

ВИСОКОЧУТЛИВИЙ ФОТОМЕТРИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗИ ПОГЛИНУТОЇ ПОТУЖНОСТІ ФІЗИОТЕРАПЕВТИЧНОЇ ЛАЗЕРНОЇ АПАРАТУРИ

Радіометричні методи знаходять все більше застосування в різних галузях науки і техніки для вимірювання, контролю та оцінки параметрів слабких сигналів в радіоастрономії, фізиці і фізиці плазми, медицині та біології. В меншій мірі радіометрія використовується в оптиці, незважаючи на значні потенціальні її можливості. Пов'язано це, в основному, із складністю радіометричної апаратури, особливо НВЧ діапазону, відсутністю серійних зразків та значною її вартістю. Однак розвиток теоретичних основ та поява нових, схемотехнічних, рішень побудови радіометричної апаратури сприяють її поширенню, в тому числі і в галузь оптичних вимірювань.

В наш час в медицині все ширше використовуються фізіотерапевтичні прилади для терапії людини, в тому числі і світлотерапії. При світлотерапії ефективність лікування залежить не настільки від інтенсивності джерела випромінювання, скільки від поглинутої дози, яка пропорційна прояву біологічного ефекту. В представленій роботі розглядається прилад, який вимірює поглинуту дозу світла організмом.

Зазвичай для вимірювання енергетичних параметрів світлових потоків, використовується перетворення інтенсивності вимірюваного потоку та еталонного електричного сигналу в теплоту з наступним їх порівнянням. Недоліками подібного вимірювача є недостатня чутливість та точність вимірювання, внаслідок неідентичності каналів перетворення різнорідних фізичних величин (світла в температуру, а потім в струм або напругу).

Представлений пристрій складається з вимірювача дози поглинутого світла. Як опромінювач світла для опромінювання можна використовувати світлодіоди певної довжини хвилі, а у вимірювачі як уловлювач світла – фотодіод. Спрощення схеми та збільшення чутливості за рахунок модуляційного перетворення забезпечує підвищення точності вимірювання інтенсивності світлового потоку.

Вимірювач складається з вимірюваного фотодіода та опорного затемненого фотодіода, який під'єднаний до послідовно з'єднаних підсилювача, квадратичного детектора, селективного підсилювача частоти модуляції, синхронного детектора та фільтра нижніх частот, вихід якого через АЦП сполучений із входом мікроконтролера, на виході якого підключений індикатор, а до другого входу синхронного детектора під'єднано вихід імпульсного генератора.

В основу даного пристрою авторами покладено завдання створити фотометричний вимірювач інтенсивності оптичного випромінювання, в якому б забезпечувалося спрощення схеми, підвищення чутливості та точності вимірювання параметра світлового потоку, який поглинається тілом людини.

Поставлене завдання досягається тим, що в фотометричний вимірювач, який має вимірювальний фотодіод, додатково введено опорний фотодіод, розміщений в світлозахисну оболонку і електронний комутатор, до першого входу якого підключений вимірювальний фотодіод, а до другого входу опорний фотодіод. До виходу комутатора під'єднані резистивне навантаження та фотоприймач, який забезпечує модуляційне перетворення інтенсивності оптичного сигналу.

Саме введення другого опорного фотодіода в світлозахисній оболонці і електронного комутатора, до першого входу якого підключений вимірювальний фотодіод і до другого входу опорний фотодіод, а до виходу комутатора під'єднані резистивне навантаження та фотоприймач, у складі послідовно з'єднаних підсилювача, амплітудного детектора, вибіркового підсилювача частоти комутації, синхронного детектора, фільтра нижніх частот та індикатора, а також генератор модулюючої частоти, вихід якого під'єднано до управляючого входу комутатора та синхронного детектора, дозволяє спростити схему, збільшити чутливість і точність вимірювання інтенсивності світлового потоку.

На рисунку 1 представлена структурна схема модуляційного вимірювача інтенсивності оптичних випромінювань. В склад вимірювача входить: вимірювальний фотодіод 1, під'єднаний до першого входу комутатора 4, опорний фотодіод 2 у світлозахисній оболонці 3, підключений до другого входу комутатора 4, вихід якого під'єднаний до входу підсилювача 6 фотоприймача та узгодженого навантаження 5. Вихід підсилювача 6 через послідовно з'єднані амплітудний детектор 7, вибіркового підсилювача частоти комутації 9, синхронний детектор 10 та фільтр нижніх частот 11 під'єднаний до індикатора 12. Вихід генератора частоти комутації 8 підключений до управляючих входів комутатора 4 та синхронного детектора 10. Окрім того на вимірювальний та опорний фотодіоди подається напруга живлення, яка підтримує фотодіоди у закритому стані. Таке виконання дозволяє спростити схему, збільшити чутливість і точність вимірювання інтенсивності світлового потоку наступним чином.

На вхід фотодіода надходить сигнал, наприклад від світлодіода відбитий від дзеркала (режим калібровки), який можна записати у вигляді:

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3, \quad (1)$$

де Φ_1 – спадаюча потужність світлового потоку; Φ_2 – прийнята (відбита) потужність фотодіода; Φ_3 – потужність розсіювання на шляху випромінювач–дзеркало–фотодіод.

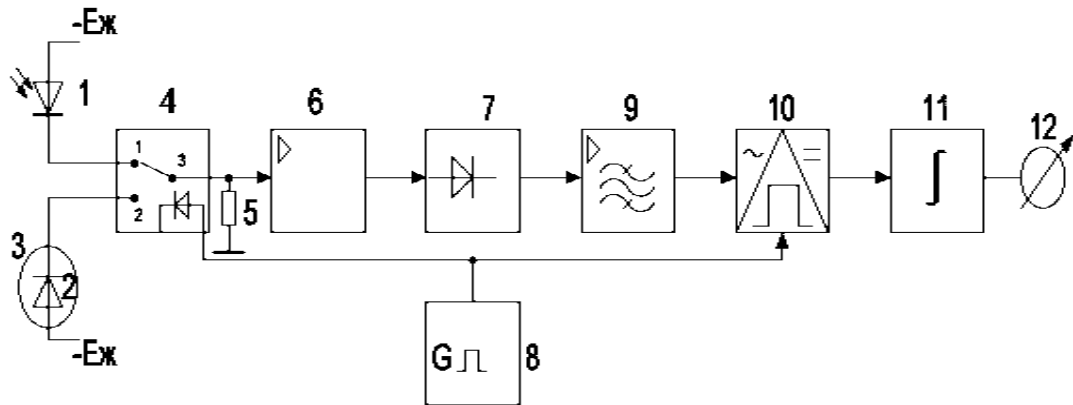


Рис. 1. Функціональна схема фотометричного вимірювача

Після всіх перетворень в вимірювальному тракті, отримуємо постійну напругу, пропорційну падаючій потужності, яка перетворює АЦП в код N_1 .

На другому етапі проводиться вимірювання дози поглинання при опроміненні пацієнта. На вхід фотодіода надходить сигнал, який можна записати:

$$\Phi'_1 = \Phi'_2 + \Phi_3 + \Phi_4, \quad (2)$$

де Φ'_2 – відбита потужність на фотодіод; Φ_4 – поглинута шкірою потужність.

На виході каналу вимірювального приймача формується напруга, яка перетворюється в код N_2 та фіксується мікропроцесором.

Поглинута потужність представляється як різниця двох операцій – калібровки та вимірювання:

$$\Phi_4 \equiv N_1 - N_2. \quad (3)$$

В результаті на екрані дисплея висвічується значення інтенсивності, яка поглинається опроміненою ділянкою шкіри.

Таким чином даний прилад забезпечує: точні вимірювання поглинутої дози; на результат вимірювання не впливають власні шуми фотоприймача; темновий шум фотодіода зменшується до нульового значення; збільшується лікувальний ефект завдяки можливості контролю поглинутої дози шкірою людини.