

МОДЕЛЬ ПРИЙМАЧА РАДІОМЕТРА

Головін В. А., к. т. н., доцент; Романенко Т. В., магістр  
 Національний технічний університет України  
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
 м. Київ, Україна

Модель приймача радіометра по схемі Діке [1] реалізована в системі Simulink. Математичне моделювання необхідно для розуміння якісного або точного передбачення поведінки приймача. Симуляція моделі дозволяє спрогнозувати поведінку приймача при різних значеннях параметрів, їх відхиленнях від номінальних та налаштувати параметри моделі по тестовим даним реальних приймачів і виконувати вибір оптимальних параметрів[2].

Модель приймача (рис. 1) складається з основних блоків, перемикачів та слайдерів (слайдери розміщені в блоках “Вхідні шумові сигнали”, “Підсилювач фільтр”)

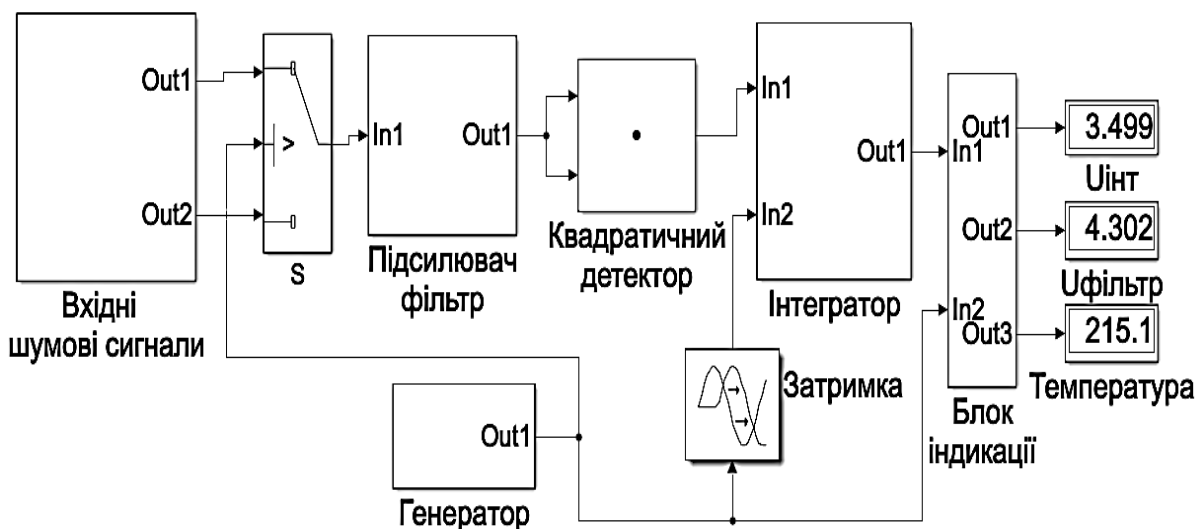


Рисунок 1. Модель приймача радіометра Діке в Simulink

Генератори шумових температур антени  $T_a$ , опорного джерела  $T_{on}$ , та приймача  $T_n$  розміщені в блоці “Вхідні шумові сигнали”, вихідні сигнали яких мають нормальний закон розподілення з нульовим середнім, початкові значення генераторів шуму вибираються різними. Слайдер “Шум приймача” регулює рівень шуму підсилювача  $T_n$ , а перемикач “Вибір сигналу” змінює рівень шуму  $T_a$ .

В блоці “Підсилювач фільтр” вибирається фільтр та підсилювач з змінним коефіцієнтом підсилення — слайдер “Рівень підсилення”. Квадратичний детектор реалізований операцією піднесення сигналу до квадрату.

Смуговий фільтр налаштований на частоту модуляції сигналу.

Сигнал синхронізації синхронного детектора проходить через блок затримки, величина затримки в якому відповідає затримкам сигналу фільтрів.

Для порівняння реалізовані два способи обробки вихідного сигналу — з допомогою інтегратора і НЧ фільтру та НЧ фільтру.

Потужність шуму на вході детектора приймача радіометра

$$P = \frac{1}{2}Gk(T_a + T_{on})\Delta f - \frac{1}{2}Gk(T_n + T_{on})\Delta f, \quad (1)$$

де  $k = 1,3804 \times 10^{-23}$  Дж/К — постійна Больцмана;  $\Delta f$  — ефективна ширина смуги пропускання високочастотної частини приймача до детектора;  $\Delta G$  — ефективне значення зміни коефіцієнта високочастотного підсилення;  $G$  — середнє значення коефіцієнта підсилення.

Після спрощення (1) отримаємо

$$P = \frac{1}{2}Gk(T_a - T_{on})\Delta f. \quad (2)$$

Стабільність роботи радіометра визначається ступенем сталості коефіцієнтів шуму, смуги пропускання приймального пристрою та підсилення [2, 3]. Вираз для чутливості з урахуванням цих змін має вигляд:

$$\Delta T = \sqrt{\frac{2(T_a + T_{on})^2 + 2(T_{n\Delta} + T_{on})^2}{\Delta f \tau} + \left(\frac{\Delta G}{G}\right)^2 (T_a - T_{on})^2}, \quad (3)$$

де  $\tau$  — постійна часу фільтру низькочастотної частини приймача.

Всі величини які входять в (3) можуть змінюватись в процесі симуляції, що дозволяє оцінити значення  $\Delta T$ .

Результати симуляції показані на рис.2.

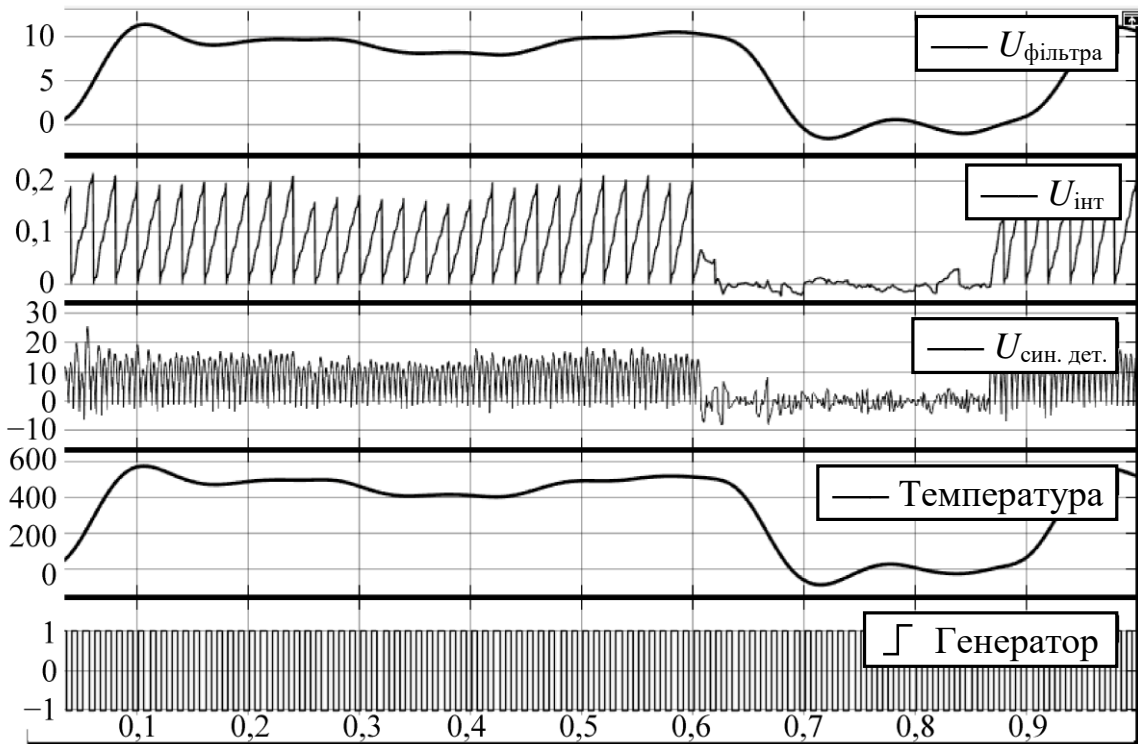


Рисунок 2. Результати симуляції.

Симуляція починається при максимальній різниці температур антени  $T_a$  та опорного генератора  $T_{on}$ , в інтервалі часу 0,25 до 0,4 зменшується коефіцієнт підсилення ВЧ частини приймача, в інтервалі 0,4 до 0,6 коефіцієнт відновлюється, в інтервалі 0,6 до 0,86 змінюється температура  $T_a = T_{on}$ , після 0,86 знову встановлено максимальну різницю між  $T_a$  і  $T_{on}$ .

Крива  $U_{\text{інт}}$  показує сигнал на виході ланки інтегратора при часі інтегрування що відповідає двом періодам генератора перемикачання (крива Генератор).

Крива “Температура” показує різницю температур  $T_a$  та  $T_{on}$ .

Низькочастотна фільтрація виконувалась фільтрами Баттерворта третього порядку.

Зміна постійної часу інтегруючого ланки змінює час накопичення сигналу і чутливість радіометра.

Основна мета при моделюванні приймача радіометра відтворити статистичні характеристики вихідного сигналу з урахуванням реальних параметрів радіометра та статистичних характеристик вхідних сигналів, дослідити вплив різних чинників на точність вимірювань. Запропонована модель дозволяє виконати вказані дослідження і після калібрування може використовуватись для оптимізації параметрів.

#### **Перелік посилань**

1. R. N. Dicke, The measurement of thermal radiation at microwave frequencies // Rev. Sci. Instrum. — 1946. — vol. 17, no. 7. — p. 268 – 275.
2. Derek M. Burrage Mark A. Goodberlet Malcolm L. Hero. Simulating Passive Microwave Radiometer Designs Using Simulink. // Statistical Methods in Medical Research. — 2002. — vol. 78, 1. — p. 36 – 55.
3. Куценко В. П., Яненко О. П. Оцінка похибок перетворення низькоінтенсивних шумових сигналів при періодичному порівнянні сигналів в НВЧ-колах радіометричних приладів контролю. Вісник НТУУ “КПІ”. Серія “Приладобудування”. — 2013. — Вип. 45 — С.78 – 80.

#### **Анотація**

Розроблена модель приймача радіометра модуляційного типу в системі Simulink, Модель дозволяє оцінювати характеристики приймача радіометра.

**Ключові слова:** радіометер, модель, Simulink

#### **Аннотация**

Разработана модель приемника радиометра модуляционного типа в системе Simulink. Модель позволяет оценивать характеристики приемника радиометра.

**Ключевые слова:** радиометер, модель, Simulink.

#### **Abstract**

The model of the receiver of the modulation type radiometer in the Simulink system is developed. The described model allows to evaluate the characteristics of the receiver of the radiometer.

**Keywords:** radiometer, model, Simulink.