

ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНИЙ БЛОК ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ ТРОПОСФЕРНОЇ РАДІОРЕЛЕЙНОЇ СТАНЦІЇ

Ільченко М.Ю.¹, Кравчук С.О.,¹ Хитровський В.А.², Бугай В.М.², Іванов В.М.²

¹*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. І. Сікорського, Україна
E-mail: sakravchuk@ukr.net*

²*Науково-виробниче підприємство "Сінко", Україна
E-mail: synco@ri-orion.kiev.ua*

Transceiver block for a compact troposcatter radiorelay station

The results of the development of a new transceiver block for troposcatter radiorelay system in range 4 ... 5 GHz band are. Features of the transceiver block: maximum output power of the transmitter to the antenna flanges, W - 110; automatic gain control depth of the receiver, dB - 35; receiving channel noise ratio relative to the antenna flange, dB - 3.2; available built-in control function without radiation broadcast of the "loop" mode Autocontrol; Maximum power consumption, W - 550; Overall dimensions, mm – 360x260x125; weight, kg - 11.5.

Розробка і модернізація малогабаритних тропосферних радіорелейних станцій (ТРРС) потребує створення високоефективного приймально-передавального обладнання (ППБ) [1-3]. Метою даної роботи є представлення результатів розробки ППБ для портативної ТРРС діапазону 4,4...5,0 ГГц.

Потреба у створенні компактного ППБ, який водночас повинен бути досить потужним (мати високі рівні потужності на випромінювання), привела до максимальної інтеграції всіх функціональних вузлів ППБ в єдину технологічну конструкцію з використанням найсучаснішої елементної бази і новітніх матеріалів. Така конструкція ППБ складається з двох функціонально пов'язаних між собою модулів: базового модуля активного дуплексора (ДПА) та змінного модуля підвищувальних і понижувальних конверторів (ППК) із системою керування ППБ.

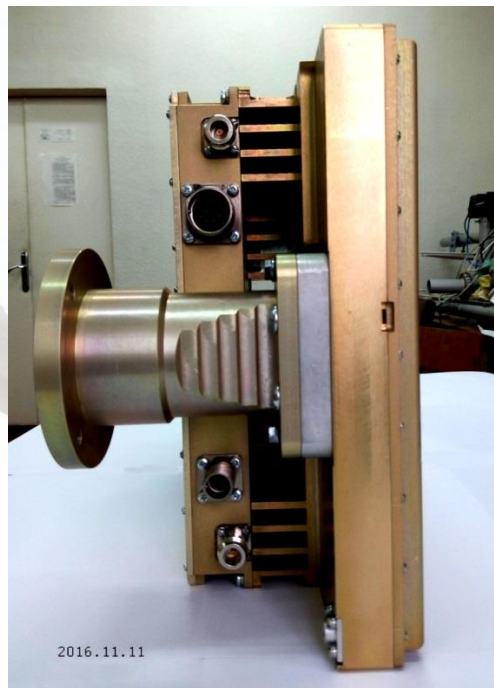
Основні характеристики ППБ наступні: максимальна вихідна потужність передавача на антенному фланці, Вт – 110; рівень вихідного сигналу ПЧ L-діапазону на прийом, мВт – 0,2...0,5; глибина автоматичного регулювання підсилення приймача, дБ – 35; відносний рівень побічних складових немодульованих спектрів вхідного сигналу на передачу та вихідного сигналу на прийом, дБн – мінус 67; коефіцієнт шуму приймального тракту відносно антенного фланцю, дБ – 3,2; наявна вбудована система функціонального контролю без випромінювання в ефір типу «шлейф» в режимі автоконтролю; максимальна потужність споживання, Вт – 550; габаритні розміри, мм - 360x260x125, маса, кг – 11,5.

Зовнішній вигляд ППБ наведено на рис. 1.



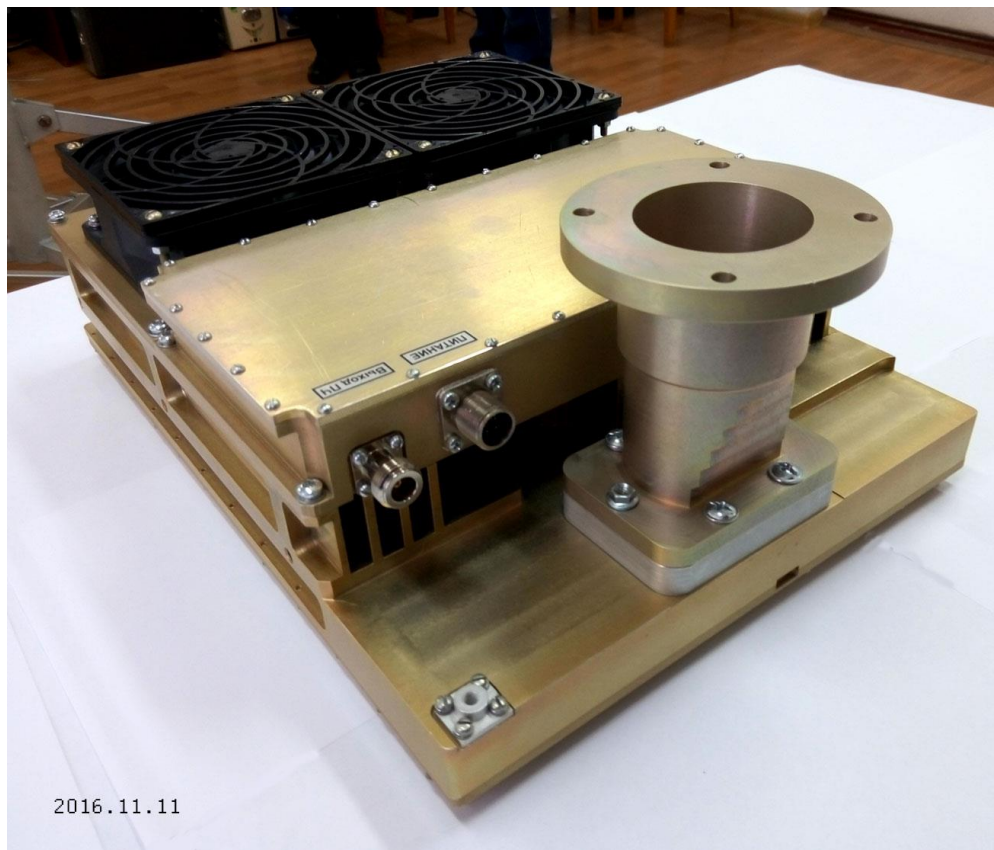
2016.11.11

a



2016.11.11

б



2016.11.11

в

Рис. 1. Зовнішній вигляд ППБ:
a – збоку зі сторони кулерів; *б* - збоку зі сторони переходу на хвилевод
круглого перерізу; *в* – вигляд зверху

Модуль ДПА є конструктивною основою всього ППБ і призначений для:

- формування силової напруги вторинного електроживлення +28 В з первинної напруги 40...70 В;
- частотного поділу сигналів приймача і передавача при їх одночасній роботі на одну антену (попереднього для приймача і кінцевого для передавача);
- попереднього малошумливого підсилення прийнятих сигналів;
- кінцевого підсилення по потужності сигналів передавача;
- фільтрації гармонік сигналу, що випромінюється;
- контролю величини потужності, що випромінюється, і КСХН навантаження;
- формування сигналу автоконтролю ППБ в цілому;
- керування повітряним охолодженням всього ППБ в цілому.

Конструкція модуля складається із двох інтегрованих з його корпусом хвилеводних шестиланкових смуго-пропускаючих фільтрів; підсилювача потужності з попереднім фільтром гармонік на мідній основі; плати малошумливого підсилювача (МШП); плати об'єднання каналів прийому і передачі із направленими відгалужувачами контролю потужності та КСХН; кінцевим фільтром гармонік з смужково-хвилеводним переходом; плати контролю потужності, що проходить чи відбивається, з формувачем сигналу автоконтролю, а також потужного силового перетворювача DC-DC з друкованою платою формування вторинного живлення і функціями контролю і управління підсилювачем потужності. Все це розташовано в своїх радіогерметичних об'ємах в єдиному герметичному металевому корпусі з ребристим радіатором і металевією кришкою, що знімається. Загальна герметизація модуля ДПА здійснюється за допомогою притискаємої силіконової прокладки між його корпусом і цією кришкою. Для стикування ППБ з антеною, в його конструкції передбачений перехід з прямокутного на круглий хвилевід.

Дане конструктивне рішення дозволило максимально мінімізувати габарити найбільш енергоємкої частини ППБ і при цьому звести до мінімуму втрати цієї енергії, особливо дорогоцінної енергії НВЧ-коливаль.

Модуль ППК може мати відмінності в залежності від типу модему, що використовується, і призначений для:

- лінійного перенесення спектру інформаційного сигналу із діапазону робочих частот модему до робочого діапазону передавача з можливістю регулювання його вихідного рівня для адаптації до різних відстаней до цього модему;
- лінійного перенесення спектру інформаційного сигналу із робочого діапазону приймача до діапазону робочих частот модему зі стабілізацією його вихідного рівня;
- додаткового частотного поділу сигналів передавача і приймача при їх спільній роботі в дуплексному режимі;
- управління ППБ в цілому через необхідний інтерфейс згідно протоколу інформаційно-технічного узгодження (ІТУ).

У даному випадку модем працює в L -діапазоні, формуючи і приймаючи інформаційні спектри в робочих смугах частот передавального і приймального трактів. Виходячи з цього підвищувальний і понижувальний конвертори виконані за схемою з однократним перетворенням частоти і з фіксованими гетеродинами.

Конструктивно модуль складається із двох розв'язаних НВЧ друкованих плат (плата передавача (ПРД) і плата приймача (ПРМ)) під своїми об'ємними кришками кожна і однієї низькочастотної друкованої плати управління, які усі розміщені в одному герметичному корпусі.

Сигнал передавального тракту формується платою ПРД, яка функціонує в наступний спосіб. Вхідний інформаційний сигнал з модему через роз'єм «Вхід ПЧ» вводиться в модуль ПРД і надходить на вхід 5-розрядного атенюатора, що нормує вхідний сигнал модему в залежності від довжини кабелю з'єднання між модемним обладнанням і ППБ. Далі нормований за рівнем вхідний сигнал підсилюється, фільтрується в смузі частот передавального тракту і надходить в підвищувальний подвійний балансний змішувач, на другий вхід якого надходить синтезований і відфільтрований сигнал фіксованого гетеродину з частотою 5760 МГц. Цей сигнал формується петлею ФАПЧ (фазового автопідстроювання частоти), розміщеної на тій же платі і реалізованої на однокристальному синтезаторі частот НМС703LP4Е, який одноразово програмується за допомогою мікроконтролера. При цьому опорний сигнал на нього надходить від високостабільного малощумливого кварцового генератора частотою 80 МГц, розташованому на платі ПРМ.

Сформований змішувачем вихідний сигнал передавача фільтрується смуговим фільтром із смугою пропускання 4435...4555 МГц, підсилюється і надходить на 6-розрядний атенюатор регулювання рівня випромінюваного сигналу ППБ. Далі сигнал підсилюється, остаточно фільтрується, забезпечуючи тим самим попереднє формування АЧХ передавального тракту, та надходить на кінцевий балансний підсилювач потужності, який забезпечує рівень вихідного сигналу порядку +26 дБм.

Плата ПРМ здійснює фінішну фільтрацію та зворотне перетворення в L -діапазон прийнятих від МШП сигналів, достатнє їх підсилення, та стабілізацію з подальшою видачею в модем для кінцевої обробки.

Плата управління і контролю реалізована на контролері ATmega8535-24AI і призначена для управління ППБ в цілому, а також для обробки контрольної інформації з нього і видачі її користувачеві згідно з узгодженим протоколом ІТУ. Обмін інформацією проводиться згідно протоколу RS485, що дозволяє вести обмін даними на відстані до 100 м.

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. 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.