

## **ОЦІНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАДІЙНОСТІ ФАЗОВОГО КАНАЛУ СИНХРОНІЗАЦІЇ У СИСТЕМІ ПОСАДКИ САНТИМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ**

*Воловик Ю. М.<sup>1</sup>, к.т.н. доц.; Шутило М. А.<sup>1</sup>; Червак О. П.<sup>1</sup>,  
Воловик А. Ю.<sup>2</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>*Національний технічний університет, м. Вінниця, Україна*

<sup>2</sup>*Укртелеком, м. Вінниця, Україна*

У системі посадки сантиметрового діапазону достовірність вимірювань кутових координат повітряного судна значною мірою визначається заданим форматом сигналу, структурою бортового вимірювального тракту та функціональною надійністю фазового каналу синхронізації кутової підсистеми [1]. Випадкові зриви синхронізації фазового каналу, наприклад, через те, що пропускаються окремі декодування коду Баркера, який задає початок відліку, часто є причиною раптових зникань окремих вимірювань кутових координат або, у випадку хибних декодувань, результати вимірювань супроводжуються рідкими аномальними похибками. У літературі уже розглядалися методи підвищення достовірності результатів вимірювань інформаційних параметрів у процесі їх вторинної обробки (фільтрації) [2]. Однак, ефективність запропонованих процедур суттєво залежить від прийнятої стохастичної моделі розладнань у фазовому каналі та апріорної ймовірності їх появи  $P_a$ . З теоретичної точки зору величину  $P_a$  можна розраховувати шляхом аналізу зриву процесу стеження за носійкою частотою у системі фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ), але це потребує розв'язку рівняння Фоккера-Планка-Колмогорова. Точний розв'язок цього рівняння значно ускладнюється наявністю випадкових збурень та завад, і відомий лише для деяких окремих випадків [2].

У даній роботі вплив зривів синхронізації у цифровій ФАПЧ на ймовірність появи аномальних похибок вимірювань кутових координат повітряного судна досліджувався експериментально на напівнатурній моделі бортового вимірювального комплексу системи посадки сантиметрового діапазону, структура якого зображена на рис. 1. Основу комплексу складають імітатор сигналів та завад, який був спряжений з керуючою ЕОМ для роботи у темпі надходження посадочних даних та блоків реальної апаратури. Блоки реальної апаратури були об'єднані у апаратну частину комплексу у складі фазового каналу синхронізації з цифровою ФАПЧ, схем декодування п'ятирозрядного коду Баркера, коду упізнання команди наведення та амплітудного каналу з відповідними схемами післядетекторної обробки. У процесі напівнатурного експерименту вирішувались наступні задачі :

– збір статистичних даних з метою оцінювання ймовірності втрат синхронізації фазовим каналом за наявності флуктуаційних шумів, зміни ве-

личини нормованого порогу логарифмічного ППЧ та різних значень відхилення середньої частоти ППЧ відносно її номінального значення  $f_{\text{про}} = 23,01$  мГц;

– оцінювання адекватності математичної моделі, яка описує розладнання у кутомірній підсистемі.

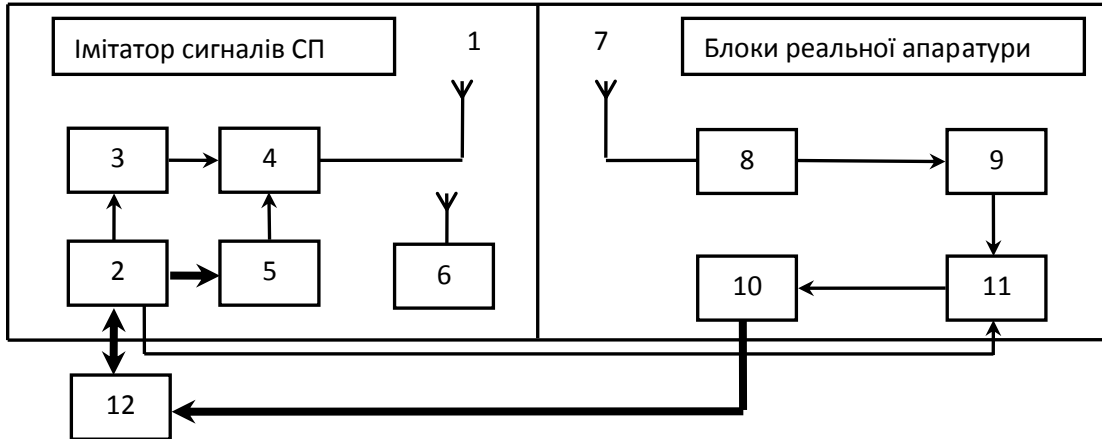


Рисунок 1. Структурна схема комплексу цифрового моделювання: 1— передавальна антена, 2 — блок обміну даними, 3 — відео блок, 4 — НВЧ модулятор, 5 — цифро-аналоговий перетворювач, 6 — генератор завад, 7 — приймальна антена, 8 — НВЧ модуль, 9 — підсилювач проміжної частоти, 10 — регістр пам'яті; 11 — цифровий вимірювач кутових координат, 12 — ЕОМ, 13 — вихідні дані.

Окремі результати напівнатурних випробовувань наведено на рис. 2.

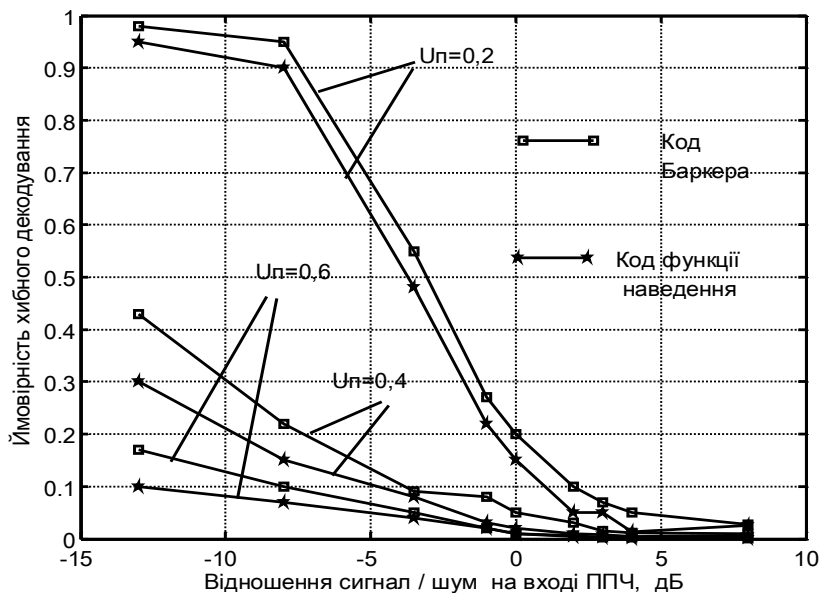


Рисунок 2. Залежність ймовірності хибного декодування коду Баркера та коду команди наведення від відношення сигнал / шум на вході ППЧ

Втрати синхронізації кутомірним каналом фіксувались за допомогою відповідного інтерфейсу. Процедура перевірки зводилась до контролю попадань декодованих імпульсів коду Баркера та коду команди наведення по азимуту у спеціально сформований строб-імпульс, тривалість якого дорів-

нювала 66,6 мкс., що відповідало точності декодування  $\pm 0,5$  біта. Відношення сигнал / шум на вході логарифмічного ППЧ контролювалось у діапазоні 0 – 30 дБ за допомогою широкосмугового лінійного вимірювального підсилювача з параметрами  $f_{\text{про}} = 23,01$  мГц,  $\Delta f_{\text{эф}} = 3$  мГц. Дисперсія шуму розраховувалась за спрощеною формулою  $\sigma_{\text{ш}}^2 \approx K_0^2 N_0 \Delta F_{\text{эф}}$ , де  $K_0$  — коефіцієнт підсилення широкосмугового ППЧ на номінальній проміжній частоті  $f_{\text{про}}$ ,  $N_0$  — спектральна густина потужності шуму,  $\Delta F_{\text{эф}}$  — ефективна смуга пропускання ППЧ.

#### *Висновки*

1. Мінімум аномальних похибок вимірювань кутових координат досягається при величині нормованого порогу у діапазоні 0,4 – 0,6.

2. Використання нормованих порогів з вказаного діапазону при співвідношеннях сигнал/шум на вході ППЧ не менших за –3дБ та розладнаннях ППЧ не більших  $\pm 10$  кГц відносно номінальної проміжної частоти  $f_{\text{про}} = 23,01$  мГц забезпечує до 90 % правильних декодувань, що у більшості випадків є припустимим.

#### **Перелік посилань**

1. Шестакова Н. А. СВЧ система інструментальної посадки самолетов. /Н. А. Шестакова // Зарубежная радиоэлектроника. — 1972. — №11. — С. 3 – 21.
2. Линдсей В. Системы синхронизации в связи и управлении / Пер. с англ. В.Н. Кулешова, Г.Д. Лобова, Д.П. Царапкина. — М.: Сов. радио 1978. — 602 с.1

#### **Анотація**

Методом напівнатурного експерименту досліджені зриви синхронізації фазового каналу у системі посадки сантиметрового діапазону, які призводять до випадкових зникань окремих вимірювань кутових координат повітряного судна або вони супроводжуються рідкими аномальними похибками.

Ключові слова: Система посадки літаків, зриви синхронізації, аномальні похибки.

#### **Аннотация**

Методом полунатурного эксперимента исследованы срывы синхронизации фазового канала системы посадки самолетов, которые приводят к случайным пропадающим отдельным результатам измерений либо они сопровождаются редкими аномальными ошибками.

Ключевые слова: Системы посадки самолетов сантиметрового диапазона, срывы синхронизации, аномальные ошибки.

#### **Abstract**

The method of seminatural experiment investigates break-down of synchronisation of the phase channel of a landing system of a centimetric range which lead to casual losses of separate results of measurements of angular co-ordinates of an aircraft or they are accompanied by rare abnormal errors.

Keywords: Landing systems of airplanes of a centimetric range, synchronisation break-down, abnormal errors.