

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԽԱՉՈՒՆՑ ՍԵՐԳԵՅ ԱԼԵՔՍԱՆԴՐԻ

**ՏԱՐԲԵՐ ԲՆՈՒՅԹԻ ՏՎԻՉՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԿԵՆՍԱՊԱՏԿԵՐՆԵՐԻ
ԿԱՌՈՒՑՄԱՆ ՀԱՄԱՐ**

Ա.04.03 - Ռադիոֆիզիկա մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության
ՍԵՂՄԱԳԻՐ
ԵՐԵՎԱՆ 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХАЧУНЦ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ СЕНСОРОВ ДЛЯ БИОИМИДЖИНГА

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности

01.04.03 - „Радиофизика„

ЕРЕВАН 2023

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում:

Գիտական ղեկավար՝

Ֆ.Վ.Գ.թ., դոցենտ
Ա.Հ. Մակարյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տ.գ.դ., պրոֆեսոր
Մ.Տ. Այվազյան

Ֆ.Վ.Գ.դ., պրոֆեսոր
Յու.Ս. Բաբայան

Առաջատար կազմակերպություն՝

ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի
ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2023թ. սեպտեմբերի 9-ին ժամը 12:00-ին Երևանի պետական համալսարանի 049 ֆիզիկայի մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցե՝ 0025, Երևան, Ա. Մանուկյան 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2023թ. հուլիսի 26-ին:

Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար՝



Ֆ.Վ.Գ.թ., դոցենտ
Վ.Պ. Քալանթարյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете.

Научный руководитель:

к.ф.м.н., доцент
А.О. Макарян

Официальные оппоненты:

д.т.н., профессор
М.Ц. Айвазян

д.ф.м.н., профессор
Ю.С. Бабаян

Ведущая организация:

Институт радиофизики и электроники НАН РА

Защита диссертации состоится 9 сентября 2023г. в 12:00, на заседании специализированного совета 049 по физике Ереванского государственного университета по адресу: 0025, Ереван, ул. А. Манукяна 1. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ. Автореферат разослан 26 июля 2023г.

Ученый секретарь
специализированного совета:



к.ф.м.н., доцент
В.П. Калантарян

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Աշխատանքի արդիականությունը

Վերջին տարիներին զգալի առաջընթաց է նկատվում մարդու առողջական վիճակի մշտադիտարկման համար նախատեսված սարքերի ոլորտում: Այդպիսի ժամանակակից սարքերը հնարավորություն են տալիս գրանցել մարդու մի շարք օրգանային համակարգերի կենսաազդանշաններ և դրանց վերլուծության միջոցով գնահատել այդ համակարգերի ֆիզիոլոգիական վիճակը:

Մարդու օրգանային համակարգերը սերտ կապված են միմյանց հետ, հետևաբար՝ նրանցից մեկի կամ մի քանիսի վիճակի մասին մանրամասն տեղեկությունների առկայության դեպքում հնարավոր է ընդհանուր պատկերացում կազմել մարդու ողջ օրգանիզմի առողջական վիճակի մասին: Այդ իմաստով չափազանց կարևոր է ուսումնասիրել մարդու օրգանիզմի մի քանի հիմնական օրգանային համակարգեր, մասնավորապես՝ մարդու գլխուղեղի և սրտի, ինչպես նաև դրանց հետ անմիջական առնչություն ունեցող համակարգերը (նյարդային համակարգ, սիրտ-անոթային համակարգ և այլն), քանի որ սիրտը ապահովում է մարդու օրգանիզմի գործունեության համար անհրաժեշտ նյութերի շրջանառությունը, իսկ գլխուղեղը կառավարում է օրգանիզմում տեղի ունեցող հիմնական գործընթացները: Նշված համակարգերում առկա կամայական պաթոլոգիա որոշակի ինտեգրալ հետք է թողնում ողջ համակարգի աշխատանքի վրա:

Առողջական վիճակի մշտադիտարկում իրականացնելիս անչափ կարևոր է հետազոտվողի համար ապահովել հարմարավետ պայմաններ, ինչը պահանջում է ոչ-ինվազիվ տվիչների կիրառում, իսկ ներկայիս ոչ-ինվազիվ տվիչների միջոցով միշտ չէ, որ հնարավոր է ստանալ բավարար արդյունքներ:

Այսպիսով, մարդու օրգանիզմի վիճակի ամբողջական պատկերն ստանալու համար խիստ արդիական է օրգանիզմի հետազոտման և մշտադիտարկման համար անհրաժեշտ կենսաազդանշաններ գրանցող տարատեսակ տվիչների մշակումը և հետազոտումը: Չափազանց կարևոր է նաև ստացված

ազդանշանների մշակումը, ինչը հնարավորություն կտա լրացուցիչ ինֆորմացիա ստանալ հետազոտվող օրգանային համակարգի վիճակի մասին:

Սույն աշխատանքում հիմնականում մշակվել և հետազոտվել է տվիչների երկու տեսակ՝ ապլիկատորային (հպակային անտենա) և միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված տվիչներ:

Բարձրհաճախային (մեգահերցային) տիրույթում գլխուղեղի էլեկտրական ակտիվության գրանցման համար հիմնականում կիրառվել է ապլիկատորային անտենան: Փորձարկվել են նաև միաշերտ հարթ կոճեր: Միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված օսցիլատոր-տվիչները առավելապես կիրառվել են սիրտ-անոթային համակարգի հետազոտման համար: Այս համակարգի հետազոտման համար օգտագործվել են նաև կոնտակտային տվիչներ:

Աշխատանքում կիրառվել են տվիչներից ստացված ազդանշանների վիճակագրական վերլուծության մի քանի մեթոդներ՝ ինչպես լայն տարածում գտած, այնպես էլ որոշակի մասնավոր դեպքերում կիրառվող: Դրանցից հիմնականն ու ամենատարածվածը պատահական պրոցեսի սպեկտրալ վերլուծության մեթոդն է: Սակայն այս մեթոդի կիրառման դեպքում ազդանշանի հարմոնիկ բաղադրիչների փուլերի մասին տեղեկատվությունը կորչում է: Այդ պատճառով, որպես սպեկտրալ վերլուծության լրացում, աշխատանքում կիրառվել է նաև բիսպեկտրալ վերլուծության մեթոդը, որը հնարավորություն է տալիս ազդանշանի տարբեր հաճախային բաղադրիչների միջև հնարավոր կորելացիոն կապերի առկայության դեպքում բացահայտել այդ կապերը, այսինքն՝ թույլ է տալիս ստանալ առավել կոմպլեքս տեղեկատվություն վերլուծվող ազդանշանի մասին: Չնայած այն բանին, որ մեթոդը բավական պահանջկոտ է հաշվողական ռեսուրսների նկատմամբ, այնուամենայնիվ այն լայն կիրառություն է գտել մի շարք ոլորտներում, ինչպիսիք են պատկերների մշակումը, ռադիոտեղորոշման ազդանշանների մշակումը, կենսաազդանշանների հետազոտությունները և այլն:

Աշխատանքում կիրառվել է նաև Հիլբերտ-Հուանգի ձևափոխության (HHT) մեթոդը: Մեթոդի հիմքում ընկած է ազդանշանների փոխակերպումը այսպես

կոչված «ներքին մոդային ֆունկցիաների», ինչը հնարավորություն է տալիս անմիջապես ստանալ ազդանշանի մասին հաճախային տեղեկատվություն: Այս մեթոդը ի սկզբանե մշակված է ոչ-ստացիոնար և ոչ-գծային ազդանշանների հետ աշխատելու համար, և նրա կիրառումը կենսաազդանշանների մշակման դեպքում հավելյալ հնարավորություններ է տալիս ազդանշանների առավել ընդգրկուն վերլուծության համար:

Աշխատանքում փորձարարական եղանակով հետազոտվել են կիրառված տվիչների հիմնական պարամետրերը: Մասնավորապես, հետազոտվել են միաշերտ հարթ և կիսասֆերիկ ինդուկտիվ կոճերի մագնիսական դաշտերի նորմալ և տանգենցիալ (կոճի մակերևույթի նկատմամբ) բաղադրիչները: Համեմատվել են տարբեր չափսերով կոճերի մագնիսական դաշտերի բաշխումը, ինչի հիման վրա ցույց է տրվել այդ կոճերի՝ որպես տվիչի զգայուն տարր օգտագործման նպատակահարմարությունը:

Հետազոտվել են նաև հպակային (ապլիկատորային) անտենայի պարամետրերը: Ցույց է տրվել, որ ապլիկատորային անտենան աշխատում է որպես ունակային տվիչ և կարող է հաջողությամբ կիրառվել բարձրհաճախային կենսաազդանշանների ոչ-ինվազիվ եղանակով գրանցման համար:

Ներկայումս շատ արագ զարգանում և կիրառություն են գտնում արհեստական նեյրոնային ցանցերի վրա հիմնված տվյալների մշակման համակարգերը:

Ստեղծվել է համակարգ՝ մարդու ուղեղից ստացված էլեկտրական ազդանշանների վերլուծության և դրանց արդյունքների հիման վրա մեքենայական ուսուցման միջոցով մարդու ֆիզիոլոգիական վիճակը գնահատող նեյրոնային ցանցի մոդել ստանալու համար:

Աշխատանքի նպատակը

1. Հետազոտել տարբեր տիպի տվիչների կիրառման հնարավորությունները՝ ցածրհաճախային կենսաազդանշանների գրանցման համար:

2. Հետազոտել մարդու սրտագիրը լողացող պատուհանի եղանակով՝ սրտի վիճակի օբյեկտիվ գնահատման համար:

3. Հետազոտել ունակային տվիչների կիրառման հեռանկարները՝ ռադիոհաճախային կենսաազդանշանների գրանցման համար:

4. Հետազոտել հարթ կոճերի կիրառման հնարավորությունը՝ որպես տվիչ ռադիոհաճախային տիրույթի կենսաազդանշանների գրանցման համար:

5. Նախագծել և պատրաստել ռադիոհաճախային տիրույթի տարբեր տիպի տվիչներ մարդու գլխուղեղի ռադիոհաճախայինները գրանցելու համար:

6. Վերլուծել գրանցված ազդանշանները և հիմնվելով վերլուծության արդյունքների վրա մշակել մեքենայական ուսուցման ալգորիթմ՝ մարդու ֆիզիոլոգիական վիճակի գնահատման համար:

Այդ նպատակին հասնելու համար դրվել են հետևյալ խնդիրները.

- Նախագծել և պատրաստել տարբեր տիպի տվիչներ կենսաազդանշանների գրանցման համար:
- Նախագծել և պատրաստել համակարգ՝ մագնիսական դաշտը գրանցող տվիչների պարամետրերի չափման համար:
- Նախագծել և պատրաստել համակարգ՝ ռադիոհաճախային ազդանշանների տվիչների պարամետրերի չափման համար:
- Նախագծել և կառուցել համակարգ՝ կենսաազդանշանների թվային և վիճակագրական վերլուծություն իրականացնելու համար:
- Ստեղծել համակարգ՝ ուղեղի ազդանշանների վերլուծության և դրանց արդյունքների հիման վրա նեյրոնային ցանցը ուսուցանելու և մարդու ֆիզիոլոգիական վիճակը գնահատող նեյրոնային ցանցի մոդել ստանալու համար:

Գիտական նորույթը

1. Տույց է տրվել, որ միաշերտ հարթ կոճերը և ապլիկատորային անտենան կարելի է կիրառել ռադիոտիրույթի կենսաազդանշանների, մասնավորապես՝ գլխուղեղի ազդանշանների գրանցման համար:

2. Առաջին անգամ միաշերտ հարթ կոճերի միջոցով գրանցվել են գլխուղեղի կողմից արձակված բարձրհաճախային տիրույթի (5-30 ՄՀց) ռադիոազդանշաններ:

3. Ուղեղից ստացված ռադիոազդանշանների վիճակագրական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ նրանց բնույթը խիստ կախված է մարդու հոգեկան և ֆիզիոլոգիական վիճակներից: Առաջարկվել է կիրառել մեքենայական ուսուցման մեթոդը՝ նշված վերլուծությունների հիման վրա ուղեղի վիճակի մասին եզրահանգումներ անելու համար:

4. Տույց է տրվել, որ միաշերտ հարթ կոճերի վրա հիմնված տվիչների միջոցով քներակից ստացված ազդանշանների և ավանդական ԷՍԳ-ի թվային վերլուծությունների միջոցով հնարավոր է բացահայտել սիրտ-անոթային համակարգի աշխատանքի առանձնահատկություններ, որոնք կարող են օգտակար լինել տարբեր հիվանդությունների ախտորոշման համար:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Ապլիկատորային անտենայի միջոցով ուղեղից ստացված ազդանշանների վերլուծությամբ բացահայտվել է նրանց ռադիոհաճախային սպեկտրով բաղադրիչների միջև կորելացիոն կապը՝ տարբեր պայմաններում:

2. Ինդուկտիվ կոճերը կարող են կիրառվել որպես ոչ-ինվազիվ տվիչներ՝ օրգանիզմում առկա միկրոհոսանքների ռադիոհաճախային ազդակների գրանցման համար:

3. Միաշերտ հարթ կոճերին բնորոշ է տարածական մեծ լուծունակություն՝ փոփոխական մագնիսական դաշտերի տանգենցիալ բաղադրիչների գրանցման դեպքում:

4. Հարթ կոճերը կարող են կիրառվել որպես նուրբ տվիչներ՝ մարդու սիրտ-անոթային համակարգի ակուստիկ ազդանշանների գրանցման համար:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրվել են 6 գիտական աշխատանքներում: 3 աշխատանք զեկուցվել է միջազգային գիտաժողովներում:

Գործնական արժեքը

Սույն ատենախոսության շրջանակներում կատարված հետազոտությունները ցույց են տվել, որ հետազոտված ունակային և ինդուկտիվ տվիչները կարող են հաջողությամբ կիրառվել թե՛ ցածրահաճախային, և թե՛ ռադիոհաճախային տիրույթների կենսաազդանշանների գրանցման համար:

Օգտագործելով էլեկտրասրտագրի և քներակից ստացված ազդանշանների թվային վերլուծությունների արդյունքները՝ մեքենայական ուսուցման կիրառմամբ կարելի է բացահայտել սրտի աշխատանքի որոշակի առանձնահատկություններ, ինչը կնպաստի սրտային հիվանդությունների արագ և ճիշտ ախտորոշումներին:

Միաշերտ հարթ կոճերի և ապլիկատորային անտենայի պարամետրերի հետազոտությունների արդյունքներից հետևում է, որ դրանք կարող են գրանցել գլխուղեղի ռադիոազդանշանները: Գրանցված ազդանշանների վիճակագրական վերլուծության միջոցով կարելի է ինֆորմացիա ստանալ գլխուղեղում տեղի ունեցող արագ պրոցեսների մասին, ինչը չափազանց կարևոր է ուղեղի և ուղեղի հետ կապված հիվանդությունների ախտորոշման, ինչպես նաև ուղեղի աշխատանքի վերաբերյալ ամբողջական պատկերացում կազմելու համար:

Աշխատանքի ներկայացումը

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են International Conference on Microwave & THz Technologies, Wireless Communications and OptoElectronics, 2022, Yerevan, Armenia և International Congress on Advanced Cardiology and Cardiovascular Research, 2022, Vancouver BC, Canada միջազգային գիտաժողովներում, ինչպես նաև ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի, Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտի և ԵՊՀ

Ֆիզիկայի ինստիտուտի ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ամբիոնի գիտական սեմինարներում:

Հրապարակումները

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրվել են 6 գիտական աշխատանքներում, որոնց ցուցակը ներկայացված է սեղմագրի վերջում:

Ատենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է առաջաբանից, երեք գլխից, եզրակացությունից և 107 անուն պարունակող գրականության ցանկից:

Աշխատանքում կա 39 նկար և 3 աղյուսակ: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 111 էջ է:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Առաջաբանի մեջ հիմնավորված է աշխատանքի արդիականությունը, ձևակերպված են նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Ներկայացված են նաև աշխատանքի գիտական նորոյթը և գործնական արժեքը:

Առաջին գլուխը նվիրված է աշխատանքում կիրառված տվիչների, մասնավորապես՝ միաշերտ հարթ կոճերի և ունակային տվիչի՝ ապլիկատորային անտենայի պարամետրերի հետազոտմանը:

1.1 պարագրաֆում վերլուծված է մարդու օրգանային համակարգերի հետազոտման և մշտադիտարկման համար լայնորեն կիրառվող մի քանի սարքավորումների աշխատանքը, որոնցում օգտագործվում են տարբեր տիպի տվիչներ: Ներկայացված են ատենախոսական աշխատանքում հետազոտվող տվիչները:

1.2 պարագրաֆում ներկայացված է ապլիկատորային անտենայի կառուցվածքը, աշխատանքի սկզբունքը: Ռադիոհաճախային տիրույթի կենսաազդանշանների գրանցման համար ապլիկատորային անտենայի կիրառման պիտանելիությունը և նպատակահարմարությունը պարզելու համար

փորձնականորեն հետազոտվել են դրա հիմնական բնութագրերը, մասնավորապես՝ հաճախային բնութագիրը:

Ստացված արդյունքները վկայում են, որ ապլիկատորային անտենան իրեն դրսևորում է որպես ունակային տվիչ և կարող է հաջողությամբ կիրառվել որպես ընդունիչ՝ մեգահերցային տիրույթի կենսաազդանշանների գրանցման համար:

1.3 պարագրաֆը նվիրված է տարբեր չափսերի և ձևերի ինդուկտիվ կոճերի պարամետրերի և որպես կենսաազդանշանների տվիչներ դրանց կիրառման հնարավորությունների հետազոտմանը: Հետազոտվել է մագնիսական դաշտերի բաշխումը՝ կոճերի անմիջական շրջակայքից սկսած, մինչև նրանց երկրաչափական չափերից մի քանի անգամ մեծ հեռավորությունները:

Փորձարարական համակարգում որպես մագնիսական դաշտը գրանցող զոնդ օգտագործվել է փոքր չափերով մագնիսական անտենա, որը գրանցում է միայն իր առանցքով ուղղված մագնիսական դաշտերը: Ջոնդը կարող է ազատ տեղաշարժվել հետազոտվող կոճի շրջակայքում և պտտվել իր ամրացման կետի շուրջ: Այսպիսով, նշված զոնդի միջոցով հնարավոր է չափել մագնիսական դաշտի բոլոր բաղադրիչները կոճի ողջ շրջակայքում:

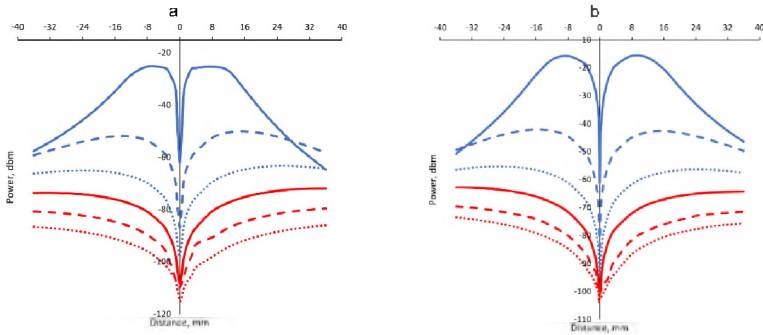
Չափումների արդյունքները 12 մմ տրամագծով և 18 մմ տրամագծով հարթ կոճերի դեպքում ներկայացված են Նկար 1.1-ում:

Թվային համեմատությունը ցույց է տալիս, որ հարթ կոճերը որպես փոփոխական մագնիսական դաշտի տվիչ կիրառելու դեպքում, մագնիսական դաշտերի տանգենցիալ բաղադրիչները գրանցելիս փոքր չափերով կոճերը կունենան ավելի մեծ լուծողականություն, քան մեծ չափերով կոճերը:

1.4 պարագրաֆում ներկայացված է առաջին գլխում կատարած հետազոտությունների արդյունքների ամփոփումը:

Երկրորդ գլուխը նվիրված է միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված տարբեր տեսակի տվիչների հետազոտմանը:

2.1 պարագրաֆում ներկայացված են միաշերտ հարթ կոճերի վրա հիմնված տվիչների կիրառման հիմնական ոլորտները:



Նկ. 1.1: (a) դաշտի տանգենցիալ բաղադրիչի բաշխումը (a) 12 մմ հարթ կոճի և (b) 18 մմ հարթ կոճի դեպքում՝ կախված կոճի և մագնիսական զոնդի միջև եղած հեռավորությունից (հոճ կապույտ գիծ՝ 0 սմ, ընդհատվող կապույտ գիծ՝ 2 սմ, կապույտ կետագիծ՝ 4 սմ, հոճ կարմիր գիծ՝ 6 սմ, ընդհատվող կարմիր գիծ՝ 8 սմ, կարմիր կետագիծ՝ 10 սմ):

2.2 պարագրաֆում հետազոտվել է միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված մագնիսա-դաշտային տվիչի օգնությամբ ջրային միջավայրի զոնդավորման առավելագույն արդյունավետ խորությունը: Մագնիսա-դաշտային տվիչն իրենից ներկայացնում է հարթ կոճի վրա հիմնված գեներատոր, որի հաճախությունը համեմատվում է մեկ այլ նմանատիպ՝ հենակային գեներատորի հաճախության հետ: Տարբերային հաճախությունը կարող է փոխվել հարթ կոճի վրա արտաքին ազդեցությունների դեպքում: Նկար 2.1-ում ներկայացված է տարբերային հաճախության փոփոխությունը՝ կախված ջրային շերտի հաստությունից, երբ տվիչի զգայուն տարր հանդիսացող 8 մմ տրամագծով հարթ կոճը հաված է ջրի շերտը սահմանափակող պատին: Ըստ չափումների արդյունքների՝ ~120 մմ-ից ավելի ջրային շերտի դեպքում հաճախության փոփոխությունը համեմատելի է չափման սխալի հետ, հետևաբար, զոնդավորման խորությունը ջրում կարելի է համարել ~100-120 մմ:

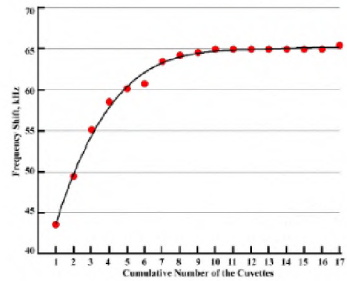
Հետևաբար, մագնիսա-դաշտային տվիչները կարող են օգտագործվել կենսաբժշկական հետազոտություններում, սակայն հարկ է նշել, որ իրական կենսաբանական հյուսվածքները ուսումնասիրելու դեպքում, արդյունավետ զոնդավորման խորությունը կլինի ավելի փոքր՝ պայմանավորված հյուսվածքների

էլեկտրահաղորդականությամբ,
անհամասեռություններով, կլանումով և այլն:

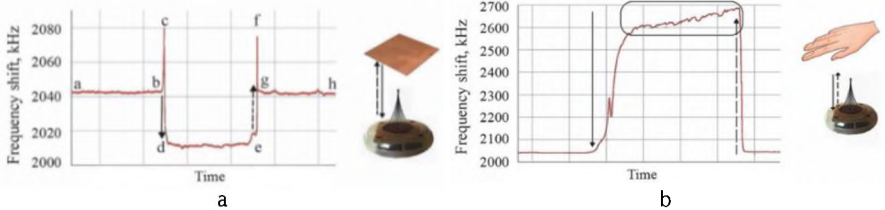
հյուսվածքներում

առկա

Նկ. 2.1: Ռադիոհաճախային մագնիսա-դաշտային տվիչի հաճախության փոփոխության դինամիկան՝ կախված ջրով լցված սրվակների քանակից



2.3 պարագրաֆում հետազոտված է միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված տվիչի պարամետրերի վրա ոչ-մագնիսական հաղորդիչների և օրգանական օբյեկտների ազդեցությունը: Մասնավորապես, տվիչի հարթ կոճին՝ մակերևույթին զուգահեռ դիրքով պղնձե թիթեղ կամ մարդու ձեռքը մոտեցնելիս նկատվում է տվիչի հաճախության փոփոխություն (տես Նկար 2.2):



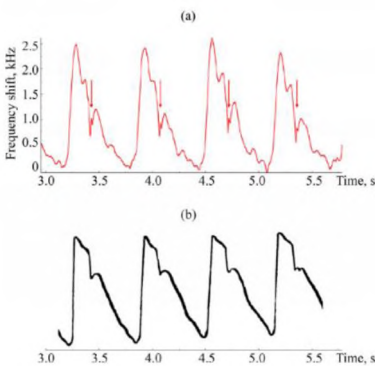
Նկ. 2.2: Ռադիոհաճախային մագնիսա-դաշտային տվիչի տարբերային հաճախության փոփոխությունը՝ պղնձե թիթեղը (a) և մարդու ձեռքը (b) տվիչի մագնիսական դաշտում շարժելիս:

Ձեռքը հարթ կոճի մակերևույթից 2-3 մմ հեռավորության վրա պահելիս տվիչի տարբերային հաճախությունը մնում է որոշակի կայուն միջին վիճակագրական մակարդակում, որի վրա երևում են հաճախության փոքր և կանոնավոր փոփոխություններ՝ սրտի կծկումների ռիթմով (տես Նկար 2.2 b, առանձնացված հատվածը): Հաճախության այդպիսի տատանումների ժամանակային կախվածությունն ունի ձեռքի փոքր զարկերակի սֆիգմոգրամի տեսք: Այսպիսով, հարթ կոճերի վրա հիմնված տվիչները կարելի է օգտագործել մեխանիկական բնույթի ֆիզիոլոգիական ազդանշաններ ոչ-ինվազիվ կերպով գրանցելու համար:

2.4 պարագրաֆում ներկայացված է միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված մագնիսա-դաշտային և մեխանիկական տատանողական համակարգերով տվիչների միջոցով կենսաբանական հյուսվածքներից, մասնավորապես՝ քնային զարկերակից ստացված ազդանշանների ուսումնասիրությունը:

Քնային զարկերակի սֆիգմոգրամները՝ գրանցված միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված վիբրացիոն տվիչի միջոցով բերված են Նկար 2.3 (a)-ում:

Տվիչների բարձր զգայության շնորհիվ գրանցված սֆիգմոգրամի վրա հստակ նկատվում են սրտի բաբախումների բազմաթիվ հավելյալ բաղադրիչներ, ի տարբերություն ավանդական մեթոդով գրանցվող սֆիգմոգրամի, որը պատկերված է Նկար 2.3, (b)-ում:

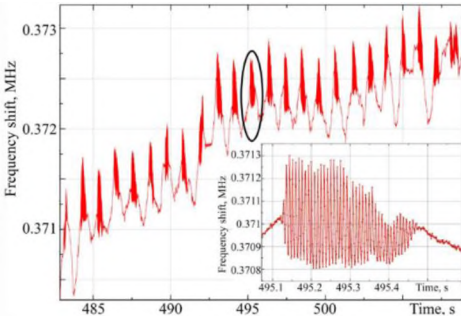


Նկ. 2.3: Քնային զարկերակի սֆիգմոգրամներ:

(a) Ազդանշաններ, որոնք գրանցվել են օգտագործելով միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված մեխանիկական տատանողական համակարգով վիբրացիոն տվիչի օգնությամբ, (b) ազդանշաններ, որոնք գրանցվել են սովորական տվիչով: Սլաքները ցույց են տալիս բարձր հաճախության տատանումների պահերը՝ կապված արտալ փականի փակման հետ:

Քնային զարկերակի սֆիգմոգրամի գրանցման ժամանակ ձայնարկման դեպքում ձայնային տատանումը վերադրվում է դանդաղ սֆիգմոգրաֆիկ տատանումների վրա (տես Նկար 2.4):

Այսպիսով, միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված տվիչները ցուցաբերում են բարձրհաճախային բավարար զգայունություն՝ գրանցելու ինչպես ձայնալարերի և դրանց շրջապատող ռեզոնատորների տատանումներ, այնպես էլ վեգետատիվ պարամետրեր (արտերիալ ճնշման պուլսային ալիքներ, սրտի բաբախումների հաճախություն, շնչառության ռիթմ), որոնք ունեն հստակ անհատական բնույթ:

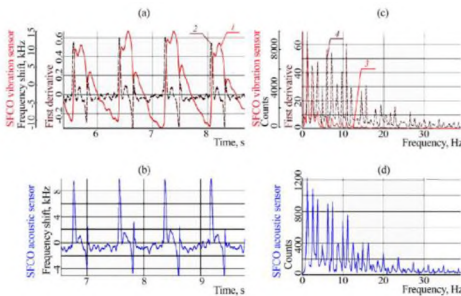


Նկ. 2.4: Քնային զարկերակի սֆիզմոգրամը, որը գրանցված է միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված մեխանիկական տատանողական համակարգով վիբրացիոն տվիչով: Սֆիզմոգրամի վրա վերադրված է պարբերականորեն կրկնվող ձայնարկման արդյունքում առաջացող բարձրհաճախային բաղադրիչը: Ներդիրը ցույց է տալիս ձայնարկման ակտիվության ընդլայնված մեկ հատված:

2.5 պարագրաֆը նվիրված է գրանցված ազդանշանների վիճակագրական վերլուծությանը, որն անհրաժեշտ է տվիչի սեփական աղմուկներից ազատվելու և ստացված արդյունքների հիման վրա եզրահանգումներ կատարելու համար:

Կատարվել է գրանցված սֆիզմոգրամների և ֆոնային ազդանշանների (աղմուկի) սպեկտրալ վերլուծություն: Ֆոնային աղմուկի հզորության սպեկտրը մի քանի հարյուր անգամ պակաս է սֆիզմոգրամի հզորության սպեկտրի համեմատ:

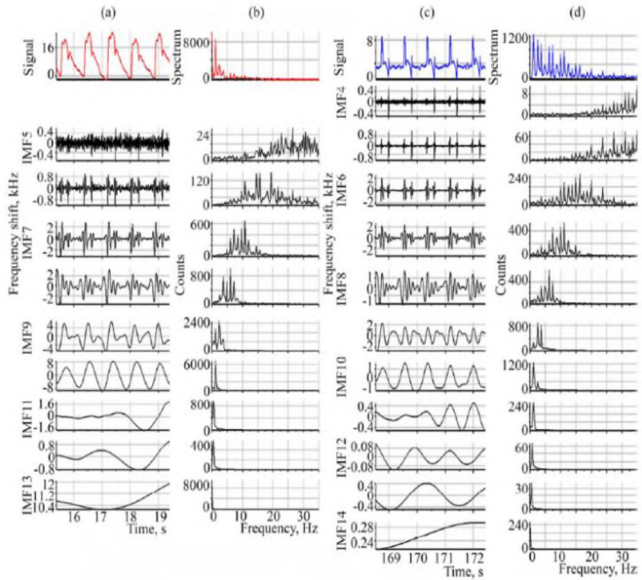
Ի տարբերություն միաշերտ հարթ կոճի վրա հիմնված վիբրացիոն տվիչով գրանցված սֆիզմոգրամի (Նկար 2.5, (a), կոր 1), ակուստիկ տվիչով գրանցված ազդանշանն իրենից ներկայացնում է սֆիզմոգրամի դիֆերենցված տեսքը, և արտահայտում է արյունատար անոթում ճնշման փոփոխության արագությունը (Նկար 2.5, (b)):



Նկ. 2.5: Միաշերտ հարթ կոճերի վրա հիմնված մեխանիկական տատանողական համակարգով վիբրացիոն (a, c) և ակուստիկ (b, d) տվիչներով գրանցված սֆիզմոգրամները և դրանց համապատասխան սպեկտրները:

Գրանցված ազդանշանները վերլուծվել են նաև կիրառելով Հիլբերտ—Հուանգի ձևակոխությունը, մասնավորապես՝ դրա մաս կազմող էմպիրիկ մոդային տրոհման մեթոդը:

Էմպիրիկ մոդային տրոհման մեթոդը թույլ է տալիս առանձնացնել սրտի աշխատանքի դիֆմի (տես IMF10 Նկար 2.6, (a), (c)-ում) և շնչառության դիֆմի (IMF12 Նկար 2.6, (a)-ում և IMF13 Նկար 2.6, (c)-ում) հետ կորելացիա ունեցող բաղադրիչներ:



Նկ. 2.6: Քնային զարկերակից վիբրացիոն (a, b) և ակուստիկ (c, d) միաշերտ հարթ կոճերի վրա հիմնված տվիչներով գրանցված սֆիգմոգրամները և դրանց հզորության սպեկտրները, սեփական ներքին մոդային ֆունկցիաները (a, c), և դրանց սպեկտրները՝ ազդանշանները էմպիրիկ մոդային տրոհման ենթարկելուց հետո:

Ներքին մոդային ֆունկցիաների սպեկտրալ վերլուծության արդյունքները հստակ ցուցադրում են ազդանշաններում առկա ցածրհաճախային (10 Հց-ից փոքր) տատանումները: Հետևաբար, այս տվիչները կարող են հաջողությամբ օգտագործվել մարդու սիրտ-անոթային համակարգում տեղի ունեցող ցածրհաճախային պրոցեսների հետազոտման և մշտադիտարկման համար:

2.6 պարագրաֆում կատարված է գլխում նկարագրված հետազոտությունների ամփոփում:

Երրորդ գլխում ներկայացված է ունակային, ինդուկտիվ և կոնտակտային սովիչների միջոցով մարդու կենսաազդանշանների գրանցումը և հետազոտումը:

3.1 պարագրաֆում ներկայացված են մարդու գլխուղեղի ակտիվության ուսումնասիրությանն ուղղված հիմնական մեթոդներն ու մոտեցումները, մասնավորապես՝ էլեկտրաուղեղագրությունը և ուղեղի ակտիվության հետազոտումը ռադիոմետրերի կիրառմամբ:

3.2 պարագրաֆում իրականացվել է մարդու գլխուղեղի ռադիոհաճախային ազդանշանների և սրտի էլեկտրական ակտիվության գրանցում և հետազոտում:

Գրանցվել և հետազոտվել են մարդկանց գլխուղեղի ռադիոհաճախային (5-100ՄՀց տիրույթի) ազդանշանները: Ազդանշանների գրանցումը կատարվել է ունակային (ապլիկատորային անտենա) և ինդուկտիվ (միաշերտ հարթ կոճեր) սովիչների միջոցով:

Գրանցված ազդանշանների առանձնահատկությունները պարզելու և դրանց կապը մարդու ֆիզիոլոգիական վիճակի հետ բացահայտելու համար ազդանշանները NI cRIO-9076 սարքի միջոցով նախնական մշակումից (զտումից) հետո ներմուծվել են համակարգիչ: Համակարգչում՝ LabVIEW միջավայրում իրականացվել է ազդանշանների սպեկտրալ և բիսպեկտրալ վերլուծություն՝ ըստ

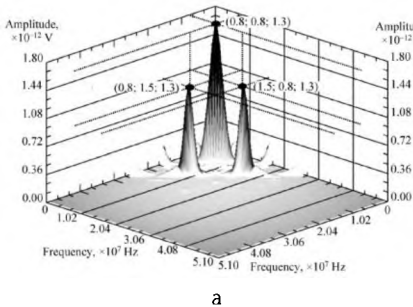
$$\hat{S}^{(i)}(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s^{(i)}(t_k) \exp(-j2\pi f_n t_k) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} s^{(i)}(k) \exp\left(-\frac{j2\pi nk}{N}\right) \text{ և}$$

$$\hat{B}_s(m, n) = \langle \hat{S}^{(i)}(m) \hat{S}^{(i)}(n) \hat{S}^{(i)}(m+n) \rangle = \langle \hat{S}^{(i)}(m) \hat{S}^{(i)}(n) \hat{S}^{(i)}(-m-n) \rangle$$

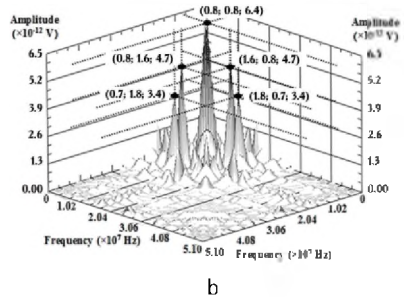
արտահայտությունների, որտեղ $j = \sqrt{-1}$, $s^{(i)}(k)$ -ն պատահական ազդանշանի i -երրորդ իրականացումն է, k -ն՝ ժամանակային ինդեքսը ($t_k = kT_a/N$), իսկ m -ը և n -ը՝ հաճախային ինդեքսները ($f_n = n/T_a$), T_a - ազդանշանի տևողությունն է:

Բիսպեկտրալ վերլուծությունը բացահայտում է սպեկտրալ բաղադրիչների միջև առկա փոխադարձ կորելացիոն կապերը, որոնք հզորության սպեկտրալ խտության մեջ լիովին բացակայում են:

Գրանցված ազդանշանի բիսպեկտրալ վերլուծության արդյունքները պատկերված են Նկար 3.1-ում:



a

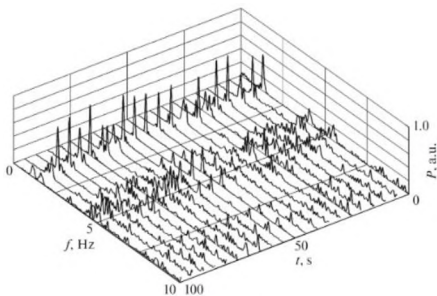


b

Նկ. 3.1: Մարդու գլխուղեղի հանգստի (a) և սթրեսային (b) վիճակներում գրանցված ռադիոհաճախային ազդանշանների բիսպեկտրները:

Նկար 3.1(a)-ում, որը համապատասխանում է հանգիստ վիճակում գտնվող մարդու գլխուղեղից ստացված ազդանշանին, հստակ տեսանելի են ֆոնային արժեքից էապես տարբերվող (փոխադարձ կորելացված) սպեկտրալ բաղադրիչներ ($f_1 \approx 8$ ՄՀց , $f_2 \approx 15$ ՄՀց և $f_4 \approx 18$ ՄՀց): Սթրեսային վիճակում գտնվելիս նույն մարդու գլխուղեղից ստացված ազդանշանի բիսպեկտրը շատ ավելի հարուստ է (տես Նկար 3.2(b)), պարզ նկատելի են շատ ավելի մեծ քանակությամբ միմյանց հետ կորելացված սպեկտրալ բաղադրիչներ:

Աշխատանքում հետազոտվել է նաև մարդու էլեկտրասրտագիրը (ԷՍԳ)՝ ստացված կոնտակտային տվիչների միջոցով: Էլեկտրասրտագիրը ենթարկվել է սպեկտրալ և բիսպեկտրալ վերլուծության՝ օգտագործելով սահող պատուհանի մեթոդը: Էլեկտրասրտագրի ժամանակահատվածային դիագրամը պատկերված է Նկ. 3.2-ում:



Նկ. 3.2: Էլեկտրասրտագրի ժամանակահատվածային դիագրամը:

Նկարում երևում է սպեկտրի փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում, ինչի շնորհիվ կարող են բացահայտվել սրտի աշխատանքի որոշ առանձնահատկություններ, որոնք նկատելի չեն էլեկտրասրտագրի ստանդարտ վերլուծությունների դեպքում:

3.3 պարագրաֆում ներկայացված է արհեստական նեյրոնային ցանցերի մշակումը՝ գրանցված ազդանշանների հիման վրա մարդու ֆիզիոլոգիական վիճակը գնահատելու համար:

Մարդու գլխուղեղից ապլիկատորային անտենայի միջոցով գրանցված կենսաազդանշանները բաժանվել են սեգմենտների, որոնք օգտագործվել են որպես նեյրոնային ցանցերի մուտքային տվյալներ: Ստացված սեգմենտների 80%-ը օգտագործվել է բուն ուսուցման համար, 10%-ը կիրառվել է նեյրոնային ցանցերի հիպերպարամետրերի որոշման և վավերացման համար, իսկ մնացած 10%-ը կիրառվել է վերջին փուլում նեյրոնային ցանցերի ելքային տվյալների արդյունավետության և արդյունքների ճշգրտության գնահատման համար:

Դիտարկվել է նեյրոնային ցանցերի չորս մոդել.

- TD_DNN (ժամանակային տեսքի մուտքային տվյալներով խորը նեյրոնային ցանց)
- FD_DNN (հաճախային տեսքի մուտքային տվյալներով խորը նեյրոնային ցանց)
- FD_RNN (հաճախային տեսքի մուտքային տվյալներով խորը ռեկուրենտ ցանց)
- TD_CNN (ժամանակային տեսքի մուտքային տվյալներով կոնվոլյուցիոն նեյրոնային ցանց)

Գնահատվել են դիտարկված մոդելների արդյունավետությունները: Դրանք կազմել են համապատասխանաբար՝ TD_DNN – 70%, FD_DNN – 80%, FD_RNN – 85% և TD_CNN – 67%:

Այսպիսով, մարդու գլխուղեղից գրանցված ազդանշանները մշակելով և մշակման արդյունքները որպես մուտքային տվյալներ օգտագործելով, նեյրոնային ցանցերի ուսուցման միջոցով հնարավոր է կառուցել մարդու հոգեվիճակը մինչև ~85% ճշտությամբ գնահատող նեյրոնային ցանցի մոդել:

3.4 պարագրաֆում ամփոփվել է երրորդ գլխում իրականացված հետազոտությունների արդյունքները:

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Հետազոտությունների արդյունքները վկայում են, որ ապլիկատորային անտենան և միաշերտ հարթ կոճերը կարելի է օգտագործել մարդու օրգանիզմում տեղի ունեցող բարձրհաճախային էլեկտրական և մագնիսական երևույթների գրանցման համար:

Ցույց է տրվել նաև, որ միաշերտ հարթ կոճերի վրա հիմնված մագնիսադաշտային և մեխանիկական տատանողական համակարգով վիբրացիոն և ակուստիկ տվիչները կարող են կիրառվել օրգանիզմում տեղի ունեցող գործընթացների, մասնավորապես՝ մարդու քնային զարկերակի սֆիգմոգրամի գրանցման համար:

Սահող պատուհանի մեթոդով էլեկտրասրտագրի վերլուծության միջոցով կարող են բացահայտվել սրտի աշխատանքի որոշ առանձնահատկություններ, որոնք նկատելի չեն էլեկտրասրտագրի ստանդարտ վերլուծությունների դեպքում:

Ապլիկատորային անտենայի միջոցով գրանցված մարդու գլխուղեղի մեգահերցային տիրույթի ռադիոազդանշանների վիճակագրական վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ ազդանշանի որոշ հաճախային բաղադրիչների միջև առկա են կորելացիոն կապեր, որոնց բնութագրերը փոփոխվում են՝ կախված մարդու ֆիզիոլոգիական վիճակից: Հիմնվելով ստացված արդյունքների վրա՝ մշակվել են արհեստական նեյրոնային համակարգերի չորս մոդելներ, որոնք միտված են մուտքային ազդանշանների հիման վրա մարդու ֆիզիոլոգիական վիճակի գնահատմանը: Կառուցված ամենաարդյունվետ մոդելը ցուցաբերել է ~85% ճշտություն:

Հրատարակված աշխատանքների ցուցակը

1. Khachunts, A.S., Gevorgyan, S.G., Tadevosyan, N.E., Tumanyan, A.A., Kostanyan, E.G., Tadevosyan, I.G., Kurghinyan, B.K., Khachunts, S.A., Gevorgyan, V.S., On the possibility of application of SFCO sensors for investigation of vibration and acoustic signals from biological objects, J. Contemp. Phys. 52, 286–294 (2017).
2. Khachunts, A.S., Gevorgyan, S.G., Tadevosyan, N.E., Tumanyan, A.A., Kostanyan, E.G., Tadevosyan, I.G., Kurghinyan, B.K., Khachunts, S.A., Gevorgyan, V.S., Radio-Frequency ‘Magnetic-Field’ Probes Based on the Single Layer Flat Coil Oscillators - New Type of SFCO-Sensors for Bio-Medical Investigations, J. Contemp. Phys. 54, 386–393 (2019).
3. Hovhannisyan, T., Hovhannisyan, B., Khachunts, S., Makaryan, A., “Deep statistical analysis of ECG”, International Congress on Advanced Cardiology and Cardiovascular Research, Vancouver BC, Canada, 2022, pp. 39-40.
4. Khachunts, S.A., Investigation of single-layer flat and spherical coil parameters for use in biomedical sensors, International Conference on Microwave & THz Technologies, Wireless Communications and OptoElectronics (IRPhE 2022), Hybrid Conference, Yerevan, Armenia, 2022, pp. 7-10.
5. Mkoyan, A., Manasyan, A., Makaryan, A., Hovhannisyan, B., Hovhannisyan T. and Khachunts, S., Biosignal processing using machine learning methods, International Conference on Microwave & THz Technologies, Wireless Communications and OptoElectronics (IRPhE 2022), Hybrid Conference, Yerevan, Armenia, 2022, pp. 4-6.
6. Хачунц, С.А., Оценка глубины зондирования водной среды радиочастотным магнитно-полевым зондом на однослойной плоской катушке, Известия НАН РА. Физика, 58 (2), 244-249 (2023)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ СЕНСОРОВ ДЛЯ БИОИМИДЖИНГА АННОТАЦИЯ

В последние годы наблюдается значительный прогресс в области устройств, предназначенных для наблюдения за состоянием здоровья человека.

Системы органов человека тесно связаны между собой, поэтому при наличии подробной информации о состоянии одной или нескольких из них можно составить общее представление о состоянии здоровья всего организма человека.

Для получения комплексной картины состояния организма человека весьма актуальны разработка и исследование различных сенсоров, способных регистрировать биосигналы, необходимые для обследования и мониторинга организма. Чрезвычайно важна также обработка полученных сигналов, что позволит получить дополнительную информацию о состоянии исследуемой системы органов.

В настоящей работе были разработаны и исследованы в основном два типа датчиков: аппликаторные (контактные) антенны и датчики на основе однослойных плоских катушек. Показано, что данные типы датчиков могут быть использованы в качестве сенсоров для регистрации разных типов биосигналов.

Для регистрации и исследования активности сердечно-сосудистой системы человека были применены автогенераторы на основе однослойной плоской катушки. Показано, что регистрируемые с помощью данного типа сенсоров сигналы могут содержать больше информации об исследуемом объекте, чем сигналы, полученные традиционными методами исследований.

В работе были использованы несколько типов статистического анализа, в частности, метод биспектрального анализа, который позволяет выявить корреляционные связи между разными спектральными компонентами сигнала. Был использован также метод эмпирической модовой декомпозиции, который позволяет разделять сигнал на частотные сегменты в реальном времени.

Аппликаторная антенна была использована для регистрации высокочастотных электрических сигналов головного мозга. При помощи биспектрального анализа показано, что между частотными компонентами зарегистрированных сигналов присутствуют корреляционные связи, природа которых меняется в зависимости от состояния человека.

Для анализа поступающих от головного мозга человека электрических сигналов, используя методы машинного обучения, были разработаны модели искусственных нейронных сетей, оценивающие по этим результатам физиологическое состояние человека.

Основные результаты работы:

1. Было показано, что однослойные плоские катушки и антенна-аппликатор могут применяться для регистрации биосигналов радиочастотного диапазона, в частности, сигналов головного мозга.
2. Впервые с помощью однослойных плоских катушек были зарегистрированы высокочастотные радиосигналы, излучаемые головным мозгом (5-30 МГц).
3. Статистический анализ радиосигналов, регистрируемых от головного мозга, показывает, что их характер сильно зависит от психического и физиологического состояния человека. Были применены методы машинного обучения для оценки состояния головного мозга на основе регистрируемых сигналов.
4. Показано, что с помощью сенсоров, основанных на однослойных плоских катушках, можно выявить особенности работы сердечно-сосудистой системы, которые могут быть полезны для диагностики различных заболеваний путем продвинутого цифрового анализа регистрируемых сигналов.

INVESTIGATION OF DIFFERENT TYPES OF SENSORS FOR BIOIMAGING

ANNOTATION

In recent years, there has been significant progress in the field of devices designed to monitor the state of human health.

Human organ systems are closely interconnected, so if you have detailed information about the state of one or more of them, you can get a general idea of the state of health of the entire human body.

To obtain a comprehensive picture of the state of the human organism, it is very important to develop and study various sensors capable of recording biosignals necessary for examining and monitoring the organism. The processing of the received signals is also extremely important, which will provide additional information about the state of the organ system under study.

In the present work, two types of sensors were developed and studied: applicator (contact) antennas and sensors based on single-layer flat coils. It is shown that these types of devices can be used as sensors for recording different types of biosignals.

To record and study the activity of the human cardiovascular system, self-oscillators based on a single-layer flat coil were used. It is shown that the signals recorded using this type of sensors can contain more information about the object under study than the signals obtained by traditional measuring methods.

Several types of statistical analysis were used in the work, in particular, the method of bispectral analysis, which makes it possible to reveal correlations between different spectral components of the signal. The method of empirical mode decomposition was also used, which allows dividing the signal into frequency segments in real time.

An applicator antenna was used to record high-frequency electrical signals from the brain. With the help of bispectral analysis, it was shown that there are correlations between the frequency components of the recorded signals, the nature of which varies depending on the state of the person.

To analyze the electrical signals coming from the human brain, using machine learning methods, models of artificial neural networks were developed that evaluate the physiological state of a person based on these results.

The main results of the work:

1. It has been shown that single-layer flat coils and an applicator antenna can be used to detect biosignals in the radio frequency range, in particular brain signals.
2. For the first time, high-frequency radio signals emitted by the brain (5-30 MHz) were recorded using single-layer flat coils.
3. Statistical analysis of radio signals recorded from the brain shows that their nature strongly depends on the mental and physiological state of a person. Machine learning methods were applied to assess the state of the brain based on the recorded signals.
4. It is shown that with the help of sensors based on single-layer flat coils, it is possible to reveal the features of the cardiovascular system, which can be useful for diagnosing various diseases, through advanced digital analysis of the recorded signals.