

АНАЛІЗАТОР СПЕКТРУ ІДЕАЛІЗОВАНИХ РАДІОСИГНАЛІВ

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

Вимірювальні прилади здебільшого мають обмежений функціонал, у зв'язку із чим для проведення складних експериментальних досліджень необхідно велика кількість різноманітних засобів. Існує клас віртуальних приладів (VI – Virtual Instrument), використання яких дозволяє створити пристрій з необхідною функціональністю. Для створення складної вимірювальної системи достатньо наявність персонального комп'ютера й спеціалізованого програмного забезпечення. У даній статті описана розробка віртуального пристрою для дослідження спектральних характеристик сигналів за допомогою системи автоматизованого проектування National Instruments LabVIEW, яка має у своєму складі набір електронних бібліотек для різних завдань збору, аналізу й представлення даних.

Ключові слова: аналізатор спектру, віртуальний прилад, LabVIEW

Abstract

Measuring instruments for the most part have limited functionality, and therefore a large number of different instruments are required to carry out complex experimental studies. There is a class of virtual instruments (VI - Virtual Instrument), the use of which allows you to create an instrument with the necessary functionality. To create a complex measuring system, it is enough to have a personal computer and specialized software. This article will describe the development of a system for studying signal spectrum. Computer-aided design system (CAD) National Instruments LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) has a set of more than a thousand electronic libraries for various tasks of collecting, analyzing and presenting data.

Keywords: spectrum analyzer, virtual instrument, LabVIEW

Вступ

У цей час існує велика різноманітність аналізаторів спектрів сигналів. Більш старі екземпляри являють собою спадщину аналогової радіоелектроніки 8568В, 34-25, СК4-56, СК4-83 і т.д. Громіздкі, низькоточні, з обмеженою смугою пропускання, співуючі аналогові аналізатори спектру не являють собою інтерес і не є конкурентами навіть сучасним портативним вимірювальним тестерам. Сучасні, високотехнологічні, що працюють у режимі реального часу на основі швидкого перетворення Фур'є – це сегмент цифрових приладів, основою яких є цифрова обробка сигналів А19-У2, FS300, HSA1036 і багато інші. Незважаючи на безсумнівні переваги мають ряд обмежень у використанні: вузьконаправленність, висока цінова політика, яка передбачає, як правило, професійне використання, вбудовані синтезатори сигналів обмежені у формах і використовуються тільки для тестування працездатності, наявні інтерфейси призначені для підключення приборів тільки до ПК.

Розроблений прилад поєднує у собі функцію генерування й спектрального аналізу, що досить практично в питаннях вивчення й аналізу характеристик радіосигналів. Використання для формування сигналів вбудованих математичних функція LabVIEW дозволяє згенерувати необхідні сигнали точність характеристик яких, за рахунок розрядності й фактичної відсутності обмежень у продуктивності, набагато перевищує реальні зразки сигналів цифрових, і тим більше аналогових, апаратних синтезаторів, а можливість синтезу ідеальних сигналів і дослідження впливу на їхні характеристики властивостей перетворення Фур'є вигідно відрізняють цей аналізатор спектру від інших існуючих аналогів.

Програма в середовищі LabVIEW або віртуальний прилад (Virtual Instrument) складається із двох компонентів: блок-діаграми й лицьової панелі [1, 2, 3]. Віртуальні прилади можуть входити до складу вимірювальних систем. Такі автоматизовані системи можуть працювати з фізичними приладами з використанням таких інтерфейсів і протоколів як: RS-232, GPIB-488, TCP/IP і інші. Є можливість

взаємодії з іншими додатками ґрунтуючись на концепціях OLE, COM, DCOM . Для програмування модулів в середовище LabVIEW використовується графічний язык програмування G, вихідний код якого можливо транслювати в язык опису апаратури VHDL та синтезувати структуру в FPGA [4, 5].

Синтез аналізатора спектру

На сьогоднішній день електричні сигнали, у тому числі й радіосигнали досить добре описані математично. Необхідно помітити, що особливий інтерес у теорії радіотехніки представляють ідеальні сигнали – математичні абстракції, апаратно не реалізовані в рахунок технічної обмеженості. Саме математична модель дозволяє синтезувати їх для практичних цілей, а математична інтерпретація перетворення Фур'є дає можливість дослідження їх характеристик.

Реалізована система дозволяє проводити дослідження для досить складних практичних завдань . Наряду зі звичайними сигналами, наприклад, можна досліджувати спектральні властивості ідеального низькочастотного сигналу або ідеального смугового сигналу, а також вплив властивостей перетворення Фур'є на характеристики сигналів.

Нехай, для прикладу, R – кінцевий відрізок осі частот. Спектральна щільність сигналу $s(t)$ з обмеженим спектром задовольняє умовам $S(\omega) \neq 0$ при $\omega \in R$ та $S(\omega) = 0$ при всіх інших значеннях частоти [6].

Миттєві значення такого сигналу та його спектральна щільність

$$s(t) = \frac{S_0}{2\pi} \int_{-\omega_{up}}^{\omega_{up}} e^{j\omega t} d\omega = \frac{S_0 \omega_{up}}{\pi} \frac{\sin \omega_{up} t}{\omega_{up} t}, \quad S(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < -\omega_{up}, \\ S_0, & -\omega_{up} \leq \omega \leq \omega_{up}, \\ 0, & \omega > \omega_{up}. \end{cases}$$

Це коливання, з постійною дійсною спектральною щільністю (рис. 1) в межах відрізка осі частот від нуля до верхньої граничної частоти ω_{up} , є ідеальним низькочастотним сигналом (ideal low frequency signal ILS).

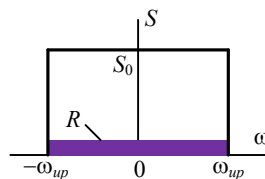


Рис. 1 – Спектр ідеального низькочастотного сигналу

ILS є ідеалізованою вихідною реакцією фільтра нижніх частот (ФНЧ), на вхідне коливанням з рівномірною по частоті спектральною щільністю, тобто дельта-імпульсом. Часова залежність та спектральна щільність такого сигналу отриманого за допомогою синтезованого пристрою зображена на рисунку 2.

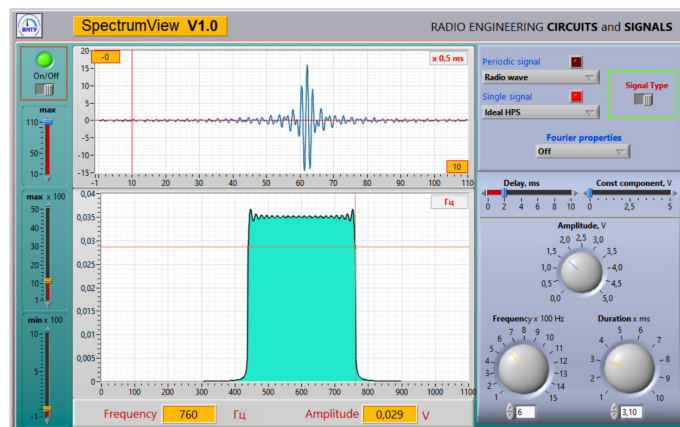


Рис. 1 – Часова інтерпретація та спектр ідеального низькочастотного сигналу

Висновки

1. На платформі програмного середовища LabVIEW, по встановленому алгоритму, розроблено віртуальний прилад аналізатора спектру радіотехнічних сигналів. Функціональність синтезованого приладу адаптована до особливостей умов його використання. При необхідності, відкрита структура програмного коду, без утруднень, дозволяє нарощувати функціональний потенціал приладу.

2. На основі прикладу наведених теоретичних положень розроблені алгоритми синтезу ряду ідеалізованих радіотехнічних сигналів, синтез яких в апаратній реалізації не можливий. Працездатність закладених у приладі алгоритмів перевірена за допомогою проведеного моделювання.

3. Наявність вбудованих програмних драйверів і інтерфейсів дозволяє, шляхом підключення багатофункціональних пристроїв вводу-виводу типу CompactRIO або PXI, перетворити представлений прилад у реально діючу вимірювальну систему. У цьому випадку прилад дає практичну можливість оцінити ступінь наближення вимірних характеристик реальних радіосигналів до їхніх ідеальних аналогів. Наявність мережних протоколів у середовищі LabVIEW дозволяє використовувати всі гідності серверної віртуальної платформи для здійснення віддаленого багатокористувацького доступу.

4. Проектування даного приладу робить наочним можливість досліджень спектральних характеристик різноманітних, у тому числі і ідеалізованих, сигналів у процесі пізнання фундаментальних основ по профілям спеціальностей радіотехніка й телекомунікації.

5. Використання віртуальних приладів стає особливо актуальним під час організації навчального процесу у форматі дистанційного навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bitter, R., Mohiuddin, T., & Nawrocki, M. (2000). LabVIEW: Advanced programming techniques. LabVIEW: Advanced programming techniques (pp. 1-441)
2. Elliott, C., Vijayakumar, V., Zink, W., & Hansen, R. (2007). National instruments LabVIEW: A programming environment for laboratory automation and measurement. Journal of Laboratory Automation, 12(1), 17-24. doi:10.1016/j.jala.2006.07.012
3. Воловик А. Ю., Мозговий В. С., «Пристрій синтезу періодичних сигналів довільної форми в базисі функцій Лагерра» Матеріали конференції «XLVI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2017)». [Електронний ресурс]. С. 1906-1907 Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitzp/index/pages/view/zbirn2017/>
4. D. Havrilov, S. Baraban, A. Volovyk, O. Zviahin, A. Semenov and A. Savytskyi, "Real-Time Video Processing System based on Field Programmable Gate Array," 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 192-196. doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929758.
5. D. Havrilov, A. Volovyk, A. Yarovy, D. Yarovy and D. Kudriavtsev, "Hardware Implementation of SHA Algorithms on Different FPGA and Speed Comparison," 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 453-457, doi: 10.1109/UkrMW49653.2020.9252678.
6. S. Baskakov. (2000). Radio Engineering Circuits and Signals. 2000. Moscow: Higher School (p. 462) [in Russian]. ISBN: 5-06-003843-2

Воловик Андрій Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: voland@vntu.edu.ua.

Червак Оксана Петрівна – провідний інженер кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: oksana_chervak@ukr.net.

Шутило Микола Артемович – провідний інженер кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Volovyk Andrii U. – Ph.D. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: voland@vntu.edu.ua.

Chervak Oksana. P. – Senior Engineer of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oksana_chervak@ukr.net.

Shutilo Mikola. A. – Senior Engineer of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.