

УДК.621.396.621.2

Ю.В. Грусвіцький, В.В.Черній, Г.П.Химич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

Технічний коледж ТНТУ імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК КОНВЕРТОРІВ НВЧ ДЛЯ НАЗЕМНИХ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ТЕЛЕБАЧЕННЯ

Yu.V. Gruswicki, V.V. Cherniy, G.V. Khymych

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF MICROWAVE CONVERTERS FOR TERRESTRIAL SYSTEMS OF SATELLITE COMMUNICATION AND TELEVISION

Супутникові системи зв'язку та телебачення займають значне місце у сфері телекомунікацій з метою передачі інформаційних потоків до різного роду споживачів. Основний акцент спрямовується на цифрові технології. Ці технології дозволяють реалізувати сучасні телевізійні стандарти [телебачення високої роздільної здатності](#), завдяки значно покращеній [спектральній ефективності](#) цифрової передачі сигналів. Практично на теперішній час відсутні супутникові телекомунікаційні системи на основі аналогових технологій передачі інформації. Частотні діапазони, де ведеться передача даних (зв'язок, телебачення) приведені у таблиці [1].

Таблиця 1.

Назва діапазону	Частоти (згідно ІТУ-R V.431-6)	Застосування
L	1,5 ГГц	Рухомий супутниковий зв'язок
S	2,5 ГГц	Рухомий супутниковий зв'язок
C	4 (3,4 – 5,25) ГГц, 6 ГГц	Фіксований супутниковий зв'язок
X	Для супутникового зв'язку рекомендаціями ІТУ-R частоти не визначені. Для радіолокації - 8-12 ГГц	Фіксований супутниковий зв'язок
Ku	11 – 12 (10,7 – 12,75) ГГц, 14 ГГц	Фіксований супутниковий зв'язок, супутникове телебачення
K	18 - 20 ГГц	Фіксований супутниковий зв'язок, супутникове телебачення
Ka	30 ГГц	Фіксований супутниковий зв'язок, міжсупутниковий зв'язок

Розширені частотні спектри роботи супутникових систем зв'язку, телебачення у частотних діапазонах C та Ku показано на рис.1.

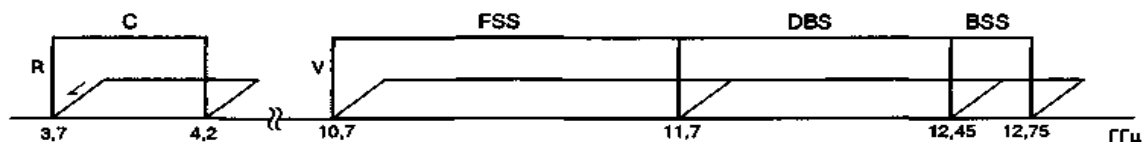


Рисунок 1. Розширений частотний спектр систем супутникового зв'язку.

Один із основних елементів наземної станції прийому інформації (дані, телебачення) є конвертор (LNB - Low Noise Block), який підсилює робочий спектр на основі малoshумного підсилювача (LNA - Low Noise Amplifier) та перетворює діапазони частот (таблиця 1) у проміжний розширений частотний діапазон (900 – 2150) МГц (звичайний 950 - 1750 МГц). Існують три основні функціональні схеми перетворення

частоти в конверторі: одноразове перетворення; подвійне перетворення; гібридне перетворення частоти на основі малошумних широкосмугових підсилювача та перетворювача (LNB). Крім цього даний тип конверторів на основі перемикачів напруги живлення має можливість приймати та перемикає два види поляризації. У залежності від перемикачів частотних діапазонів конвертори мають два, або чотири рівноцінні виходи. Для перемикачів функцій конвертора використовують спеціальний протокол зв'язку для обміну даними DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control). Стандартом передбачена сумісність з традиційним перемикачем напруги 13/18 вольт і тоном 22 кГц [2]. Такі конвертори ще називають універсальними.

Основні технічні характеристики, на які необхідно акцентувати увагу при використанні у сучасних системах супутникового наземного зв'язку та телебачення є:

- частотний діапазон. Зазвичай використовують розширену робочу смугу частот (таблиця 1);

- коефіцієнт шуму (власні шуми). Вимірюється у dB або K. Орієнтовний коефіцієнт шумів коливається у межах (0,2 – 0,5)dB. У перших каскадах застосовуються транзистори за технологією HEMT (High electron mobility transistor), польові транзистори з бар'єром Шотки (ПТШ), монолітні інтегральні схеми НВЧ. Коефіцієнт шуму визначається за формулою,

$$k_{\text{ш}} \approx \frac{1 + P_{\text{ш.в.в.х}}}{k_{P_{\text{НОМ}}} k T_{\text{н}} \Delta f_{\text{ш}}},$$

Коефіцієнт шуму у dB визначається за формулою

$$T_{\text{ш}} = 290 (10^{k_{\text{ш}}/10} - 1)$$

Коефіцієнт передачі номінальної потужності визначають за формулою,

$$k_{P_{\text{НОМ}}} = \prod_{i=1}^n k_{P_{\text{НОМ}i}}$$

- нестабільність частоти гетеродина;
- температурний коефіцієнт частоти,

$$k_T = \frac{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}}{f_{\text{НОМ}} (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})}, \quad (8.9)$$

- коефіцієнт посилення. Рекомендований коефіцієнт підсилення знаходиться у межах (50 – 60) dB;

- фазові шуми (флуктуації). Підвищена величина фазового шуму конвертора сприяє появі міжсимвольної інтерференції сигналу, що у свою чергу призводить до неможливості декодування прийнятої цифрової інформації. Рекомендовані значення фазового шуму LNB при прийомі цифрових телепередач наступне: 50 дБ/Гц при зсуві на 1 кГц, 75 дБ/Гц при зміщенні на 10 кГц, 95 дБ/Гц при зсуві на 100 кГц. Спектр фазових шумів показаний на рис.2.

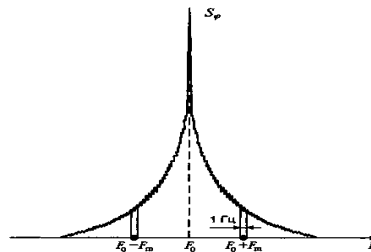


Рисунок 2. Спектр фазових шумів.

Література.

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Супутниковий_зв'язок.
2. http://dSPACE.snu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/509/1/tech2015_tezy_2_113-115.