

УДК 621.317:612.84

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОЧОК АКУПУНКТУРИ ЛЮДИНИ

М.Х. ЖУРАСВА

Київський національний університет технологій та дизайну

Вимірювач може використовуватися в медицині для визначення електричних параметрів точок акупунктури без дії зовнішньої електричної напруги при діагностиці і лікуванні захворювань методами електропунктури

Достовірність проведення діагностичних досліджень методами електропунктури великою мірою визначається точністю вимірювання електрошкіряного опору (ЕШО) і електрошкіряного потенціалу (ЕШП). При цьому доцільно виключити вплив зовнішньої електричної напруги і відповідного їй струму на точки акупунктури через шкідливий вплив струму, що протікає на кліткові структури, зокрема на тучні клітини, що належать до елементів дифузної ендокринної системи [1].

Об'єкти та методи дослідження

Відомий метод вимірювання електричних параметрів точок акупунктури [2], при якому накладають на точку акупунктури вимірювальний і в її межах додаткові електроди, вимірюють різницю електрошкіряних потенціалів між електродами, вмикають між електродами калібрований резистор, вимірюють падіння напруги на каліброваному резисторі і обчислюють значення електроконтактного опору точки акупунктури за формулою.

Завдяки використанню властивості організму людини мати електрошкіряні потенціали і струм, що протікає у вимірювальній схемі під дією цих потенціалів, виключена потреба в зовнішнього джерела напруги. Проте через нестабільні значення вимірювального струму і падіння напруги на каліброваному резисторі знижується точність вимірювання параметрів за рахунок нелінійності ЕШО. Крім того, невисока точність і чутливість мілівольметра, яким вимірюють різницю ЕШП і падіння напруги на змінному каліброваному резисторі, також знижує точність вимірювання ЕШО і ЕШП.

Відомий також метод вимірювання електричних параметрів точок акупунктури [3], при якому накладають вимірювальний електрод на точку акупунктури і опорний електрод, вмикають електроди в електричну схему, підключають до них калібрований резистор з відомим опором та визначають електричні параметри. Крім того, відомий метод включає операції додаткової зміни опору під'єданого каліброваного резистора до тих пір, поки різниця потенціалів між вимірювальним і додатковим електродами не стане дорівнювати заданому сталому значенню напруги.

Відомий метод не забезпечує високої точності вимірювання ЕШО і ЕШП через вплив похибок мілівольметра на значення ЕШО, обмежений діапазон вимірювання ЕШО, тому що опір каліброваного резистора може змінюватися у відносно невеликих межах. Крім того, різниця потенціалів між вимірювальним і додатковим електродами, який розміщений біля досліджуваної акупунктурної точки, не дає інформації про структуру потенціальної мережі по всій поверхні шкіри людини.

Постановка завдання

В основу цієї розробки покладено завдання створити такий метод вимірювання електричних параметрів точок акупунктури, в якому шляхом введення нових операцій і розрахункових співвідношень забезпечувалось би підвищення точності вимірювання як електрошкіряного опору, так і

електрошкіряного потенціалу в широкому діапазоні їх значень, завдяки чому досягають більш достовірної картини розподілу ЕШО і ЕШП по всій поверхні шкіри людини.

Результати та їх обговорення

Поставлене завдання вирішується методом вимірювання електричних параметрів точок акупунктури, при якому накладають вимірювальний електрод на точку акупунктури, а опорний електрод – на нижню частину кінцівки, охоплюючи її як електричну схему. Вмикають електроди в електричну схему, підключають до них калібрований резистор з відомим опором та визначають електричні параметри. Згідно з запропонованим методом використовують мостову схему, при цьому електроди вмикають в її вимірювальне плече, а через плече порівняння набір каліброваних резисторів з відомим опором підключають до електродів. Періодично закорочують вихідну діагональ мостової схеми, а з вхідної знімають два періодично виникаючі падіння напруги, які по чергово підсилюють, розділяють, запам'ятовують, вимірюють та порівнюють між собою. Приводять до нуля різницю порівнюваних напруг зміною опорів каліброваних резисторів плеча порівняння та опорів плечей співвідношення мостової схеми, а також вимірюють одну з порівнюваних напруг.

На рисунку представлена електрична схема, за допомогою якої реалізується запропонований метод.

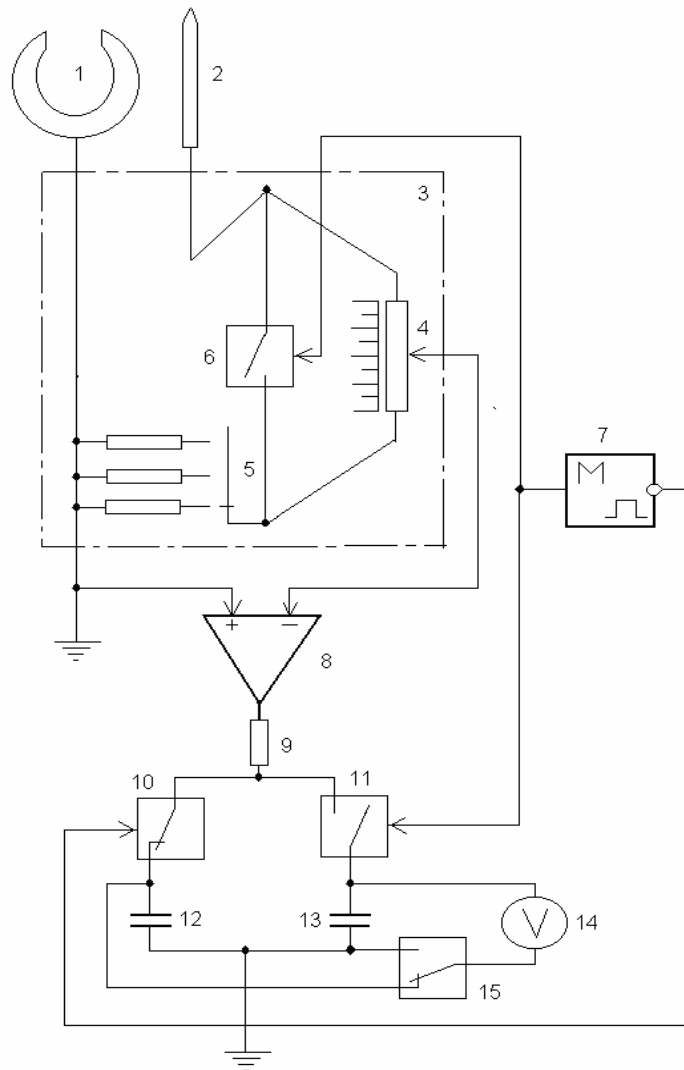
Опорним електродом 1, який заземлений і має форму кільцевого затискача, охоплюють нижню частину ноги чи руки досліджуваної людини. Вимірювальний електрод 2 має форму голки, ним торкаються вибраної акупунктурної точки на шкірі людини. Вимірювальний 2 і опорний 1 електроди ввімкнені в електричну мостову схему 3. Як змінні опори в плечі співвідношення схеми вмикаємо калібрований реохорд 4 із наскрізним контактом, а у плече порівняння – набір каліброваних резисторів 5. У вихідну діагональ мостової схеми ввімкнено автоматичний ключ 6, який керується мультівібратором 7. Вхідна діагональ мостової схеми з'єднана із входом операційного підсилювача 8. До виходу операційного підсилювача 8 через резистор 9 і автоматичні ключі 10 і 11 під'єднані накопичувальні конденсатори 12 і 13. Вольтметр 14 одним затискачем під'єднано до конденсатора 13, а другим – до перемикача 15, один полюс якого з'єднано з накопичувальним конденсатором 12, а другий – з загальною заземленою шиною вимірювальної схеми. Автоматичний ключ 10 керується від інверсного виходу мультівібратора 7.

Метод здійснюють таким чином.

При накладанні на живий організм опорного 1 і вимірювального 2 електродів між ними виникає різниця електричних потенціалів, яка визначається електрошкіряним потенціалом (ЕШП) E_x у вибраній акупунктурній точці відносно нульового потенціалу заземленого опорного електрода. Під впливом ЕШП через плечі мостової схеми 3 при розімкненому ключі 6 починає протікати електродний струм

$$I_1 = \frac{E_x}{R_x + R_1 + R_2 + R_3}, \quad (1)$$

де R_x – опір між електродами 1 і 2; R_1 і R_2 – опори плечей каліброваного реохорда 4; R_3 – опір ввімкнутого каліброваного резистора з набору 5.



Метод вимірювання електричних параметрів точок акупунктури

У подальшому будемо вважати, що внутрішній опір між електродами 1 і 2 визначається тільки електрошкіряним опором акупунктурної точки без врахування опору підшкірних тканин і перехідного опору між поверхнею опорного електроду – затискача 1 і шкірою людини, тому що вони мають дуже малі значення.

На вхід операційного підсилювача 8 діє падіння напруги від електродного струму (1) на опорі R_3 каліброваного резистора 5 і опорі R_2 нижньої частини реохорда 4. Падіння напруги

$$U_1 = \frac{R_2 + R_3}{R_x + R_1 + R_2 + R_3} E_x, \quad (2)$$

підсилюється операційним підсилювачем 8 і через резистор 9 та замкнутий контакт автоматичного ключа 10 заряджає конденсатор 12. Резистор 9 і конденсатор 12 є елементами електричного інтегратора, який в процесі заряджання усереднює власні шуми операційного підсилювача 8 і зовнішні наводки. Враховуючи коефіцієнт підсилення K операційного підсилювача 8 усереднена напруга на конденсаторі 12 визначається за виразом (3)

$$U_2 = m \cdot K \frac{R_2 + R_3}{R_x + R_1 + R_2 + R_3} E_x, \quad (3)$$

де m – масштабний коефіцієнт інтегратора.

Одночасно електричний інтегратор виконує і функцію запам'ятовування одного із значень падіння напруги у вхідній діагоналі мостової схеми. У подальшому ця напруга використовується як одна із порівнюваних напруг, яка визначається як ЕШП E_x , так і значенням ЕШО R_x .

Автоматичні ключі 6 і 11 керуються від одного плеча мультівібратора 7 і тому мають однаковий стан. При перемиканні мультівібратора 7 автоматичні ключі 6 і 11 замикаються, а автоматичний ключ 10 розмикається. При цьому напруга на конденсаторі 12 зберігається.

У результаті замикання автоматичного ключа 6 шунтуються плечі каліброваного реохорда 4 і електродний струм мостової схеми збільшується до значення

$$I_2 = \frac{E_x}{R_x + R_3}. \quad (4)$$

Відповідно до струму (4) змінюється і падіння напруги у вхідній діагоналі мостової схеми. Завдяки тому, що вхідний опір операційного підсилювача 8 набагато більший від паралельно ввімкнених опорів плечей реохорда 4, на вхід операційного підсилювача діє все падіння напруги від струму (4) на каліброваному резисторі 5

$$U_3 = \frac{R_3}{R_x + R_3} E_x. \quad (5)$$

Напруга (5) також підсилюється операційним підсилювачем 8 і запам'ятовується через замкнутий автоматичний ключ 11 конденсатором 13. В результаті усереднення конденсатором 13 запам'ятовується напруга

$$U_4 = m \cdot K \frac{R_3}{R_x + R_3} E_x. \quad (6)$$

Вольтметр 14 через перемикач 15, який знаходиться в показаному на кресленні положенні, вимірює різницю запам'ятованих напруг $U_2 - U_4$. При безперервній роботі мультівібратора 7 автоматичні ключі 10 і 11 періодично підзаряджають конденсатори 12 і 13, що виключає вплив їх саморозряду. Різниця порівнюваних напруг :

$$U_5 = n(U_2 - U_4), \quad (7)$$

де n – коефіцієнт пропорційності, який залежить від частоти перемикачів автоматичних ключів і опору вольтметра.

Опір резистора з набору 5 вибирають близьким до очікуваного значення електрошкіряного опору досліджуваної точки акупунктури. Переміщенням повзунка реохорда 4 досягають нульового значення показів вольтметра 14, що означає рівність порівнюваних напруг

$$U_2 = U_4. \quad (8)$$

Підставляючи у рівняння (8) значення напруг U_2 і U_4 з рівнянь (3) і (6), одержуємо рівняння опорів

$$\frac{R_2 + R_3}{R_x + R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R_3}{R_x + R_3}. \quad (9)$$

Розв'язавши рівняння (9) відносно R_x , одержимо значення електрошкіряного опору в досліджуваній акупунктурній точці:

$$R_x = R_3 \frac{R_1}{R_2}. \quad (10)$$

З отриманого виразу (10) випливає, що значення розшукуваного опору R_x визначається значенням опору каліброваного резистора R_3 і положенням повзунка каліброваного реохорда 4 і не залежить від похибок і чутливості вольтметра 14, а також параметрів вимірювальної схеми порівняння (K, m, n) і значення електрошкіряного потенціалу E_x , що і забезпечує високу точність вимірювання електрошкіряного опору.

Далі згідно з запропонованим методом визначають одну з запам'ятованих напруг. Для цього перемикач 15 переводять у протилежне положення, тобто під'єднують вольтметр 14 до конденсатора 13, який запам'ятав одну з порівнюваних напруг. У момент рівності $U_2 = U_4$ запам'ятована напруга визначається за виразом (6). Підставивши у цей вираз (6) значення R_x з виразу (10), отримаємо

$$U_4 = m \cdot K \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_x, \quad (11)$$

звідки електрошкіряний потенціал акупунктурної точки

$$E_x = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \frac{U_0}{m \cdot K}, \quad (12)$$

де $U_0 = U_4$ – одна з вимірних порівнюваних напруг у момент їх рівності. Значення коефіцієнта ділення $(R_1 + R_2)/R_2$ визначають за тим же кутовим чи лінійним переміщенням повзунка реохорда 4. При цьому на результат вимірювання не впливає значення електрошкіряного опору R_x у досліджуваній точці акупунктури. Узагальнюючий коефіцієнт, який дорівнює добутку $m \cdot K$, що залежить від схеми підключення операційного підсилювача 8 і інтегратора, визначають у процесі калібрування.

Висновки

Запропонований метод забезпечує роздільне вимірювання електрошкіряного опору R_x і електрошкіряного потенціалу E_x в точках акупунктури з високою точністю, тому що на вимірюваний електрошкіряний опір не впливає величина електрошкіряного потенціалу цієї точки, а на значення електрошкіряного потенціалу – електрошкіряний опір у цій точці.

У результаті роздільних вимірів ЕШО та ЕШП забезпечується можливість отримати достовірну картину енерго-інформаційного поля людини. Завдяки високій чутливості методу до малих змін електрошкіряного опору (на рівні 0,05...0,1 Ом) і малих змін електрошкіряного потенціалу (на рівні 5...10 мкВ) поліпшити діагностичні можливості визначення прихованих хворобливих порушень в організмі людини або шкідливих проявів від впливу, наприклад неякісного харчування та води.

Запропонований метод вимірювання електричних параметрів точок акупунктури було реалізовано з застосуванням стандартних елементів реохордного моста постійного струму, інтегрального

операційного підсилювача і цифрового вольтметра. Для автоматичної комутації діагоналі мостової схеми і елементів пам'яті були застосовані електронні ключі і мультівібратор у мікроелектронному виконанні. Відносна похибка вимірювання не перевищувала $\pm 0,5\%$. При цьому організм людини не зазнає шкідливого впливу зовнішньої електричної напруги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загрядский В.А., Злоказов В.П. Метрология и электробезопасность при пунктурной электродиагностике//Известия Таганрогского радиотехнического университета. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998.– С. 68-71.
2. А.с. СССР № 1111760 А, МПК А 61 Н 39/02, 1984.
3. Патент Российской Федерации № 2132154, МПК А 61 В 5/05, А 61 Н 39/02, 1999.

Надійшла