

УДК 621.391.82

## АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

*Луцкий А.В.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научные руководители: Пискун Г.А. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ПИКС,  
Алексеев В.Ф. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ПИКС*

**Аннотация.** Рассмотрены основные нормативные требования для обеспечения электромагнитной совместимости коммуникационных сетей. Для анализа были использованы только открытые источники.

**Ключевые слова:** коммуникационные сети, электромагнитная совместимость, побочные излучения, промышленные радиопомехи, диапазон частот

**Введение.** В реальной обстановке коммуникационные сети (КС) подвержены воздействию электромагнитных полей излучения от большого числа источников, которые оказывают влияние на их нормальную работу. Это является следствием той или иной электромагнитной обстановки (ЭМО).

Электромагнитная обстановка в рассматриваемой области пространства определяется как совокупность электромагнитных полей этой области, влияющих на качество функционирования КС. Это влияние может вызывать сбои, кратковременные отказы в работе или полный выход из строя КС.

Электромагнитная совместимость (ЭМС) технических средств – способность технических средств одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам [1–3]. Международный комитет СИСПР (*CISPR*, франц. *Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques*) занимается разработкой стандартов для обеспечения защиты от воздействия таких источников помех как: электрические приборы всех типов, система электроснабжения, излучение промышленного, исследовательского и электромедицинского оборудования, широкоэшелонные приемники (радио и телевидение) и ИТ-оборудование.

Работа СИСПР напрямую связана с контрольно-измерительным оборудованием и методами измерения степени воздействия помех, определением пределов воздействия и требований к помехозащищенности, а также разработкой методов помехозащищенных измерений (совместно с другими комитетами Международной электротехнической комиссии, МЭК).

**Виды помех и способы их описания.** Электромагнитные помехи (ЭМП) в окружающем пространстве создаются источниками, излучение которых не предусмотрено их функциональным назначением, а также источниками естественного происхождения. При этом влияние источников ЭМП на КС, приводящее к ухудшению качества их функционирования, как правило, сопровождается деградиционными последствиями для этих средств. ЭМО, которая соответствует таким последствиям, является неблагоприятной, что может привести к ухудшению качества функционирования или выходу из строя полупроводниковых приборов, составляющих основу современных коммуникационных сетей.

В государственных стандартах и нормативно-технической документации нормирование напряженности поля, излучаемого от источника помех, производится в четко определенных условиях, которые могут быть воспроизведены при измерениях.

В зависимости от вида характера источников излучения ЭМП можно разделить на два больших класса: помехи естественного происхождения и помехи искусственного происхождения (рисунок 1).

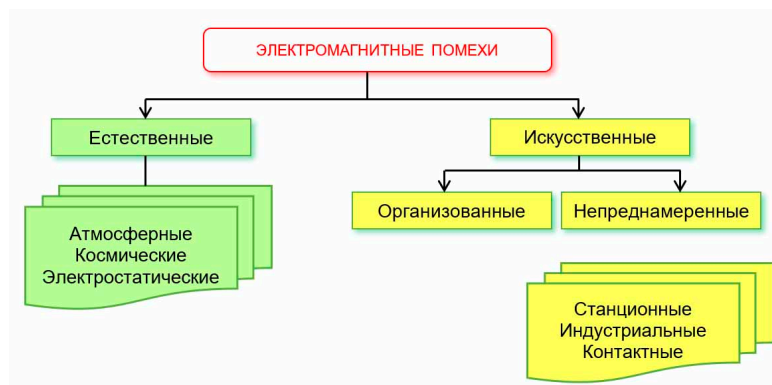


Рисунок 1 – Виды электромагнитных помех и их источники

ЭМП искусственного происхождения возникают в процессе человеческой деятельности. ЭМП естественного происхождения не связаны с процессами жизнедеятельности человека и существуют независимо от них. Естественные ЭМП носят непреднамеренный характер, в то время как искусственные ЭМП могут быть как непреднамеренными, так и организованными. Последние создаются искусственно с целью ухудшения функционирования или вывода из строя КС. Непреднамеренные помехи возникают в процессе использования человеком различного рода устройств, генерация помех которыми является естественным следствием их функционирования. Подробная классификация непреднамеренных помех приведена в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Классы мощных электромагнитных помех

Класс	Подкласс	Вид (для всех классов и подклассов)
Станционные	<i>Излучаемые:</i> основное и неосновное излучения: внеполосное, гармоника, субгармоника, комбинационное, интермодуляционное, шумовое, паразитное	<i>По частоте и спектру:</i> низкочастотная, высокочастотная, синусоидальная, модулированная, импульсная, шумовая, импульсно-шумовая  <i>По времени:</i> непрерывная, длительная, кратковременная, редкоимпульсная, регулярная, нерегулярная <i>По отношению помехи к рецептору:</i> узкополосная, широкополосная, аддитивная, мультипликативная, внешняя, внутренняя, межсистемная, внутрисистемная, внутриаппаратурная, когерентная, некогерентная <i>По отношению рецептора к помехе:</i> допустимая, недопустимая, приемлемая, блокирующая, перекрёстная, перекрёстная амплитудно-фазовая, интермодуляционная
Индустриальные	<i>Излучаемые:</i> электромагнитная, электрическая индукция, магнитная индукция  <i>Кондуктивные:</i> симметричная, несимметричная, провал напряжения, перенапряжение, коммутационная, индуцированная, помеха отражения	
Естественные	<i>Излучаемые:</i> атмосферная, космическая, электростатическая, мощный электромагнитный импульс	
Контактные	<i>Излучаемые:</i> от одиночного облучателя, от нескольких облучателей (интермодуляционная контактная)	

Станционная ЭМП относится к классу помех от антенны радиопередающего устройства и проявляет свое действие на такой рецептор как приемник на его рабочей частоте или на соседних и побочных каналах приема. Она создается основным излучением мешающего передатчика или его гармоникой, или другими неосновными излучениями.

Индустриальная ЭМП относится к классу помех от электротехнических, электронных и радиоэлектронных устройств (в последних кроме излучения на антенну), используемых в быту, промышленности, транспортных объектах, медицине и научных исследованиях. Действие помех этого класса проявляется в виде импульсных процессов, характеристики которых зависят от типа конкретной КС.

**Нормы на ЭМП.** ГОСТ CISPR 16-1-4-2013 «Совместимость технических средств электромагнитная. ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ РАДИОПОМЕХ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. Часть 1-4. Аппаратура для измерения радиопомех и помехоустойчивости. Антенны и испытательные площадки для измерения излучаемых помех» устанавливает характеристики и качество функционирования устройств для измерения излучаемых индустриальных радиопомех (ИРП) в полосе частот от 9 кГц до 18 ГГц, а также технические требования к антеннам и испытательным площадкам.

Стандарты IEC 61000 являются международными стандартами, устанавливающими требования помехоустойчивости и методы испытаний в отношении излучаемых помех, вызванных радиочастотными полями от устройств, используемых в непосредственной близости. Они 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.

Так 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» устанавливает, что 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.

ГОСТ 30805.22 (CISPR 22) «Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний» – область применения настоящего стандарта охватывает всю полосу радиочастот от 9 кГц до 400 ГГц, однако нормы определены только в ограниченной полосе частот, которая считается достаточной для установления уровней помех в целях защиты служб радиовещания и связи и обеспечения возможности для другой аппаратуры функционировать должным образом на приемлемом расстоянии.

Целями настоящего стандарта являются: установление единообразных требований к уровням ИРП от оборудования, соответствующего области применения настоящего стандарта и фиксированных норм радиопомех; описание методов измерений, стандартизация рабочих условий при проведении испытаний; определение порядка оценки результатов испытаний.

Любое оборудование (или часть ОИТ), основной функцией которого является передача и/или прием радиосигналов в соответствии с определениями, приведенными в Регламенте радиосвязи Международного союза электросвязи, исключается из области применения настоящего стандарта.

ГОСТ *CISPR 24* (СИСПР 24) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний» устанавливает единые требования к устойчивости оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Применяемые методы испытаний приведены в основополагающих стандартах ЭМС в области помехоустойчивости. В стандарте установлены применимость видов испытаний, степени жесткости испытаний, условия функционирования оборудования при проведении испытаний и критерии оценки.

Целью настоящего стандарта является установление требований, которые обеспечат достаточный уровень собственной устойчивости ОИТ для его функционирования в соответствии с назначением в окружающей электромагнитной обстановке. Стандарт устанавливает требования к испытаниям на помехоустойчивость ОИТ, относящиеся к его области применения, при воздействии непрерывных и импульсных, кондуктивных и излучаемых электромагнитных помех, включая электростатические разряды.

Процедуры, определенные для измерения ОИТ, и нормы, установленные в настоящем стандарте, разработаны для ОИТ в полосе частот от 0 Гц до 400 ГГц.

Для исключительных условий окружающей среды могут потребоваться специальные меры по ослаблению воздействия помех.

С учетом рассмотрения вопросов испытаний и оценки функционирования некоторые испытания установлены в определенных полосах частот или на выбранных частотах. Оборудование, соответствующее требованиям на этих частотах, считается соответствующим требованиям во всей полосе частот от 0 Гц до 400 ГГц для электромагнитных помех.

ГОСТ Р 51513-99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование распределительных сетей приемных систем телевидения и радиовещания. Нормы электромагнитных помех, требования помехоустойчивости и методы испытаний» распространяется на оборудование распределительных сетей приемных систем телевидения и радиовещания.

Стандарт устанавливает нормы электромагнитных помех, включая промышленные радиопомехи (ИРП) в полосе частот от 0,15 до 1750 МГц и гармонические составляющие тока, потребляемого оборудованием из сети электропитания в полосе частот от 0,1 до 2 кГц, требования помехоустойчивости при воздействии радиочастотных электромагнитных полей в полосе частот от 0,15 до 1000 МГц и кондуктивных помех, наведенных радиочастотными электромагнитными полями, в полосе частот от 0,15 до 150 МГц, а также соответствующие методы испытаний.

**Исследование мер противодействия высотному электромагнитному импульсу (НЕМР).** Атака с использованием высотного электромагнитного импульса (ВЭМИ) становится все более реальной угрозой. НЕМР – это очень мощная электромагнитная волна.

*НЕМР* способен уничтожить большое количество электрического и электронного оборудования. В результате все системы, включая электричество, газ, воду и канализацию, транспорт, вещание и связь, будут лишены функций управления и, возможно, выйдут из строя и перестанут функционировать на обширной географической территории [5]. В частности, нарушение или отключение коммуникаций будет серьезным препятствием для восстановления и еще больше усугубит первоначальный ущерб. Поэтому важнейшей задачей является разработка мер противодействия *НЕМР* для защиты средств связи.

Одной из эффективных мер противодействия, может быть, защита ключевых объектов путем установки в оборудовании защиты от электромагнитных волн и фильтров помех. Однако с точки зрения затрат защитить каждую единицу оборудования невозможно. Поэтому, в первую очередь, важно выяснить возможные последствия нарушения работы коммуникаци-

онного оборудования, вызванного НЕМР, и рассмотреть соответствующие (необходимые и достаточные) защитные меры.

*НЕМР* обсуждался на различных научных конференциях и собраниях по стандартизации с 1990-х годов, а в 2009 году Международный союз электросвязи - Сектор стандартизации электросвязи (*ITU-T*) 5-я Исследовательская комиссия [6]. Этот стандарт описывает требования к испытательной нагрузке для телекоммуникационного и энергетического оборудования для каждого способа (всего семь способов), которым *НЕМР* может на них повлиять. Однако испытательное напряжение, необходимое для оборудования, зависит от среды, в которой установлено оборудование (например, от конструкции здания и наличия или отсутствия мер защиты от ударов молнии).

Для измерения испытательного напряжения оборудования необходимо воздействовать на оборудование электромагнитным импульсом, имитирующим *НЕМР*. Однако электромагнитный импульс, создаваемый *НЕМР*, чрезвычайно силен и имеет очень крутую характеристику нарастания, поэтому определение того, как генерировать импульс и подвергать его воздействию оборудование, является сложной задачей.

**Заключение.** Анализ нормативной базы показывает сложность задач в обеспечении защиты КС от электромагнитных помех.

### Список литературы

1. Урбанович, П.П. Избыточность в полупроводниковых интегральных микросхемах памяти // П.П. Урбанович, В.Ф. Алексеев, Е.А. Верниковский. – Мн.: Наука і тэхніка, 1995. – 262 с.
2. Анализ нормативных требований к побочным излучениям и промышленным радиопомехам в различных диапазонах частот. Режим доступа : <http://rfcmd.ru/analytics/010> – Дата доступа : 14.03.2023.
3. Разработка методов оценки работоспособности ИМС при воздействии радиотехнических и промышленных помех: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.27.01 / Алексеев Виктор Федорович. - Минск, 1991. - 23 с.
4. Исследование мер противодействия высотному электромагнитному импульсу (*НЕМР*). Режим доступа : <https://www.ntt-review.jp/archive/nttechnical.php?contents=ntr201806ra2.html> – Дата доступа : 14.03.2023.
5. Т. Онидзука, «Угроза атаки высотным электромагнитным импульсом (*НЕМР*)», Журнал CISTEC, № 166, стр. 130–140, 2016 г. (на японском языке).
6. Рекомендация МСЭ-Т К.78: "Руководство по устойчивости к электромагнитным импульсам на большой высоте для центров электросвязи", 2009 г.

UDC 621.391.82

## ANALYSIS OF REGULATORY REQUIREMENTS TO ENSURE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF COMMUNICATION NETWORKS

*Lutsky A.V.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Piskun G.A. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ICSD*

*Alexeev V.F. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ICSD*

**Annotation.** The main regulatory requirements for ensuring the electromagnetic compatibility of communication networks are considered. Only open sources were used for the analysis.

**Keywords:** network equipment, network infrastructure, network architecture, network model, access level, network design problems