

## СИНХРОННИЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ РАДІОМЕТРА ММ-ДІАПАЗОНУ

*Перегудов С. М., к.т.н., доц.; Яненко О. П., д.т.н., проф.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,*

*м. Київ, Україна*

Сучасні досягнення в багатьох областях науки та техніки виявилися можливими завдяки створенню радіометричних систем для вимірювання слабких сигналів на фоні шумів. Радіометрія є базою вимірювання потужності власного випромінювання фізичних і біологічних об'єктів в різних діапазонах довжин хвиль [1]. Вона використовується для вирішення задач метрології, геофізики, сільського господарства, застосовується в лікувально-діагностичних приладах медицини та системах військової техніки.

Якість радіометричних систем, в плані виявлення слабких електромагнітних сигналів на фоні шумів, визначається в основному характеристиками приймачів. Як відомо, до таких характеристик належать еквівалентна потужність шуму  $P_E$  та виявлювана здатність  $D$

$$P_E = \frac{U_N}{U_S} \frac{P}{\sqrt{\Delta f}}, \quad D = \frac{U_S}{U_N} \frac{\sqrt{S \Delta f}}{P},$$

де:  $P$  — потужність випромінювання на вході приймальної антени;  $S$  — її ефективна площа;  $\Delta f$  — смуга пропускання вимірювального пристрою;  $U_S$  та  $U_N$  — напруга корисного сигналу, і шуму відповідно.

Порогові характеристики радіометричних систем визначаються за умовою  $U_S/U_N = 1$ . Аналіз їх роботи показує, що для реалізації реальних параметрів конкретної системи (чутливості, швидкодії, робочої смуги частот) необхідний певний підхід при розробці того або іншого блоку вимірювального тракту (вибір режиму роботи, ступінь узгодження з передаючою лінією тощо). Відповідний вибір часу інтегрування сигналу дозволяє реєструвати сигнали на декілька порядків слабкіше за власних шумів радіометра. Особливу увагу слід надати вибору схеми і конструкції синхронного детектору (СД), а також забезпеченню належного електричного режиму. Проведені авторами дослідження особливостей роботи високочутливої радіометричної системи мм-діапазону показали, що конструкція цього вузла впливає, у першу чергу, на лінійність передаточної характеристик та величину дрейфу нуля. Крім того, головним недоліком схем СД, які досліджувались, є наявність спільних «земельних» з'єднань р-і-п модулятора, НВЧ-тракта та низькочастотної частини радіометричного каналу. Це приводить до виникнення неконтрольованих контурів струму, і як наслідок, додаткового зростання величини  $U_N$ . Звичайно цей недолік можна частково зменшити раціональним монтажем, однак більш радикальним є введення гальванічної розв'язки у

колі схеми синхронного детектування. Подібну гальванічну розв'язку можна виконати за допомогою використання оптопар. Найбільш вдалою схемою з точки зору забезпечення флюктуаційної чутливості є СД з оптронною розв'язкою [2], структурна схема якого приведена на рис. 1.

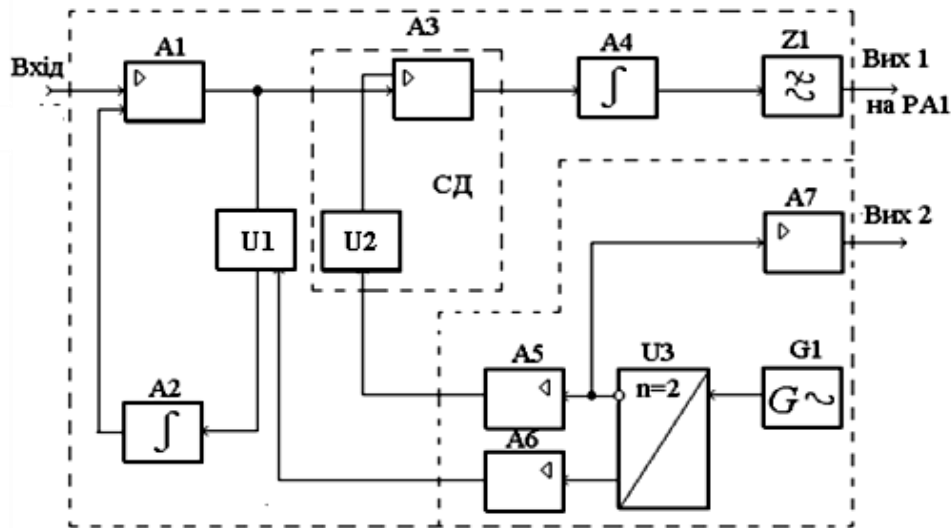


Рисунок 1. Структурна схема синхронного детектора з оптронною розв'язкою

Схема опорного сигналу містить генератор прямокутних імпульсів  $G1$ , подільник частоти  $U3$  з протифазними виходами та підсилювачі  $A5$  і  $A6$ , виходи яких з'єднані з оптоелектронними комутаторами  $U1$  та  $U2$ . Попередній підсилювач складається з операційного підсилювача  $A1$ , оптронного ключа  $U1$  та інтегратора  $A2$ . Власне СД містить підсилювач  $A3$  і оптронний комутатор  $U2$ , які забезпечують перемноження опорного та вимірювального сигналів. Вихідний сигнал через інтегрувальний підсилювач  $A4$  та фільтр НЧ  $Z1$  поступає на індикатор  $РА1$ .

Статична характеристика перетворення СД приведена на рис. 2. Як видно, вона має лінійну ділянку при зміні вхідної напруги від 0 до 3,5 мВ. Причому флюктуаційна чутливість схеми сягає одиниць мікрвольт, а динамічний діапазон дорівнює 31-33 дБ.

Проте, нестабільність метрологічних характеристик радіометричної системи може бути спричинена неконтрольованою різницею фаз  $\Delta\varphi$  між вимірюваним сигналом, що поступає на вхід схеми (рис. 1) і опорним сигналом генератора  $G1$ . Вказана величина залежить від багатьох факторів, які на практиці важко врахувати. На рис. 3 приведена залежність вихідної напруги СД діючої радіометричної системи від величини  $\Delta\varphi$ . Приведена характеристика свідчить про те, що чутливість СД, а, відповідно і параметри  $P_E$  та  $D$ , можуть зменшуватись приблизно в 2 рази. Тому, на думку авторів, під час проведення досить точних вимірювань доцільне використання схеми регулювання фази сигналу на вході СД або фази вихідного сигналу генератора  $G1$ , який після підсилення ( $A7$ , Вих. 2) застосовується для керування

модулятором вхідного тракту системи.

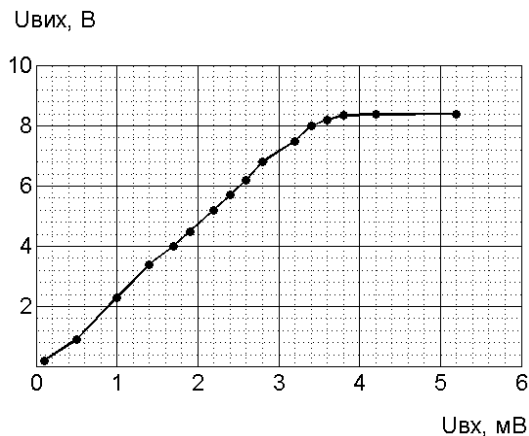


Рисунок 2. Статична передаточна характеристика синхронного детектора

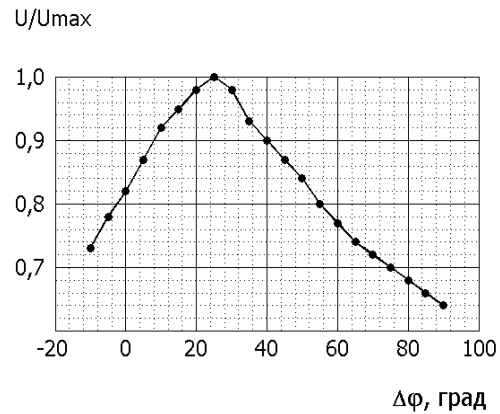


Рисунок 3. Залежність вихідної напруги СД від різниці фаз вимірювального та опорного сигналів

Розроблений синхронний детектор використано в діючій системі мм-діапазону. Пристрій містить вбудований генератор прямокутних імпульсів. Застосування у колі зворотного зв'язку інтегратора А2 значно зменшило дрейф нуля радіометра, а фазообертача на вході СД — дозволило підвищити чутливість системи до  $10^{-14}$  Вт.

### Перелік посилань

1. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / [Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.Ф. и др.] ; под общ. ред. Ю.А. Скрипника. – Житомир, 2003. – 408с.
2. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат., Ленингр. отд., 1988. – 304с.

### Анотація

Розглянуто синхронний детектор з оптронною розв'язкою, застосування якого дозволяє зменшити власні шуми радіометричної системи і покращити її характеристики. Надані рекомендації щодо використання запропонованого пристрою.

**Ключові слова:** радіометр, синхронний детектор, оптронна розв'язка.

### Аннотация

Рассмотрен синхронный детектор с оптронной развязкой, использование которого позволяет уменьшить собственные шумы радиометрической системы и улучшить ее характеристики. Даны рекомендации по применению предложенного устройства.

**Ключевые слова:** радиометр, синхронный детектор, оптронная развязка.

### Abstract

A synchronous demodulator with the optron isolation is considered. Its using allows to decrease the own noises of the radiometer and improve its performances. Guidelines on application of the demodulator are given.

**Keywords:** radiometer, synchronous demodulator, optron isolation