

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО БЮДЖЕТУ РАДІОЛІНІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ

Наритник Т.М.¹, Сайко В.Г.², Корсун В.І.³

¹*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

E-mail: director@mitris.com, vgsaiko@gmail.com, korsun@ucrf.gov.ua

²*Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Україна*

³*Український державний центр радіочастот Київ, 03179, пр. Перемоги, 151*

Calculation of the energy budget of radiolinia of the telecommunication system of the therapeutic range

The energy calculation of the radio communication line in the terahertz frequency range is carried out, which is based on the developed method and on the results obtained in the conducted researches and created domestic means of transfer of the terahertz range.

На даний момент, у зв'язку з перевантаженим ліцензійним спектром частот, у телекомунікаційних операторів виникає проблема у використанні широкосмугових сигналів для передачі даних, яка полягає у відсутності вільних ділянок радіочастотного ресурсу. Виходячи з цього, виникає потреба в практичному освоєнні більш високого спектру частот, що не є зайнятим, а саме неліцензійного терагерцового діапазону. Переходом в терагерцовий діапазон (ТГД) також вирішується питання збільшення швидкості передачі інформації за рахунок використання більш широких спектрів частот [1-7]. В свою чергу, у багатьох роботах, присвячених застосуванню IR-UWB сигналів в системах радіозв'язку, на основі теорії Шеннона стверджується можливість передачі інформації з дуже високими швидкостями. Але при цьому необхідно розробити новітні методи формування та обробки модульованих IR-UWB сигналів з використанням технологій фотоніки та мікрохвильової електроніки, щоб забезпечити високу швидкість передачі даних терагерцовим каналом при оптимальних значеннях енергетичного ресурсу лінії радіозв'язку.

Однак на поточний момент в світовій практиці не існує універсального методу, що забезпечуватиме надійне прогнозування якісних показників безпроводової телекомунікаційної системи (БТС) типу «точка-точка». Це призводить до великого розкиду результатів розрахунку енергетичного потенціалу таких радіоліній за методами різних фірм, що використовують різні підходи в оцінці впливу факторів розповсюдження радіохвиль на стійкість роботи БТС. Велика кількість матеріалів, стосовно методики розрахунку роботи БТС ТГД розглядається в різних рекомендаціях МСЕ [6], але до єдиного виду вони так і не зведені.

Проведений в [7] аналіз показав, що в діапазоні частот 30-300 ГГц з відомих типів замирань найбільш вагомими, які слід враховувати при проектуванні БТС ТГД, є завмирання внаслідок послаблення сигналу гідрометеорами та поглинання радіосигналу в газах. Відмітимо також, що через застосування в таких телекомунікаційних системах антен з високим коефіцієнтом підсилення,

інтерференційними завмираннями на вході приймальної антени, що обумовлені ефектом багатопроменевого поширення радіохвиль, можна знехтувати [1]. Крім того, аналіз показав, що перехід на використання у БТС терагерцового діапазону дозволяє значно зменшити радіус першої зони Френеля, що в свою чергу дозволяє зменшити висоту антено-щоглових споруд, на яких розташовані кореспондуючі станції.

У зв'язку з тим, що параметри трас ТГД мають велику різноманітність, а середовище поширення радіохвиль випадкові параметри, основою розрахунку енергетичного потенціалу таких радіоліній є статистичні характеристики, отримані емпіричним шляхом. Таким чином, розрахункові значення енергетичних характеристик ліній ТГД є наближеною оцінкою очікуваних характеристик зв'язку. Тому в роботі розрахунок енергетичного бюджету радіолінії ТГД виконано для трьох можливих варіантів в залежності від виду умов: ідеальні умови (враховуються лише затухання вільного простору); умови наближені до реальних (враховуються затухання в атмосфері та затухання у вільному просторі); несприятливі умови (до реальних умов додається затухання в дощі).

Розрахунок проведено для різних центральних частот двох діапазонів від 110 до 170 ГГц та від 220 до 310 ГГц, коли смуга частот сигналу ТГД дорівнює $\Delta f = 30$ ГГц. При розрахунку дальності зв'язку незмінним залишається відношення енергії біту до спектральної щільності шуму E_b/N_0 (або пов'язаний з ним параметр відношення потужності сигналу до потужності шуму) у приймальній антенні, при якому на виході демодулятора приймача забезпечуватиметься необхідна ймовірність виникнення помилки (BER) при обраному типі модуляції та виді прийому.

Бітові помилки є основним джерелом погіршення якості зв'язку, яке проявляється в спотворенні мови в телефонних каналах, недостовірності передачі інформації або зниженні пропускної здатності передачі даних. Прийнято відповідно [2], що $BER = 10^{-6}$.

При передаванні IR-UWB сигналів, можуть бути використані наступні види модуляції ООК, BPSK, PPM, PAM. Наведено результати визначення відношення SNR для різних видів модуляції.

При побудові моделі розрахунку енергетичного бюджету радіолінії ТГД було використано та враховано наступні припущення.

- Формулу Г. Фрііса, яка визначає потужність, одержувану однією антеною за ідеальних умов від іншої антени, що знаходиться на певній відстані, при відомій потужності, ідеальних умовах. При цьому антени лінії зв'язку співнаправлені одна до одної та узгоджені по поляризації.

- Для розрахунку проходження радіосигналу під час дощу; також враховано – відповідно Рекомендації ІТУ-Р Р.838 – послаблення у дощах різної інтенсивності.

- Згідно з рекомендацією ІТУ-Р Р.676 при побудові наземних безпроводових ліній зв'язку, що працюють на частотах до 1000 ГГц, враховано втрати потужності у атмосферних газах – водяних парах (H_2O) та сухому повітрі.

Розроблена модель розрахунку енергетичного бюджету радіолінії БТС ТГД дозволила визначити максимальну протяжність інтервалу між кореспондуючими станціями при різних видах модуляції сигналу, при яких забезпечується необхідна ймовірність бітової помилки (приклад див. рис.1).

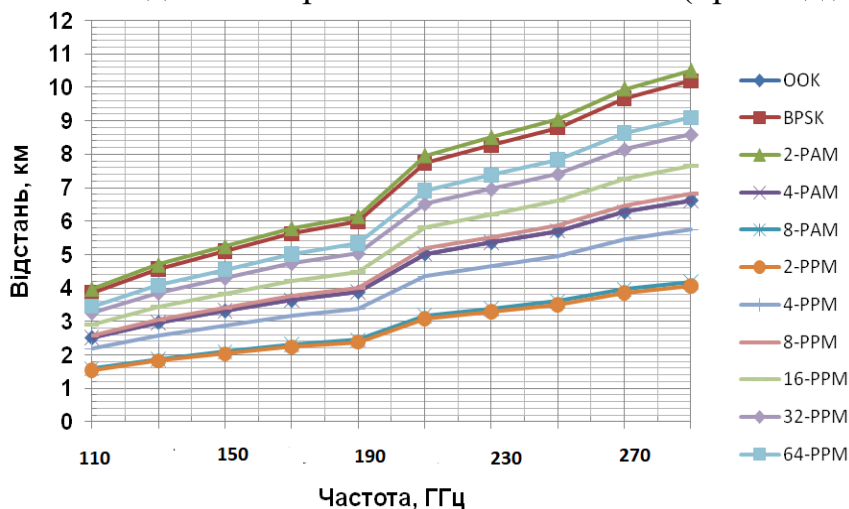


Рис. 1 – Графіки залежності дальності прольоту безпроводової телекомунікаційної системи від частоти та різних типів модуляції при потужності передавача 50 мкВт для ідеального випадку поширення ЕМХ [4].

Висновок. Проведено розрахунок енергетичного бюджету радіолінії терагерцового діапазону для різних видів модуляції імпульсного надширокосмугового сигналу, який дозволив оцінити протяжність інтервалу між кореспондуючими станціями при різних станах середовища поширення радіохвиль.

Література

1. Нарытник Т.Н, Волков В.В., Уткин Ю.В. Радиорелейные и тропосферные системы передачи. – Учебное пособие. – Издательство «Основа». – К.: 2009. – 696 с.
2. Рек. МСЭ-Т М.2100 Нормы качественных показателей при вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании международных трактов и соединений PDH многих операторов [Электронный документ] – режим доступа до ресурсу: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-M.2100-200304-I!!PDF-R&type=items.
3. Экологически безопасная линия связи с мощностью СШП излучения 70 нановатт для беспроводных локальных сетей / Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Калинин В.И., Черепенин В.А. Материалы 21-ой Международной Крымской конференции КрыМиКо'2011. -С.355-35.
4. Transceiver for 130-134 GHz band and digital radiorelay system. / М.Ye. Ilchenko, Т.Н. Narytnik, S.Ye. Kuzmin, A.I. Fisun, O.I. Belous, V.N. Radzikhovsky/ Telecommunications and Radio Engineering, Volume 72, Number 17, 2013.-P.1623-1638.
5. Clifford algebra in multipleaccess noise-signal communication systems. / М.Ye. Ilchenko, Т.Н. Narytnik, R.M. Didkovsky. / Telecommunications and Radio Engineering, Volume 72, Number 18, 2013.-P.1651-1663.
6. ECC Report 282. Point-to-Point radio Link in the frequency ranges 92-114.2 GHz and 130-174.8 GHz. Approved 14 September 2018. 51 pages.
7. Авдєєнко Г.Л. Дослідження поширення терагерцових хвиль в атмосфері для проектування телекомунікаційних систем терагерцового діапазону/ Авдєєнко Г.Л., Бунін С.Г., Наритник Т.М. // Цифрові технології – 2017. - № 21. – с. 17-24.