

УДК 615. 475(088. 8)

О. М. Роїк, канд. техн. наук, доц.

А. І. Власюк

ІНВАРІАНТНІ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ В СИСТЕМАХ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

В статті розглянуто два методи вимірювань параметрів біологічно активних точок: активний та пасивний. Наведені структурні схеми вимірювачів та формули для обчислення похибок вимірювання.

В даний час розвиваються нетрадиційні методи медичної діагностики, серед яких одним із найпопулярніших є метод електропунктурної діагностики.

Згідно з теорією функційних систем П. К. Анохіна [1] будь-який біологічний об'єкт, зокрема людина, являє собою організований комплекс функційно пов'язаних структурних одиниць, взаємодія яких направлена на підтримання життєдіяльності в змінних, а частіше несприятливих умовах. Кожна функційна система включає в себе як керувальні, так і виконавчі і контролювальні елементи з системою прямих і зворотних зв'язків, а також джерело енергії, що забезпечує її функціонування.

Принципи теорії функційних систем допомагають зрозуміти матеріальну основу давньо-східного методу лікування – чжень-цзю [2, 3, 4]. Згідно з даним методом організм людини складається із 12 основних внутрішніх систем, тісно пов'язаних з зовнішнім покривом тіла — біологічно активними точками (БАТ) через відповідні канали зв'язку. Впливи, що ідуть з внутрішніх органів на зовнішні покрови тіла мають діагностичне значення, а можливість впливати в зворотному напрямку – з зовнішніх покривів тіла на внутрішні органи – терапевтичне або лікувальне значення.

Система БАТ є першою ланкою системи «покрови тіла – канали зв'язку – внутрішні органи». Другою ланкою цієї системи є «канали зв'язку», без яких неможливий взаємозв'язок покривів тіла з внутрішніми органами. Назва «канал зв'язку» або інакше «меридіан» не визначає власну специфічну або структурну організованість а тільки стверджує реальність власного існування з виконанням відповідних функцій [5].

Зміна стану внутрішнього органу або системи викликає зміну стану меридіана і далі зміну стану відповідної «репрезентативної» БАТ. Діагностика стану організму в цілому полягає у визначенні стану доступних для непошкоджувального дослідження зовнішніх точок шкіряного покриву

Згідно з [6, 7] основними функційними особливостями шкіряного покриву тіла людини в області біологічно активних точок або акупунктурних точок (АТ) є:

- низький поріг чутливості;
- підвищена локальна температура;
- підвищене шкіряне дихання (добре засвоєння CO_2 на рівні точки);
- низький електричний опір під час дослідження постійним або змінним струмом (20—250 кОм);
- підвищений електричний потенціал.

Саме ці показники можуть бути використані як інформативні параметри в процесі дослідження стану меридіанів людини.

Основою будь-якого методу електропунктурної діагностики є вимірювання електрофізіологічних властивостей біологічних тканин в області АТ. Взагалі розрізняють два класи вимірювань — пасивні і активні.

До пасивних відносяться вимірювання методом біоенергодіагностики – запропонованим В. Макацом [8]. Коли використовують метод біоенергодіагностики, то як інформативний параметр використовують змінну потенціалу репрезентативної АТ в залежності від стану досліджуваного меридіану та органу.

Пасивні вимірювання, зокрема, вимірювання електричних потенціалів [8] під час проведення функційної біоенергодіагностики, виявилися на практиці достатньо інформативними. Однак технічна реалізація даного методу в повному обсязі складна і вимагає значних матеріальних та технічних витрат.

Активні вимірювання під час правильного технічного рішення характеризуються достатньою

точністю з задовільною інформативністю. Тому більшість методів акупунктурної діагностики в даний час ґрунтуються на вимірюванні імпедансів біологічних тканин в області АТ [4].

Основною проблемою використання електропунктурної діагностики є відсутність стабільності отримуваних даних під час контрольного тестування і єдиних методичних підходів до розв'язку основної задачі електропунктурної діагностики — одержання за результатами вимірювань параметрів акупунктурних точок (АТ) адекватної інформації про функційний стан внутрішніх органів і характер їхньої органічної патології [4, 5].

Методи діагностики Y. Nakatani, R. Voll [3] визнаються результатом статистичного узагальнення закономірностей зміни електрофізіологічних властивостей акупунктурних точок, що виникають в процесі розвитку патологічного процесу, належать до класу активних і базуються на вимірюванні елетропровідності ділянки АТ—спільна точка, за яку найчастіше використовується рука пацієнта.

Під час активних вимірювань робоча напруга вимірювальних приладів не може перевищувати 2 В; оскільки, якщо ця умова не виконується, то виникає поляризація або іонізація підшкірних тканин [7]. Крім того для стабільності отримуваних даних велике значення мають умови проведення вимірювання, особливо величина тиску вимірювального електрода на поверхню шкіри, бо від величини тиску залежить вимірювана величина.

Для зменшення впливу тиску на результати вимірювань використовуються або підпружинений електрод, що обмежує величину тиску вимірювального електрода на АТ, або так званий «водонаповнений» чи капілярний електрод [3, 8].

Під час вимірювання імпедансів біологічних тканин в області АТ через ділянку біологічної тканини, що досліджується, пропускають непошкоджувальний стабільний струм заданої величини. В результаті цього виникає падіння напруги, значення якої пропорційне імпедансу біологічної тканини. При цьому вирішується проблема забезпечення електричної безпеки, тому що величина струму задається у визначених межах і не залежить від значення параметрів об'єктів дослідження. Такі вимірювання можуть бути реалізовані за допомогою перетворювача, структурна схема якого показана на рис. 1,а. Розглянемо принцип дії цього перетворювача .

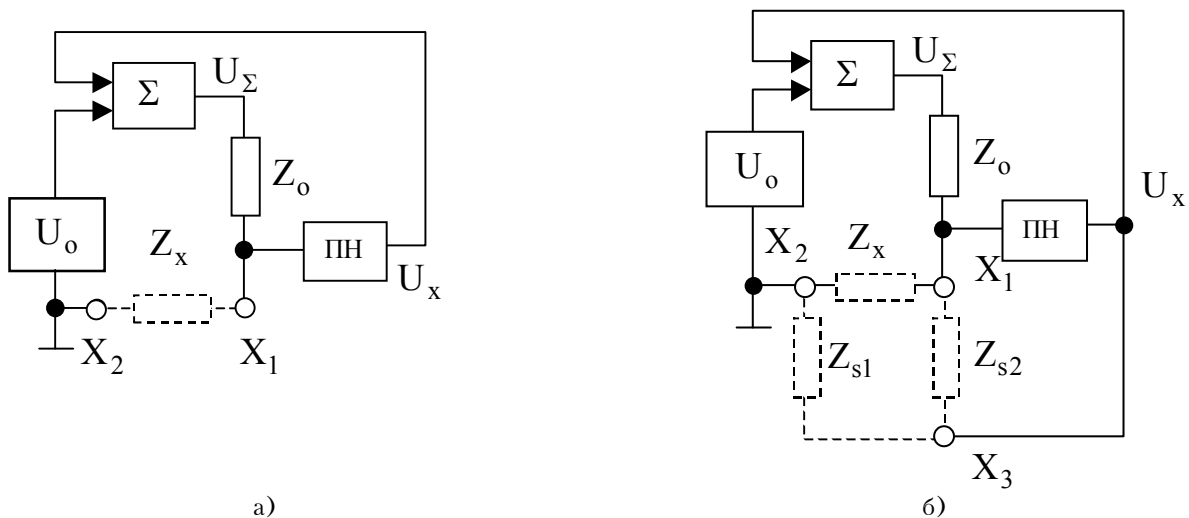


Рис. 1 Структурні схеми вимірювальних перетворювачів параметрів біологічних об'єктів
а) традиційного, б) інваріантного

Якщо до біологічного об'єкту дослідження під'єднати електроди X_1 і X_2 перетворювача, то через об'єкт протікатиме струм

$$I = U_{\Sigma} / (Z_0 + Z_x), \quad (1)$$

де Z_x — імпеданс біологічної тканини, а Z_0 — імпеданс еталонного двополюсника. При цьому падіння напруги на Z_x , що визначається на виході повторювача (ПН), буде відповідати виразу

$$U_x = U_{\Sigma} Z_x / (Z_0 + Z_x). \quad (2)$$

Якщо взяти до уваги, що напруга U_{Σ} визначається як сума еталонної напруги U_0 і напруги U_x , то підставляючи у (2) значення U_{Σ} і розв'язуючи його відносно U_x , отримаємо вираз для вихідного сигналу перетворювача

$$U_x = U_0 Z_x / Z_0. \quad (3)$$

Значення U_x пропорційно імпедансу біологічної тканини Z_x і значенню еталонного струму $I_0 = U_0 / Z_0$, що протікає через нього.

Проте під час проведення досліджень виявилися істотні розбіжності в оцінках значення величини імпедансів біологічних тканин в області АТ. Розкид значень імпедансів обумовлений розходженнями в параметрах вимірювальних пристроїв (напруга діагностування U_x , значення заданого струму та його густина, що залежить від площі електродів, тривалість вимірювань тощо). Так, наприклад, напруга діагностування у різних методиках змінюється від сотень мілівольт до 30 В. Таким чином, необхідність стандартизації процесу вимірювань імпедансів біологічних тканин не викликає сумнівів.

Однак, навіть з умовою стандартизації вимірювань для різних індивідів, області оцінки значень імпедансів біологічних тканин в області АТ для органів з патологією і без неї перехреснюються, що значно знижує надійність результатів діагностування. Це можна пояснити такими чинниками.

Як відомо, зв'язок акупунктурних точок з відповідними органами можна розглядати як систему електричних провідників, що прокладені в інтерстиціальних тканинах. Тобто, з електричної точки зору, організм є складною системою взаємопов'язаних компонентів (органів дослідження) з розподіленими параметрами, в якій можуть бути присутні і компоненти з аномальними імпедансами, обумовленими патологією відповідних органів. Крім того, на поверхні шкіри можуть бути різноманітні виділення, що також обумовлюються особливостями організму, і (або) забруднення. Все це неминує призводить до шунту досліджуваних біологічних тканин композицією імпедансів інших органів і тканин серед яких можуть бути і аномальні. В результаті, якщо використовувати описані вище методи, еталонний струм, що задається, буде розгалужуватися і в ділянку шунта, тобто $I_0 = I_x + I_s$, де I_x і I_s — струми, що протікають відповідно через досліджуваний компонент і через ділянку шунта. При цьому вихідна напруга перетворювача складе

$$U_x = I_0 Z_x Z_s / (Z_x + Z_s). \quad (4)$$

Похибка вимірювань, в даному випадку, буде визначатися як

$$\delta = 1 - Z_s / (Z_s + Z_x). \quad (5)$$

і коли $Z_x \geq Z_s$ — може перевищувати 50 %. Цілком зрозуміло, що з такими значеннями похибок вимірювань важко забезпечити належну надійність результатів діагностики.

В задачах технічної діагностики широкий розвиток отримали методи інваріантних вимірювань параметрів компонентів складних об'єктів [9, 10]. Дані методи і пропонуються для задач медичної діагностики, щоб усунути вищевказаний недолік. Для реалізації таких вимірювань необхідно створити режим штучного електричного відокремлення ділянки, параметри якої вимірюються, від інших ділянок, що шунтують її. Для цього композицію компонентів, що визначає шунт, ділять на дві композиції, які визначають два послідовно з'єднаних шунти, тобто об'єкт розглядається як коло типу трикутник. Тоді достатньо «розірвати» шлях протікання струму в одному із шунтів, наприклад, за рахунок забезпечення рівності потенціалів на його полюсах, щоб еталонний струм протікав через ділянку, яка досліджується, а результат перетворення визначався б виразом (3).

Пристрій для реалізації запропонованого підходу показаний на рис. 16. Тут імпеданси Z_{s1} і Z_{s2} відображають дві ділянки, що шунтують імпеданс біологічної тканини Z_x , параметри якої вимірюються. Режим розриву протікання струму організується у гілці шунта Z_{s2} , для чого забезпечується рівність потенціалів на її полюсах X_1 і X_3 завдяки відповідному підключенню до полюсу X_3 вихідної напруги повторювача ПН U_x . При цьому, вплив на результат перетворення гілки шунта Z_{s1} не враховується через низьке значення вихідного опору повторювача ПН.

Щоб знешкодити вплив на результат вимірювань різноманітних виділень та забруднення шкіри, також можна скористатися описаним методом. Для цього, кожен з електродів, що підключають

до досліджуваної ділянки, виконують з двох частин: зовнішньої — у вигляді кільця, та внутрішньої — у вигляді стрижня, що знаходиться в центрі кільця (на рис. 1б не показано). При цьому, стрижні електродів приєднуються до точок X_1 і X_2 , а їх кільця — до точки X_3 . Геометричні параметри електродів вибираються в залежності від форми та особливостей біологічного об'єкта.

Висновок

Запропоновані методи дозволяють значно підвищити точність діагностики і прийняття відповідних рішень завдяки інваріантним вимірюванням параметрів біологічних об'єктів, що дозволяють локалізувати зони досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. — М.: Медицина, 1971. — С. 61.
2. Чжу Лянь Руководство по современной чжень-цзю терапии. — М., 1959. — 270 с.
3. Табеева Д. М. Руководство по иглорефлексотерапии. — М.: Медицина, 1980. — 560 с.
4. Портнов Ф. Г. Электростимуляционная рефлексотерапия. — 3-е изд., перераб. и доп. — Рига.: Зинатне, 1987. — 352 с.
5. В. Г. Вогралик, М. В. Вогралик Пунктурная рефлексотерапия: чжень-цзю. — Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1988. — С. 335.
6. Ionescu-Tirgoviste C., Bayenaru O. Electric diagnosis in acupuncture. — Amer. J. Acupuncture, 1984. — Vol. 12. — No 3. — P. 229—238.
7. Нетрадиційні методи діагностики та терапії / І. З. Самосюк, Ю. П. Ліманський та ін. — К.: Здоров'я, 1994. — 240 с.
8. Макац В., Макац Д., Ладуба Ю., Макац С., Власюк А. Функціональна біоенергодіагностика стійкості вегетативної нервової системи і її біоактиваційна корекція (по В. Макац). — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1997 р. — 100 с.
9. Байда Н. П., Месюра В. И., Роик А. М. Самообучающиеся анализаторы производственных дефектов РЭА. — М.: Радио и связь, 1991. — 256 с.
10. Мартяшин А. И., Орлова А. В., Шляндин В. Н. Преобразователи параметров сложных электрических цепей. — М.: Энергоатомиздат, 1981. — 72 с.

Стаття рекомендована до опублікування V міжнародною науково-технічною конференцією «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-99)