

УДК 621.371

СИСТЕМА НА ОСНОВЕ SDR ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГОЕМКИХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ЯМР

Киященко В.В., Акопян А.А., Ганигин С.Ю.

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия,
vv.kiyashchenko@gmail.com

Ключевые слова: программно-определяемое радио, ЯМР спектрометр, ядерный магнитный резонанс.

Из-за сложности и дороговизны спектрометров, предназначенных для магнитно-резонансной томографии (МРТ) и ядерного магнитного резонанса (ЯМР) многие исследования в области ядерных реакций требуют более простых решений с низкой стоимостью. Например, в данных работах были разработаны спектрометры ЯМР с низким полем [1, 2], с высоким полем [3, 4], с технологией динамической ядерной поляризации [5]. Настольные спектрометры получили широкое применение для анализа пищевых масел, для анализа состава природного газа, для исследования новых психоактивных веществ, для отслеживания метаболитов в моче на месте оказания медицинской помощи при диабетических состояниях, для количественной оценки смесей аналогов запрещенных веществах т.д.

Работа посвящена разработке системы на основе программно-определяемого радио для исследования энергоемких веществ методом ядерного магнитного резонанса. Программно-определяемое радио (SDR) использует технологию, которая позволяет устанавливать или изменять рабочие параметры с помощью программного обеспечения, включая полосу частот, тип модуляции и выходную мощность. В работе представлена структура и описание системы, подробно проанализированы несколько ее узлов. Предлагается использовать приемопередатчик LimeSDR. Это дуплексный приемопередатчик, поэтому его можно использовать как для передачи, так и для приема. В работе описаны этапы обработки сигналов, представлены варианты дальнейшего развития системы. Архитектура SDR позволяет осуществлять отбор проб и преобразование D/A и A/D как можно ближе к тестируемому материалу, а также снижает уровень шума и искажения, создаваемые аналоговой частью спектрометра. SDR позволяет выполнять квадратурную модуляцию и демодуляцию, фильтрацию и усиление в цифровой части, программно настраивать характеристики фильтра.

В заключение мы представили гибкую модернизируемую конструкцию одноплатного многоканального спектрометра с низким полем для определения структуры энергоемких веществ, основанную на недорогой архитектуре SDR. Спектрометр был сконструирован в основном путем объединения двух LimeSDR и импульсного программатора на основе RobotDyn Mega, что позволило добиться небольших размеров и низкой стоимости (рис. 1).

В предлагаемом проекте мы заменили как можно больше аналоговых компонентов цифровой электроникой и программным обеспечением. Фактически, за исключением усилителя мощности RF и предусилителя с низким уровнем шума, вся система является цифровой, включая SDR для приема цифрового сигнала и Mega для программирования импульсов.

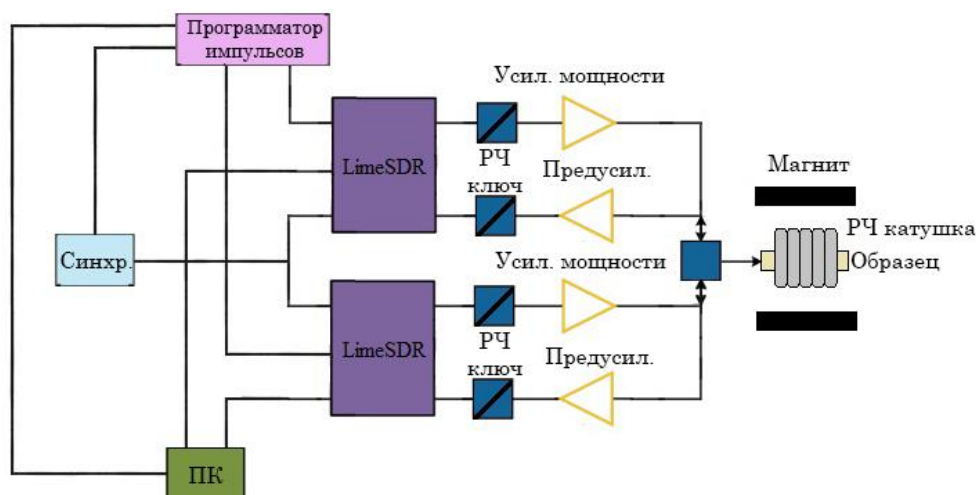


Рис. 1. Структурная схема спектрометра ЯМР

Первые результаты подтвердили использование этих телекоммуникационных концепций для ЯМР. Гибкость системы должна позволить использовать ее без модификации аппаратного и программного обеспечения для широкого спектра применений ЯМР, особенно для мобильного ЯМР, который необходим при анализе энергоемких веществ.

Список литературы

1. Bryden, N. An open-source, low-cost NMR spectrometer operating in the mT field regime, J. Magn / N. Bryden, M. Antonacci, M. Kelley, R.T. Branca // Reson. – 332 (2021) 107076.
2. Michal, C.A. Low-cost low-field NMR and MRI / C.A. Michal // Instrumentation and applications, J. Magn // Reson. – 319 (2020) 106800.
3. Louis-Joseph, A. Designing and building a low-cost portable FT-NMR spectrometer in 2019: A modern challenge, C. R. Chimie / A. Louis-Joseph, P. Lesot. – 22 (2019) – P. 695-711.
4. Albannay, M.M. Compact, low-cost NMR spectrometer and probe for dissolution DNP, J. Magn / M.M. Albannay, J.M.O. Vinther, J.R. Petersen, V. Zhurbenko, and J.H. Ardenkjaer-Larsen, Reson. – 304 (2019). – P. 7-15.
5. Zhang, Z. THz-enhanced dynamic nuclear polarized liquid spectrometer, J. Magn / Z. Zhang, Y. Jiang, H. Pi, H. Chen, C. Liu, J. Feng, M. Liu, Reson. – 330 (2021) 107044.

Сведения об авторах

Киященко Виктория Витальевна, аспирант, младший научный сотрудник. Область научных интересов: моделирование и проектирование радиотехнических систем.

Акопян Анжела Артаковна, аспирант, инженер. Область научных интересов: робототехника, биорадиолокация, биотехнические системы.

Ганигин Сергей Юрьевич, д.т.н., доцент. Область научных интересов: техника эксперимента, автоматизация технологических процессов.

A SYSTEM BASED ON A SDR FOR DETERMINING THE STRUCTURE OF ENERGYINTENSIVE SUBSTANCES BY NMR

Kiyashchenko V.V., Akopyan A.A., Ganigin S.Yu.

Samara State Technical University, Samara, Russia, vv.kiyashchenko@gmail.com

Keywords: software-definedradio, NMR spectrometer, nuclearmagneticresonance.

The development of cheap and portable NMR spectrometers is an urgent task for many areas of human activity, from checking the quality of fruits to qualitative and quantitative analysis of the composition of oil and oil products. The article is devoted to the development of a system based on software-defined radio communication for the study of energy-intensive substances by the method of nuclear magnetic resonance. Software Defined Radio (SDR) uses a technology that allows you to set or change the operating parameters of a radio frequency using software, including, but not limited to, frequency band, modulation type, or output power. The paper presents the structure and description of the system, analyzes several of its nodes in detail. It is proposed to use a LimeSDR transceiver. This is a duplex transceiver, so it can be used for both transmitting and receiving. The article describes the stages of signal processing, presents options for further development of the system. The SDR architecture allows sampling and D/A and A/D conversion to be as close as possible to the material under test and reduces noise and distortion created by the analog part of the spectrometer. SDR allows to perform quadrature modulation and demodulation, filtering and amplification in the digital part, programmatically adjust the filter characteristics. The paper notes the difficulties of developing such NMR systems, draws conclusions, and outlines directions for further research. The advantages of the system are extended functionality for the development of new spectroscopic methods, small dimensions for easy carrying, and low cost compared to commercial spectrometers.