

## ЦИФРОВИЙ ІНТЕГРАТОР ДЛЯ РАДІОМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Доліч Д. О.; Яненко О. П., д. т. н., професор  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Мікрохвильові сигнали малої інтенсивності, в основному мм-діапазону частот, достатньо широко використовуються в практичній медицині під різними назвами – міліметрова терапія, інформаційно-хвильова, мікрохвильова резонансна терапія. Об'єднуючим фактором є діапазон частот, який при цьому використовується (30 – 300) ГГц та потужність впливаючого сигналу [1], яка є достатньо низькою ( $10^{-6}$ – $10^{-12}$ ) Вт і може бути виміряна за допомогою спеціалізованої високочутливої апаратури радіометрів. Радіометрія в медико-біологічних проблемах пов'язана з необхідністю вимірювання слабких сигналів та використанням апаратури з флюктуаційною чутливістю ( $10^{-14}$ – $10^{-15}$ ) Вт, що є складним технічним завданням, особливо в діапазоні (37–78) ГГц (міліметрових хвиль), вирішення якої можливе на базі нових варіантів високочутливої радіометричної апаратури [2].

Однак за такої чутливості значний вплив на результат вимірювання мають шуми, як об'єкта дослідження так і вимірювальної системи, які призводять до значних флюктуацій та виникнення похибок вимірювання. Зниження рівня флюктуацій дозволяє підвищити чутливість та точність вимірювання подібних радіометричних систем. Зазвичай таке зниження досягається шляхом використання модуляційного радіометра з аналоговим інтегратором на його виході. Недоліком такого інтегратора є постійність часу інтегрування та відсутність оперативної зміни цього параметру за різних шумових характеристик зовнішніх об'єктів вимірювання [3].

Авторами запропоновано цифровий інтегратор, структурна схема якого наведена на рис. 1, для високочутливої РС, який дозволяє усунути вказані недоліки та забезпечує вихід результатів вимірювання безпосередньо на персональний комп'ютер.

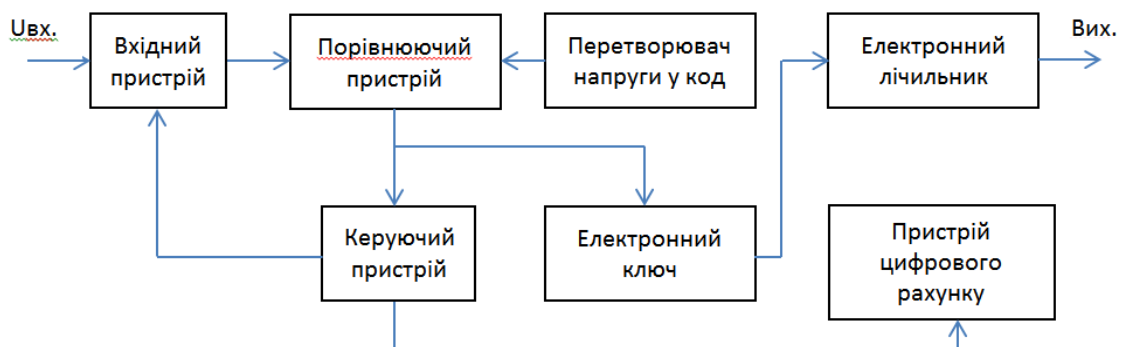


Рисунок 1. Структурна схема пристрою

Зважаючи на те, що спроектований інтегратор використовується у си-

мбіозі з практично працюючою високочутливою ( $10^{-14}$  Вт) радіометричною системою для вимірювання власного випромінювання людини, будемо вирішувати задачу інтегрування саме з прив'язкою до цього параметра.

Пристрій виконано на основі мікроконтролера Atmega8A, який, використовуючи вбудовані можливості, виконує більшу частину роботи всієї розробки. Ключовою ж можливістю являється вбудований АЦП (аналогово-цифровий перетворювач).

Було розроблено ПЗ (програмне забезпечення), яке дає можливість вибрати один з трьох режимів виміру напруги, кожен з яких відрізняється часом виміру: 5сек, 10сек, 20сек, причому виміри проводяться п'ять разів на секунду. Дані проміжки часу було обрано експериментальним шляхом, як найбільш оптимальні. Було проведено відповідні вимірювання, результатів яких наведені на рис. 2.

На графіку можемо чітко спостерігати залежність часу вимірів до точності апроксимації.

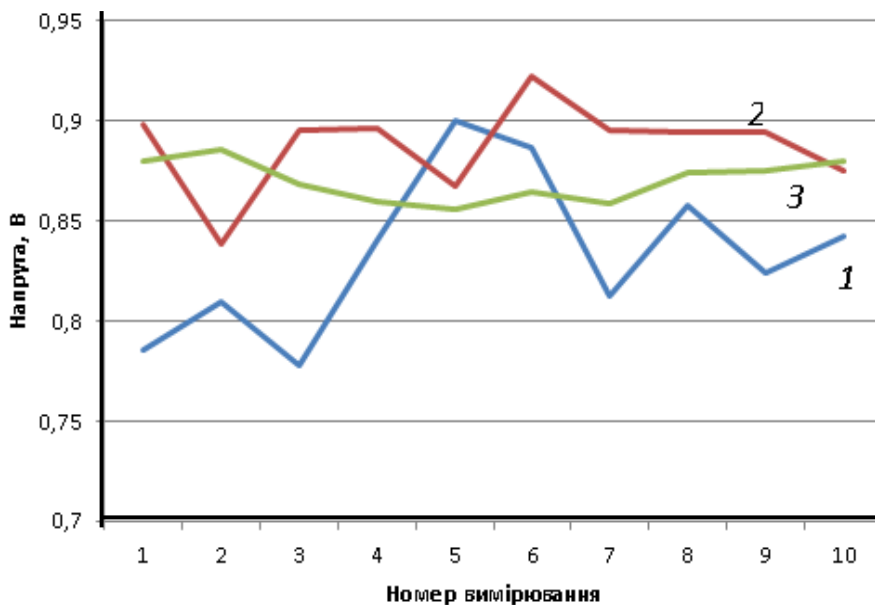


Рисунок 2. Результати вимірювань:  
1 — 5сек, 2 — 10сек, 3 — 20сек

Очевидно, що зі збільшенням розкиду збільшується і похибка, тому ми взяли різниці максимального та мінімального значень вимірної напруги для кожного з режимів виміру та зробили висновки, описані далі. Лінія 1, яка відповідає часу 5 сек. має відно-

сно великий розкид (флуктуації) від виміру до виміру, а відповідно і значну похибку вимірювання. Ламана лінія 2, яка відповідає часу 10 сек. має менший розкид, і звичайно найменший розкид має ламана лінія 3, яка відповідає 20-ти секундам вимірювання і незалежно від кількості відліків в цьому режимі можна отримати найбільшу стабільність та точність вимірювання потужності сигналу низької інтенсивності.

Також істотною перевагою розробленого інтегратора являється можливість встановлення зв'язку між ПК (персональним комп'ютером) та МК (мікроконтроллером) через універсальну послідовну шину (USB).

Інтерфейс програми наведений нижче на рис. 3.

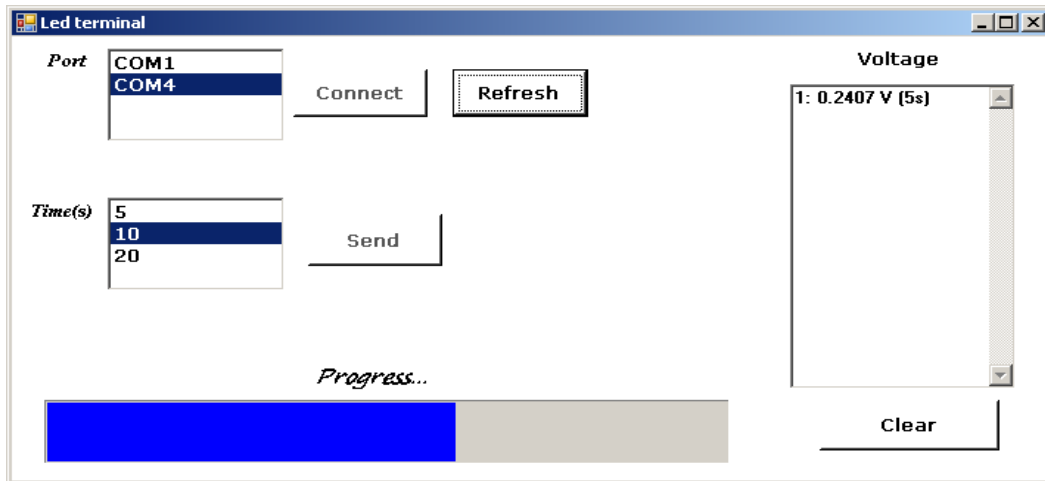


Рисунок 3. Інтерфейс розробленого ПЗ

Таким чином, розроблений цифровий інтегратор значно покращує параметри (точність та розкид показань) та розширює можливості високо-чутливої радіометричної системи.

#### Перелік посилань

1. Яненко О. П. Метрологія медичної та біологічної апаратури: навч. посібн. / О. П. Яненко, В. В. Чухов — Житомир: ЖДТУ, 2015 — 286с.
2. Яненко О. П. Мікрохвильова радіометрія в медико-біологічних застосуваннях / О. П. Яненко // Вісник ТНТУ — Тернопіль : ТНТУ, 2014. — Том 76. — № 4. — С. 155–163.
3. Теоретичні основи вимірювання низькоінтенсивних шумових сигналів з періодичним порівнянням на вході радіометричної системи / В. П. Куценко // Штучний інтелект. — 2011. — № 3. — С. 456–462. — Бібліогр.: 12 назв. — укр.

#### Анотація

Розкриті основні проблеми радіовимірювання хвиль НВЧ діапазону. Представлене оригінальне рішення задачі апроксимування вхідної напруги, розробка робочого прототипу та програмного забезпечення до нього. Продемонстрований результат роботи у вигляді графіка.

**Ключові слова:** радіовимірювання, НВЧ, радіометрія.

#### Аннотация

Раскрыты основные проблемы радиоизмерения волн СВЧ диапазона. Представлено оригинальное решение задачи апроксимирования входного напряжения, разработка рабочего прототипа и программного обеспечения к нему. Продемонстрирован результат работы в виде графика.

**Ключевые слова** радиоизмерения, СВЧ, радиометрия .

#### Abstract

Basic problems of radio measurements in microwave range, were discussed. A novel solution of the task of input voltage approximation, process of developing working prototype and software for it, were described. The results were demonstrated by a graph.

**Keywords:** radio measurements , microwave range, radiometry.