DOI: https://doi.org/10.30837/IST-2024.P1.064

Метод калібрування чутливості радіосканерів мобільного зв’язку

Олена Васильєва[1†] та Валерій Огар[12†]

[1] *Національний науковий центр “Інститут метрології”, вул. Мироносицька, 42, 61002, Харків, Україна*
[2] *Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, 61166, Харків, Україна*

Анотація
Якість цифрового (мобільного) зв’язку потребує чіткого визначення площі покриття сигналів саме цього виду і їх амплітудний розподіл. Для цього використовують радіосканери, які застосовуються для вимірювань покриття радіомереж операторів мобільного зв'язку технологій GSM, CDMA2000, WIMAX, LTE TDD, LTE FDD і інших. Радіосканери складаються з вимірювальних антен, блоку приймача і персонального комп’ютера з встановленою програмою аналізу і індикації сигналів Визначити реальну чутливість радіосканера і надати його калібрувальні характеристики щодо рівня вхідних сигналів можливо лише при наявності сигналів відповідного виду модуляції. Калібрування такого комлексованого приладу потребує калібрування його функціональних частин і приладу в цілому. Враховуючи високу чутливість приймача радіосканера і роботу його демодулятора з високостабільними по частоті (еталонними) сигналами, для калібрування можливе лише з використанням еталонного комплексу апаратури. На базі національних еталонів України в ННЦ «ІНСТИТУТ МЕТРОЛОГІЇ» розроблено метод, що позволяє в повному обсязі провести калібрування радіосканерів мобільного зв’язку. Метод використовує найсучаснішу апаратуру (генератори, аналізатори спектра та ін.) зі складу зі складу цих еталонів.

Ключові слова
Калібрування, еталони, модуляція, мобільний зв’язок, радіосканери

1. Вступ

Якість цифрового (мобільного) зв’язку потребує чіткого визначення площі покриття сигналів саме цього виду і їх амплітудний розподіл. Для цього використовують радіосканери. Відмінною рисою таких аналізаторів сигналів є робота одночасно в режимі приймача і демодулятора радіочастотних сигналів. Тому оцінити реальну чутливість радіосканера і надати його калібрувальні характеристики щодо рівня вхідних сигналів можливо лише при наявності еталонних радіочастотних сигналів відповідного виду модуляції. Для формування таких сигналів можуть бути використані лише високостабільні малошумні генератори з можливістю синхронізації сигналів еталонною частотою, а для оцінки рівня сигналу необхідні аналізатори спектру (еталонні радіоприймачі) з відповідною опцією демодуляції. Така унікальна апаратура входить до складу Національного еталона девіації частоти частотно-модульованих коливань НДЕТУ ЕМ-04-2021, що знаходиться в ННЦ «ІНСТИТУТ МЕТРОЛОГІЇ»[1,2] .

Радіосканери мобільного зв'язку застосовуються для вимірювань покриття радіомереж операторів мобільного зв'язку технологій GSM, CDMA2000, WIMAX, LTE TDD, LTE FDD і інших. Радіосканери складаються з вимірювальних антен, блоку приймача і персонального комп’ютера з встановленою програмою аналізу і індикації. Так,

Information Systems and Technologies (IST-2024), November 26-28, 2024, Kharkiv, Ukraine
† These authors contributed equally.
koropetc@ukr.net (О. Васильєва), valeriy.ogar@nure.ua (В. Огар)
0009-0007-9586-1485 (О. Васильєва), 0000-0001-9489-2107 (В. Огар)
© 2024 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

наприклад, радіосканер сигналів R&S TSME6 має діапазон частот від 350 МГц до 6 ГГц , драйв-тестів мереж мобільного зв'язку, входить в склад портативних комплексів для бенчмаркінгу та оптимізації параметрів роботи мереж. Сканер підтримує роботу з сигналами з робочим діапазоном частот від 350 МГц до 6 ГГц, що в комплексі з активованими опціями підтримки технологій мобільного зв'язку забезпечує можливість аналізу сигналів мереж більшості актуальних стандартів. TSMA має вбудований GPS-приймач для синхронізації та фіксації місцезнаходження. Використання внутрішнього обчислювального модуля та накопичувача для збереження даних дозволяє використовувати сканер в автономному режимі після попередньої конфігурації або з керуванням через мобільне підключення (WLAN, Bluetooth, Ethernet,etc). Накопичення даних та обробка внутрішнім обчислювальним модулем дозволяє реалізувати на сканері функцію оцінки положення базових станцій мобільних мереж. Радіосканер підтримує технології

- LTE (Long Term Evolution)
- WCDMA / HSPA / HSPA+
- WiMAX
- TD-SCDMA
- GSM / EGPRS / EDGE Evolution
- GSM-R
- CDMA2000® 1xEV-DO
- CDMA2000® 1xRTT
- cdmaOne
- TETRA

Калібрування такого комлексованого приладу потребує калібрування функціональних частин і приладу в цілому.

2. Основна частина

В Національному науковому центрі "Інститут метрології" розроблено метод калібрування чутливості радіосканерів покриття мобільного зв'язку.

Для калібрування вимірювальних антен, що входять у комплект радіосканера, використовується Національний (державний первинний) еталон одиниці напруженості електромагнітного поля у діапазоні частот від 0,01 МГц до 43 ГГц (НДЕТУ ЕМ-05-2021) [3].

Для перевірки чутливості приймача використовується векторний генератор довільної форми типу N5172B фірми Agilent Technology (Keysight) [4]. Однак він має нестабільність частоти вихідного сигналу при використанні власного внутрішнього генератора опорної частоти $2*10^{-6}$, а для перевірки сигнала для стандарта LTE відхилення носійної частоти від номінального значення повинне бути не більш 500 Гц на частотах до 3 ГГц. Рішенням цієї проблеми є використання в якості джерела опорної частоти 10 МГц цезієвого стандарту частоти типу Microsemi 5071, що входить у склад Національного еталона України часу і частоти НДЕТУ ТF-01-2021 і має похибку встановлення частоти $1,2*10^{-13}$ та нестабільність частоти $5*10^{-14}$[5,6]. Переключення опорного сигнала генератора відбувається автоматично при рівні зовнішнього сигнала з частотою 10 МГц від мінус 3 дБмВт до +0 дБмВт.

Точність вимірювання потужності сигнала при визначенні чутливості забезпечується використанням еталона одиниці потужності НВЧ в діапазоні від 0,03 ГГц до 18 ГГц ДЕТУ 09-06-05 [7] Для контроля форми і спектра сформованого цифрового сигнала використовується аналізатор спектра R&S FSV з опцією вимірювання параметрів цифрових модуляцій К70.

Під час проведення калібрування повинні бути виконані нормальні умови довкілля.

Важливим етапом калібрування є встановлення програмного забезпечення для створення сигналів в генераторі. Методика створення сигналів в генераторі N5172B складається з чотирьох етапів.

На першому етапі виконується скачування з веб-сайту фірми Keysight Technology програмного забезпечення Signal Studio. Після скачування програмне забезпечення встановлюється на комп'ютер і запускається програма. В меню мастера настроювання системи обирають бажану конфігурацію з набору готових сигналів, де вказується вид модуляції і смуга частот. Для ідентифікації сигнала при прийомі радіосканером можна змінити деякі параметри, наприклад можна змінити групу ідентифікаторів комірок фізичного рівня, сектор ідентифікатора комірки фізичного рівня, ідентифікатор комірки. В програмі буде показана діаграма сигнала в координатах час (X) – частота (Y), яка показує наявність службових сигналів. Далі генерується необхідна хвильова форма і експортується файл сигнала, який зберігають на USB –носії.

На другому етапі проводиться запис файла у енергозалежну пам’ять генератора з USB-накопичувача в USB порт генератора, проводиться прив'язка сигналів до лицензійних слотів.

На третьому етапі для перевірки отриманого сигнала підключають вихід генератора N5172B до входу аналізатора спектра, яким оцінюють спектр і сузір'я сигнала.

На четвертому етапі проводиться закріплення (блокування, ліцензування) - запис файла з енергозалежної пам'яті генератора в постійну (енергонезалежну) пам'ять.

Працездатність радіосканера перевіряють виявленням сигналу на одній з частот робочого діапазону при налаштуванні генератора на необхідний стандарт модуляції. Встановлюють необхідну амплітуду і частоту носія на генераторі і виявляють сигнал радіосканером, який демодулює і відображає параметри сигнала на дисплеї комп'ютера при включеній програмі індикації (наприклад R&S Romes). При відповідності параметрів сигнала заданим, вважають, що радіосканер пройшов випробування.

Для визначення рівня чутливості радіо сканера зменшують рівень сигнала генератора до границі чутливості для успішного приймання. Проводять 10 спостережень і визначають середнє арифметичне значення чутливості. Цей рівень сигнала генератора приймаємо за чутливість радиосканера.

Аналогічно вимірюють чутливість на частотах 2140, 1840, 940 МГц, на яких працюють базові станції мобільного зв'язку (або частотах замовника).

Стандартну відносну невизначеність калібрування типу А обчислюють за формулою середньо-квадратичного відхилення результатів вимірювання. Відносна невизначеність калібрування за типом В u_b приймається як невизначеність встановлення вихідного рівня генератора у відповідності до його сертифіката калібрування. Сумарна стандартна відносна невизначеність u_c при калібруванні визначається геометричною сумою невизначеностей типа А і типа В. Розширена відносна невизначеність U для рівня довіри 0,95 при коефіцієнті охоплення 2 при калібруванні обчислюється як подвоєна стандартна невизначеність. Отримана невизначеність вимірювання чутливості радіосканерів не перевищує 1 дБм, що повністю відповідає необхідним технічним характеристикам апаратури, що калібрується.

Метод застосовано на існуючий апаратурі калібрувального комплексу радіовимірювальної апаратури [8].

3. Висновки

1. Якість цифрового (мобільного) зв’язку потребує чіткого визначення площі покриття сигналів саме цього виду і їх амплітудний розподіл. Для цього використовують радіосканери. Визначити реальну чутливість радіосканера і

надати його калібрувальні характеристики щодо рівня вхідних сигналів можливо лише при наявності сигналів відповідного виду модуляції.

2. Калібрування такого комлексованого приладу потребує калібрування його функціональних частин і приладу в цілому. Враховуючи високу чутливість приймача радіосканера і роботу його демодулятора з високостабільними по частоті (еталонними) сигналами, калібрування можливе лише з використанням еталонного комплексу апаратури.
3. На базі національних еталонів України в ННЦ «ІНСТИТУТ МЕТРОЛОГІЇ» розроблено метод, що позволяє в повному обсязі провести калібрування радіосканерів мобільного зв'язку.
4. Отримані при калібруванні значення невизначеності цілком відповідають необхідним технічним характеристикам радіосканерів мобільного зв'язку.

Перелік посилань

[1] Неєжмаков П.І., Павленко Ю.Ф., Огар В.І., Васильєва О.М., Кирієнко С.Р. Новий державний еталон одиниці девіації частоти частотно-модульованих коливань. Український метрологічний журнал. 2020. № 2. С. 3–11. doi: 10.24027/2306-7039.2.2020.208641

[2] П. Неєжмаков, О. Васильєва, Ю. Павленко, В. Огар, Цифровому приладобудуванню – нову метрологію. УМЖ 2023 №3. С. 3-8. doi:10.24027/2306-7039.3.2023.291854.

[3] НДЕТУ ЕМ-05-2021 Національний (державний первинний) еталон одиниці напруженості електромагнітного поля у діапазоні частот від 0,01 МГц до 43 ГГц

[4] Keysight Technologies. Keysight Signal Generator Selection Guide. URL: https://www.keysight.com/us/en/product/N5172B/exg-x-series-rf-vector-signal-generator-9-khz-6-ghz.html

[5] НДЕТУ ТF-01-2021 Національний (державний первинний) еталон одиниць часу та частоти URL:http://www.metrology.kharkov.ua/.

[6] Неєжмаков П.І., О.М. Васильєва, Ю.Ф. Павленко, Особливості квантових еталонів і особливий статус секунди в SI-2019 Український метрологічний журнал. 2023. №4. С. 3–8. doi:10.24027/2306-7039.4.2023.298584

[7] ДЕТУ 09-06-05 Державний первинний еталон одиниці потужності електромагнітних коливань в коаксіальних трактах у діапазоні частот від 0,03 до 18 ГГц URL:http://www.metrology.kharkov.ua/index.php?id=268&L=448

[8] О.М. Васильєва, Ю.Ф. Павленко, В.І. Огар. Калібрувальний комплекс радіовимірювальної апаратури. Український метрологічний журнал. 2024. № 2. С. 10–17. doi: 0.24027/2306-7039.2.2024.307137.