

Бойко Ю.М.

к.т.н, доцент кафедри
радіотехніки та зв'язку,
Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна

Стецюк В.І.

к.т.н, доцент кафедри
радіотехніки та зв'язку,
Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна

РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ БЛОКУ ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ СУПУТНИКОВИХ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Ключові слова: синтезатор сітки частот, інтерполяція, децимація, тактова синхронізація.

Метою дослідження була розробка та виготовлення приймального модуля даних з космічних апаратів (КА) дистанційного зондування Землі (NOOA, METOP, Fengyun та аналогічних) які працюють на частотах 137 МГц (передають інформацію в форматі АНРРТ) та на частоті 1,7 ГГц (передають інформацію в форматі НРРТ) із швидкістю прийому даних від 2 до 4,5 Мбіт/с використовуючи згорткове кодування та BPSK (QPSK) модуляцію.

Розробку приймального пристрою проведено з допомогою концепції SDR (Software Defined Radio) – програмно кероване радіо.

Схема електрична принципова приймального модуля базується на запропонованій авторами структурній схемі блоку оброблення сигналів з космічних апаратів, рис. 1. Крім того, у схемі електричній принциповій використані запропоновані авторами способи формування високостабільних квадратурних опор на основі синтезатора прямого цифрового синтезу сітки частот (Digital direct Synthesis) DDS, пристрої тактової синхронізації на основі модифікованих ресемплінгових конструкцій (з передискретизацією) на поліфазних фільтрах, що є новим в порівнянні з іншими модулями такого типу рис. 2. [1].

Основою приймача є спеціалізований DSP процесор типу RTL2832U, який здійснює керування роботою ресивера R820T через шину I²C. Він містить дві подібних шини, інша з яких під'єднана до ППЗП (EEPROM) типу AT24C08,

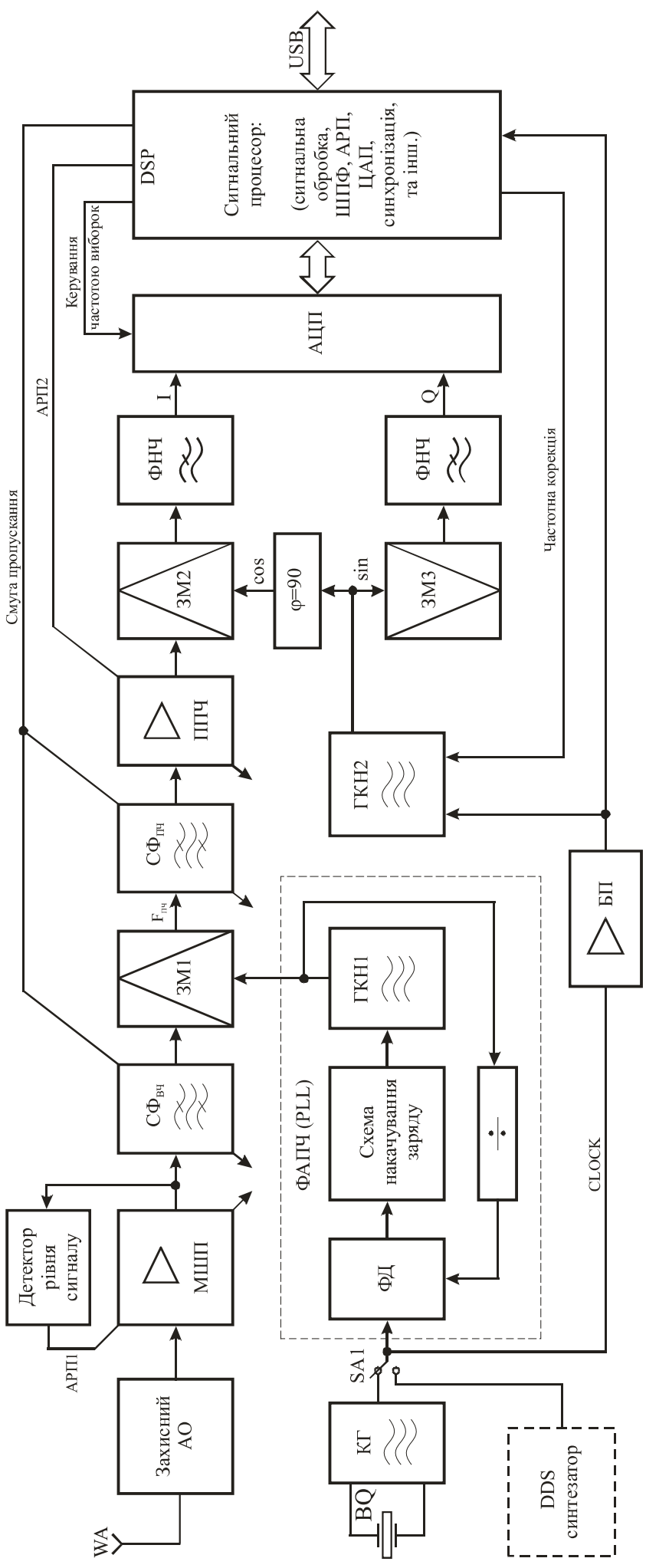


Рисунок 1. Функціональна схема приймача сигналів метеорологічних супутників: АО – амплітудний обмежувач; МШП – маломощний підсилювач; СФ – смуговий фільтр; ФНЧ – фільтр низьких частот; ФД – фільтр низьких частот; ФАПЧ – фазовий детектор; ГКН – генератор керування напругою; ЗМ – змішувач; БП – буферний підсилювач; АЦП – аналого-цифровий перетворювач

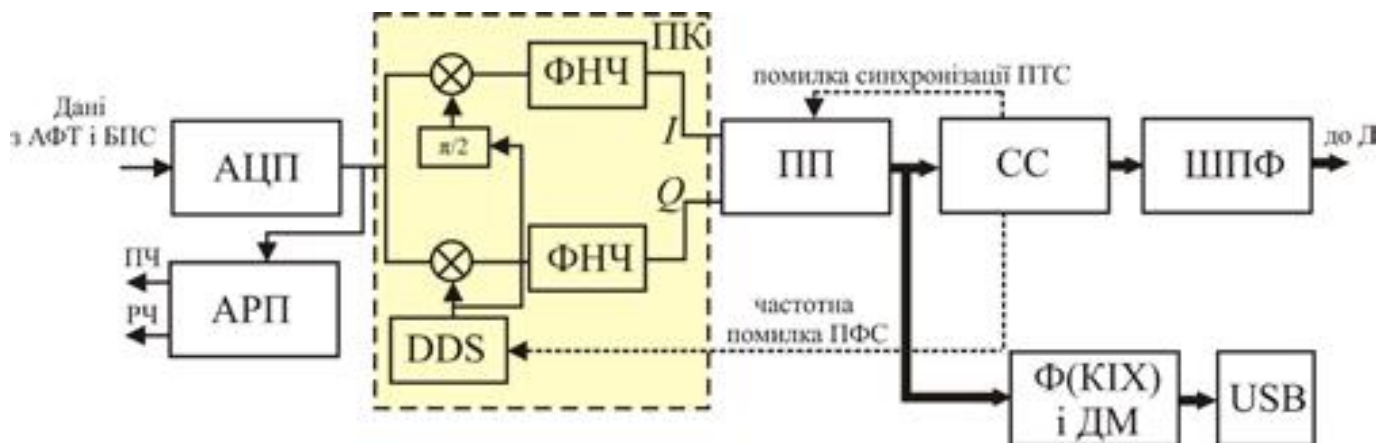


Рисунок 2. Узагальнена синтезована структурна схема блоку оброблення сигналів на основі SDR: АРП – схема автоматичного регулювання підсилення; ПК – понижуючий конвертер; ПП – пристрій передискретизації; СС – системи синхронізації; Ф (КІХ) і ДМ – трансверсальний фільтр і дециматор; USB - порт

яка містить усі технічні дані, поточні налаштування, журнали проходження супутників, записи сигналів, карти, тощо. Частота кварцового резонатора внутрішнього КГ може бути обрана із ряду частот, або сформована зовнішнім DDS синтезатором з можливістю плавного перелаштування частоти у вказаних межах, рис. 3. Особливістю даного сигнального процесора є наявність інтерфейсу USB. Сформовані 8-розрядні квадратурні сигнали I і Q передаються через USB порт до ПК для подальшої обробки, яка вже відбувається програмно.

Розглянемо більш детально запропоновані принципи оброблення сигналів. На рис. 4 представлено загальну структурну схему блоку оброблення сигналів на основі концепції SDR. У відповідності до рис. 1 данні з антенно-фідерного тракту (АФТ) та блоку підсилення та попередньої селекції потрапляє (БПС) потрапляє на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), далі на понижуючий квадратурний конвертер, до складу якого входить опорний синтезатор (DDS), фільтри низьких частот (ФНЧ) в квадратурних каналах, наступний блок включає пристрій передискретизації (ПП), система синхронізації до складу якої входить (СФС і СТС), блок швидкого перетворення Фур'є.



Рисунок 3. Зовнішній вигляд приймача

У відповідності до блок-схеми представленої на рис. 4 відбувається зчитування да-

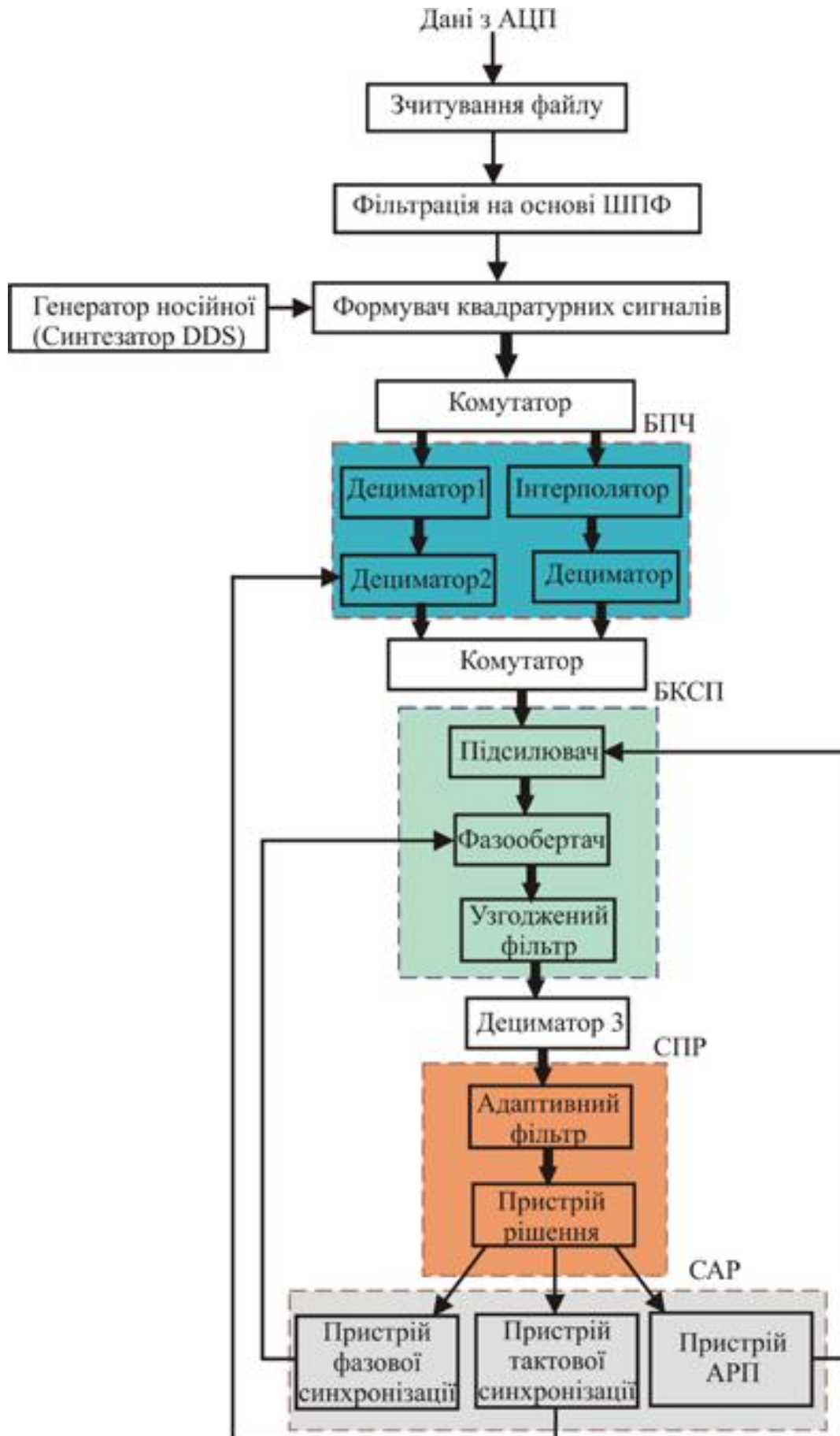


Рисунок 4. Розгорнута блок–схема функціонування пристрою оброблення супутникових сигналів: БПЧ – блок перетворення частоти; БКСП – блок компенсації сигнальної помилки; СПР – схема прийняття рішення; САР – схеми автоматичного регулювання; АРП – автоматичне регулювання підсилення

них з АЦП. Отримані данні переводяться в двійковий масив. Далі слідує блок який виконує процедуру швидкого перетворення Фур'є. Приймання сигналів супроводжується розкидом тактових частот сигналів тому проводиться децимація сигналу (інтерполяція). При встановленні параметрів сигналу виникає помилка визначення носійної частоти і помилка початкової фази. Помилка визначення частоти сигналу призводить до того, що на сигнальному сузір'ї точки постійно обертаються. В результаті проходження сигналу через атмосферу на нього накладаються нелінійні завади характеристика яких тісно пов'язана з характеристикою каналу передачі даних. Метою адаптивного коректора, який слідує по схемі, є обчислення характеристики каналу передачі даних і усунення його впливу на якість сигналу (використовується адаптивний алгоритм LMS (Least Mean Square) – метод найменших квадратів). В пристрої рішення приймається рішення відносно прийнятої точки на сигнальному сузір'ї. Для блоків децимації пристрій тактової синхронізації (ПТС) обчислює помилку визначення тактової частоти, теорія якої розроблена в [1].

Для приймання даних з КА ДЗЗ і проведення експериментальних досліджень розроблена антенно-фідерна система типу квадрифіляр.

Література:

1. Бойко Ю. М. Підвищення завадостійкості блоків оброблення сигналів супутникових засобів телекомунікацій на основі модифікованих схем синхронізації /Ю. М. Бойко //Вісник НТУУ КПІ. Телекомунікації, радіолокація і навігація, електроакустика. – К., 2015. – № 61. – С. 91–107.