

АЛГОРИТМ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТНИХ ПАРАМЕТРІВ НИЗЬКООРБІТАЛЬНИХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

Станом на 2024 рік на навколосемній орбіті експлуатується більше 7500 космічних апаратів, з яких близько 90 % – на низькій навколосемній орбіті [1]. Низькоорбітальні космічні системи використовуються для створення телекомунікаційних систем, отримання даних дистанційного зондування Землі, забезпечення функціонування Інтернету речей, проведення наукових досліджень тощо. Однак, прийом даних з низькоорбітальних космічних систем ускладнений через наявність часових та енергетичних обмежень, а також вплив ефекту Доплера. Крім того, передача радіосигналів космічними апаратами здійснюється в широкому діапазоні частот: VHF, UHF, L, S, C, X, Ku, K, Ka. При цьому передача даних здійснюється з використанням символьних швидкостей в межах від 2 кБод до 450 МБод. Також використовується значне різноманіття фазових та амплітудно-фазових видів маніпуляції: BPSK, QPSK, OQPSK, DQPSK, $\pi/4$ QPSK, 8PSK, 8QAM, 16QAM, 16APSK, 32QAM, 32APSK, 64QAM, 64APSK та інші.

Слід вказати і той факт, що міжнародні організації рекомендують розробникам низькоорбітальних космічних систем використовувати телекомунікаційний стандарт DVB-S2 (ETSIEN 302 307), який передбачає використання адаптованих режимів роботи приймально-передавальної апаратури. Зазначене передбачає зміну сигнально-кодових конструкцій радіосигналу, залежно від рівня завад в радіолінії, для підтримки заданого значення ймовірності виникнення бітової помилки. Поряд з цим, сучасні низькоорбітальні космічні системи передбачають використання короткочасних видів передач даних. Перераховане призводить до появи апріорної параметричної невизначеності [2]. Зазначені особливості низькоорбітальних космічних систем значно ускладнюють організацію контролю використання частотного ресурсу операторами цих систем. Покращення якості ведення радіоконтролю за наведених умов можливе завдяки застосуванню когнітивних радіосистем, що використовують програмно-визначені радіоприймальні пристрої. Застосування програмно-визначених радіоприймальних пристроїв дозволяє використовувати цифрові методи обробки для автоматизації основних завдань радіоконтролю.

В доповіді пропонується розглянути удосконалений пошуковий метод, який дозволяє автоматизувати процеси пошуку та визначення параметрів радіосигналів. Метод базується на реалізації можливості автоматичного сканування заданої смуги частот, шляхом дискретного налаштування частоти гетеродину у блоці формування проміжних частот програмно-визначених радіоприймальних пристроїв. Зазначене дозволяє провести оцінку спектральної щільності потужності частотних відліків на основі результатів розрахунку швидкого перетворення Фур'є та згладження спектрів сигналів в межах окремих частотних сегментів. В результаті цього знімаються обмеження щодо ширини спектру сигналів, яка може виявитися більшою за смугу пропускання радіоприймального тракту. Зокрема, метод передбачає застосування розрахованого кроку зміни частоти гетеродину у блоці формування проміжних частот, а також перекриття частотних смуг у суміжних частотних сегментах для усунення спотворень частотних відліків фільтрами радіоприймального тракту. З метою уточнення параметрів радіосигналів з шириною спектру ширшою за смугу радіоприймального тракту в умовах впливу ефекту Доплера та шумів, удосконалений пошуковий метод також передбачає використання методів кореляційної обробки.

Практична цінність запропонованого методу полягає в тому, що його застосування дозволяє зняти обмеження на ширину спектру сигналів під час вирішення завдань радіоконтролю низькоорбітальних космічних систем із застосуванням програмно-визначених радіоприймальних пристроїв [3].

Список використаних джерел

1. База даних CelesTrak. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://celestrak.org/satcat/search.php>
2. ITU Publication Handbook Spectrum Monitoring. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23-2011>
3. Utilizing SDR for increased bandwidth in satellite communications [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1136078.pdf>.