

Ն.Դ. ԵԶԱԿՅԱՆ

**ԿԵՆՍԱԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՍՊԵԿՏՐԱԶՆՆՈՒՄԸ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ԵՎ
ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ՝ ՄՇԱԿՎԱԾ ԱՌՏՈՐՈՇԻՉ
ՍԱՐՔԻ ՄԻՋՈՑՈՎ**

Ներկայացված են մի քանի սպեկտրազննումների ամփոփ վիճակագրություններ, որոնք ստացվել են մեր կողմից մշակված ախտորոշիչ սարքի միջոցով: Սարքը հնարավորություն ունի միանալու համակարգչին: Մշակվել են 2 առանձին համակարգչային ծրագրեր, որոնցից մեկը նախատեսված է օպերատորի, մյուսը՝ կենսադիմադրության վրա ստացված ազդանշանի ավելի խոր ուսումնասիրությունների կատարման համար:

Սպեկտրազննման կիրառությունը հնարավորություն է տալիս մաշկին տրված կենսահոսանքների և ջերմային ազդեցությունների միջոցով ուսումնասիրել ձևավորված ազդանշանների հաճախականային սպեկտրները, կատարել համապատասխան եզրակացություններ: Մշակված սպեկտրազննման ծրագիրը կիրառելի է ոչ միայն բժշկական հետազոտություններում, այլ նաև այնպիսի հետազոտությունների դեպքում, երբ անհրաժեշտ է ցանկացած պատահական բնույթի ազդանշանի վերլուծություն:

Առանցքային բառեր. կենսադիմադրություն, սպեկտրազննում, սպեկտրալ բաղադրիչ, կենսաազդանշան, հաճախականություն, ճոճք, ջերմաստիճան:

Ներածություն: Սպեկտրազննումը լայնորեն տարածված մեթոդ է, որը կիրառվում է տարբեր բնագավառներում հետազոտական նպատակներով, հատկապես, երբ ունենք անորոշ բաշխվածություն, և անհրաժեշտ է գնահատել ձևավորված ազդանշանի հաճախականային տեսքը:

Համակցված գործընթացների հետազոտման պասսիվ մեթոդները հարմարավետ եղանակներ են գիտական և ճարտարագիտական բազմաթիվ ոլորտներում: Գրականությունից հայտնի է, որ նյութերի էլեկտրական հատկությունների կենսաափմիական հետազոտությունները կարևոր գործիք են պասսիվ մեթոդների դեպքում: Օրինակ, էլեկտրաուղեղագրությունը և էլեկտրասրտագրությունը ներկայումս բժշկական ստանդարտ ախտորոշումներ են: Կենսադիմադրության արձագանքների չափման, ինչպես նաև կիրառվող դաշտերի դիէլեկտրական բևեռացման արձագանքների հետազոտությունների դիտարկումներից ելնելով՝ էլեկտրոդները կարելի է դիտել որպես հոսանքների ներարկիչներ:

Սովորաբար կենսադիմադրության սպեկտրազննման (ԿՍԶ) չափման դեպքում օգտագործվում է հաճախային ճոճքը (ՀՃ), երբ դիմադրությունը չափվում է

հաճախության ճոճման ընթացքում մեկ հաճախային կետի շուրջը [1]: ՀՃ-ն մինչ օրս շարունակում է օգտագործվել՝ շնորհիվ իր պարզության, և հնարավորություն է տալիս՝ կատարելու ժամանակից անկախ կենսադիմադրության հատկությունների կայուն ուսումնասիրություն [2]: ՀՃ-ի հիմնական առավելությունը երկարա-ժամկետ զննման դեպքում ազդանշան-աղմուկ հարաբերության բարձր արժեքն է, որը մեկ ամբողջական զննման ընթացքում տևում է մեկից մինչև մի քանի տասնյակ վայրկյաններ: Այս պարագայում ՀՃ-ի հիմնական թերությունը նրա ճոճման ցիկլն է, որը կարող է շատ ավելի երկար լինել, քան կենսադիմադրության ժամանակային տատանումները [3]: Այսպիսով, ՀՃ չափման տեխնոլոգիաների վրա հիմնված ԿՍՁ տվյալները սխալանքով են ներկայացնում ակնթարթային կայունության սպեկտրը, և հնարավոր է, որ կորցնեն հետազոտական տեղեկությունը [4]:

Միաժամանակյա բազմահաճախային չափման (ՄԲՉ) տեխնիկան վերջին տարիներին դառնում է ավելի հայտնի: ՄԲՉ-ի ժամանակ օգտագործվում է լայնաշերտ հաճախություն, և սպեկտրալ վերլուծության միջոցով կատարվում է Ֆուրյեի արագ ձևափոխում (ՖԱՁ) [3, 5]: Շնորհիվ բազմաթիվ հաճախությունների, որոնք միաժամանակ են գրգռվում, ամբողջական ԿՍՁ - ի ձեռքբերման ժամանակը էականորեն նվազում է [6]: Համեմատած ՀՃ-ի, ՄԲՉ-ն կարող է միաժամանակ տալ կենսադիմադրության հաճախության արձագանքը և արդյունավետ է ժամանակից կախված փոփոխվող կենսաբանական համակարգերի ուսումնասիրության դեպքում (օրինակ՝ շնչառական կամ սրտանոթային համակարգեր) [8]: Այսպիսով, համակցված դիմադրության սպեկտրը (լայնաշերտ գրգռման դեպքում) կարող է հաշվարկվել որպես ՖԱՁ-ի արձագանքման լարման գործակիցների հարաբերությունը գրգռող հոսանքի ազդանշանի գործակիցներին:

Այնուամենայնիվ, ՖԱՁ-ի գործողությունները սովորաբար առաջ են բերում սպեկտրի ընդլայնում (տարածում): Ֆուրյեի ձևափոխման տեսությունը միշտ ենթադրում է, որ մուտքային ազդանշանը պարբերական է, այնպես որ, եթե այն ավարտվի ամբողջական թվով պարբերությամբ, ապա սպեկտրի ընդլայնում չի լինի: Ավելին, որպես ուղղանկյուն ալիք՝ ՄԲՉ-ն պարունակում է մեծ թվով անցանկալի բաղադրիչներ [7], որոնք հանգեցնում են սպեկտրի աղավաղման, ինչն էլ նվազեցնում է չափման ճշտությունը ՖԱՁ գործողություններ կատարելու ժամանակ [8]:

Բարեբախտաբար, սպեկտրի ընդլայնման անցանկալի հետևանքները կարող են նվազագույնի հասցվել՝ բաղադրիչները ճնշելով համապատասխան ժամանակի պատուհանային ֆունկցիաների միջոցով [9]:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Ֆուրյեի ձևափոխման յուրահատկությունն ու գրավչությունն այն է, որ ենթադրում է ազդանշանի վերլուծություն՝ ըստ հարմոնիկ կազմի (բազիսի)։

$$\tilde{S}(\omega) = \int S(t)e^{-i\omega t} dt: \quad (1)$$

Ինչպես երևում է (1) բանաձևից, Ֆուրյեի ձևափոխությունը չի տարանջատում ազդանշանի բնութագրերը ժամանակի տարբեր պահերին և տալիս է ընդհանրացված պատկեր։ Այն հարմար չէ ժամանակի ընթացքում փոփոխվող բնութագրեր ունեցող ազդանշանների մշակման համար։ Կենսաազդանշանները փոփոխվում են ժամանակի ընթացքում պատահականորեն՝ շրջապատի ջերմային, էլեկտրական և այլ ազդեցությունների ներքո։

Կենսաազդանշանների հետազոտման համար օգտագործվում է պատուհանային ֆունկցիաների կիրառման եղանակը. սկզբնական ազդանշանը մասնատվում է, և կատարվում է հատված առ հատված մշակում (1) բանաձևի միջոցով։ Այս դեպքում որոշակի ժամանակահատվածից դուրս ազդանշանը դառնում է զրո, և ինտեգրումը գործնականում կատարվում է վերջավոր ժամանակահատվածում։ Մշակման արդյունքում ստացվում է ժամանակի ընթացքում իրար հաջորդող սպեկտրալ պատկերների հաջորդականություն։

$$\tilde{S}_m(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t - ma)s(t)e^{-i\omega t} dt: \quad (2)$$

Այսինքն, իրական համակարգերում կատարվում է ազդանշանի մշակում բազիսի միջոցով, որը տեղայնացված է։ Ազդանշանի մշակումը կատարվում է ժամանակի և հաճախության մեջ, իսկ վերլուծությունը ներկայացնում է մատրից։

Հետազոտության արդյունքները: Հայտնի են կենսաազդանշանների սպեկտրալ գնման համար նախատեսված մի շարք հետազոտություններ։ [10]-ում ուսումնասիրվել է 4 *ԿՀ* իմպուլսային լայնաշերտ սպեկտրով ազդանշանը, և դիտարկվել է մինչև 2^{10} հարմոնիկների ամպլիտուդային կախվածությունը եռատարր մաշկի մոդելի վրա։ [11]-ում ուսումնասիրվել է նախաբազուկի մաթեմատիկական մոդելի վրա ակտիվ, ռեակտիվ բաղադրիչների կախվածությունը (արյուն, մկան և ճարպ) 1 *ԿՀ*-ից մինչև 2 *ՄՀ* տիրույթում դիսկրետ 18 հաճախությունների դեպքերում։

Հայտնի են նաև մաշկի վրա ջերմային ազդեցությունների մի շարք հետազոտություններ։ [12]-ում ջերմային տվիչների միջոցով գրանցվել է իրական մաշկի արտաքին ջերմաստիճանի ժամանակային փոփոխության կորը, և որոշվել են մի քանի այլ բնութագրերի՝ ջերմությունից կախված բաշխվածության տիրույթները։ [13]-ում կատարվել են 5 *ԿՀ*-ից մինչև 1 *ՄՀ* տիրույթում սպեկտրալ չափումներ՝ օգտագործելով լարման ազդանշանների գեներատորը։ Հետազոտվողը գտնվել է

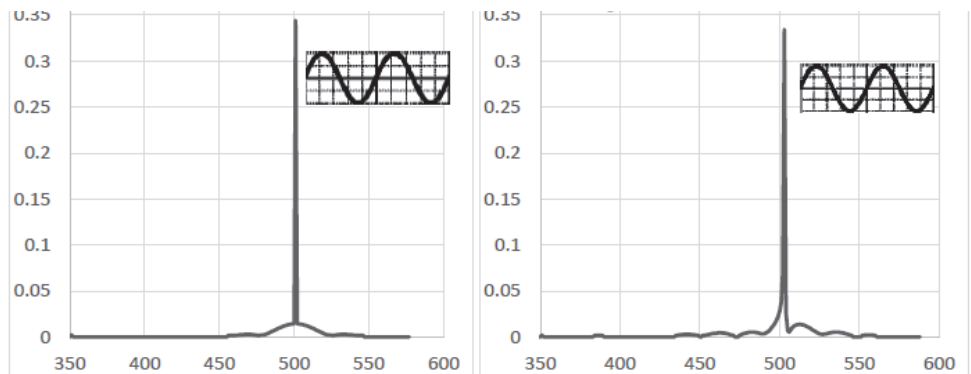
սենյակային 3 պայմաններում (13 °C, 24 °C, 39 °C) մի քանի ժամ և առանց սննդի: Ջերմային պայմանների փոփոխություններին ամենազգայունը ծնկից ծունկ չափումներն են եղել, և համարժեք մոդելի կիրառմամբ չափվել է ներքջային և արտաքջային դիմադրությունների ջերմաստիճանային կախվածությունը:

[10, 11]-ում կատարվել են փորձերը միայն մաթեմատիկական մոդելների վրա, որոնցում որևէ հիվանդության հետ կապը բացակայում է: [12, 13]-ում կատարվել են ջերմաստիճանից կախված հետազոտություններ, ընդ որում, միայն [13]-ում են կատարված մասամբ իրական փորձեր: Ընդհանրապես [10-13] աշխատանքներում չկա անդրադարձ ջերմաստիճան-հաճախություն կապին: Դրանք դիտարկված են առանձին-առանձին, չկա էլեկտրական ու ջերմային ազդեցությունների համակցված ուսումնասիրություն:

Հետազոտության համար օգտագործվել է Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտում մշակված համակցված բժշկական ազդեցություններով սարքը, որը հնարավորություն է տալիս հետազոտել ջերմաստիճանից կախված մարդու կենսադիմադրությունը մաշկի տարբեր կետերում, ինչպես նաև կենսադիմադրության վրա կիրառել տարբեր կենսահոսանքներ և դիտարկել դրանց արձագանքն այդ տեղամասերում [14]:

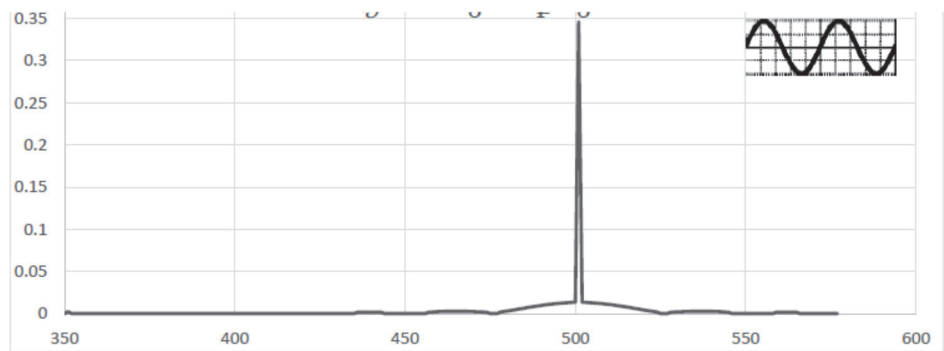
ՖԱԶ-ը թույլ է տալիս հետևել և վերլուծել տվյալները, կատարել համապատասխան եզրակացություն: Հետազոտության ժամանակ իրականացել է մեկ վայրկյան տևողությամբ տվյալների պահպանում: Այնուհետև վերցվել են պահպանված 10 տվյալները, կատարվել է դրանցից յուրաքանչյուրի սպեկտրալ վերլուծություն, և դուրս բերվել դրանց միջինացված արժեքը:

Հետազոտությունների արդյունքների հավաստիությունը բարձրացնելու համար անհրաժեշտ են բազմակի ուսումնասիրություններ, ինչը հնարավոր չի եղել կատարել հիվանդների անհրաժեշտ քանակի բացակայության պատճառով: Հետազոտվել է միջին տարիքի առողջ տղամարդ: Տրվել են տարբեր հաճախություններով 1 Վ ամպլիտուդով սինուսոիդներ: Սպեկտրի այն հաճախությունները, որոնք ընկած են 0,0015 նորմավորված մակարդակից ցածր, ընդունվել են որպես աղմուկ: Ներագրող և չափող գլխիկները (ՆԶԳ) տեղադրվել են արմունկի շրջանում: Ցուցադրված են միայն այն սպեկտրալ տիրույթները, որտեղ նկատվել է բաղադրիչների էական առկայություն: Նկ. 1...3-ից յուրաքանչյուրում բերված է իր մուտքային ազդանշանի տեսքը:



ա)

բ)



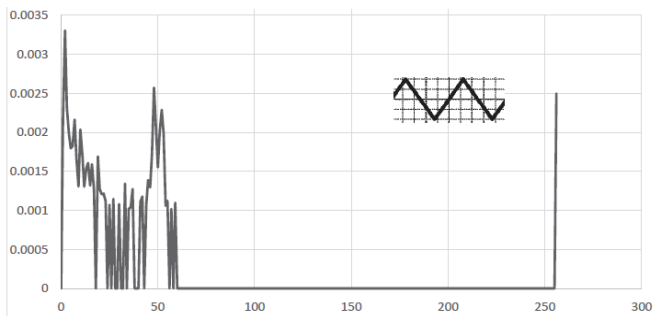
գ)

Նկ. 1. Արմունկի շրջանում հետազոտության արդյունքները: Տրված են հարմոնիկ ազդանշաններ. ա)-500 Հց 1 ՆՉԳ-ի 40°C տաքացմամբ, բ)-500 Հց 2 ՆՉԳ-ների 40°C տաքացմամբ, գ)-500 Հց առանց ՆՉԳ-ների տաքացման

500 Հց հարմոնիկ լարման ու առանց ՆՉԳ-երի տաքացման և 1 ՆՉԳ-ի տաքացման դեպքերում (նկ. 1 ա, գ) սպեկտրում էական տարբերություններ չկան, իսկ 2 ՆՉԳ-ի տաքացման դեպքում (նկ. 1 բ) ունենք սպեկտրի տեսքի փոփոխություն:

Եզրակացություն: Արմունկի վրա ստանում ենք գրեթե նույն սպեկտրը, երբ ՆՉԳ-երը չեն տաքացվում, կամ միայն 1 ՆՉԳ-ն է տաքացվում: 2 ՆՉԳ-ի դեպքում կա սպեկտրի էական փոփոխություն:

Հետազոտվել է 60 տարեկան կին: Ախտորոշված է եղել կնոջ կոնքազդրային հոդի արթրոզ: Հիվանդը բողոքել է հոդացավերից, ցավազրկող միջոցները չեն օգնել: Տրվել է 256 Հց հաճախությամբ և 0,75 Վ ամպլիտուդով եռանկյունաձև լարում: Տաքացվել է 1 ՆՉԳ-ն 43 °C: Սպեկտրի 0,001 մակարդակից ցածր բաղադրիչներն ընդունվել են որպես աղմուկ:

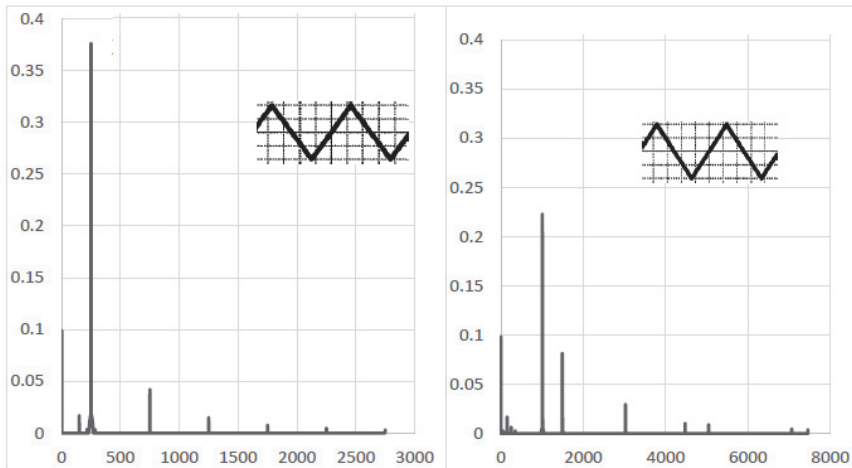


Նկ. 2. Արթրոզի հետազոտության տվյալ

Կոնքազորային հողի դեպքում ունենք աղմուկների մեջ կորած թույլ եռանկյուն ազդանշանի միայն գլխավոր հաճախությունը (նկ. 2), իսկ աղմուկների մակարդակը, հաճախությունից կախված, էքսպոնենցիալ ձևով նվազում է մինչև 40 Հց Որոշակի աճ կա 50±10 Հց-ի դեպքում, ընդ որում՝ 50 Հց-ը ֆիլտրված է:

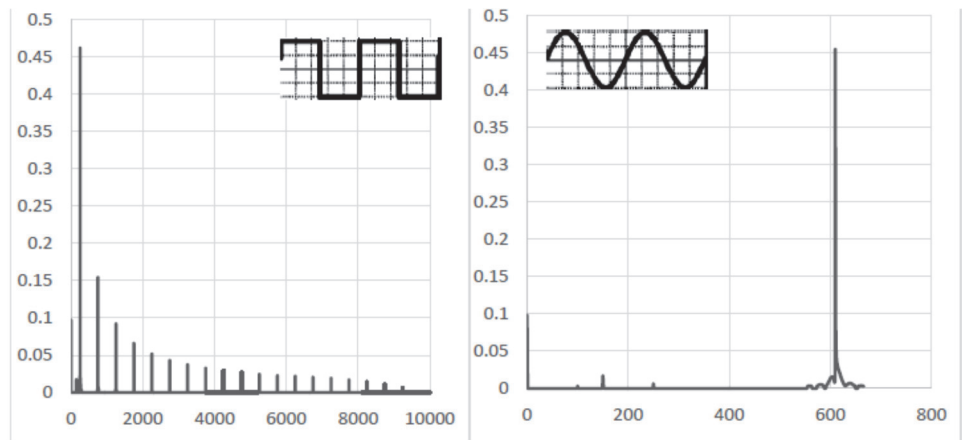
Եզրակացություն: Տրվել է բավականին ինտենսիվ ազդանշան, որը մարվել է հյուսվածքում բարձր հաղորդականության պատճառով: Մնացորդային ազդանշանը համաչափելի է աղմուկների մակարդակին:

Հետազոտվել է 50 տարեկան կին. ախտորոշվել է մեջքի ճողվածք: Տրվել են 0,75 Վ ամպլիտուդով տարբեր ազդանշաններ: ՆՉԳ-ները դրվել են հիվանդ հատվածում: Սպեկտրի 0,003 մակարդակից ցածր հաճախություններն ընդունվել են որպես աղմուկ: ՆՉԳ-ն տաքացվել է 43 °C:



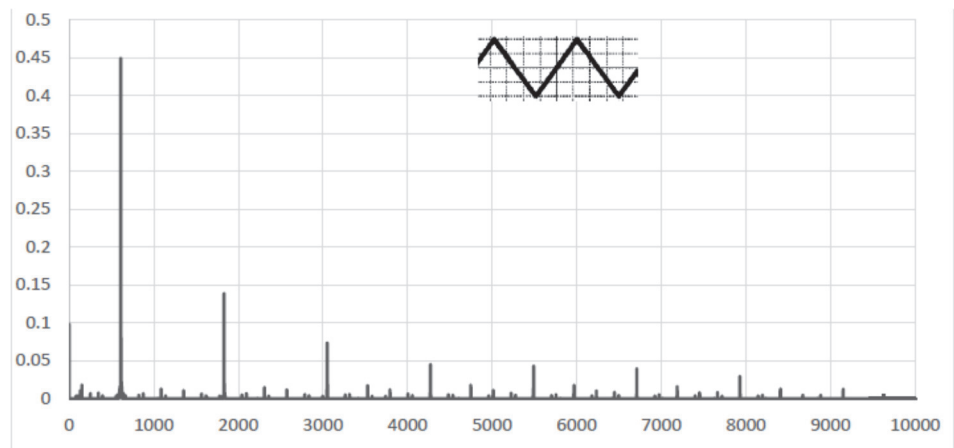
ա)

բ)



զ)

դ)



ե)

Նկ. 3. Մեջքի ճողվածքի հետազոտության տվյալները. ա-256Հց եռանկյունաձև ազդանշան՝ առանց ՆՉԳ-ների տաքացման, բ-1000Հց եռանկյունաձև ազդանշան՝ առանց ՆՉԳ-ների տաքացման, գ- 256Հց ուղղանկյունաձև ազդանշան՝ 1 ՆՉԳ-ի տաքացմամբ, դ-610Հց սինուսիդալ ազդանշան՝ 1 ՆՉԳ-ի տաքացմամբ, ե-610Հց եռանկյունաձև ազդանշան՝ 1 ՆՉԳ-ի տաքացմամբ

Երբ տրվում են եռանկյունաձև ազդանշաններ (նկ. 3 ա և բ), սպեկտրում առաջանում են գլխավոր և նրա կենտ հարմոնիկները: Երկու դեպքում էլ առկա են ցանցային հաճախության հարմոնիկները: Ուղղանկյունաձև ազդանշանի դեպքում (նկ. 3 գ) չափվող ամբողջ տիրույթում ունենք գլխավոր հարմոնիկի կենտ բաղադրիչները (առկա է մինչև 35-րդ հարմոնիկը): Ի տարբերություն նախորդ դեպքերի, սինուսիդալ ազդանշանի (նկ. 3 դ) դեպքում ունենում ենք միայն գլխավոր

հարմոնիկը, և նույնիսկ տաքացումը չի առաջացնում այլ հարմոնիկներ: Եռանկյունաձև ազդանշանի և 1 ՆՉԳ-ի տաքացման (նկ. 3 ե) դեպքում տեղի է ունենում սպեկտրի ընդհանուր ինտենսիվության մեծացում, ինչպես նաև սպեկտրում հայտնվում են ի սկզբանե անսպասելի հաճախություններ:

Եզրակացություն: Տաքացումը ստեղծում է ոչ գծային երևույթներ հյուսվածքում, որն էլ հանգեցնում է սպեկտրի փոփոխության, իսկ հյուսվածքում ցածր հաղորդականության պատճառով նույնիսկ թույլ արտահայտված հարմոնիկներն ազդեցություն են թողնում սպեկտրի վրա:

Ամփոփում: Նկարագրված սպեկտրագնման եղանակը հեռանկարային է, ընդ որում, ջերմային և էլեկտրական ազդանշանների միաժամանակյա ազդեցությունները կենսահյուսվածքում գրեթե ուսումնասիրված չեն, իսկ համակարգչի հնարավորությունների օգտագործումը թույլ է տալիս կատարել ոչ միայն մեկանգամյա, այլև բազմանգամյա հետազոտություն միևնույն հիվանդի վրա և ստեղծել տվյալների պահոց: Արդյունքում հնարավոր է դառնում կարծիք կազմել հիվանդության ընթացքի վերաբերյալ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Pliquett U. and Barthel A.** Interfacing the AD5933 for bioimpedance measurements with front ends providing galvanostatic or potentiostatic excitation// Journal of Physics: Conference Series.- 2012.- Vol. 407, no. 1, article ID 012019.
2. Electrical impedance of mouse brain cortex in vitro from 4.7 kHz to 2.0MHz / **M.T. Wilson, M. Elbohouty, et al** // Physiological Measurement. -2014.- Vol. 35, article 267.
3. **Sanchez B., Bragos R., and Vandersteen G.** Influence of the multisine excitation amplitude design for biomedical applications using Impedance Spectroscopy // Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.-2011.- P. 3975–3978.
4. Mixing frequency bio-impedance measurement technology based on DFT and virtual reference vector / **W. Chao, H. Chunyan, et al** // Proceedings of the International Conference on BioMedical Engineering and Informatics.-May 2008.- P. 455–459.
5. Basics of broadband impedance spectroscopy measurements using periodic excitations / **B. Sanchez, G. Vandersteen, et al** // Measurement Science and Technology.-2012.- Vol. 23, no. 10, article ID 105501.
6. Novel approach of processing electrical bioimpedance data using differential impedance analysis / **B. Sanchez, A.S. Bandarenka, et al** // Medical Engineering and Physics.-2013.-Vol. 35, no. 9.- P. 1349–1357.
7. **Sanchez B., Schoukens J., Bragos R., and Vandersteen G.** Novel estimation of the electrical bioimpedance using the local polynomial method. Application to in vivo real-time myocardium tissue impedance characterization during the cardiac cycle // IEEE Transactions on Biomedical Engineering.-2011.-Vol. 58, no. 12.- P. 3376–3385.

8. **Oppenheim A.V., Willsky A.S. and Nawab S.H.** Signals & Systems.- Prentice-Hall, Upper Saddle River.- 2nd edition.- NJ, USA, 1996.-P. 20-24.
9. **Andria G., Savino M. and Trotta A.** Windows and interpolation algorithms to improve electrical measurement accuracy // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.-1989.- Vol. 38, no. 4.- P. 856–863.
10. Broadband Bioimpedance Spectroscopy Based on a Multifrequency Mixed Excitation and Nuttall Windowed FFT Algorithm / **Y. Yuxiang, Z. Wen, Du Fangling, et al** // Mathematical Problems in Engineering.- 2014.- Article ID 539719.
11. **Gautam Anand, Andrew Lowe and Al-Jumaily Ahmed M.** Simulation of impedance measurements at human forearm within 1 kHz to 2 MHz // J Electr Bioimp.-2016.- Vol. 7.- P. 20–27, [doi:10.5617/jeb.2657](https://doi.org/10.5617/jeb.2657).
12. Thermal Transport Characteristics of Human Skin Measured In Vivo Using Ultrathin Conformal Arrays of Thermal Sensors and Actuators. PLoS ONE / **R.C. Webb, R.M. Pielak, et al.** -2015.- 10(2): e0118131, [doi:10.1371/journal.pone.0118131](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118131).
13. **Manisha Jain.** Two Dimensional Mathematical Model To Study Thermal Changes After An Abnormality During Healing // International Journal of Mathematical Archive. -2015.- 6(1).- P. 216-222.
14. **Մարտիրոսյան Ա.Գ., Ղուկաս Ա.Գ., Եզակյան Ն.Դ., Մկրտչյան Ն.Ս.,** Համակցված ֆիզիկական ազդեցություններով ախտորոշիչ բժշկական սարք // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա.- 2019.- 72, №1. - 86-92:

ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.08.2019:

Н.Д. ЕЗАКЯН

СПЕКТРОСКОПИЯ БИОИМПЕДАНСА ПРИ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ С ПОМОЩЬЮ РАЗРАБОТАННОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА

Представлен обзор нескольких спектроскопических статистических данных, которые были получены с помощью разработанного нами диагностического устройства. Устройство имеет возможность подключения к компьютеру. Разработаны две отдельные компьютерные программы: одна - для оператора, а другая - для более глубоких и научных исследований сигнала, полученного в биоимпедансе.

Использование спектроскопии позволяет изучать частотные спектры формируемых сигналов через биотоки и тепловые воздействия на кожу и делать соответствующие выводы. Разработанное программное обеспечение для спектроскопии применимо не только к медицинским исследованиям, но и к исследованиям, где требуется анализ любого случайного сигнала.

Ключевые слова: биоимпеданс, спектроскопия, спектральный компонент, биосигнал, частота, качание, температура.

N.D. EZAKYAN

**BIOIMPEDANCE SPECTROSCOPY AT THERMAL AND ELECTRICAL
IMPACTS USING THE DEVELOPED DIAGNOSTIC DEVICE**

A summary of several spectroscopy statistics data obtained by the developed by us diagnostic device is presented. The device can be connected to a computer. Two separate computer programs are developed - one for the operator, and the other for deeper and scientific investigations of the signal obtained at bioimpedance.

The application of spectroscopy allows to study the frequency spectra of the formed signals through biocurrents and thermal effects on the skin and make appropriate conclusions. The developed software for spectroscopy is applicable not only to the medical investigations, but also to the ones in which the analysis of any random signal is required.

Keywords: bioimpedance, spectroscopy, spectral component, biosignal, frequency, swing, temperature.