

УДК 621.373.4:621.396.67

В. Б. КИРИЛЬЧУК<sup>1</sup>, И. Н. КИЖЛАЙ<sup>1</sup>, А. А. ПОПОВ<sup>1</sup>, С. В. ЗДОРОВЦЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

<sup>2</sup> Открытое акционерное общество «МНИПИ»

### АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ВЕРИФИКАЦИИ RFID-СИСТЕМ ВЧ И УВЧ ДИАПАЗОНОВ

**Аннотация.** Представлены структура и описание конструкции аппаратно-программного комплекса для изучения, исследования и верификации фундаментальных характеристик компонентов и устройств RFID систем ВЧ и УВЧ диапазонов.

Для исследования функциональных характеристик устройств радиочастотной идентификации (RFID считывателей и радиочастотных меток) в процессе их разработки, эксплуатации и верификации применяется соответствующее метрологическое оборудование. Перечень технических характеристик RFID-систем, подлежащих измерению, а также методы их испытаний с помощью традиционного комплекта измерительного оборудования определен в нормативных документах [1–4].

Специфика и трудоемкость измерений в области RFID технологий послужили основой разработки специализированных измерительных приборов, обладающих высокой производительностью и функциональностью [5–9]. Такое оборудование, как правило, ориентировано на использование в специализированных научно-производственных лабораториях и, характеризуется наряду с превосходными метрологическими показателями достаточно высокой стоимостью. Последнее обстоятельство в значительной мере ограничивает его использование в профильных учебных заведениях.

Для решения комплексных задач, связанных с проектированием и экспериментальным исследованием устройств и компонентов RFID-систем в УО БГУИР совместно с ОАО «МНИПИ» разработан аппаратно-программный комплекс (АПК). АПК ориентирован на использование в качестве научно-лабораторной базы при изучении дисциплин, связанных с разработкой и исследованием компонентов и узлов RFID-систем ВЧ и УВЧ диапазонов на различных ступенях высшего образования.

На структурном уровне АПК состоит из двух основных блоков (рисунок 1): *численного моделирования* (включает модуль моделирования, который через персональный компьютер (ПК) связан с модулем программного обеспечения (ПО)) и *экспериментальных исследований* (включает учебно-лабораторные модули (УЛМ) ВЧ и УВЧ диапазонов с соответствующим управляющим программным обеспечением, а также и комплект измерительного оборудования и приспособлений (КИОиП)). Защита от несанкционированного доступа к УЛМ RFID ВЧ и УВЧ диапазонов (разрешение на загрузку специального ПО) осуществляется через соответствующие модули доступа (МД).

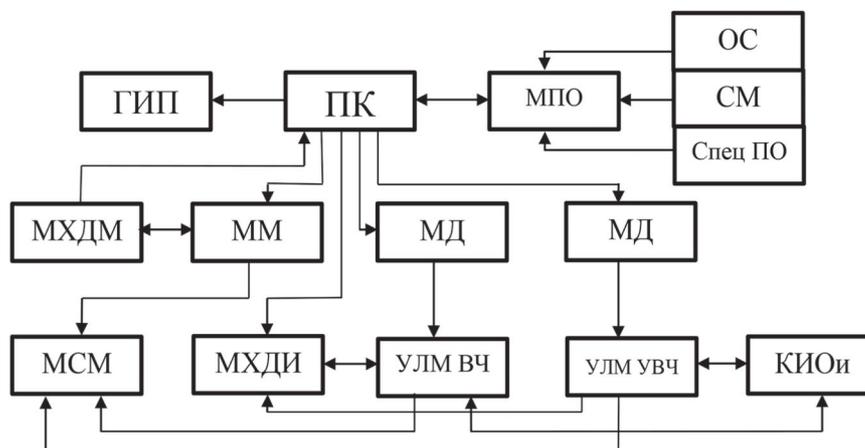


Рисунок 1. – Обобщенная структура АПК

Модуль моделирования содержит комплект типовых проектов приемо-передающих трактов RFID устройств (считывателя и метки), реализованных в интегрированной среде разработчика *Labview*, ряд типовых проектов компонентов (антенн круговой и линейной поляризации считывателей и меток, и др.), составленных для работы в средах *CST Studio Suite (Student Edition)*, *AWR Design Environment* (учебная версия), а также комплект моделей антенн и многолучевого канала связи считыватель-метка, выполненных для работы с ПО собственной разработки.

УЛМ RFID ВЧ диапазона предназначен для экспериментальных исследований зоны взаимодействия (ЗВ) считывателя и карты-метки (КМ), спектрально-временных характеристик (СВХ) сигналов информационного обмена (ИО) между считывателем и КМ, осуществляемых с помощью КИОиП. УЛМ RFID ВЧ диапазона состоит из считывателя и комплекта КМ, поддерживающих различные беспроводные протоколы. Исследование параметров ЗВ производится с помощью блока позиционирования, который состоит из трехкоординатного стола-держателя RFID КМ ВЧ диапазона, траверсы-держателя ВЧ RFID считывателя и системы управления положения дифракционного экрана между антеннами считывателя и КМ. Измерение СВХ сигналов ИО в ЗВ осуществляется с помощью входящих в состав КИОиП цифрового осциллографа типа *WON Smart DS6062E*, анализатора спектра типа *Anrytsu MS 2720T* и комплекта измерительных антенн ВЧ диапазона, изготовленных в соответствии с ИСО/МЭК 7810.

Считыватель УЛМ RFID ВЧ диапазона, выполнен на базе демонстрационной платы (ДП) типа *ST25R3911B-DISCO*. ДП представляет собой мультистандартный ВЧ/NFC-инициатор (13,56 МГц) с встроенной антенной и функциями автоматического согласования выходного каскада передатчика с импедансом антенны, автоматического определения наличия метки в зоне антенны считывателя и выходной мощностью передатчика до 1400 мВт. Управление работой *ST25R3911B-DISCO* осуществляется с помощью графического интерфейса пользователя (ГИП) *STSW-ST25R001*. Меню ГИП позволяет исследовать протоколы ISO/IEC 14443A/B (включая поддержку неконтактного стандарта связи платежных карт *EMVco*) и *FeliCa™*; ISO/IEC 15693/ISO/IEC 18000-3; 18092 NFC ISO/IEC ISO 18092 (NFCIP-1) active P2P. Внешний вид УЛМ RFID ВЧ диапазона с КИОиП показан на рисунке 2.

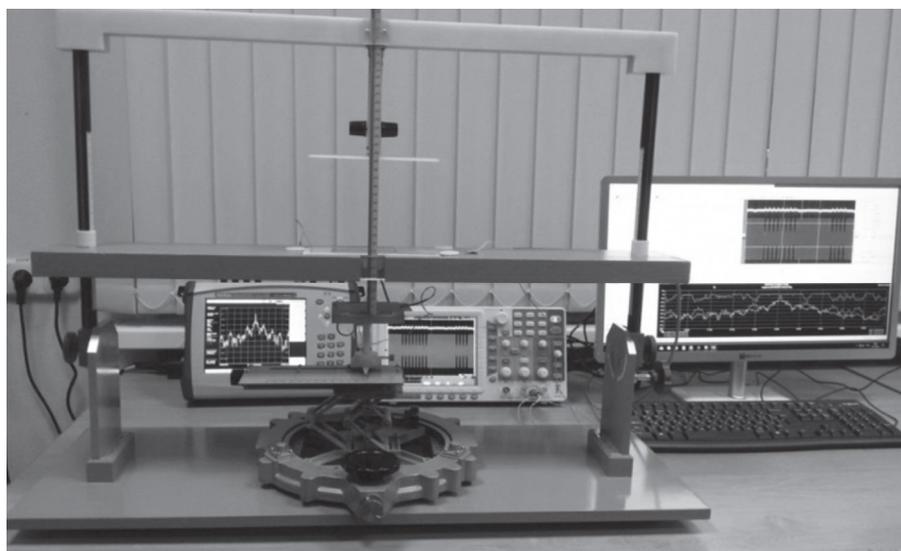


Рисунок 2. – Внешний вид УЛМ RFID ВЧ диапазона с КИОиП

УЛМ RFID УВЧ диапазона предназначен для экспериментального исследования системных и компонентных параметров устройств радиочастотной идентификации УВЧ диапазона, а также СВХ сигналов ИО между считывателем и метками УВЧ диапазона с помощью КИОиП. К системным параметрам относятся дальность чтения данных, хранящихся в банках памяти метки, и дальность записи данных в RFID метку. УЛМ RFID УВЧ позволяет исследовать указанные параметры в зависимости

от характеристик RFID считывателя, включая антенну: мощности передатчика, вида модуляции, чувствительности приемника, коэффициента усиления (КУ) антенн, КСВ в антенно-фидерном тракте (АФТ); параметров метки: пороговой чувствительности, диаграммы излучения при заданных параметрах обратного канала связи (Backscatter Link Frequency): 40; 160; 213; 256; 320; 640 кГц; вида кодирования: FM0, M2, M4, M8; длительности  $T_{\text{tag}}$ : 6,25; 12,5; 25 мкс. К группе компонентных параметров относятся пространственно-поляризационные (диаграмма направленности (ДН), поляризационная характеристика (ПХ) антенн) и S-параметры устройств и узлов, входящих в состав считывателя и метки. Для измерения S-параметров в состав КИОиП входит портативный 2-х каналный векторный анализатор цепей типа Pocket VNA.

Измерение ДН, ПХ и ИХ, а также связанных с ними системных параметров RFID производится в специально разработанной экранированной безэховой камере (БЭК) размерами 2,5×2,5×2,5 м. Внутри БЭК располагаются дистанционно-управляемые опорно-поворотные устройства (ОПУ) для антенн считывателя и держателя RFID меток. Управление работой ОПУ осуществляется с помощью ГИП ОПУ и блока драйверов собственной разработки.

УЛМ RFID ВЧ диапазона, реализован на основе ДП типа ST25RU3993-EVAL. ДП представляет собой блок считывателя УВЧ диапазона (840-960) МГц с поддержкой радиочастотных протоколов ISO 18000-61, ISO 18000-62 (в прямом режиме), EPC Class 1 Gen2 (ISO 18000-63), и функций: автоматического согласования антенн, электронной регулировки выходной мощности передатчика ( $P_{\text{max}}=30$  дБм), спектрального анализа сигналов в рабочей полосе частот, электронной коммутации 2-х антенн.

Управление работой ST25RU3993-EVAL осуществляется с помощью программного обеспечения STSW-ST25RU003, которое включает в себя источник прошивки для ST25RU3993 и представляет собой мост USB/UART с USB-управляемым приложением для микроконтроллера типа STM32L476.

Внешний вид УЛМ RFID УВЧ диапазона с КИОиП показан на рисунке 3.

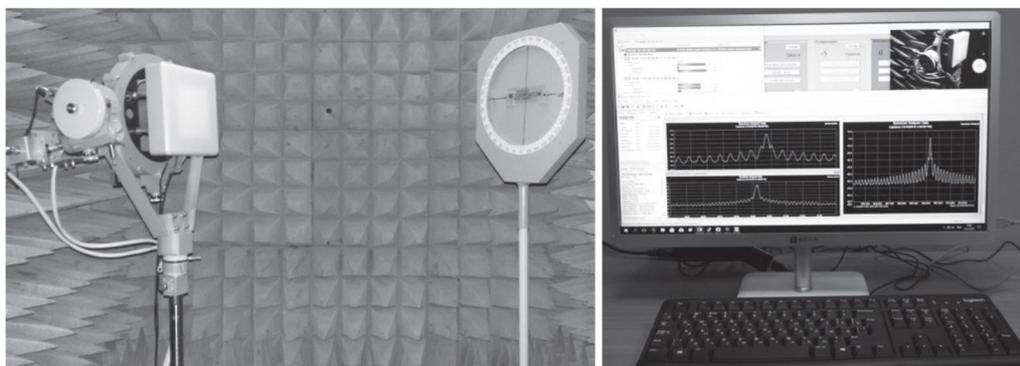


Рисунок 3. – Внешний вид УЛМ RFID УВЧ диапазона с КИОиП

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. ISO/IEC 18046:2006 «Information technology – Automatic identification and data capture techniques – Radio frequency identification device performance test methods».
2. ISO/IEC TR 18047-3:2011 «Information technology – Radio frequency identification device conformance test methods – Part 3: Test methods for air interface communications at 13,56 MHz», IDT.
3. ISO/IEC 18047-6:2012 «Information technology – Radio frequency identification device conformance test methods – Part 6: Test methods for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz».
4. ETSI EN 302 208-1 V1.2.1 (2007-07) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Radio Frequency Identification Equipment operating in the band 865 MHz to 868 MHz with power levels up to 2 W; Part 1: Technical requirements and methods of measurement.
5. CISC RFID MeETS System, <https://www.cisc.at/meets.html>.
6. RFID Testing and Measurement for Tag Development and Selection. Tagformance Pro. © Voyantic Ltd. 4/2018. [www.voyantic.com](http://www.voyantic.com).
7. Tescom RFID Tester: <http://www.tescom-lab.com>.
8. National Instruments RF and Wireless Test products and Solutions: <http://www.ni.com/rf/>.
9. Nexjen RFID Conformance Test System <http://www.nexjen.com/products/test-engineering>.

KIRYLCHUK V. B.<sup>1</sup>, KIZHLAI I. N.<sup>1</sup>, POPOV A. A.<sup>1</sup>, ZDOROVTSSEV S. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

<sup>2</sup> Joint-Stock Company «MNIPI»

## **HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR RESEARCH AND VERIFICATIONS OF HF AND UHF RFID SYSTEMS**

**Summary.** *The structure and design of the hardware and software complex for studying, research and verification of the fundamental characteristics of components and devices of the HF and UHF of the RFID systems are presented.*