

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЧАСТОТИ КОМУТАЦІЇ НА ЧУТЛИВІСТЬ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА МОДУЛЯЦІЙНОГО РАДІОМЕТРА

Яненко О. П., д.т.н., проф., Шевченко К. Л., д.т.н., проф.,
Шульга В. О., магістрант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

В останній час отримали широке розповсюдження пристрої та системи з використанням світлових сигналів. Застосування оптичних сигналів в системах неруйнівного контролю, в хімічній промисловості, військовій справі, біології, медицині та інших галузях науки і техніки тісно пов'язано з вимірюванням енергетичних параметрів світлових потоків [1]. Особливі вимоги, до чутливості вимірювальної апаратури, пред'являють при вимірюванні інтенсивності (потужності) слабких сигналів. В радіотехніці відомі методи, що забезпечують вимірювання малих потужностей сигналів радіотехнічних пристроїв. До таких методів слід віднести радіометричні методи – модуляційний, компенсаційний та кореляційний. Найбільш перспективним з відомих радіометричних методів є модуляційний. Метод забезпечує достатньо високу чутливість, стабільність параметрів та надійність в роботі, простий в реалізації. Важливим в модуляційному радіометрі є вибір параметрів частоти перемикання вхідних сигналів, яка може суттєво впливати на чутливість радіометра. В повній мірі це відноситься і до оптичного радіометра.

Використання оптичного радіометра тісно пов'язано з визначенням проникаючої здатності світлових потоків в об'єкти дослідження. Важливими при цьому є забезпечення високої чутливості та точності вимірювання вихідних параметрів світлових потоків, що проходять через досліджувані матеріали — глибини проникнення, коефіцієнта ослаблення або поглинання.

Авторами розглянута структурна схема оптичного радіометра (рис. 1) та проведено дослідження впливу частоти комутації на чутливість оптоелектронного перетворювача (ОЕП), як основного джерела шумових завад.

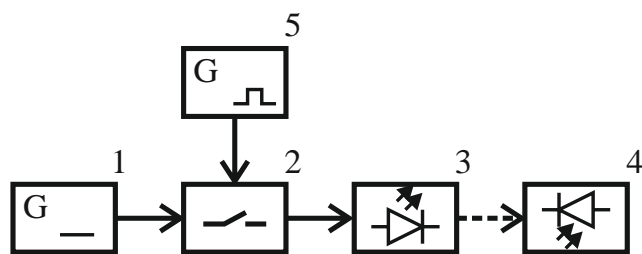


Рисунок 1. Структурна схема ОЕП

Оптичний радіометр включає в себе: 1 — блок живлення, 2 — модулятор, 3 — джерело оптичного випромінювання, 4 — фотоприймач з каналом перетворення та індикатором, 5 — генератор частоти модуляції.

Джерело оптичного випромінювання 3 та фотоприймач 4 забезпечують пропорційне перетворення світлового потоку в електричні параметри і представляють собою оптоелектронний перетворювач.

Оскільки ОЕП забезпечує первинне перетворення світлового потоку, то він є також джерелом найбільших флуктуаційних шумів, які знижують поріг чутливості. Джерелом власних шумів радіометричних вимірювачів є в основному теплові шуми, з рівномірним розподілом потужності у широкому діапазоні частот (типу «білий шум»), а також низькочастотні шуми, інтенсивність яких змінюється за законом $1/f$ (флікер-шум) [2]. Зазвичай частота, на якій інтенсивність флікер-шуму відповідає інтенсивності теплового шуму, розташована у діапазоні сотень герц і така частота може використовуватись для модуляції вхідних сигналів.

На рис. 2 наведений розподіл спектральної щільності потужності шуму (СЦПШ) флікер-шуму (суцільна лінія) та теплового шуму (пунктирна лінія).

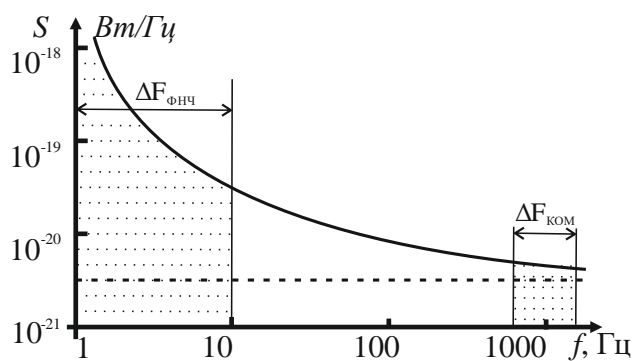


Рисунок 2. Розподіл СЦПШ шумів в діапазоні частот модуляції

З основ інформаційно-енергетичної теорії вимірювальних пристроїв [2] відомо, що поріг чутливості обмежується потужністю термодинамічних флуктуацій шумів, СЦПШ яких описується формулою Найквіста [3]:

$$S_{шт} = kT,$$

де k — постійна Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К); T — температура

навколишнього середовища (зазвичай 293 К).

Сумарну СЦПШ можна розрахувати за формулою [3]

$$S_{сум} = S_{ми} \left(1 + \frac{f_0}{f} \right) = kT \left(1 + \frac{\Delta f_0}{\Delta f} \right),$$

де $S_{ми}$ — спектральна щільність потужності теплового шуму; T — температура навколишнього середовища (зазвичай 293 К); Δf_0 — смуга частот, в якій флікер-шум максимальний, близько $\Delta f_0 = 10$ Гц; Δf — смуга частот вибіркового фільтра частоти комутації (в межах 10-100 Гц).

За температури $T = 293$ К, та вказаних смуг пропускання СЦПШ термодинамічних флуктуацій складає близько $S_{сум} \approx 4,04 \cdot 10^{-21}$ Вт/Гц.

Основними елементами ОЕП є джерело оптичного випромінювання, в якості якого використана світлодіодна матриця PLCC-6 із вмонтованими випромінювачами синього ($\lambda = 460$ нм), зеленого ($\lambda = 520$ нм) і червоного світла ($\lambda = 630$ нм) та транзисторний фотоприймач типу ВРХ43-5, на діапазон хвиль від 450 нм до 1100 нм.

Модуляція світлового потоку проводилася шляхом імпульсного переривання живлення світлодіодів на частотах від 20 Гц до 4 кГц на кожному із світлодіодів. При цьому вимірювалася вихідна напруга ОЕП в діапазоні

частот модуляції. Результати дослідження ОЕП представлені на рис. 3.

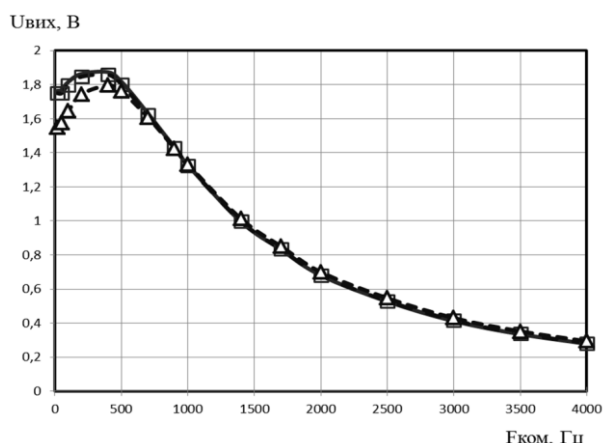


Рисунок 3. Розподіл СЩП шумів в діапазоні частот модуляції

На рис. 3 видно, що рівень вихідного сигналу практично не залежить від довжини хвилі комутуваного світла.

Максимальний коефіцієнт передачі оптоелектронного перетворювача, а відповідно і найбільша чутливість знаходиться в діапазоні частот комутації від 100 Гц до 500 Гц. Збільшення частоти комутації від 500 Гц до 4,0 кГц призводить до зменшення, практично на порядок, коефіцієнта передачі.

Таким чином, виконання оптичного радіометра та забезпечення необхідної його чутливості пов'язано з необхідністю врахування параметрів оптоелектронного перетворювача.

Перелік посилань

1. Фотометрия и радиометрия оптического излучения (общий курс). Книга 5. Измерения оптических свойств веществ и материалов. Часть I. Основы спектрофотометрии / [Иванов В.С., Котюк А.Ф., Саприцкий В.И., Столяревская Р.И.] — М.: Полиграф сервис, 2002. — 264 с., ISBN 5-9221-0427-6
2. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств — Л-д.: Энергия. — 1968-248с.
3. Робинсон Ф.Н.Х. Шумы и флуктуации в электронных схемах и цепях — М.: Атомиздат- 1980 — 256с.

Анотація

Розглянута структурна схема оптоелектронного модуляційного радіометра, визначено основні джерела шумів та їх зв'язок з чутливістю, експериментально досліджено вплив частоти модуляції на коефіцієнт передачі оптоелектронного перетворювача та чутливість радіометра.

Ключові слова: оптоелектронний перетворювач, чутливість, частота комутації.

Аннотация

Рассмотрена структурная схема оптоэлектронного модуляционного радиометра, определены основные источники шумов и их связь с чувствительностью, экспериментально исследовано влияние частоты модуляции на коэффициент передачи оптоэлектронного преобразователя и чувствительность радиометра.

Ключевые слова: оптоэлектронный преобразователь, чувствительность, частота коммутации.

Abstract

The describe a block diagram of an optoelectronic modulation radiometer. The basic sources of noise and their relationship with the sensitivity. The effect of the modulation frequency on the transmission ratio of the optoelectronic transmitter and the sensitivity of the radiometer.

Keywords: optoelectronic transducer, sensitivity, switching frequency.