

Построение автоматизированных систем для испытаний технических средств на эмиссию кондуктивных и излучаемых радиопомех на основе программной платформы R&S ELEKTRA

Николай ЛЕМЕШКО,
в. н. с., д. т. н.,
АО «Корпорация «Комета»,
nlem83@mail.ru

Дмитрий БОГАЧЕНКОВ,
руководитель направления ЭМС,
ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС»,
dmitry.bogachenkov@rohde-schwarz.com

В статье рассматривается вопрос о построении автоматизированных комплексов для испытаний в области электромагнитной совместимости с использованием специального программного обеспечения (СПО) R&S ELEKTRA компании Rohde & Schwarz. Приведены примеры построения измерительных систем для анализа помехоэмиссии, функционирующих под управлением СПО R&S ELEKTRA.

Введение

Построение испытательных радиолaborаторий и оптимизация их функционирования является одной из задач, сопутствующих разработке технических средств. Практика создания испытательных систем показала, что решение измерительных задач в области электромагнитной совместимости (ЭМС) требует наличия отдельных специализированных комплексов, что обусловлено спецификой реализуемых методов измерений [1], а в некоторых случаях и 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 настоящее время компания Rohde & Schwarz представляет на рынке новую программную платформу — СПО R&S ELEKTRA, предназначенную для выполнения автоматизированных измерений показателей помехоэмиссии и помехоустойчивости технических средств, в том числе при проведении сертификационных испытаний. Применение автоматизации при измерениях ЭМС позволяет обеспечить строгое соблюдение методов их проведения, предписанных стандартами, улучшить повторяемость и воспроизводимость результатов измерений, снизить вероятность возникновения грубых ошибок при их выполнении. В общих чертах функциональность R&S ELEKTRA рассмотрена в [2–4]. Она подразумевает автоматическое

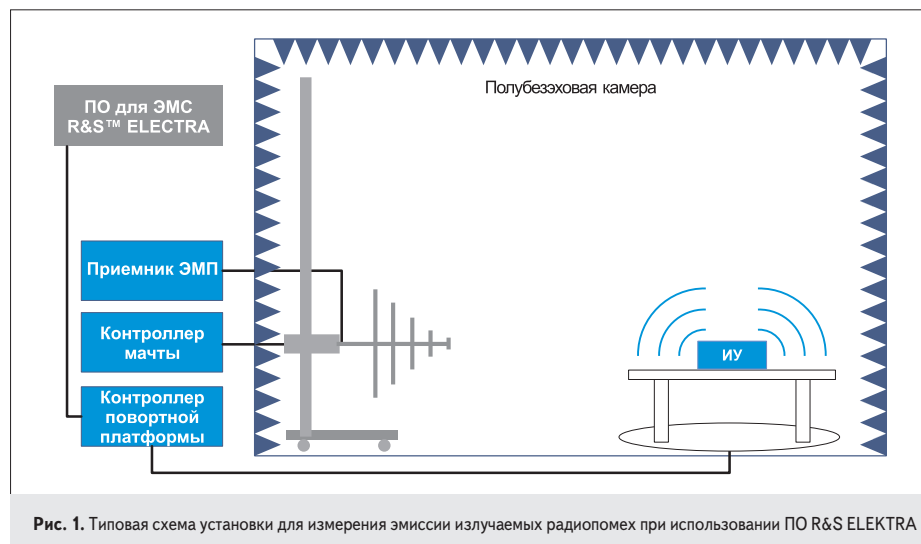
управление средствами измерений и вспомогательным оборудованием в соответствии с выбранными профилями испытаний, автоматическое сопоставление с нормами, установленными стандартами для продукции конкретного вида, документирование результатов измерений, а также гибкую настройку под задачи конкретного пользователя. Программная платформа СПО R&S ELEKTRA построена по модульному принципу и в зависимости от имеющегося приборного оснащения может обеспечивать разную степень автоматизации измерений — от минимальной до практически полной.

Цель настоящей публикации — рассмотрение примеров построения измерительных

систем для испытаний технических средств на эмиссию кондуктивных и излучаемых радиопомех на основе программной платформы СПО R&S ELEKTRA.

Типовые схемы измерений при использовании СПО R&S ELEKTRA для обеспечения полной автоматизации измерений

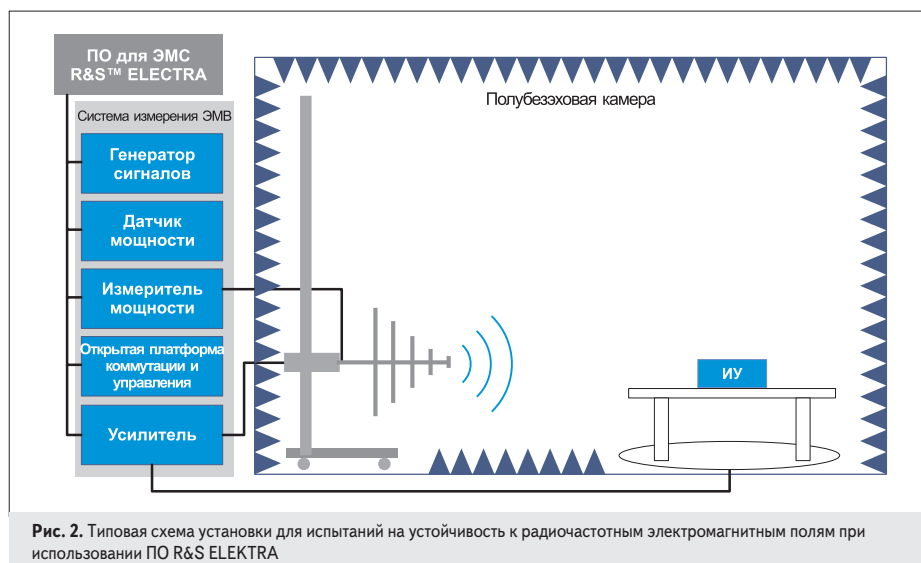
Концепция построения СПО R&S ELEKTRA предусматривает максимальный охват средств измерений и вспомогательных элементов измерительной установки удаленным управлением, при помощи которого и реализуются алгоритмы измерений, зало-



женные в те или иные стандарты. Практика измерений 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, граница предельно достижимой автоматизации охватывает управление оборудованием, применяемым для формирования и контроля электромагнитных воздействий, но за отклонениями в работе испытываемых 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 [8].

Исходя из этих предпосылок, рассмотрим типовые схемы измерений при использовании ПО R&S ELEKTRA. На рис. 1 показана упрощенная схема установки для измерения эмиссии излучаемых радиопомех, в которой применена одна комбинированная широкополосная измерительная антенна билгопериодического типа, а измерения проводятся по ГОСТ 51320–99 на альтернативной измерительной площадке, выполненной с помощью 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, контроллером 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, изменение высоты подъема антенны и поворота стола не требуется, а сами измерения проводятся в экранированной камере при измерительном расстоянии, равном 1 м.

На рис. 2 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 создания 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 считается 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.

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 проведении измерений.

Далее рассмотрим примеры построения систем для измерений излучаемых радиопомех, основанных на применении ПО R&S ELEKTRA.

Примеры построения системы для измерений эмиссии излучаемых радиопомех на измерительной площадке с применением 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. Вот почему целесообразно рассмотреть два варианта построения систем для измерения эмиссии излучаемых помех — бюджетный и с полной автоматизацией.

Бюджетный вариант отличается низкой стоимостью используемого оборудования и повышенным значением неопределенности измерения [5]. В составе системы измерений присутствует лишь необходимый минимум оборудования. 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 полосою 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 по 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 управлять только анализатором спектра.

В отсутствие экранированной камеры измерения могут быть выполнены в условиях типовой радиолоборатории, но это чревато неконтролируемыми погрешностями из-за маскировки излучений от ИО посторонними электромагнитными полями, а при создании классической измерительной площадки по ГОСТ 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

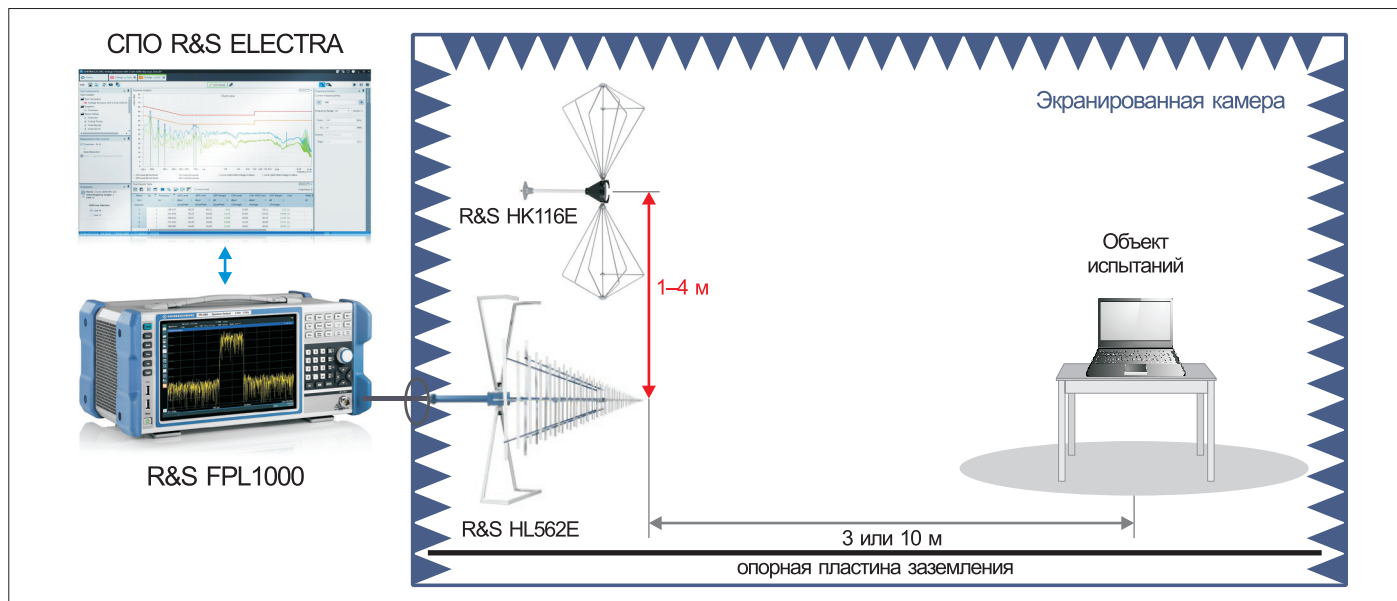


Рис. 3. Схема измерительной установки для анализа эмиссии излучаемых радиопомех в диапазоне частот 30 МГц — 1 (6) ГГц при использовании ПО R&S ELEKTRA

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 измерений предназначена для измерений помехоэмиссии в диапазоне частот 10 кГц — 40 ГГц и может быть реализована в сертификационных центрах. Централь-

ным ее компонентом является измерительный приемник высшего класса R&S ESW44 (2 Гц — 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 10 Гц — 26,5 ГГц. Встроенный малошумящий предусилитель в составе указанных средств измерений позволяет достичь высокой чув-

ствительности 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 [6, 7].

Режим анализа спектра в реальном времени применяется в основном для углубленного исследования промышленных помех, а также для быстрого регистрации редко

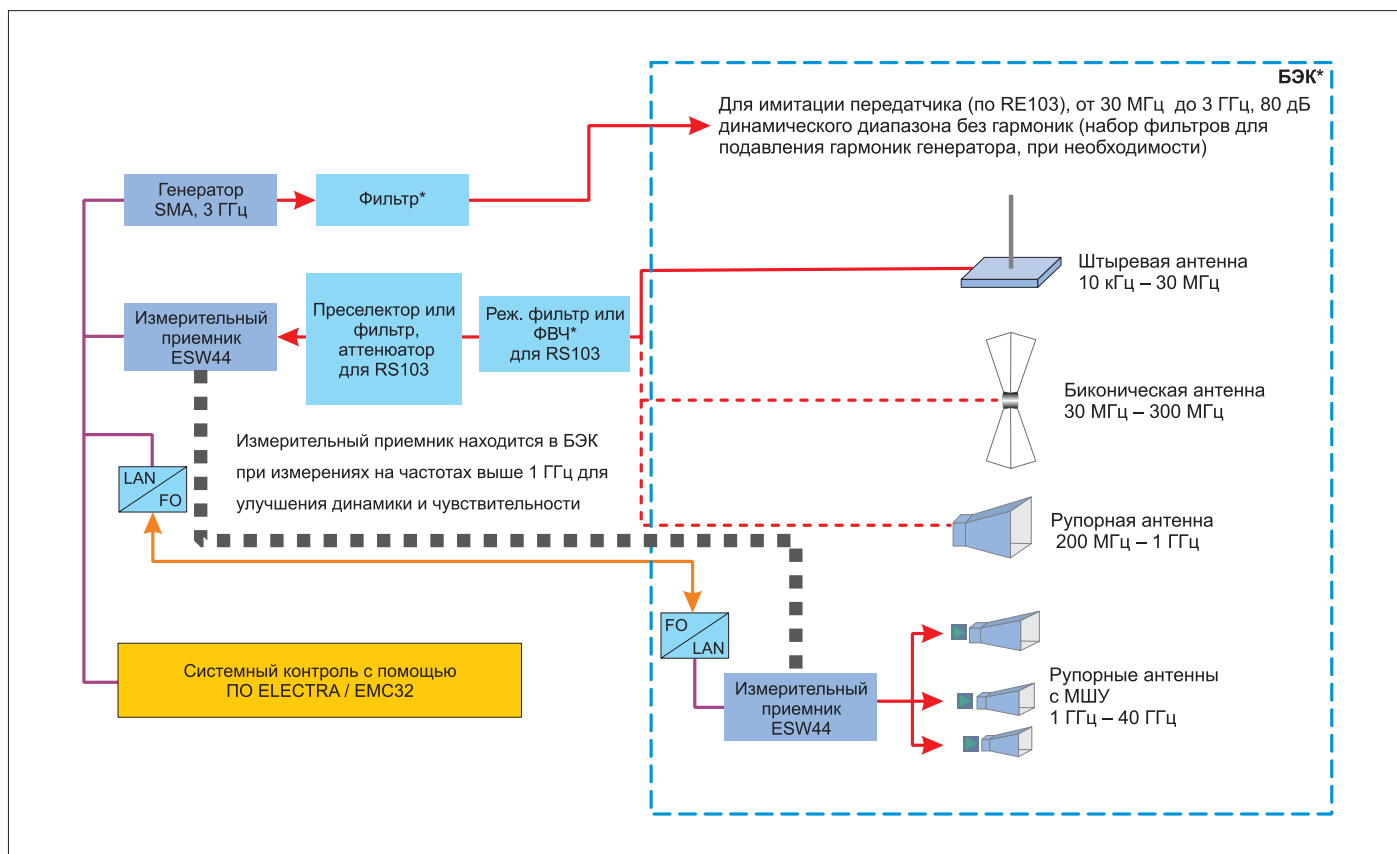


Рис. 4. Схема автоматической измерительной установки для анализа помехоэмиссии в диапазоне частот 10 кГц — 40 ГГц при использовании ПО R&S ELEKTRA

повторяющихся помех, включая импульсные. Обычно для таких измерений достаточно полосы анализа шириной 80 МГц.

Для охвата частотного диапазона 30 МГц — 40 ГГц потребуется не менее трех антенн, причем перекрытие их рабочих полос частот не считается 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 BBNA 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 направлением максимального излучения, что может быть достигнуто фиксированным поворотом стола на определенный угол, в том числе с помощью автоматического привода.

При наличии подходящих условий измерения могут быть реализованы во всей полосе частот 30 МГц — 40 ГГц. Для этого антенны должны быть расположены на индивидуальных мачтах, а удаление незадействованных в текущий момент антенн за пределы измерительной площадки должно устраняться минимизацией их взаимосвязи через механизм ближнего поля. Считается, что это условие выполняется при взаимном удалении антенн не менее чем на 1 м, что соответствует минимальному расстоянию между ИО и фазовым центром облучающей антенны при измерении устойчивости к радиочастотным полям. В этом случае удобно использовать электронную коммутацию антенн с попеременным, программно-управляемым подключением к входу измерительного приемника или анализатора спектра.

Для этого в схему включен модуль коммутации ВЧ-сигналов R&S OSP-B112, предназначенный для работы в диапазоне частот до 40 ГГц. Для управления модулем коммутации в схеме на рис. 4 предусмотрен базовый блок R&S OSP230 или R&S OSP320, имеющий дисплей и панель управления. Он обеспечивает как ручную, так и автоматическую коммутацию антенн к входу измерительного приемника R&S ESW44 с использованием удаленного управления, реализуемого ПО R&S ELEKTRA.

Стандарт MIL-STD-461 не предусматривает изменение высоты подъема антенн и вращение ИО вокруг своей оси. Но, например, в случае измерений по стандарту ГОСТ 51320–99 такие 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 условно не показанной на рисунке 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 ELEM1-E, а для обеспечения расширенной функциональности — модули R&S ELEM1-A и R&S ELEM1-S, используемые для создания систем с максимальной степенью автоматизации измерений.

Для связи с управляемыми объектами предусмотрен высокоскоростной коммутатор, работающий по протоколу Ethernet. При использовании безэховой экранированной камеры 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: 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, BBNA 9170, установленные на трех антенных мачтах.

Пример построения системы для измерений эмиссии и кондуктивных радиопомех с применением ПО R&S ELEKTRA

Измерения эмиссии кондуктивных электромагнитных помех в методическом плане оказываются существенно проще из-за отсутствия необходимости любых механических перемещений (рис. 5). В качестве измерительного преобразователя здесь должен использоваться эквивалент сети [1], если рассматривается эмиссия помех в питающую электрическую сеть. Если ИО имеет типовое трехпроводное подключение, то в составе схемы измерений может использоваться двухпроводный V-образный эквивалент сети R&S ENV216 с рабочей полосой 9 кГц — 30 МГц. Если для ИО требуется

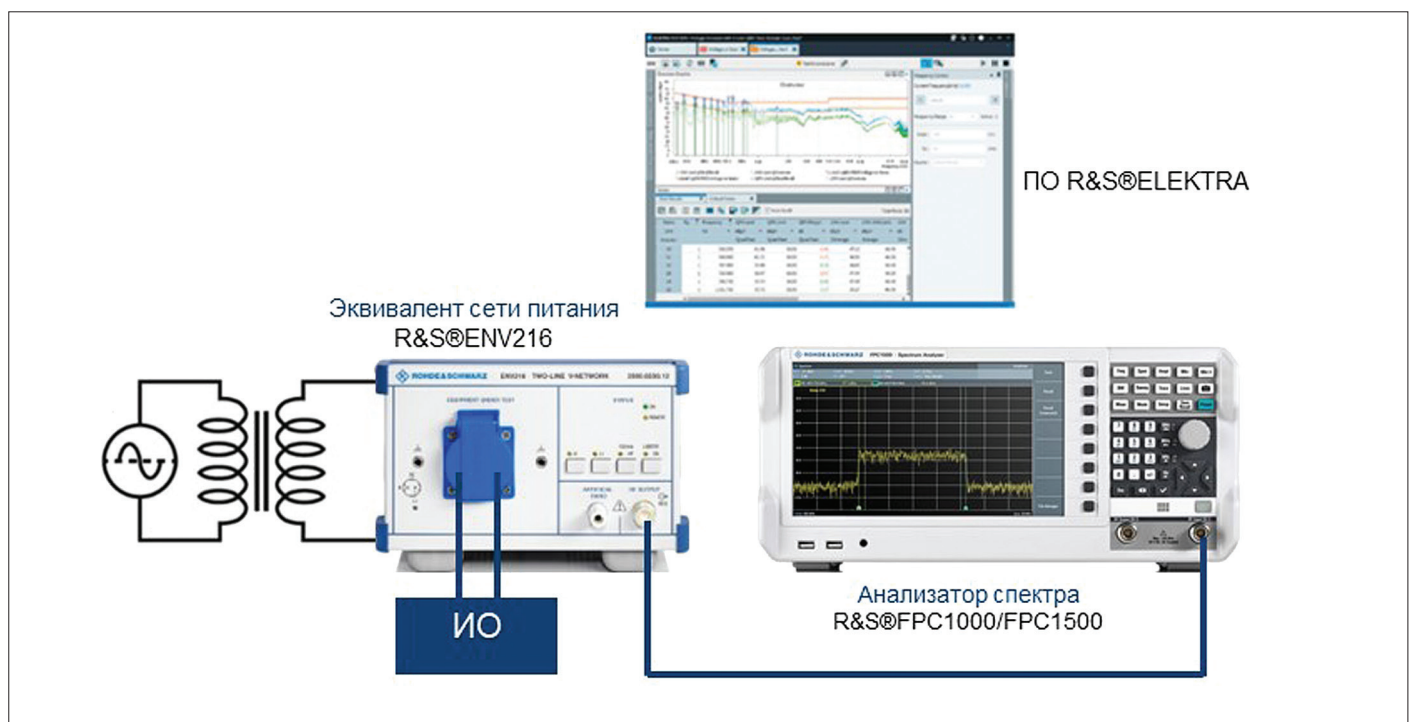


Рис. 5. Пример схемы, предназначенной для измерений эмиссии кондуктивных помех в питающую электрическую сеть

трехфазное электропитание, необходимо использовать четырехпроводной эквивалент сети R&S ENV432. Эквивалент сети имеет специальный порт Remote Control с интерфейсами RS-232 и RS-485, а потому для протокола Ethernet должен применяться преобразователь интерфейсов. Выходной сигнал с эквивалента сети может подаваться на любой поддерживаемый ПО R&S ELEKTRA измерительный приемник R&S ESW, ESR, ESRP или анализатор спектра, например, R&S FPL1000, FPC.

Управление всеми элементами измерительной системы осуществляется модулем R&S ELEMI-E, при необходимости функциональность установки может быть расширена за счет модулей R&S ELEMI-A и R&S ELEMI-S. ПО R&S ELEKTRA позволяет провести измерения эмиссии кондуктивных помех в полностью автоматическом режиме. Их целесообразно выполнять в экранированной камере для защиты от посторонних помех природного и техногенного характера.

Заключение

Таким образом, существуют различные варианты построения измерительных комплексов на основе ПО R&S ELEKTRA. Возможность использования как бюджетных, так и сертификационных средств измерений высшего класса позволяет создать измерительные установки в соответствии с текущими задачами — как исследовательского, так и прикладного характера.

Сама концепция построения ПО R&S ELEKTRA подразумевает возможность реализации множества задач, для решения которых предназначен измерительный комплекс. Повышение степени автоматизации измерений не требует полной смены аппаратно-программного обеспечения, а достигается введением в измерительную систему

поддерживаемого ПО R&S ELEKTRA устройства или их группы, после чего осуществляются необходимые программные настройки. Таким образом, модернизация испытательных систем, работающих под управлением ПО R&S ELEKTRA, фактически не требует наладки средств измерений и дополнительного оборудования. ■

Литература

1. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. Пер. с англ. Кармашева В. С., Кечиева Л. Н. М.: Издательский дом «Технологии», 2003.
2. R&S ELEKTRA. Программное обеспечение для испытаний на ЭМС. Проведение испытаний на ЭМС от этапа разработки до сертификации. Версия 01.01. Брошюра.
3. www.rohde-schwarz.com/ru/product/elektra-emcproductstartpage_63493-584628.html
4. R&S®ELEKTRA EMC TEST SOFTWARE. Specifications. Data sheet, Version 02.00.
5. ГОСТ 30805.16.4.2-2013 «Совместимость технических средств электромагнитная. Неопределенность измерений в области электромагнитной совместимости». М.: Стандартинформ, 2014.
6. R&S ESW Измерительный приемник электромагнитных помех. Исключительные высокочастотные характеристики и уникальные возможности измерений от 2 Гц до 500 ГГц. Техническое описание, версия 01.01.
7. Лемешко Н. В., Петров В. В., Поветкин О. В., Богаченков Д. А. Спектральный анализ в реальном времени для поиска случайных импульсных помех с помощью измерительных приемников серии R&S ESW//Электронные компоненты. 2016. № 6.
8. www.rohde-schwarz.com/ru/product/advise-productstartpage_63493-149761.html

Комплексное оснащение испытательных лабораторий ЭМС

от мирового лидера по производству измерительного оборудования



Хотите узнать подробности?



ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real

