

Европейские проблемы ЭМС: итоги симпозиума EMC Europe 2024

В.О.Тихвинский, д.э.н., проф. Международного университета информационных технологий (Казахстан), главный научный сотрудник ФГБУ НИИР / vtiiir@mail.ru,

Е.Е.Девяткин, к.э.н., директор Центра исследований перспективных беспроводных технологий связи ФГБУ НИИР / deugene@list.ru

УДК 621.391.82, DOI



С 2 по 5 сентября 2024 года в Центре конгрессов и собраний ВМСС в г. Брюгге (Бельгия) состоялся ежегодный международный региональный симпозиум по электромагнитной совместимости EMC Europe 2024. Отмечено участие в значимом научном событии ученых из стран ЕАЭС.

Симпозиум собрал в Брюгге более 700 участников из более 50 стран мира, которые представляли ведущие научно-исследовательские организации по электромагнитной совместимости (ЭМС), европейские, азиатские, африканские и южно-американские университеты, а также крупнейшие компании, сфер микроэлектроники, автомобиле- и авиастроения.

EMC Europe является ведущим региональным симпозиумом по электромагнитной совместимости и продолжает давнюю традицию регулярных международных встреч специалистов по ЭМС, организовывавшихся в Европе: во Вроцлавском техническом университете (Польша), начиная с 1972 года (было проведено 20 симпозиумов), и в Цюрихском техническом университете (также 20 симпозиумов с 1973-го), а также других европейских симпозиумов, которые были организованы в Риме (с 1994 года), а затем в городах Брюгге, Сорренто, Эйнховене, Барселоне и Гамбурге.

Начиная с 2010 года эти научные форумы были объединены в EMC Europe – Международный симпозиум и выставку по электромагнитной совместимости. Теперь симпозиум EMC Europe ежегодно организуется в одном из европейских городов с научным центром ЭМС, чтобы обеспечить этот международный форум встречей ведущих ученых и специалистов для обмена технической информацией по рассматриваемой тематике.

На 15 сессиях симпозиума этого года были рассмотрены следующие вопросы: ЭМС сетей 5G, 6G и Интернета вещей (IoT); Стандарты и правила; Управление ЭМС; Образование в сфере ЭМС; ЭМС на основе рисков, электромагнитная устойчивость; ЭМС в приложениях безопасности и охраны; ЭМС в промышленных условиях и на предприятиях; ЭМС в военных приложениях; Электромагнитная среда, молниезащита, преднамеренные электромагнитные помехи (ЭМП) и электромагнитные излучения (ЭМИ), мощные ЭМП, электростатические разряды; проводная и беспроводная связь, сверхширокополосная связь (UWB), связь по линиям электропередач, управление спектром; Автомобильные,

железнодорожные, военно-морские, авиационные и космические системы.

На пленарном заседании симпозиума были сделаны два доклада, связанных с проблемами управления научными программами исследований по вопросам электромагнитной совместимости в рамках работы Европейского агентства по исследованиям (REA) и компании Philips по вопросам обеспечения ЭМС медицинских приборов при их применении на практике.

В докладе специалистов REA были представлены возможности кооперации в рамках международных докторских программ исследований как формы объединения усилий ученых и специалистов разных стран при решении проблем ЭМС в виде временных творческих объединений при централизованном финансировании на международном региональном уровне с общим объемом 606 млн. евро в ближайшие три года. Большая часть целевого финансирования программы – 417 млн евро – при этом направлена на финансирование исследований аспирантов, исследующих рассматриваемые проблемы на университетском уровне и объединение их усилий в единой сетевой структуре исследователей перспектив ЭМС. Кроме результативности исследований программа уделяет большое внимание инновационности и патентованию полученных результатов.

Второй доклад был посвящен вопросам управления ЭМС на основе рисков функциональной безопасности при проектировании медицинских устройств. Ввиду того, что электромагнитные среды становятся менее предсказуемыми, прохождение испытаний на ЭМС на основе действующих нормативов не означает, что медицинское устройство будет безопасно и эффективно в предполагаемой среде использования. Для снижения рисков функциональной безопасности медицинских устройств предложено сочетание решения вопросов ЭМС и функциональной безопасности в ходе проектирования для достижения комплексного решения безопасности медицинских устройств.

Уже более 10 лет одной из важных секций EMC Europe была сессия, организуемая учеными научно-исследовательской

0,25



Участники EMC Europe 2024 из стран ЕАЭС

лаборатории ЭМС Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (НИЛ ЭМС БГУИР), посвященная комплексной диагностике ЭМС сложных систем и возглавляемая профессором БГУИР В.И.Мордачевым. На сессии было сделано несколько интересных докладов.

Доклад В.И.Мордачева был посвящен разработке технологии анализа статистических характеристик электромагнитной обстановки (ЭМО) у земной поверхности, создаваемой излучениями мега-созвездий низкоорбитальных спутников связи типа Starlink, OneWeb и т.п. Им представлена методика прогноза средней интенсивности электромагнитного фона (ЭМФ), создаваемого этими космическими аппаратами, основанная на разработанной автором статистической теории ЭМО и связывающая средние уровни ЭМФ с количеством спутников в группировке, параметрами их излучений по основным и боковым лепесткам, высотами орбит и ограничениями по углу места обслуживания наземного оборудования. Представленные результаты расчетов показали, что ожидаемые уровни ЭМФ диапазона СВЧ, создаваемого мега-созвездиями низкоорбитальных спутников связи, безопасны, т.к. на много порядков ниже принятого предельно допустимого уровня радиочастотного ЭМФ для населения. При этом они на много порядков превышают уровни ЭМФ естественного происхождения, что существенно меняет физические характеристики среды обитания и требует серьезного внимания и анализа.

На сессии с двумя докладами от международной кооперации ученых выступил заместитель заведующего НИЛ ЭМС БГУИР Е.В.Синькевич. Первый из них был посвящен

результатам экспериментальных исследований характеристик и разработке моделей нелинейности усилителей радиочастоты (УРЧ) диапазона FR1 сетей 5G с целью их последующего применения при решении проблем ЭМС радиооборудования мобильной (сотовой) связи в сложной ЭМО, создаваемой в полосах частот 4G/5G.

Измерения характеристик усилителей проведены с использованием оригинальной технологии двухчастотного зондирования в диапазоне частот $n7$ (2500–2570 / 2620–2690 МГц), который выделен в Республике Беларусь для систем мобильной связи 4G, и диапазона $n78$ (3300–3800 МГц) систем мобильной связи 5G. На основе результатов измерений двухчастотных характеристик усилителей, их односигнальных амплитудных характеристик, а также двухсигнальных амплитудных характеристик и значений динамического диапазона по интермодуляции 3-, 5-, 7- и 9-го порядков в первой гармонической зоне синтезированы полиномиальные модели 27–37 порядков, адекватно описывающие передаточные характеристики исследуемых усилителей как в области малой нелинейности, так и в области насыщения. Синтезированные модели охватывают широкий динамический диапазон входных воздействий при одновременном анализе нелинейных эффектов всех видов, включая интермодуляцию, блокирование и перекрестные искажения. При использовании оригинальной технологии дискретного нелинейного анализа ЭМС, которая при фиксированном порядке полиномиальных моделей передаточных характеристик УРЧ инвариантна к сложности ЭМО, полученные модели обеспечивают высокую эффективность количественного анализа нелинейных процессов и радиопомех, возникающих в оборудовании и сетях 4G/5G при любом практически достижимом количестве входных нежелательных сигналов, распределенных в динамическом диапазоне до 200 дБ.

Во втором докладе Е.В.Синькевич представил применение моделей, разработанных для оценки экранирующих свойств широкого класса изделий, изготовленных из композитных материалов: силиконовых и резиновых проводящих прокладок, проводящих клеев и красок, поглощающих панелей. Модели позволяют рассчитать эффективность экранирования прокладок и провести анализ поглотителей на основе их геометрических параметров и общих сведений о внутренней структуре композитного материала. Аналитическая модель проводимости композитных материалов с токопроводящими наполнителями, основанная на теории перколяции, обладает высокой вычислительной эффективностью и применима в широком диапазоне частот. Она применяется для описания экранирующих свойств токопроводящего силикона, резины, токопроводящих материалов на основе вспененного полиуретана, а также для оценки отражательной

способности и экранирующих свойств панелей поглотителя. Эмпирическая модель для оценки эффективности экранирования прокладками, изготовленными из композитных материалов, основана на представлении прокладки в виде эквивалентной проволочной сетки; данная модель может быть использована при проектировании электромагнитной защиты системы в случае, когда информация о внутреннем строении прокладки из композитного материала отсутствует. Справедливость разработанных моделей была подтверждена путем сравнения с результатами экспериментов в диапазоне частот от 800 МГц до 16 ГГц.

В данной сессии симпозиума принял участие автор статьи, выступивший с докладом от коллектива ученых, в котором были представлены результаты теоретических исследований по оценке ЭМС влияния передатчиков устройств Wi-Fi (сетей RLAN) на радиоприемные устройства 5G (абонентские устройства UE и базовые станции gNB) в диапазоне 6425–7125 МГц в условиях плотной городской застройки. В частности, в докладе было отмечено, что на конференции ВКР-23 (Дубай) полосы частот 6425–7125 МГц в Районе 1, в некоторых странах в Районе 2 и 7025–7125 МГц в Районе 3 определены для использования администрациями связи, желающими внедрить наземный компонент Международной подвижной электросвязи

(IMT), включая IMT-2020/5G. Некоторые Администрации связи планируют одновременно внедрить как сети 5G и Wi-Fi на общих частотных каналах, так и локальные сети радиодоступа RLAN в этой верхней половине диапазона частот 6 ГГц.

Расчеты показали, что в условиях плотной городской застройки в диапазоне 6425–7125 МГц передатчики gNB сетей 5G на дальностях более 50 м от точек доступа Wi-Fi, находящихся внутри зданий, не влияют на устройства LBT (Listen Before Talk – режим прослушивания перед излучением), предназначенные для запрета работы Wi-Fi в условиях непреднамеренного воздействия помех в рабочем канале. На основе полученных авторами результатов вероятностной оценки ЭМС (SEAMCAT 5.5.0) были оценены уровни снижения пропускной способности UE и gNB при групповом воздействии 50, 100 и 200 передающих устройств Wi-Fi на них. Сделан вывод о невозможности совместной работы без частотных разносов, на что было обращено внимание участников EMC Europe 2024.

Очередной этап проведения международных региональных научных мероприятий по ЭМС в 2025 году будет включать Азиатско-тихоокеанский симпозиум APEMC-25 в мае на о. Тайвань (Китай) и EMC Europe 2025 в Париже (Франция). ■

0,5