принципы, оценка общих характеристик, определения)
IEC/TR 61000-1-1	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 1: General — Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 1. Общие положения. Применение и интерпретация основных определений и терминов]
IEC/TR 61000-1-5	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 1-5: General — High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 5. Общие положения. Электромагнитные воздействия высокой мощности (HPEM) на гражданские системы]
IEC 61000-2 (all parts)	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2: Environment [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2. Электромагнитная обстановка (все части)]
IEC 61000-2-3	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2: Environment — Section 3: Description of the environment — Radiated and non-network-frequency-related conducted phenomena [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2. Электромагнитная обстановка. Раздел 3. Описание электромагнитной обстановки. Излучаемые и не связанные с частотой сети кондуктивные явления]
IEC 61000-2-4	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2: Environment — Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2. Электромагнитная обстановка. Раздел 4. Уровни совместимости на промышленных предприятиях для низкочастотных кондуктивных помех]

IEC 61000-4-2 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-2: Testing and measurement techniques — Electrostatic discharge immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-2. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к электростатическому разряду]

IEC 61000-4-3 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-3: Testing and measurement techniques — Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-3. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к излучаемому радиочастотному электромагнитному полю]

IEC 61000-4-4 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-4: Testing and measurement techniques — Electrical fast transient/burst immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к электрическим быстрым переходным процессам/пачкам]

IEC 61000-4-5 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-5: Testing and measurement techniques — Surge immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к микросекундному импульсу большой энергии]

IEC 61000-4-6 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-6: Testing and measurement techniques — Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-6. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными полями]

IEC 61000-4-8 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-8: Testing and measurement techniques — Power frequency magnetic field immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-8. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты]

IEC 61000-4-9 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-9: Testing and measurement techniques — Pulse magnetic field immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-9. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к импульсному магнитному полю]

IEC 61000-4-10 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and measurement techniques — Damped oscillatory magnetic field immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-10. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающему колебательному магнитному полю]

IEC 61000-4-11 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-11: Testing and measurement techniques — Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-9. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания]

IEC 61000-4-12 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-12: Testing and measurement techniques — Ring wave immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-12. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к звенящей волне]

IEC 61000-4-13 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-13: Testing and measurement techniques — Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-13. Методы испытаний и измерений. Низкочастотные испытания на устойчивость к гармоникам и интергармоникам, включая передачу сигналов, воздействующих на порт электропитания переменного тока]

IEC 61000-4-16 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-16: Testing and measurement techniques — Test for immunity to conducted, common mode disturbances in the frequency range 0 Hz to 150 kHz
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-16. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к кондуктивным общим несимметричным помехам в полосе частот 0 Гц — 150 кГц]

IEC 61000-4-18 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-18: Testing and measurement techniques — Damped oscillatory wave immunity test
[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-18. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к затухающей колебательной волне]

IEC 61000-4-23	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-23: Testing and measurement techniques — Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-23. Методы испытаний и измерений. Методы испытаний для устройств защиты от электромагнитных воздействий большой мощности (HEMP) и других излучаемых помех]
IEC 61000-4-24	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-24: Testing and measurement techniques — Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-24. Методы испытаний и измерений. Методы испытаний для устройств защиты от электромагнитных воздействий большой мощности (HEMP) и других кондуктивных помех]
IEC 61000-4-25	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-25: Testing and measurement techniques — HEMP immunity test methods for equipment and systems [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-25. Методы испытаний и измерений. Методы испытаний оборудования и систем на устойчивость к электромагнитным воздействиям большой мощности (HEMP)]
IEC 61000-4-27	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-27: Testing and measurement techniques — Unbalance, immunity test [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-27. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к несимметрии напряжений]
IEC 61000-4-28	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-28: Testing and measurement techniques — Variation of power frequency, immunity test [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-28. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к изменениям промышленной частоты]
IEC 61000-4-29	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-29: Testing and measurement techniques — Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-29. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения на входном порте электропитания постоянного тока]
IEC/TR 61000-5-1	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5: Installation and mitigation guidelines — Section 1: General considerations — Basic EMC publication [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению. Раздел 1. Общие рассмотрения. Основополагающая публикация ЭМС]
IEC/TR 61000-5-2	Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 5: Installation and mitigation guidelines — Section 2: Earthing and cabling [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению. Раздел 2. Заземление и каблирование]
IEC 61000-5-6	Electromagnetic Compatibility (EMC) — Part 5-6: Installation and mitigation guidelines — Mitigation of external electromagnetic influences [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению. Раздел 6. Подавление внешних электромагнитных воздействий]
IEC 61000-6-1	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-1. Общие стандарты. Помехоустойчивость для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок]
IEC 61000-6-2	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for Industrial environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-2. Общие стандарты. Помехоустойчивость для промышленных обстановок]
IEC 61000-6-3	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3: Generic standards — Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-3. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок]
IEC 61000-6-4	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-4. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для промышленных обстановок]

IEC 61000-6-5	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-5: Generic standards — Immunity for power station and substation environments [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-5. Общие стандарты. Помехоустойчивость для обстановок электростанции и подстанции]
IEC 61508-3	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 3: Software requirements (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению)
IEC 61508-5	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 5. Примеры и методы определения уровней полноты безопасности)
IEC 61508-6	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3 (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 6. Руководства по применению IEC 61508-2 и IEC 61508-3)
IEC 61508-7	Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems — Part 7: Overview of techniques and measures (Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 7. Обзор методов и мероприятий)
ISO/IEC Guide 51	Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards (Аспекты безопасности. Руководство по их включению в стандарты)
ISO/IEC 2382-14	Information technology — Vocabulary — Part 14: Reliability, maintainability and availability (Информационная технология. Словарь. Часть 14. Надежность, ремонтопригодность и наличие)
ISO 7137	Aircraft — Environmental conditions and test procedures for airborne equipment (Авиация. Условия обстановки и испытательные процедуры для оборудования воздушных судов)
ISO 7637 (all parts)	Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling [Дорожный транспорт. Электрические помехи от проводимости и связи (все части)]
ISO 10605	Road vehicles — Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharges (Дорожный транспорт. Методы испытаний для электрических помех от электростатических разрядов)
ISO 11451 (all parts)	Road vehicles — Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy [Дорожный транспорт. Методы испытаний автомобиля на электрические помехи от узкополосной излучаемой электромагнитной энергии (все части)]
ISO 11452 (all parts)	Road vehicles — Component test method for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy [Дорожный транспорт. Методы испытаний компонента на электрические помехи от узкополосной излучаемой электромагнитной энергии (все части)]
ISO 14302:2002	Space systems — Electromagnetic compatibility requirements (Космические системы. Требования электромагнитной совместимости)
EN 50174-2	Information technology — Cabling installation — Part 2: Installation planning and practices inside buildings (Информационная технология. Установка кабелей. Часть 3. Планирование и практики инсталляции внутри зданий)
EN 50174-3	Information technology — Cabling installation — Part 3: Installation planning and practices outside buildings (Информационная технология. Установка кабелей. Часть 3. Планирование и практики инсталляции вне зданий)

УДК 621.396/.397.001.4:006.354 МКС 33.100.99

Ключевые слова: электромагнитная совместимость; электрические/электронные/программируемые электронные системы, связанные с безопасностью; оборудование; функциональная безопасность; электромагнитные помехи; помехоустойчивость; методы достижения функциональной безопасности в отношении электромагнитных помех; испытания; верификация; подтверждение соответствия

Редактор переиздания *Д.А. Кожемяк*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.И. Рычкова*
Компьютерная верстка *Г.В. Струковой*

Сдано в набор 01.06.2020. Подписано в печать 25.06.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд. л. 8,10.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
www.jurisizdat.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru