

ПОЛТИСКАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА КОНТАКТНИЯ ИМПЕДАНС ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ
НА КОЖНО - ЕЛЕКТРИЧЕСКА АКТИВНОСТ (КЕА)

ИНЖ. МЕДЕНУ ДАТОН, Доц. КТН ИЛИОН БОГДАНОВ СТАМБОЛИЕВ
Кат. Е Т , ФЕТТ, Т У - СОФИЯ

I ВЪВЕДЕНИЕ

Кожно-Електрическата Активност (КЕА) е един важен елемент при психофизиологичните изследвания. Техническите средства за регистрирането ѝ са част от апаратурата за електрофизиологическите експерименти. Един конкретен нерешен още проблем тук е влиянието на непостоянния импеданс, образуван от непостоянната сила на контакта между електродите и кожата. Така наречения кожно - електроден (контактен) импеданс или контактно съпротивление може да се сведе до минимум чрез подходяща обработка на кожата при някои изследвания: (ЕКГ, ЕЕГ, ЕМГ и др). При КЕА обработката на кожата е много специфична [1,6] и това не позволява минимизирането на контактния импеданс. В тази статия е предложен технически метод и устройство за подтискане на влиянието на контактния импеданс от КЕА. Устройството дава също възможността за едновременното изследване на КЕА по ФЕРЕ и по ТАРХАНОВ [3,4].

II ТРИЕЛЕКТРОДЕН МЕТОД ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА КЕА

Премахването на влиянието на непостоянното по характер контактно съпротивление може да се осъществи само по технически път при регистрирането на сигналите на КЕА. Докато при ЕПГ този въпрос се решава чрез използване на диференциални усилватели в тетраполярния метод, на специални пастки, то при измерване на биопотенциали и в някои други случаи е възможно само да се сигнализира, дали има или не добър контакт. Четири електродната техника допринася много в тази борба в ЕПГ. Предложеното в тази статия решение за намаляването на влиянието на контактния импеданс се основава на триелектродната техника, основното звено на която е показана на фиг.1., а еквивалентната електрическа схема - на фиг.2.

кожата между активния електрод (ME) и токовия електрод (CE) (измервания импеданс) и между пасивния електрод (RE) и токовия (CE) (електродите RE и CE се поставят в неактивна зона по отношение на KEA); Z_c , Z_r и Z_m са резултатните контактни и кожно-електродно съпротивления (контактни импеданси); U_r , U_c , U_m са напреженията върху съответните електроди; E_r , E_c и E_m са потенциалите в кожата под пасивния, токовия и активния електрод, съгласно модела на Fowles [2].

В реални условия трите контактни импеданса са различни ($Z_c \neq Z_r \neq Z_m$). Когато са взети сериозни мерки, както се изисква в практиката на физиологичните измервания и особено в случая на KEA, разликата между тези импеданси е малка. За пълен и по-точен анализ, приемаме контактния импеданс Z_m за репер и ΔZ_1 разликата между него и Z_c , а ΔZ_2 - разликата между него и Z_r , т.е:

$$Z_c = Z_m + \Delta Z_1 ; \quad Z_r = Z_m + \Delta Z_2 \quad (1)$$

От анализа на схемата показана на фиг.1 и нейната еквивалентна електрическа схема показана на фиг.2 и имайки предвид равенствата (1), може да се напише следната система уравнения:

$$\begin{cases} U_c - 0 = -I_1 (Z_m + \Delta Z_1) + \\ \quad + I (Z_m + \Delta Z_1 + Z_m + Z_{mc} + R_s) + E_c - E_m \\ U_c - U_r = I (Z_m + \Delta Z_1) + E_c - E_r \\ U_c = A (E_o - U_r) \end{cases} \quad (2)$$

където I и I_1 са съответно токове протичащи в кръговете I и II, A е коефициент на усилване на операционния усилвател DA без обратна връзка, R_s - шунтовото съпротивление за измерване на напрежението U_m .

Поради факта че пасивният и токовият електрод са разположени близко един до друг, токът I_1 е много малък. От друга страна, токът I е входен ток на операционния усилвател DA и е от порядъка на наноампери, което е пренебрежимо в сравнение с измервателния ток (от порядъка на $10 \mu A$).

В резултат на тези разсъждения, системата (2) може да се опрости значително и чрез преобразуване на получените формули и

избор на операционен усилвател с голям коефициент на усилване без обратна връзка се получава:

$$I = (E_m + E_o - E_r) / (Z_m + Z_{mc} + R_s + \Delta Z_2) \quad (3)$$

$$V = U_c - U_m = I (2Z_m + Z_{mc} + \Delta Z_1) + E_c - E_m \quad (4)$$

$$U_r = I (Z_m + Z_{mc} + R_s + \Delta Z_2) + E_r - E_m \quad (5)$$

и

$$U_z = 2U_r - V = I (Z_{mc} + 2R_s + 2\Delta Z_2 - \Delta Z_1) + 2E_r - E_c - E_m \quad (6)$$

Последният израз вече не съдържа контактното съпротивление, а само неговото влияние причинено от разликата между трите контактни импеданса.

Ако приемаме идеални условия т.е. $\Delta Z_1 = \Delta Z_2 = 0$ (всички контактни импеданси са равни), се получава:

$$U_z' = I (Z_{mc} + 2R_s) + 2E_r - E_c - E_m \quad (7)$$

От (6) и (7) се предполага, че контактният импеданс е премахнат стопроцентно. Допуснатата грешка в такъв случай е по-малка от 20 % когато разликата между два произволно избрани контактни импеданса достига стойността от 10 K Ω (такова стойност обаче говори за груби измервания).

напрежителните, а в триелектродния метод това не е необходимо;

3/ в триелектродния метод степента на намаляването на влиянието на контактния импеданс се оценява качествено и количествено.

Ако се измерва КЕА по ФЕРЕ, електродите се поставят в области слабо активни или еднакво активни по Тарханов, т.е.

$$E_r = E_c = E_m = 0 \text{ или } E_r = E_c = E_m \neq 0, \quad (8)$$

поради което във всички случаи е валидно равенството:

$$2 U_r - V = I (Z_{mc} + 2 R_s) \quad (9)$$

От тези уравнения се вижда, че може да се създадат прости схемни решения за премахването на влиянието на контактния импеданс от импедансните измервания.

III СХЕМНИ РЕШЕНИЯ

Тези зависимости показват, че при изследването на КЕА е възможно да се елиминира влиянието на контактния импеданс и може да се търкува с оглед получаване на адекватна схема за измерване на КЕА по ФЕРЕ или по Тарханов:

1 / При изследване на КЕА по Фере, е в сила израза (8) и в такъв случай се получава израза (9).

2 / При изследване на КЕА по Тарханов, пасивният и токовият електрод се поставят на пасивни места, т.е. $E_r = E_c = 0$, така също $I = 0$ и от (7) се получава връзката:

$$E_m = V - 2U_r$$

В двата случая се вижда, че схемното решение ще има една обща основна част. Блоквата и принципната схеми на решението са показани на фиг.3 и фиг.4, в които с ΔU_1 и U_2 са означени диференциален и недиференциален усилватели, с Σ - аналогов суматор, $DA_i (i=1,4)$ са операционни усилватели, а R - съпротивления. Принциплът на работата на схемата е следната: напрежението между токовия и активния електрод получено от диференциалния усилвател ΔU_1 се сумира с два пъти напрежението между пасивния електрод и земята в суматора. Операционният усилвател DA_4 инвертира тази сума и в случая на измерването на феномена на Тарханов дава кожния потенциал със собствения му поляритет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен е метод за потискане влиянието на контактният импеданс, при който напрежението между токовия и активния електрод се сумира с два пъти напрежението върху пасивния електрод и по този начин влиянието на контактният импеданс е потиснато до повече от 98 % ако разликата между два произволни от трите контактни импеданса е по-малка от $1 \text{ K}\Omega$ и до над 80 %, ако тази разлика достига стойността от $10 \text{ K}\Omega$. Създаденото устройство дава също възможност КЕА да се регистрира по двата традиционни метода едновременно и/или по отделно с лека модификация в схемата.

Ако тетраполюсният метод, използван в импеданс

1 / Powles, D.C., et al. Publication Recommendations for EDA measurements. Psychophysiology vol.18 N3 1981.

2 / Martine, I., Venables, H. P. Techniques in psychophysiology. John-Viley & sons LTD 1980.

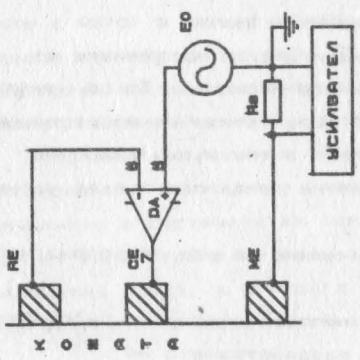
3/ Qiao, Z.-G., Morkrid, L., Grinnes, S. Simultaneous measurement of electrical admittance, blood flow and temperature at the same skin site with a special designed probe. MBEC, 1987, 299-404.

4/ Qiao, Z.-G., Morkrid, L., Grinnes, S. Three electrode method to study event-related responses in electrical potential, admittance and blood flow. MBEC, 1987, VOL. 25

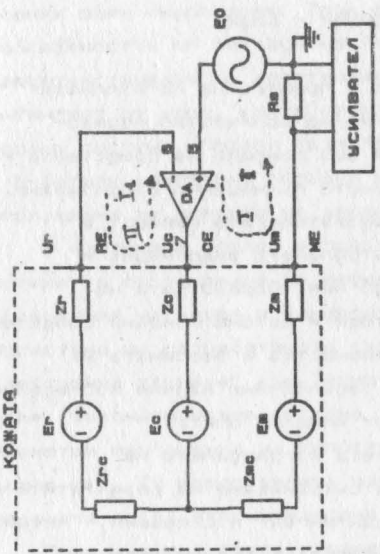
5/ Swanson, D.K., Webster, J.G., Errors in four electrode impedance plethysmography. MBEC, VOL. 21, 1983, 674-680.

6/ Стамболиев, И. Б., Мегену, Д. Влияние на електрограмата техника върху изследване на КЕА. Ден на Радиото, София 1989г.

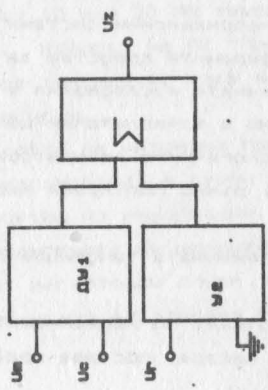
ФИГ. 1 СХЕМА ТРИЛЕКТРОДНИЯ МЕТОД



ФИГ. 2 ЭКВИВАЛЕНТНА ЕЛЕКТРИЧЕСКА СХЕМА НА ФИГ. 1



ФИГ. 3 БЛОКОВА СХЕМА НА УСТРОЙСТВОТО ЗА ПОТЪСКАНЕ НА КОНТАКТНИЙ ИМПЕДАНС



ФИГ. 4 ПРИНЦИПНА СХЕМА НА УСТРОЙСТВОТО

