

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАВАННЯ РАДІОСИГНАЛУ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ СТАНДАРТУ DVB-S З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОКАНАЛУ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ

Наритник Т.Н., Набока Б.Ю., Авдєєнко Г.Л.
НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ»
Email: iec@nbi.com.ua

Digital TV of DVB-S standard radio signal research transmission in terahertz radio channels

The results of mathematical modeling and simulation of radio relay lines in terahertz range, as well as studies of physical models of digital satellite TV signal of DVB-S standard transmission using terahertz range are shown. The results allow to draw conclusions about the ability of usage of radio relay lines in high-rate telecommunications networks.

Один з перспективних напрямів розвитку сучасних телекомунікацій, напівпровідникової техніки і радіоелектроніки пов'язаний з освоєнням так званої «терагерцової щілини» - області електромагнітного спектру, що лежить приблизно в діапазоні від 100 до 3000 ГГц [1–5].

Терагерцові і субтерагерцові частоти вже кілька років розглядаються як способи реалізації швидкодіючих комунікаційних каналів, призначених для використання у місцях розташування, де прокладка волоконно-оптичного кабелю утруднена або неможлива. На сьогоднішній день цей діапазон практично не застосовується для комунікації, що пов'язано з відсутністю до недавнього часу реально функціонуючих радіоканалів терагерцового діапазону. Певні перспективи можуть надати створені радіоканали передачі даних в терагерцовому діапазоні з пропускною здатністю більше 1 Гбіт/с [4–5] і побудовані на їх основі радіорелейні системи для безпроводової передачі телевізійних програм високої та надвисокої чіткості, які потребують цифрових каналів з пропускною здатністю до 6 Гбіт/с.

В зв'язку з наведеним вважається доцільним проведення математичного та імітаційного моделювання радіорелейної лінії терагерцового діапазону, а також дослідження фізичної моделі передавання радіосигналу цифрового супутникового телебачення стандарту DVB-S з використанням макету радіоканалу терагерцового діапазону. Параметрами, що досліджуються є: відстань між радіорелейними станціями, відношення сигнал/шум SNR та ймовірність бітових помилок BER.

Вхідні дані для розрахунку дальності дії макету радіоканалу терагерцового діапазону (рис. 1) наведено у табл.1, виходячи з яких було знайдено можливі відстані (табл.2) за ідеального випадку поширення радіохвиль (враховувалось лише затухання вільного простору), без дощу (додатково враховуючи втрати в атмосфері) та в дощі.

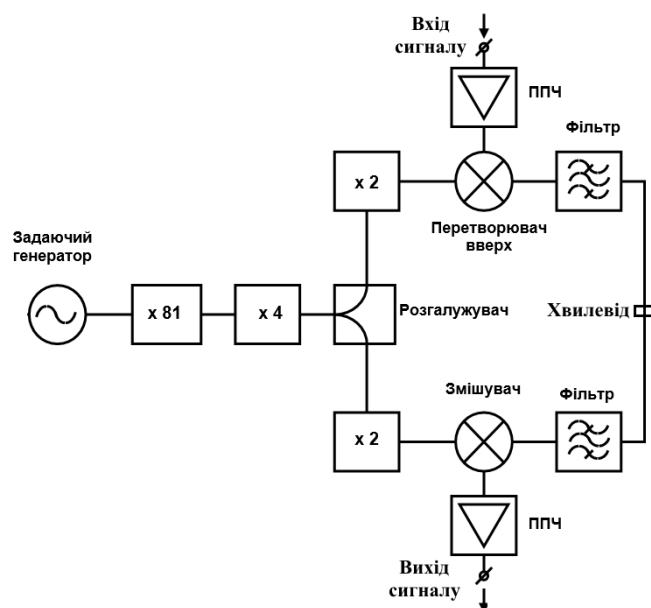


Рис.1 Схема макету радіоканалу терагерцового діапазону.

Таблиця 1 Вхідні дані розрахунку радіолінії

Частота передача f , ГГц	Інтенсивність дощу Y_d , мм/год	Температура середовища T_0 , К	Потужність передавача без ПП $P_{пер}$, мкВт	Потужність передавача $P_{пер}$, мВт	Діаметр прд. та прм. антен D , м	Коефіцієнт використання поверхні антени η , рази	Ширина спектру частот Δf , МГц	Коефіцієнт шуму приймача, рази
131.2	35	290	50	50	0,3	0,6	440	18,241

Таблиця 2 Результати розрахунку відстані зв'язку

Погодні умови	При потужності підсилювача $50 \cdot 10^{-6}$, Вт			При потужності підсилювача $50 \cdot 10^{-3}$, Вт		
	Постійна С, дБ	Сумарні ослаблення	Відстань, км	Постійна С, дБ	Сумарні ослаблення	Відстань, км
Ідеалізований випадок	146,333	146,334	3,773	176,333	176,328	119,229
Без дощу	146,333	146,331	2,817	176,333	176,324	18,165
В дощі	146,333	146,492	0,831	176,333	175,162	2.306

Для підтвердження можливості передачі інформації на дані відстані і дослідження характеристик сигналу було проведено імітаційне моделювання радіорелейної лінії терагерцового діапазону у програмному середовищі Visual System Simulator. Параметрами, що досліджувались, були зміни рівнів сигналу між передавачем та приймачем (рис.2), спектральних характеристик одного каналу на вході і виході моделі (рис. 3-4) та сигнальні сузір'я на вході і виході імітаційної моделі (рис. 5-6).

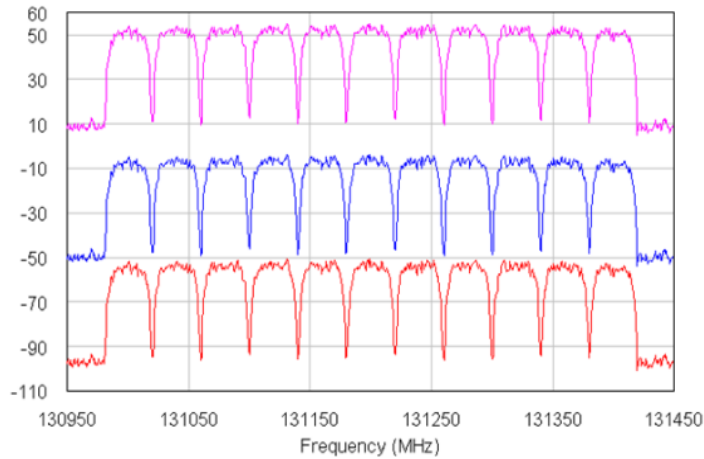


Рис. 2 Зображення сигналу до (синім кольором) і після (рожевим кольором) підсилення передавальної антени та на виході приймальної антени (червоним кольором).

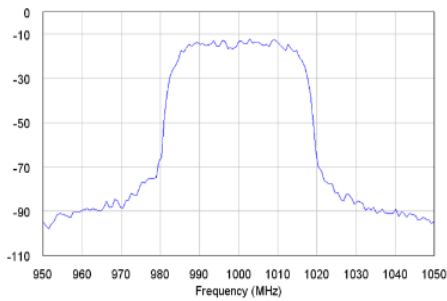


Рис. 3 Спектр сигналу DVB-S на вході приймача.

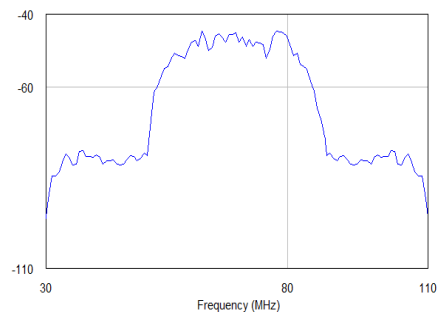


Рис.4 Спектр сигналу DVB-S на виході приймача.

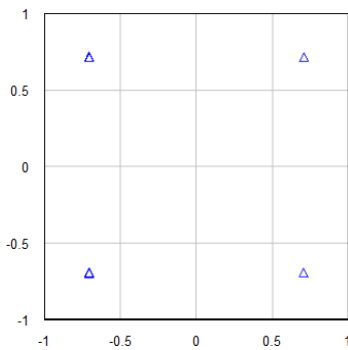


Рис.5 Констеляційна діаграма на вході приймача.

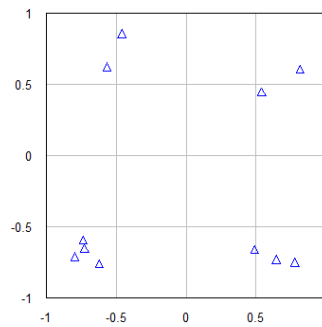


Рис. 6 Констеляційна діаграма на виході приймача.

При дослідженні фізичної моделі (макету) було виконано передавання сигналу стандарту DVB-S по радіоканалу терагерцового діапазону (рис. 7) з відповідними замірами (таблиця. 3, рис.8).

Таблиця 3 Результати експериментальних досліджень

Місце заміру	Lev, dBm	MER, dB	N. MAR dB	EVM,%	aBER	bBER	Modulation	Vsymb, Msymb/s	Quality, %	FEC
Вх прд	-42	21.5	15	8.9	10^{-8}	10^{-6}	QPSK	27.500	100%	3/4
Вихпрм	-42	20	13	11,2	10^{-8}	10^{-6}	QPSK	27.500		3/4

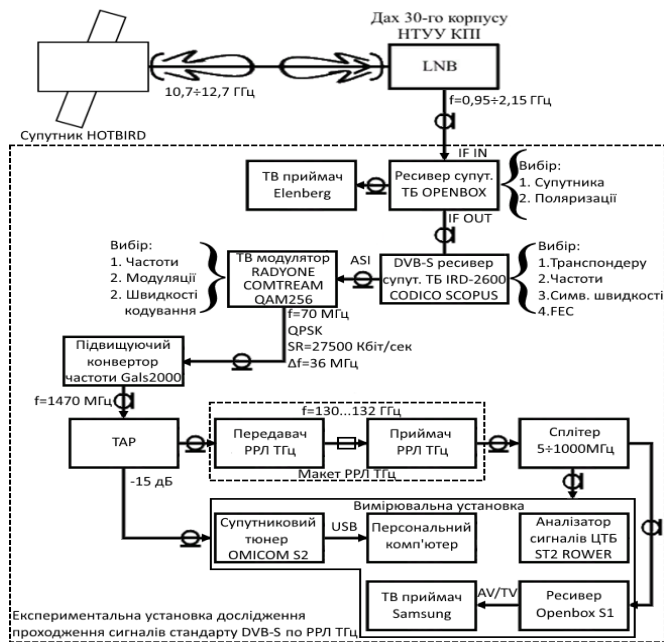


Рис. 7 Схема дослідження передавання сигналів DVB-S.

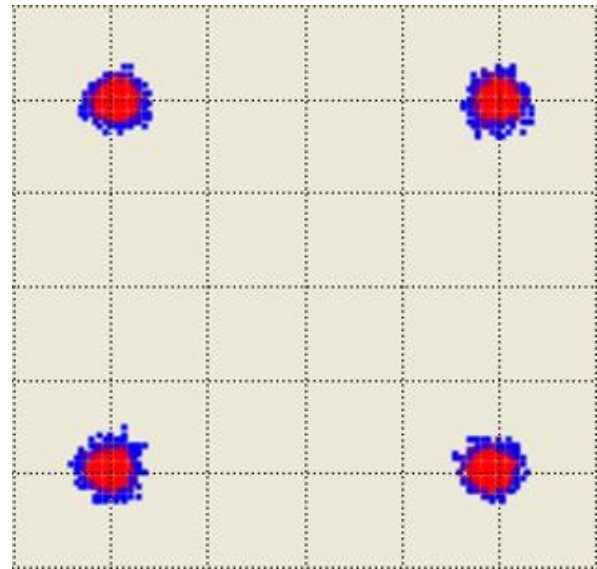


Рис. 8 Констеляційне сузір'я сигналу DVB-S на виході макету радіоканалу.

Проведені розрахунки вказують на те, що радіоканалом терагерцового діапазону є можливість передавати інформацію на відстані до 2 км при потужності підсилювача 50 мВт з високою якістю. Експериментальне дослідження підтвердило можливість передавання по радіоканалу терагерцового діапазону радіосигналу цифрового супутникового телебачення стандарту DVB-S з показниками BER на рівні 10^{-6} .

Література

1. Ільченко М. Ю. Передавальний та приймальний радіотракти радіорелейних систем терагерцового діапазону / Ільченко М. Е., Наритник Т. М., Радзіховський В. М., Кузьмін С. Е., Лутчак А. В. // Цифрові технології № 17. – 2015. – с. 17-29. – Режим доступу: <http://www.mitris.com/files/16-29.pdf>
2. Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи терагерцового діапазону. Монографія.//Житомир.: ФОП «Євенок О.О.».--2014.-394с. Кравчук С.О., Наритник Т.М.
3. M.Ye. Ilchenko Transceiver for 130-134 GHz band and digital radiorelay system. M.Ye. Ilchenko, T.N. 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.
4. Пат. 93139 Україна, МПК H04B 7/165 (2006.01). Канал передачі даних в терагерцовому діапазоні з пропускною здатністю більше 1 Гбіт/с / Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Радзіховський В.В, Кузьмін С.С.-Заявник і патентовласник Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут».-№u20140189, заявл. 25.02.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл.№8.-5с: іл.
5. Narytnik T.N. Possibilities of Using THz-Band Radio Communication Channels for Super High-Rate Backhaul// Telecommunications and Radio Engineering, 73 (15):1361-1371 (2014).