

УДК 681.518.5

Омонов Сардор Рахмонкул угли
ассистент

Ирисбоев Фарход Моймирзаевич
Ассистент

Джизакский политехнический институт

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ
НА ЭМС НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ R&S
ELEKTRA**

Аннотация: Практика создания испытательных систем показала, что решение измерительных задач в области электромагнитной совместимости (ЭМС) требует создания отдельных специализированных комплексов, что обусловлено спецификой реализуемых методов измерений [1] и, в некоторых случаях, большим объемом измерений. Такие измерительные установки целесообразно снабжать средствами автоматизации, что в широком смысле позволяет повысить эффективность их использования и, безусловно, соответствует современному уровню научно-технического развития. В данной статье рассматривается построение автоматизированных комплексов для испытаний в области ЭМС с использованием программного обеспечения компании Rohde & Schwarz (R&S).

Ключевые слова: Датчик мощности, помехоэмиссия, радиация, антенны, γ -облучение.

**AUTOMATED SYSTEMS FOR EMC TESTING BASED ON THE
R&S ELEKTRA SOFTWARE PLATFORM**

Abstract: The practice of creating test systems has shown that the solution of measurement problems in the field of electromagnetic compatibility (EMC) requires the creation of separate specialized complexes, which is due to the specifics of the measurement methods being implemented [1] and, in some

cases, a large volume of measurements. It is advisable to supply such measuring installations with automation tools, which in a broad sense makes it possible to increase the efficiency of their use and, of course, corresponds to the current level of scientific and technical development. This article discusses the construction of automated complexes for testing in the field of EMC using software from Rohde & Schwarz (R&S).

Keywords: *Power sensor, interference emission, radiation, antennas, gamma irradiation.*

Концепция построения СПО R&S ELEKTRA предусматривает максимальный охват средств измерений и вспомогательных элементов измерительной установки удаленным управлением, при помощи которого и реализуются алгоритмы измерений, заложенные в те или иные стандарты. Практика испытаний на ЭМС свидетельствует о том, что измерения помехоэмиссии могут быть автоматизированы полностью, исключая аспекты управления испытываемым техническим средством. Что касается измерений показателей стойкости к электромагнитным полям и кондуктивным помехам, то граница предельно достижимой автоматизации охватывает управление оборудованием, применяемым для формирования и контроля электромагнитных воздействий, но за отклонениями в работе испытуемых объектов (ИО) в большинстве случаев следит оператор, хотя и эту проблему в настоящее время возможно решить с помощью специального программного дополнения для визуального контроля изменений ИО СПО R&S AdVISE [5]. Исходя из этих предпосылок, рассмотрим типовые схемы измерений при использовании ПО R&S ELEKTRA. На рис. 1 [6] показана упрощенная схема установки для измерения эмиссии излучаемых радиопомех, в которой применена одна комбинированная широкополосная измерительная антенна билгопериодического типа, а измерения проводятся по ГОСТ Р 51320-99 на альтернативной измерительной площадке, выполненной

с использованием конструктивных элементов экранированной камеры и радиопоглощающих панелей. В данном случае программное обеспечение по заданию оператора и в соответствии с планом измерений управляет тремя ключевыми элементами схемы: измерительным приемником, контроллерами антенной мачты и поворотной платформы. Такой охват и позволяет достичь полной автоматизации измерений, включая традиционно «ручные» операции – изменение высоты подъема антенны и ее ориентации для приема излучений с горизонтальной или вертикальной поляризацией. При измерениях по стандартам MIL-STD-461 и DO-160 СПО R&S ELEKTRA управляет только измерительным приемником, изменения высоты подъема антенны и поворота стола не требуется, а сами измерения проводятся в экранированной камере при измерительном расстоянии, равном 1 м.

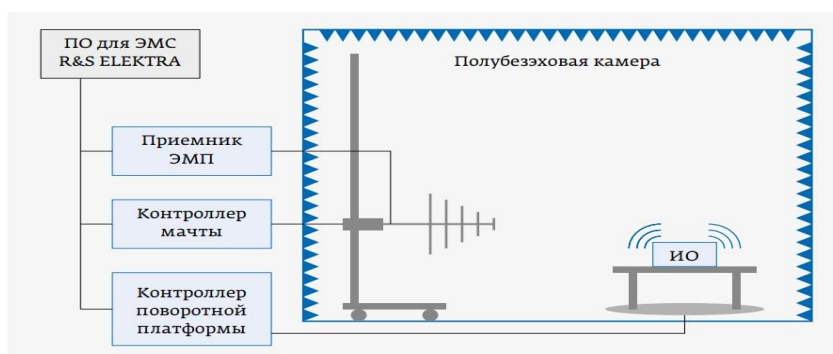


Рис. 1. Типовая схема установки для измерения эмиссии излучаемых радиопомех при использовании ПО R&S ELEKTRA

На рис. 2 [6] показана упрощенная схема установки для испытаний на устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям. В данном случае управлением и контролем могут быть охвачены все поддерживаемые элементы в составе системы формирования сигнала, подаваемого к антенне для формирования испытательного поля. Датчик мощности обычно подключается через направленный ответвитель, который выполняется как пассивный широкополосный элемент, а измеритель мощности обеспечивает отображение уровня мощности и

передачу данных в СПО R&S ELEKTRA. Средства ВЧ-коммутации могут использоваться в условиях применения двух излучающих антенн и двух усилителей мощности, что является обычной практикой в формировании облучающего поля. Наблюдение за состоянием и определение откликов ИО на облучение может осуществляться с использованием вспомогательных технических средств, расположенных вне рабочего объема камеры.

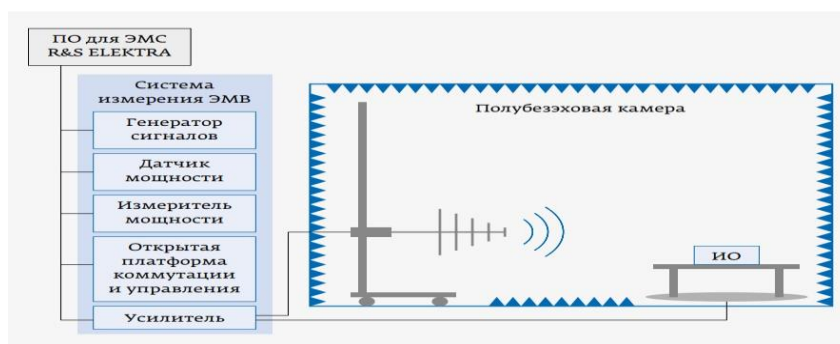


Рис. 2. Типовая схема установки для испытаний на устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям при использовании ПО R&S ELEKTRA

В схемах на рис. 1 и 2 в качестве интерфейса управления используется Ethernet. Следовательно, существует возможность создания удаленно управляемых распределенных измерительных систем, а также оптимизации размещения и использования дорогостоящих средств измерения при реализации измерений. Далее рассмотрим примеры построения систем для измерений излучаемых радиопомех, основанных на применении ПО R&S ELEKTRA.

Измерения в области ЭМС являются одними из самых методически сложных и дорогостоящих. Материальная база современных измерительных комплексов, используемых для выполнения сертификационных испытаний по ЭМС, стоит десятки миллионов рублей. Но во многих случаях измерительные задачи по ЭМС не требуют столь значительных вложений, в особенности если речь идет о

предсертификационных испытаниях. Ввиду этого целесообразно рассмотреть два варианта построения систем для измерений эмиссии излучаемых помех – бюджетный и с полной автоматизацией. Бюджетный вариант отличается низкой стоимостью используемого оборудования и повышенным значением неопределенности измерения [7]. В составе схемы измерений присутствует лишь необходимый минимум оборудования.



Рис. 3. Схема измерительной установки для анализа эмиссии излучаемых радиопомех в диапазоне частот от 30 МГц до 1 (6) ГГц при использовании ПО R&S ELEKTRA.

Наиболее часто проблемы с повышенной помехоэмиссией наблюдаются в диапазоне частот до 1 ГГц, соответственно, при выборе оборудования целесообразно ориентироваться на этот диапазон. В составе измерительного комплекса (рис. 3) предлагается использовать анализатор спектра начального уровня R&S FPC1000 с полосой рабочих частот до 1 ГГц (опционально до 3 ГГц), либо более старшую модель R&S FPL1000 со встроенными фильтрами для измерений помехоэмиссии и комбинированную логопериодическую измерительную антенну R&S HL562E (30–6000 МГц), специально предназначенную для испытаний на ЭМС. При такой конфигурации измерительная система будет работать на частотах от 30 МГц. Если ориентироваться на стандарт MIL-STD-461, то измерения должны выполняться в экранированной камере без поворота

стола, на котором размещается ИО, и без изменения относительного расположения измерительной антенны и ИО, причем размещение последнего должно гарантировать ориентацию измерительной антенны в направлении максимальной помехоэмиссии. Модуль ELEMI-E ПО R&S ELEKTRA, предназначенный для измерений эмиссии излучаемых и кондуктивных помех, будет охватываться управлением только анализатор спектра. В отсутствие экранированной камеры измерения могут быть выполнены в условиях типовой радиолaborатории, но это чревато неконтролируемыми погрешностями из-за маскировки излучений от ИО посторонними электромагнитными полями, а при создании классической измерительной площадки по ГОСТ Р 51320-99 – из-за многолучевого распространения радиоволн. В последнем случае в соответствии со схемой на рис. 1 требуется использование полубезэховых камер. В представленной на рис. 3 схеме измерений ПО R&S ELEKTRA обеспечивает сопоставление результатов с нормами заданного стандарта и формирование отчета. Для легитимности получаемых результатов оператор должен тщательно соблюдать предписанные стандартами условия проведения измерений. Вариант с полной автоматизацией может быть представлен решением, соответствующим схеме на рис. 4, построенной с опорой на стандарт MIL-STD-461. Такая схема предназначена для измерений помехоэмиссии в диапазоне частот от 10 кГц до 40 ГГц и может быть реализована в сертификационных центрах. Центральным ее компонентом является измерительный приемник высшего класса R&S ESW44 (от 2 Гц до 44 ГГц) или анализатор спектра высшего класса R&S FSW с диапазоном частот до 90 ГГц и более. Также может быть использован измерительный приемник R&S ESR26 с полосой рабочих частот от 10 Гц до 26,5 ГГц. Встроенный малошумящий предусилитель в составе названных средств измерений позволяет достичь высокой чувствительности в диапазоне частот во всей полосе измерений

помехоэмиссии. Важным достоинством измерительных приемников серии R&S ESW является возможность анализа спектра в реальном времени с полосой до 80 МГц [8, 9]. Режим анализа спектра в реальном времени в основном применяется для углубленного исследования промышленных помех, а также для быстрой регистрации редко повторяющихся помех, включая импульсные. Полоса анализа шириной 80 МГц обычно достаточна для таких измерений. Для охвата частотного диапазона от 30 МГц до 40 ГГц потребуется не менее трех антенн, причем перекрытие их рабочих полос частот не является недостатком измерительной системы. В составе установки предлагается использовать антенны R&S HL562E (30–6000 МГц, комбинированная логопериодическая), R&S HF907 (0,8–18 ГГц, рупорная), Schwarzbeck VBNA 9170 (15–40 ГГц, рупорная). Фазовые центры антенн удалены от ИО на одно и то же расстояние, равное 1 м. Стандарт MIL-STD-461 предписывает ориентацию ИО к антеннам в направлении максимального излучения, что может быть достигнуто фиксированным поворотом стола на определенный угол, в том числе с использованием автоматического привода.



Рис. 4. Схема автоматической измерительной установки для анализа помехоэмиссии в диапазоне частот от 10 кГц до 40 ГГц при использовании ПО R&S ELEKTRA. RS103, RE103 – разделы стандарта MIL-STD-461

Стандарт MIL-STD-461 не предусматривает изменение высоты подъема антенн и вращение ИО вокруг своей оси. Но, например, в случае измерений по стандарту ГОСТ Р 51320-99 эти действия требуется осуществлять. Ввиду этого в схеме на рис. 4 предусмотрены контроллеры привода антенн (КПА) и контроллер привода вращения испытуемого объекта (КПВ), также поддерживаемые ПО R&S ELEKTRA. Измерительные антенны и ИО должны быть размещены внутри экранированной камеры. Как и в бюджетном варианте, ПО R&S ELEKTRA устанавливается на компьютер, при помощи которого осуществляется управление измерительным комплексом. Для автоматических измерений эмиссии излучаемых радиопомех целесообразно применять базовый модуль R&S ELEMI-E, а также, для обеспечения расширенной функциональности, модули R&S ELEMI-A и R&S ELEMI-S, используемые для создания систем с максимальной степенью автоматизации измерений. Для связи с управляемыми объектами используется высокоскоростной коммутатор, работающий по протоколу Ethernet. При использовании безэховой экранированной камеры (БЭК) управляющие сигналы целесообразно передавать по оптоволоконной линии, что позволит уменьшить проникновение внешних электромагнитных полей в защищаемый объем. Итоговый облик построенной измерительной системы выглядит следующим образом. Она включает в себя измерительный приемник R&S ESW44, базовый блок управления коммутацией R&S OSP230 с коммутатором R&S OSP-B112, компьютер с установленными программными модулями ПО R&S ELEKTRA, а также сетевой коммутатор. Используются измерительные антенны R&S HL562E, HF907, Schwarzbeck BBNA 9170, установленные на трех антенных мачтах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иняминов, Ю. А., Хамзаев, А. И. У., & Абдиев, Х. Э. У. (2021). Передающее устройство асинхронно-циклической системы. *Scientific progress*, 2(6), 204-207.
2. Каршибоев, Ш. А., & Муртазин, Э. Р. (2021). Изменения в цифровой коммуникации во время глобальной пандемии COVID-19. *Молодой ученый*, (21), 90-92.
3. Муртазин, Э. Р., Сиддиков, М. Ю., & Цой, М. П. (2018). Стратегия развития экономики Узбекистана-региональные особенности. In Региональные проблемы преобразования экономики: интеграционные процессы и механизмы формирования и социально-экономическая политика региона (pp. 85-87).
4. Раббимов, Э. А., Жўраева, Н. М., & Ахмаджонова, У. Т. (2020). Исследование свойства поверхности монокристалла и создание наноразмерных структур на основе MgO для приборов электронной техники. *Экономика и социум*, (6-2), 190-192.
5. Сохибов, Б. О., Саттаров, С., & Таганова, С. Х. (2018). ВНЕДРЕНИЕ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ПЕРЕДОВЫХ МЕТОДОВ ПЕДАГОГОВ-НОВАТОРОВ. In *Молодой исследователь: вызовы и перспективы* (pp. 17-22).
6. Суярова, М. Х., & Джураева, Н. М. (2018). Динамическая модель по электротехнике. In *Передовые научно-технические и социально-гуманитарные проекты в современной науке* (pp. 53-54).
7. Умирзаков, Б. Е., Содикжанов, Ж. Ш., Ташмухамедова, Д. А., Абдувайитов, А. А., & Раббимов, Э. А. (2021). Влияние адсорбции атомов Ва на состав, эмиссионные и оптические свойства монокристаллов CdS. Письма в Журнал технической физики, 47(12), 3-5.
8. TURAPOV, U., MULDANOV, F., & Rakhmanov, F. A. (2022). PROBLEMS OF USING FACE IMAGE SEGMENTATION, IDENTIFICATION, FILTERING, FACIAL SIGNS DISTRIBUTION

CRITERIA IN DETERMINING PERSONAL BIOMETRIC CHARACTERISTICS. *World Bulletin of Management and Law*, 14, 91-94.

9. Mustofoqulov, J. A., & Bobonov, D. T. L. (2021). “MAPLE” DA SO’NUVCHI ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLARNING MATEMATIK TAHLILI. *Academic research in educational sciences*, 2(10), 374-379.

10. Karshibaev, S. A. (2022). EQUIPMENT AND SOFTWARE FOR MONITORING OF POWER SUPPLY OF INFOCOMUNICATION DEVICES. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(5), 502-505.

11. Khuzhayorov, B., Mustofoqulov, J., Ibragimov, G., Md Ali, F., & Fayziev, B. (2020). Solute Transport in the Element of Fractured Porous Medium with an Inhomogeneous Porous Block. *Symmetry*, 12(6), 1028.

12. Mustofoqulov, J. A., Hamzaev, A. I., & Suyarova, M. X. (2021). RLC ZANJIRINING MATEMATIK MODELI VA UNI “MULTISIM” DA HISOBLASH. *Academic research in educational sciences*, 2(11), 1615-1621.

13. SATTAROV, S., KHAMDAMOV, B., & TAYLANOV, N. (2014). Diffusion regime of the magnetic flux penetration in high-temperature superconductors. *Uzbekiston Fizika Zhurnali*, 16(6), 449-453.

14. Yuldashev, F., & Bobur, U. (2020). Types of Electrical Machine Current Converters. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS) ISSN*, 162-164.

15. Мулданов, Ф. Р., Умаров, Б. К. У., & Бобонов, Д. Т. (2022). РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЙ, АЛГОРИТМА И ЕГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА. *Universum: технические науки*, (11-3 (104)), 13-16.