



УКРАЇНА

(19) UA (11) 65068 (13) C2
(51) МПК (2006)
A61B 5/05МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЖИВИХ ТКАНИН

1

(21) 2003054717

(22) 26.05.2003

(24) 15.03.2007

(46) 15.03.2007, Бюл. № 3, 2007 р.

(72) Ярута Віктор Олексійович

(73) Ярута Віктор Олексійович

(56) RU 2029493, 27.02.1995

SU 1547808, 07.03.1990

SU 799756, 30.01.1981

US 5454377, 03.10.1995

WO 0015110, 23.03.2000

(57) Спосіб вимірювання електричних параметрів живих тканин, який полягає у тому, що до біологічно активної точки (БАТ) через електрод подають імпульс усталеного струму заданих величини, полярності та тривалості, одночасно за допомогою вольтметра реєструють перехідний процес за напругою, який виникає в електричній ланці, створений електродом та БАТ, показання вольтметра дискретизують, після цього за допомогою ітераційного алгоритму знаходять наближені значення опору та ємності шкіри, а також опору внутрішніх тканин, який відрізняється тим, що при використанні металевих, резистивних або ємнісних електродів під час проведення одноразових або багаторазових моніторингових вимірювань з забезпеченням контролю кількості електричної

2

енергії, яка при цьому впливає на живі тканини, та інтерпретації знайденої величини опору шкіри в межах відомих методів електропунктурної діагностики (Фолль, Накатані), спочатку приймають, що стала часу перехідного процесу за напругою, що реєструється, дорівнює 15мс, при цьому при виконанні повторного вимірювання знайдене у попередньому разі значення сталої часу перехідного процесу приймають за первинне, далі встановлюють час вимірювання, що дорівнює п'яти сталим часу, пропускають струм крізь БАТ впродовж встановленого часу вимірювання, дискретизують показання вольтметра, уточнюють значення сталої часу перехідного процесу за допомогою спеціальної ітераційної формули, яка забезпечує швидке гарантоване збігання ітераційного процесу до сталого значення, після цього обчислюють опір та ємність шкіри, а також опір внутрішніх тканин, також обчислюють значення кількості електричної енергії, яку поглинула БАТ впродовж процесу вимірювання, та відображають його поряд із знайденими величинами електричних параметрів живих тканин, вимірювання повторюють, якщо потрібно використати відомі методи електропунктурної діагностики за Фоллем або Накатані, виконують перетворення отриманої величини опору шкіри у значення відліку за шкалою таблиці Фолля або Накатані.

Спосіб вимірювання відноситься переважно до медицини, а саме до імпедансометрії, та може бути використаним для знаходження величин електричних параметрів живих тканин, таких як: опір та ємність шкіри, а також опір внутрішніх тканин - як при одноразовому, так і в процесі їх багаторазового (моніторинг) вимірювання.

Відомий спосіб дослідження регенератора тканини кістки [А.с. 824994 ССРСР, МКИ А61В5/05. Спосіб дослідження регенератора костной ткани /Ю.К. Вилкс, Х.А. Янсон (СССР). -№2794127/28 - 13; Заявлено 15.06.79; Опубл. 30.04.81, Бюл. №16. -Зс.], згідно з якого за допомогою чотирьох електродів, які оперативно вносять у зону пошкодження кістки, роблять багаторазове вимірювання активних опорів та ємності її регенератору. По зміні цих

величин роблять висновки про напрямок регенерації тканини кістки. Недоліком цього способу є неможливість його використання для непошкоджуючого виміру електричних параметрів живих тканин інших типів.

Найбільш близьким за технічною суттю та досягнутому ефекту є спосіб вимірювання повного опору живих тканин на імпульсному струмі [Ярута В.А. Измерение полного сопротивления живых тканей на импульсном токе //Проблемы бионики. - 2001. -Вып.54. -С.42-46], згідно з яким до біологічно активної точки (БАТ) через ємнісний електрод подається скачок стабілізованого струму заданої величини, полярності та тривалості. Одночасно, за допомогою вольтметра, реєструється перехідний процес за напругою, який виникає в електричній

(13) C2

(11) 65068

(19) UA

ланці, створеній електродом та БАТ, показники вольтметра дискретизуються. Після цього за допомогою ітераційного алгоритму знаходять наближені значення опору та ємності шкіри, опору внутрішніх тканин та ємності вимірювального електроду. Недоліком цього способу є те, що невідомо яким чином інтерпретувати отримані величини опору шкіри та неможливо контролювати енергію, що впливає на БАТ під час вимірювання її стану, а також неможливо застосовувати цей спосіб при використанні вимірювальних електродів інших типів (резистивних або металевих). Крім того вище зазначений алгоритм може мати велику кількість ітерацій або взагалі розбігатись.

В основу винаходу поставлено задачу швидко-го гарантованого знаходження електричних параметрів живих тканин, таких як: опір та ємність шкіри, а також опір внутрішніх тканин - при використанні металевих, резистивних або ємнісних електродів у разі проведення одноразових або багаторазових (моніторинг) вимірювань з забезпеченням контролю кількості електричної енергії, яка при цьому впливає на живі тканини та інтерпретації знайденої величини опору шкіри в межах відомих методів електропунктурної діагностики (Фолль, Накатані).

Такий технічний результат досягається тим, що при здійсненні способу вимірювання електричних параметрів живих тканин спочатку знаходять наближене значення сталої часу перехідного процесу, що виникає в електричній ланці, створеній вимірювальним електродом та БАТ, з наперед заданою точністю за допомогою ітераційного процесу, що гарантовано збігається з найбільшою швидкістю, а потім, в залежності від типу вимірювального електроду, роблять наближені обчислення опору та ємності шкіри, а також опору внутрішніх тканин. Крім того, обчислюють кількість електричної енергії, яка вплинула на БАТ під час проведення процедури вимірювання, та для знайденого значення опору шкіри, при необхідності, обчислюють еквівалентний відлік за шкалою Фолля або Накатані.

Спосіб вимірювання електричних параметрів живих тканин проводиться у такому порядку.

Спочатку до БАТ через металевий, резистивний або ємнісний електрод подається скачок стабілізованого струму заданої величини та полярності. Приймається, що стала часу перехідного процесу, що реєструється, τ , близька до 15мс. Та встановлюється, що час пропускання струму через БАТ дорівнює п'яти сталим часу. Таким чином, стабілізований струм пропускається через БАТ впродовж 75мс. При цьому одночасно реєструється перехідний процес за напругою, який виникає в електричній ланці, створеній електродом та БАТ за допомогою вольтметра, показники якого дискретизуються за рівнем та часом з періодом дискретизації T . Таким чином отримують ряд дискретних значень напруги $U[iT]$ загальною кількістю N ($i=0, N-1$). Цей ряд розбивають на дві різні частини. Після цього послідовно уточнюють значення сталої часу перехідного процесу з наперед заданою похибкою β за допомогою наступної ітераційної формули:

$$(\tau)_{m+1} = (\tau)_m + p \cdot f(\tau_m), \quad (1)$$

де τ_{m+1} - значення сталої часу τ на $m+1$ кроці ітераційного процесу, τ_m - значення сталої часу τ на m кроці ітераційного процесу, m - номер ітерації, p - коефіцієнт, $f(\tau_m)$ - значення допоміжної функції $f(\tau)$ при $\tau = \tau_m$.

Коефіцієнт p обчислюється за допомогою наступної формули:

$$p = \frac{1}{f_{\tau}(\tau_m)},$$

де $f_{\tau}(\tau_m)$ - значення першої похідної допоміжної функції $f(\tau)$ за сталою часу τ при $\tau = \tau_m$.

Допоміжна функція $f(\tau)$ визначається за наступною формулою:

$$f(\tau) = \tau \cdot \left(\frac{1}{T} \cdot \frac{b_2 - b_1}{k_2 - k_1} \cdot \frac{h_2(\tau) - h_1(\tau)}{g_2(\tau) - g_1(\tau)} - 1 \right),$$

де $b_2, b_1, h_2(\tau), h_1(\tau), k_2, k_1, g_2(\tau), g_1(\tau)$ - коефіцієнти та функції, які обчислюються за наступними формулами:

$$b_2 = \frac{\sum_{i=A_2}^{B_2} i^2 \cdot \sum_{i=A_2}^{B_2} U[iT] - \sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot \sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot U[iT]}{N_2 \sum_{i=A_2}^{B_2} i^2 - \left(\sum_{i=A_2}^{B_2} i \right)^2},$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=A_1}^{B_1} i^2 \cdot \sum_{i=A_1}^{B_1} U[iT] - \sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot \sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot U[iT]}{N_1 \sum_{i=A_1}^{B_1} i^2 - \left(\sum_{i=A_1}^{B_1} i \right)^2},$$

$$h_2(\tau) = \frac{\sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot \sum_{i=A_2}^{B_2} e^{-\frac{iT}{\tau}} - N_2 \sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot e^{-\frac{iT}{\tau}}}{N_2 \sum_{i=A_2}^{B_2} i^2 - \left(\sum_{i=A_2}^{B_2} i \right)^2},$$

$$h_1(\tau) = \frac{\sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot \sum_{i=A_1}^{B_1} e^{-\frac{iT}{\tau}} - N_1 \sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot e^{-\frac{iT}{\tau}}}{N_1 \sum_{i=A_1}^{B_1} i^2 - \left(\sum_{i=A_1}^{B_1} i \right)^2},$$

$$k_2 = \frac{1}{T} \cdot \frac{N_2 \sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot U[iT] - \sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot \sum_{i=A_2}^{B_2} U[iT]}{N_2 \sum_{i=A_2}^{B_2} i^2 - \left(\sum_{i=A_2}^{B_2} i \right)^2},$$

$$k_1 = \frac{1}{T} \cdot \frac{N_1 \sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot U[iT] - \sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot \sum_{i=A_1}^{B_1} U[iT]}{N_1 \sum_{i=A_1}^{B_1} i^2 - \left(\sum_{i=A_1}^{B_1} i \right)^2},$$

$$g_2(\tau) = \frac{\sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot \sum_{i=A_2}^{B_2} i \cdot e^{-\frac{iT}{\tau}} - \sum_{i=A_2}^{B_2} i^2 \cdot \sum_{i=A_2}^{B_2} e^{-\frac{iT}{\tau}}}{N_2 \sum_{i=A_2}^{B_2} i^2 - \left(\sum_{i=A_2}^{B_2} i \right)^2},$$

$$g_1(\tau) = \frac{\sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot \sum_{i=A_1}^{B_1} i \cdot e^{-\frac{iT}{\tau}} - \sum_{i=A_1}^{B_1} i^2 \cdot \sum_{i=A_1}^{B_1} e^{-\frac{iT}{\tau}}}{N_1 \sum_{i=A_1}^{B_1} i^2 - \left(\sum_{i=A_1}^{B_1} i \right)^2},$$

тут A_2, B_2 - номери початкового та кінцевого відліків другої частини ряду дискретних значень напруги $U[iT]$; N_2 - загальна кількість відліків другої частини ряду дискретних значень напруги $U[iT]$; A_1, B_1 - номери початкового та кінцевого відліків першої частини ряду дискретних значень напруги $U[iT]$; N_1 - загальна кількість відліків першої частини ряду дискретних значень напруги $U[iT]$. Причому значення A_1, B_1, A_2 та B_2 обираються таким чином, що $A_1 < B_1$ та $A_2 < B_2$.

Швидко гарантоване збігання ітераційної формули (1) забезпечується завдяки тому, що коефіцієнт p обирається таким чином, що при $\tau = \tau_m$ виконується умова:

$$(\tau + p \cdot f(\tau))'_{\tau} = 0.$$

Ітераційний процес завершують, коли виконується наступна умова:

$$|\tau_{m+1} - \tau_m| < \beta,$$

Далі обчислюють значення опору, $R_{шк}$, та ємності, $C_{шк}$, шкіри за наступними співвідношеннями:

$$R_{шк} = \frac{1}{I} \cdot \frac{b_2 - b_1}{g_2(\tau_m) - g_1(\tau_m)},$$

$$C_{шк} = I \cdot \frac{\tau_m}{T} \cdot \frac{h_2(\tau_m) - h_1(\tau_m)}{k_2 - k_1}$$

де I - величина вимірювального струму.

Тепер, якщо використовується резистивний електрод, то обчислюють опір внутрішніх тканин за наступною формулою:

$$R_{TK} = \frac{1}{I} \left(b_1 - (1 + g_1(\tau_m)) \cdot \frac{b_2 - b_1}{g_2(\tau_m) - g_1(\tau_m)} \right) - R_e.$$

де R_e - відомий опір електроду.

Якщо ж використовується металевий або ємнісний електрод, то обчислюють опір внутрішніх тканин за такою формулою:

$$R_{TK} = \frac{1}{I} \left(b_1 - (1 + g_1(\tau_m)) \cdot \frac{b_2 - b_1}{g_2(\tau_m) - g_1(\tau_m)} \right)$$

Якщо наступне вимірювання електричних параметрів живих тканин необхідно проводити через незначний проміжок часу, тобто необхідно проводити моніторинг величин опору та ємності шкіри, а також опору внутрішніх тканин, то знайдене уточнене значення сталої часу перехідного процесу приймають за первинне у новому ітераційному процесі. Інакше приймається, що первинне значення сталої часу дорівнює 15мс. Далі встановлюють час вимірювання рівним п'яти сталим часу. Пропускають вимірювальний струм через БАТ впродовж встановленого часу вимірювання, дискретизують показники вольтметра, уточнюють значення сталої часу перехідного процесу за співвідношенням (1) та знаходять електричні параметри живих тканин. І так далі.

Оскільки в процесі вимірювання крізь БАТ пропускають електричний струм, який змінює її стан та стан всього організму в цілому, то для об'єктивної оцінки отриманих результатів при j -му вимірюванні оцінюють кількість електричної енергії, що поглинула БАТ, W_j , за наступним співвідношенням:

$$W_j = IT \sum_{i=1}^{N-1} U[iT]$$

Отримане таким чином значення відображують поряд зі знайденими величинами електричних параметрів живих тканин. Якщо ж проводиться моніторинг електричних параметрів живих тканин, тоді додатково роблять підрахунок загальної кількості електричної енергії, що поглинула БАТ, W_{Σ} , за наступним співвідношенням:

$$W_{\Sigma} = \sum_{j=1}^M W_j$$

де M - загальна кількість одиничних вимірювань стану БАТ.

При необхідності використання відомих методів електропунктурної діагностики за Фоллем або Накатані роблять перетворення отриманої величини опору шкіри у значення відліку шкали таблиці Фолля, X_f , або Накатані, X_n , за наступними співвідношеннями:

$$X_f = 10 \frac{754000 - R_{шк}}{384000},$$

$$X_n = \frac{7000000}{70000 - R_{шк}}.$$

Після цього користуються вищезазначеними методами електропунктурної діагностики.

Застосування способу вимірювання електричних параметрів живих тканин дозволяє:

- швидко та гарантовано знаходити наближені значення опору та ємності шкіри, а також опору внутрішніх тканин як при одноразовому, так і при багаторазовому вимірюванні у разі використання металевих, резистивних або ємнісних електродів;
- об'єктивізувати результати виміру стану БАТ;
- використовувати рекомендації відомих методів електропунктурної діагностики за Фоллем або Накатані.

