

МОДЕМНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ ТРОПОСФЕРНОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ СТАНЦІЇ

Кайденко М.М., Кравчук С.О., Роскошний Д.В.

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. І. Сікорського, Україна
E-mail: sakravchuk@ukr.net*

Modem device for a compact troposcatter radiorelay station

The results of the development of a new modem device (MD) for troposcatter radiorelay system are. Features of the MD: information modem interface - Ethernet 10/100; central IF frequency of modulator – 1265 MHz; central frequency of demodulator – 1475 MHz; number subcarrier frequency in the working band - 1...3; IF bandwidth, MHz – 120; modulation –QPSK; protocol and data interface - IP, Ethernet; protocol and interface management - SSH, Ethernet.

Розробка та модернізація малогабаритних тропосферних радіорелейних станцій (ТРРС) потребує створення високоефективного каналотвірного модемного обладнання [1]. Метою даної роботи є розробка модемного пристрою (МП) для портативної (переносної) ТРРС.

Модемний пристрій забезпечує модуляцію, демодуляцію, формування інформаційних, голосових і службових потоків даних по радіо- і проводовому інтерфейсах, багаторівневу адаптацію станції до постійно змінюваних умов роботи, синхронізацію, вибір режимів роботи станції, управління станцією та її окремими блоками, моніторинг стану станції та ін. [2 - 5].



Рис. 1. Базова структура модемного пристрою.



a



б

Рис. 2. Модемний пристрій: *a* – вид пристрою без верхньої кришки; *б* – тестування модемного пристрою в режимі «шлейф».

Модемний пристрій представляє собою повнофункціональний двоканальний модемний модуль, який будується на базі передових технологій програмовано керованого радіо SDR (Software defined Radio) спільно з технологією системи на чіпі SoC (System-on-a-Chip). Даний варіант модемного пристрою орієнтований на використання в станціях не тільки при одноканальному режимі роботи, а й при двоканальному режимі з поляризаційним чи просторовим рознесенням [2]. Базову структуру модемного пристрою представлено на рис. 1, а загальний вигляд – на рис. 2.

Спільне використання технологій SDR і SoC при створенні модемного обладнання тропосферної станції забезпечило наступні переваги:

- можливість подальшої модернізації без зміни апаратної платформи;
- використання високої проміжної частоти, формування сітки робочих частот та вибір робочої частоти безпосередньо в модемі;
- фільтрація з використанням комбінації програмно реконфігурованих цифрових та аналогових фільтрів основної селекції;
- компромісний розподіл ресурсів для реалізації високошвидкісних і низькошвидкісних процесів цифрової обробки сигналів;
- реалізація режиму адаптації по частоті;
- реалізація режиму адаптивної модуляції і кодування з швидкою зміною профілю.

Основні технічні характеристики модемного обладнання для одноканального режиму представлені в табл. 1.

SDR-прийомо-передавач (SDR-трансівер) складається з двох ідентичних модулів виконує функції двоканального приймача, передавача і генератора, а також загального управління модулем і обміну із зовнішніми пристроями. В якості SDR- прийомо-передавача було використано модуль на одному кристалі

AD9361 розробки фірми Analog Devices, який виконує функції двох ідентичних трансиверів.

Таблиця 1. Основні технічні характеристики модемного обладнання для одноканального режиму.

Найменування параметру	Значення параметру
Швидкість передачі даних, Мбіт/с, не гірше: - середня в смузі робочих частот 2,5 МГц - максимальна в смузі робочих частот 7 МГц	2,048 8,0
Ширина смуги частот тракту ПЧ, МГц	120
Потужність сигналу на виході ПЧ модулятора, регульована, дБм	-20...5
Глибина регулювання АРУ, дБ, не гірше	60
Модуляція (індекс скруглення)	ФМ4 (0.35)
Завадостійке кодування: Параметри згорткового коду Швидкість згорткового коду Параметри коду Рида-Соломона	K=7(171,133) 1/2, 2/3, 3/4, 7/8 (255,239)
Смуга робочих частот, адаптивний вибір, МГц	1,25/2,5/5 1,75/3,5/7
Кількість доступних піднесучих	96/48/24 68/34/17
Коефіцієнт бітових помилок, не гірше	10^{-6}
Інформаційний інтерфейс	10/100/1000 Base-T
Протокол та інтерфейс передачі даних	IP (TCP/IP), Ethernet
Протокол та інтерфейс керування	SSH, Ethernet
Канал службового зв'язку	G.711 (G.721).
Інформаційна захищеність	Протокол IPsec
Напруга живлення, В	змінний струм, 220
Споживана потужність, не більше, Вт	50
Габаритні розміри	Rack-Mount 2-U, 480

Приймач будується за схемою з прямим перетворенням частоти і виконує наступні функції:

- малошумливого підсилювача з коефіцієнтом шуму не гірше 3;
- схеми автоматичного регулювання підсилення на проміжній частоті;
- квадратурного демодулятора (IQ-демодулятор);
- аналогового фільтру нижніх частот;
- цифрового фільтру основної селекції;
- двоканального аналогово-цифрового перетворювача (АЦП).

Комбінація цифрових та аналогових фільтрів дозволила забезпечити вибірковість по сусідньому каналу не гірше ніж 80 дБ.

Передавач будується за схемою з прямим перетворенням частоти та виконує наступні функції:

- цифрової та аналогової фільтрації для забезпечення необхідного рівня поза смугових випромінювань;
- двоканального цифро-аналогового перетворювача (ЦАП);
- квадратурного модулятора (IQ-модулятор);
- вихідного підсилювача потужності до рівня не менше 4-5 мВт.

Формування сітки робочих частот здійснюється цифровими синтезаторами частоти, незалежними для приймача і передавача. В якості опорного генератора використовується керований опорний генератор з температурною компенсацією частотою 40 МГц.

Обмін даними сигналів управління та моніторингу SDR трансивера здійснюється з через SPI інтерфейс з зовнішнім управляючим пристроєм (SoC АРМ процесор). Обмін даними ЦАП та АЦП - через CMOS/LVDS інтерфейс обміну з процесором основної смуги (SoC FPGA).

Модуль має вбудовану систему керування, тестування та діагностики стану трансивера.

Таким чином, представлено результати розробки нового МП для тропосферної радіорелейної системи, який дозволяє реалізувати високошвидкісний канал передачі даних в умовах загоризонтного зв'язку.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2017.
2. Кравчук С.О. Принципи створення портативних тропосферних радіорелейних станцій // Матер. 9-ї міжнар. наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 21–25 квітня, 2015 р. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – С. 254–256.
3. Kravchuk S., Kaidenko M. Features of creation of modem equipment for the new generation compact troposcatter stations // Proceedings of the International Scientific Conference "RadioElectronics & InfoCommunications" (UkrMiCo'2016), 11-16 September 2016, Kyiv, Ukraine. – IEEE Conference Publications (IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/UkrMiCo.2016.7739634), 2016.– P. 365-368.
4. Kravchuk S.O., Kaidenko M.M. Modem equipment for the new generation compact troposcatter stations // Information and telecommunication sciences. – 2016. – Vol. 7. – Nu. 1. – P. 5–12.
5. Ільченко М.Ю., Кайденко М.М., Кравчук С.О. Модемне обладнання на основі SDR-технології для тропосферних станцій нового покоління // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2016. – № 5. – С. 7–16.