

УДК 658.5: 681.3

О. Д. Азаров, д. т. н., проф.;

О. Я. Галаган;

Е. Л. Звенигородський, к. б. н., доц.;

А. В. Снігур, асп.

## СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ТА РЕЄСТРУВАННЯ СИГНАЛІВ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ ТОЧОК ДЛЯ АКУПУНКТУРНОЇ ТЕРАПІЇ

*Синтезовано систему вимірювання та реєстрування сигналів біологічно-активних точок для акупунктурної терапії на основі визначення реальних характеристик сигналів таких точок. Показано, що дана система дозволяє розширити функціональні можливості наявних систем діагностування в галузі акупунктурної терапії.*

Теперішній стан розвитку інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) характеризується наявністю досить широкого спектра різних типів таких систем і напрямків їх застосувань. Сучасні ІВС [1], [2] у структурі систем діагностування стану здоров'я людей в акупунктурній терапії дозволяють вимірювати струм або біопотенціали біологічно-активних точок (БАТ), або точок акупунктури, виходячи із припущення про постійність рівня сигналу в процесі вимірювання [3]. Вказані ІВС не враховують особливостей змінення сигналів БАТ у процесі діагностування, їх реальний частотний діапазон, що накладає обмеження на можливість адекватного діагностування стану здоров'я людей. У цих системах як правило виконуються однократні вимірювання для одної репрезентативної БАТ. При цьому функційні можливості діагностування таких систем є також обмеженими внаслідок використання вимірних значень рівнів біопотенціалів або струму акупунктурних точок як одного інформативного параметра діагностування.

Вимірювання реальних біопотенціалів, або струму БАТ є відносно складною задачею, що пов'язано зі зміненням сигналів точок акупунктури у процесі вимірювання, наявністю «піків» у сигналах, а також деякими іншими специфічними особливостями.

Актуальним є створення таких швидкодійних систем вимірювання та реєстрування сигналів акупунктурних точок, які б враховували особливості реальних сигналів цих точок та використовували б декілька інформативних параметрів діагностування.

**Метою цієї статті** є розгляд принципу побудови ІВС, яка дозволяє розширити можливості відомих систем діагностування у галузі акупунктурної терапії за рахунок використання більшої кількості інформативних параметрів.

Необхідно зазначити, що відомі системи діагностування та контролю стану здоров'я людей у галузі корпоральної терапії [1], у галузі Су-Джок терапії [2] є цифровими та взаємодіють з комп'ютером. Також дані системи внаслідок виконання, як правило, однократних вимірювань струму (напруги) для однієї акупунктурної точки та відсутності реєстрування протягом певного періоду часу, окрім визначених вище обмежень, не дозволяють усереднювати результати вказаних вимірювань з метою підвищення їх точності та корекції впливу зовнішніх факторів.

Задачами досліджень є:

1. Визначення характеристик сигналів БАТ, зокрема форми сигналу.
2. Розробка структури системи вимірювання та реєстрування сигналів БАТ.

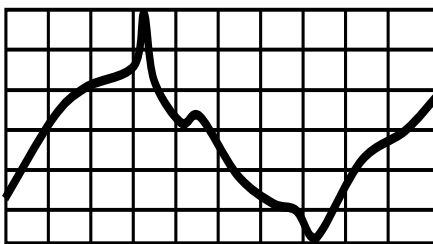


Рис. 1. Змінення біопотенціалу в часі акупунктурної точки «спіральних меридіанів» у Су-Джок терапії в емоційно-піднесеному стані

Дослідження показують, що згідно з методом вимірювання біопотенціалів у Су-Джок терапії [2] сигнал має форму, близьку до синусоїди. Зареєстрований сигнал (напруги в часі) в емоційно-піднесеному стані (скарги на стан здоров'я людини не враховуються) відображається графіком на рис. 1.

Візуалізація цього сигналу здійснювалася за допомогою аналогового осцилографа. Вимірювання виконувалися посередині правої частини проксимальної фаланги (якщо умовно розділити фалангу на дві рівні частини) вказівного пальця лівої руки на її зовнішній частині (для точки так званих «спіральних меридіанів» у Су-Джок терапії) відносно середньої частини

долоні. Встановлені параметри осцилографа при вимірюваннях такі: розгортка 10 мс, одна клітинка екрану 1 мВ. Необхідно зазначити, що сигнал на рис. 1 у лівій півхвилі має так званий «пік».



Рис. 2. Змінення в часі опору акупунктурної точки «спіральних меридіанів» у Су-Джок терапії під час емоційного напруження і дії тестового струму

Змінення опору акупунктурної точки під час дії тестового струму, зареєстроване у візуальній формі за допомогою реографа типу Р4-02 на матеріальний носій (паперову стрічку), фрагмент якого показаний на рис. 2. Під час цього дослідження, людина що діагностувалася, перебувала в емоційному напруженні. Слід зазначити, що вплив тестового струму є небажаним чинником [1].

На рис. 2 сигнал (стрілочками вказано початок та кінець періоду) є синусоподібним. При цьому швидкість руху паперової стрічки реєстратора реографа дорівнювала 25 мм/с. Необхідно зазначити, що характер змінення опору такої точки вказує на характер змінення відповідного їй біопотенціалу.

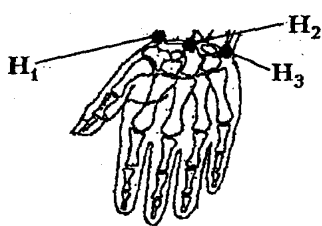


Рис. 3. Репрезентативні енергозони верхніх кінцівок

Реєстрування змінення біопотенціалів акупунктурних точок у часі (аналогічно реєструванню на рис. 1 здійснюється за допомогою аналогового осцилографа) відносно середини мезогастральної зони (ділянка пупка) для репрезентативних енергозон  $H_1$ — $H_3$  верхніх кінцівок людини (рис. 3). За методом [1] при емоційному піднесенні людини зареєстрований сигнал подібний сигналу, показаному на рис. 1; зокрема, сигнали мають форму схожу із синусоїдою, в якій присутні «піки».

Авторами пропонується для опису змінення характеру біологічних сигналів у часі (у даному випадку сигналів БАТ), зокрема їх ритмічності (циклічності), використовувати поняття ритмограм (аналогічно терміну, що використовується в медицині). Для усунення плутанини при використанні наявних медичних термінів в даній роботі дається таке означення. **Ритмограма** — це зображене у графічній формі змінення рівня біологічного сигналу у часі, що зареєстроване на носій інформації протягом визначеного періоду.

Ритмограми точок акупунктури, які показані на рис. 1 та 2 для енергозон (рис. 3), змінюються залежно від емоційного стану людей. Зокрема, на рис. 2 сигнал є синусоїдоподібним, при цьому «пік» відсутній; отже взагалі у ритмограмах (рис. 1, рис. 2, для енергозон, показаних на рис. 3) домінуючим є синусоїдоподібний сигнал. Необхідно також зазначити, що стан емоційного піднесення людини на рис. 1 характеризується наявністю «піка» у півхвилі сигналу. Це дає можливість використовувати даний «пік» як додатковий інформативний параметр діагностування і оцінити його вплив на кінцеві результати діагностування.

Для реєстрування та аналізу сигналів БАТ доцільним є використання комп'ютерних технологій, зокрема ІВС із обробленням результатів вимірювань та їх візуалізацією, що може бути досягнуто використанням персональної електронно-обчислювальною машини (ПЕОМ) для накопичення, візуалізації та «гнучкого» оброблення (аналізу) результатів. Така ІВС повинна виконувати багаторазові вимірювання та тривале (наприклад 24 години) реєстрування сигналів акупунктурних точок з обробленням результатів (або без оброблення) у ПЕОМ. При цьому усереднення відліків має на меті корегування впливу зовнішніх факторів на результат діагностування, зокрема, нестабільного емоційного стану, змінення кліматичних умов тощо. Дана ІВС повинна бути також швидкодіююю для адекватного реагування на швидкі змінення параметрів сигналів БАТ.

Отже, оскільки система повинна виконувати реєстрування сигналів від визначеної кількості точок акупунктури (наприклад на рис. 3), то це обумовлює наявність в її структурі комутатора входних сигналів — К (система є багатоканальною). Перетворення сигналів виконується за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) порозрядного врівноваження. Результати реєстрування система повинна візуалізувати за допомогою дисплея (Д). Окрім цього, результати реєстрування повинні фіксуватися в пам'яті апарата цифрового запису (АЦЗ), а потім подаватися на Д, а також через інтерфейс (ІФ) передаватися в ПЕОМ для візуалізації та «гнучкішого» оброблення. При цьому попере-

дне оброблення сигналів (до візуалізації) точок акупунктури (усереднення вимірних значень) повинен виконувати спеціалізований цифровий обчислювальний пристрій (СЦОП). Структурну схему системи вимірювання та реєстрування сигналів БАТ для акупунктурної терапії зображено на рис. 4.

Тут  $A$  — множина вхідних сигналів БАТ, ПЗП та ОЗП — відповідно постійний та оперативний

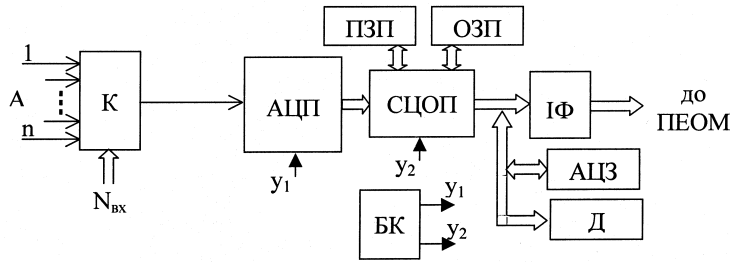


Рис. 4. Система вимірювання та реєстрування сигналів БАТ

запам'ятовуючі пристрої, БК — блок керування,  $y_1, y_2$  — сигнали керування  $N_{вх}$  — коди мікрокоманд БК для вибору каналу К.

Граф-схему алгоритму функціонування системи вимірювання та реєстрування сигналів БАТ для акупунктурної терапії показано на рис. 5.

Тут  $j$  — номер каналу,  $d$  — число кроків дискретизації по кожному каналу,  $A$  —

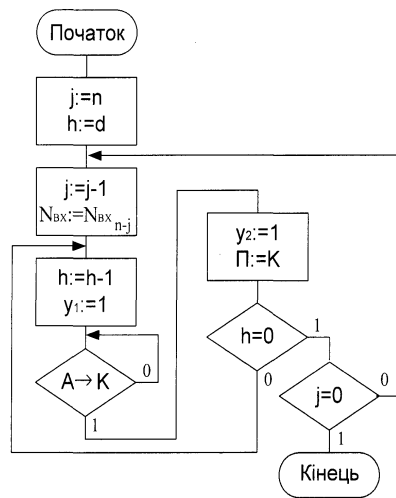


Рис. 5. Граф-схема алгоритму функціонування системи вимірювання та реєстрування сигналів БАТ

амплітуда вхідного сигналу,  $A \rightarrow K$  — перетворення  $A$  у двійковий код  $K$ ,  $\Pi := K$  — запис у пам'ять АЦЗ ( $\Pi$ ) коду  $K$ . При  $y_1 = 1$  здійснюється ( $y_1 = 0$  — не здійснюється) врівноваження  $A$  вхідного сигналу,  $y_2 = 1$  — записування ( $y_2 = 0$  — не відбувається записування) результатів вимірювань у пам'ять АЦЗ. При цьому результати як однократних та багатократних вимірювань, так і тривалого реєстрування з попереднім обробленням (без оброблення) сигналів за допомогою СЦОП, ПЗП, ОЗП можуть візуалізуватися за допомогою Д та (або) через ІФ можуть подаватися у ПЕОМ.

Враховуючи характер ритмограм (рис. 1, рис. 2, для енергозон див. рис. 3), наявність так званого «піка», а також частотний діапазон сигналів БАТ (орієнтовно до 20 Гц), авторами пропонується як «ядро» системи вимірювання та реєстрування сигналів акупунктурних точок використовувати АЦП порозрядного врівноваження на основі НПСЧ [4]. Параметри такого АЦП дозволяють перетворювати вхідні сигнали досить складної форми, зокрема сигнали БАТ, що містять гармонійну (синусоїдальну) складову  $A$  у вигляді

$$A(t) = A \sin \omega t,$$

де  $t$  — час,  $A$  — амплітуда сигналу,  $\omega$  — кругова частота синусоїдального сигналу. Кодування «піків» можливо, якщо тривалість такту перетворення АЦП  $t_T$  задовольняє нерівності

$$\omega A \leq \frac{\Delta A_V}{t_T}, \tag{1}$$

де  $\Delta A_V$  — максимальна припустима швидкість змінення сигналу на вході АЦП. При цьому  $\Delta A_V$  у свою чергу визначається з нерівності

$$V \leq \frac{\Delta A_V}{t_T}, \tag{2}$$

де  $V$  — швидкість змінення вхідного сигналу. Для встановлення границь змінення  $V$  (максимального значення —  $V_{max}$ ) можна використати вираз

$$V_{max} = \left. \frac{dA(t)}{dt} \right|_{t=0} = \omega A. \tag{3}$$

АЦП порозрядного врівноваження на основі НПСЧ дозволяє збільшити кількість інформативних параметрів діагностування (зокрема, при коректному перетворенні «піків» сигналу в стані емоційного піднесення з мінімальними динамічними похибками) і у цілому збільшити швидкість вимірювань системи. Порівняно з двійковими порозрядними АЦП, зазначені перетворювачі на ос-

нові НПСЧ дозволяють спростити тракт перетворення сигналу внаслідок можливості функціонування без пристрою вибірки і зберігання.

### Висновки

1. Використання запропонованого принципу побудови системи вимірювання та реєстрування сигналів БАТ полягає у врахуванні особливостей реальних сигналів точок акупунктури і порівняно з наявними системами дозволяє:

— збільшити кількість інформативних параметрів діагностування з метою адекватного визначення стану здоров'я людини;

— підвищити швидкість вимірювань сигналів точок акупунктури та запровадити виконання багаторазових вимірювань, тривалого реєстрування з усередненням результатів для однієї БАТ з метою корекції впливу зовнішніх факторів та підвищення достовірності таких результатів для діагностування.

2. Перспективним є використання як «ядра» ІВС АЦП на основі НПСЧ, що дозволяє спростити тракт перетворення сигналу та коректно обробляти «піки» в таких сигналах з мінімальними динамічними похибками.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Власюк А. І. Система контролю активності акупунктури людини: Автореф. дис. канд. техн. наук. зі спец. інф. — вим. сист. — Вінниця, 1999. — 21 с.
2. Лисогор В. М., Галаган О. Я., Яремко С. А. Компоненти моделі оцінки стану здоров'я людини з використанням спеціалізованої інформаційно-вимірювальної системи // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2003. — № 2 — С. 157—160.
3. Портнов Ф. Г. Электропунктурная рефлексотерапия. — Рига: Знание. 1988. — 352 с.
4. Азаров О. Д. Основи теорії аналого-цифрового перетворення на основі надлишкових позиційних систем числення. Монографія. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. — 260 с.

Рекомендована кафедрою обчислювальної техніки

Надійшла до редакції 29.12.04  
Рекомендована до друку 30.12.04

**Азаров Олексій Дмитрович** — завідувач кафедри обчислювальної техніки,

Вінницький національний технічний університет;

**Галаган Олексій Якович** — директор Центру інформаційної медицини (м. Вінниця);

**Звенигородський Едуард Леонідович** — доцент кафедри хімії та екологічної безпеки; **Снігур Анатолій Васильович** — аспірант кафедри обчислювальної техніки.

Вінницький національний технічний університет