

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Հայրապետյան Հայկ Գառնիկի

ԳԲՀ ՏԻՐՈՒՅԹԻ ԴՅՈՒՐԱԿԻՐ ՌԱԴԻՈԼՈԿԱՑԻՈՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ  
ԿԵՆՍԱ-ԲԺՇԿԱԿԱՆ ԿԻՐԱՌՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Ա.04.03 – “Ռադիոֆիզիկա” մասնագիտությամբ  
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի  
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՍԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ-2012

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Այրապետյան Այկ Գարնիկովիչ

Разработка малогабаритной РЛС СВЧ диапазона для биомедицинских применений

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности

01.04.03 – “Радиофизика”

ЕРЕВАН - 2012

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և  
Էլեկտրոնիկայի Ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու

Տ. Վ. Ջաքարյան

Պաշտոնական ընդհմախոսներ՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր

Ա.Կ. Առաքելյան

տեխ. գիտ. դոկտոր

Ն.Ռ. Խաչատրյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Երևանի կապի միջոցների գիտա-  
հետազոտական ինստիտուտ

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2012թ հունիսի 9-ին ժամը  
12-ին Երևանի Պետական Համալսարանում գործող ֆիզիկայի 049  
մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցե՝ Երևան, Ալեք Մանուկյան 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Մեղմագիրն առաքված է 2012թ. մայիսի 8-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,  
Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեքնածու

Վ. Պ. Քալանթարյան

---

Тема диссертации утверждена в Институте Радиофизики и Электроники НАН РА.

Научный руководитель:

кандидат физ.-мат. наук

Т.В. Закарян

Официальные оппоненты:

доктор физ.-мат. наук

А.К. Аракелян

доктор техн. наук

Н.Р. Хачатрян

Ведущая организация:

Ереванский

научно-исследовательский

институт средств связи

Защита диссертации состоится 9 июня 2012 г. в 12 часов, на заседании  
специализированного совета физики 049 при Ереванском Государственном  
Университете по адресу: Ереван, ул. А. Манукяна 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 8 мая 2012г.

Ученый секретарь специализированного совета  
кандидат физ.-мат. наук.

В.П. Калантарян

## *Աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը*

### **Ատենախոսության արդիականությունը**

Ատենախոսությունը վերաբերում է գիտության այն բնագավառներին, որոնք գտնվում են մի շարք ժամանակակից տեխնոլոգիաների զարգացման առաջնագծում: Առանց հպման ռադիոլոկացիոն համակարգերը մեծ պահանջարկ և հետաքրքրություն են ներկայացնում, հանդիսանալով թե որպես ախտորոշման համակարգ, և թե որպես բնական աղետների փլատակներից կենդանի մարդկանց հայտնաբերման նպատակով կիրառվող գործիք [1]: Այդպիսի համակարգերի կառուցման յուրահատկությունների ուսումնասիրությունը, ինչպես նաև ազդանշանի մշակման եղանակները տեղ են գտել այս աշխատանքում:

Ինչպես հայտնի է, էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածումը միջավայրում խիստ կերպով կախված է վերջինիս էլեկտրամագնիսական հատկություններից: Այդ իսկ պատճառով ատենախոսության մեջ քննարկվում է էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածումը կենսաբանական միջավայրերում: Էլեկտրամագնիսական ալիքները կենսաբանական մարմինների հետ փոխազդելիս ի հայտ են բերում զանազան անցանկալի էֆեկտներ և երկարատև ճառագայթումը կարող է նրանց վնաս հասցնել [2]: Այդ իսկ պատճառով էլեկտրամագնիսական ալիքների հզորության առավելագույն արժեքը սահմանվում է միջազգային ստանդարտներով և սահմանափակում է տարբեր ֆիզիկական մեթոդների վրա հիմնված ուսումնասիրությունների կիրառումը: Այս տեսակետից, ԳԲՀ ցածր հզորության ռադիոլոկացիոն համակարգերի օգտագործումը զերծ է նշված սահմանափակումներից և իրենից ներկայացնում է ախտորոշման հեռանկարային և խոստումնալից ուղղություն:

Մարդու մարմնի օրգանների տատանողական ակտիվության ուսումնասիրությունը ԳԲՀ դոպլերային ռադիոլոկացիոն համակարգերի միջոցով սկսել է լայնորեն օգտագործել 1970-ականներից [3]: Այդ աշխատանքները կատարվել են օգտագործելով մեծ, ծանր և թանկարժեք ալիքատարային տարրեր, որոնք սահմանափակել են նրանց օգտագործումը խիստ սահմանափակ պայմաններում: Արդի ԳԲՀ տեխնոլոգիաների զարգացումը հնարավոր է դարձրել այդպիսի համակարգերի օգտագործումը ինչպես բժշկական և արտակարգ իրավիճակների պայմաններում, այնպես էլ տնային պայմաններում, ինչը թույլ կտա ուսումնասիրել, օրինակ, մարդկանց հանկարծակի շնչահեղձությունը քնած ժամանակ: Այս հանգամանքը առաջ է քաշում դյուրակիր համակարգերի ստեղծման խնդիրը նշված նպատակներով կիրառելու համար:

### **Ատենախոսության նպատակը**

Ատենախոսության նպատակն է հետազոտել անընդհատ գործողության դոպլերային ռադիոլոկացիոն համակարգերի կառուցման առանձնահատկությունները, և կատարել կայանից ստացված ինֆորմացիայի մշակում և վերծանում, կայանը որպես ախտորոշման համակարգ կիրառելու համար: Ատենախոսության մեջ նշված նպատակներին հասնելու համար դրվել են հետևյալ խնդիրները՝

1. Հետազոտել գոյություն ունեցող դոպլերային ռադիոլոկացիոն համակարգերի բնութագրերը: Առաջարկել այդ բնութագրերը էապես բարձրացնող այնպիսի լուծումներ, որոնք հիմնված են ցածր աղմկային տարրերի և նոր տիպի անտենաների կիրառման վրա:

2. Կառուցել առաջարկված բնութագրերով գործող համակարգ:  
Կատարել այդ համակարգի օգնությամբ տարբեր չափումներ՝ համակարգի տեխնիկական բնութագրերը գնահատելու համար:
3. Առաջարկել ազդանշանի մշակման ալգորիթմ, որը թույլ կտա համակարգը կիրառել ակնթարթային (էքսպրես) ախտորոշման նպատակով:
4. Կատարել չափումներ արգելքներից այն կողմ գտնվող մարդկանց սրտի և շնչառական ակտիվությունը գրանցելու նպատակով, և մշակել այդ ակտիվությունը արդյունավետ կերպով արտապատկերող համակարգ:

#### **Գիտական նորույթը**

1. Նախագծվել և կառուցվել է դեցիմետրական տիրույթի անընդհատ գործողության դոպլերային ռադիոլուկացիոն համակարգ: Այն գործնականորեն կիրառվել է արգելապատի հետևում գտնվող մարդկանց հայտնաբերման համար, ինչպես նաև շնչառական և սրտի ակտիվությունը տարբեր հեռավորության վրա (մինչև 2մ) գրանցելու համար:
2. Առաջարկվել է անդրադարձած ազդանշանի սպեկտրալ մոդել, որտեղ շնչառական և սրտի ակտիվության սպեկտրները կրում են պարբերական բնույթ, որի արդյունքում անդրադարձած ազդանշանի սպեկտրը իդենտիկ է ըստ հաճախության մոդուլված ազդանշանի սպեկտրին համապատասխան մոդուլացման ինդեքսով:
3. Առաջարկվել է ԳԲՀ դոպլերային սպեկտրներում շնչառական և սրտի ակտիվության տարանջատման ալգորիթմ: Այդ ալգորիթմը կարող է հաջողությամբ օգտագործվել այն դեպքերում, երբ անհրաժեշտ է միայն

վճիռ կայացնել երկրաշարժերի փլատակերում կենդանի մարդկանց առկայության վերաբերյալ: Մինևույն ժամանակ առանց հպման ախտորոշման համակարգերում առկա է նաև մարդու ներքին օրգանների տատանողական ակտիվության տարանջատման խնդիրը: Մշակված ալգորիթմի միջոցով կարելի է նաև տարանջատել միմյանցից շնչառական և սրտի ակտիվությունները:

4. Նշված ալգորիթմի հիման վրա առաջարկվել է նաև մարդու ազիմուտալ սկանավորման եղանակը անընդհատ գործողության ռադիոլոկացիոն համակարգի միջոցով: Դոպլերային սպեկտրների միջինացումը հնարավորություն է տալիս տարանջատել սրտի ակտիվության սպեկտրը շնչառական ակտիվության սպեկտրից:

#### **Գործնական արժեքը**

1. Կառուցված անընդհատ գործողության ռադիոլոկացիոն համակարգը գործնականորեն կիրառելի է ինչպես առողջապահական նպատակներով, այնպես էլ աղետների ժամանակ առաջացած փլատակներից մարդկանց հայտնաբերման նպատակով:
2. Առաջարկված տեխնիկական պարամետրերը և մաթեմատիկական մեթոդները իրենց կիրառությունը կարող են գտնել առանց հպման ախտորոշման անընդհատ գործողության ռադիոլոկացիոն համակարգերում:
3. Անդրադարձած ազդանշանի սպեկտրալ մոդելը կիրառվել է զանազան ներքին օրգաններից անդրադարձած ազդանշանների սպեկտրների տարանջատման համար, որը հնարավորություն է ընձեռում հեշտացնել և ավտոմատացնել ախտորոշման աշխատանքները:

4. Այս համակարգը կարևոր նշանակություն ունի կենդանիների ներքին օրգանների ֆիզիոլոգիական մոնիտորինգի համար: Առանց անմիջական ֆիզիկական հպման մոնիտորինգի համակարգը թույլ կտա ապահովել հետազոտումների մաքրությունը և բացառել հպման հետ կապված անցանկալի էմոցիոնալ ազդեցությունը:

**Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները**

1. Առաջարկվող ԳԲՀ դեցիմետրական տիրույթի դոպլերային ռադիոլոկացիոն համակարգի միջոցով հնարավոր է մեծ ճշտությամբ վճիռ կայացնել երկրաշարժի փլատակներում կենդանի մարդկանց առկայության մասին, օգտագործելով ժամանակակից թվային մշակման եղանակները:
2. Օգտագործելով ցածր փուլային աղմուկների խտություն ունեցող ժամանակակից գեներատորները, հնարավոր է կառուցել դոպլերային ռադիոլոկացիոն համակարգ, որը օժտված է կենսաբժշկական ոլորտին բնորոշ լուծողականությամբ (0.1 Հց):
3. Կիրառելով 1 ԳՀց հաճախային տիրույթի համար նախագծված հատուկ տպասալիկային ֆրակտալային անտենաները, որոնք ունեն ցածր ինքնարժեք և փոքր չափսեր, հնարավոր է դարձել կառուցել առավել մեկուսացված և ճշգրիտ չափման համակարգ:
4. ԳԲՀ դոպլերային սպեկտրների միմյանցից տարբերվող շնչառական և սրտի ակտիվության անկյունային կախվածության շնորհիվ հնարավոր է անդրադարձաձ ազդանշանի սպեկտրում տարանջատել վերոհիշյալ ներքին օրգանների տատանողական ակտիվությունը:

### **Աշխատանքի ներկայացումը**

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները բազմիցս քննարկվել են Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի ազդանշանների թվային մշակման ու ԳԲՀ համակարգերի լաբորատորիաների սեմինարներում, ինչպես նաև IRPhE'2010 (23-25 սեպտեմբերի, 2010, Աշտարակ-Աղվերան, Հայաստան) միջազգային գիտաժողովում:

### **Տպագրություններ**

Ատենախոսության թեմայով տպագրվել է 4 աշխատանք, որոնցից 3 հոդված և 1 միջազգային գիտաժողովին ներկայացված զեկույց, որոնց ցուցակը բերված է սույն սեղմագրում:

### **Ատենախոսության կառուցվածքը**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, և 49 հոլում պարունակող գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 101 էջ է և պարունակում է 34 նկար և 1 աղյուսակ:

### **Ատենախոսության բովանդակությունը**

Ներածության մեջ հիմնավորված է ատենախոսության արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև, պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները, նշված է ստացված արդյունքների գիտական նորույթը և գործնական արժեքը:

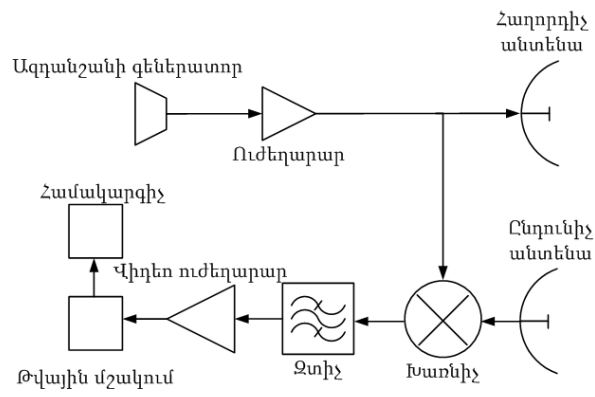


Գլուխ 1-ում ներկայացված է թեմային վերաբերվող գրականության հակիրճ ամփոփում: 1.1 պարագրաֆը ներկայացնում է մինչ այժմ գոյություն ունեցող կենսա-բժշկական նշանակության ռադիոլոկացիոն կայանները:

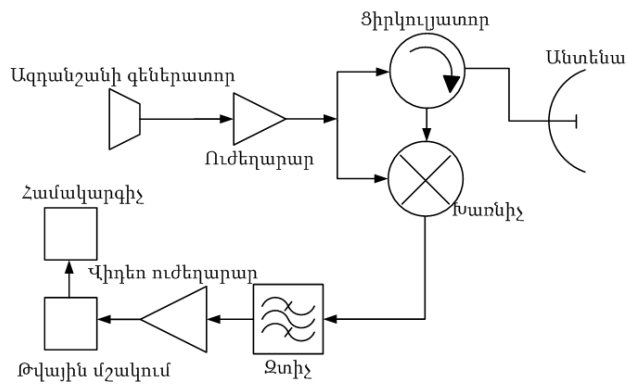
1.2 պարագրաֆում ամփոփված է էլեկտրամագնիսական ալիքների փոխազդեցությունը կենսաբանական օբյեկտների հետ: Ներկայացված են այդ ազդեցության հաշվարկային նորմերը և թույլատրելի սահմանները:

Գլուխ 2-ը նվիրված է ռադիոլոկացիոն համակարգերի ուսումնասիրությանը: 2.1 պարագրաֆում ներկայացվում է ավանդական ռադիոլոկացիոն համակարգերի կառուցվածքը: Պարագրաֆ 2.2-ում քննարկված է անընդհատ գործողության ռադիոլոկացիոն կայանների աշխատանքի սկզբունքները, մասնավորապես, Դոպլերի էֆեկտի վրա հիմնված կայանների աշխատանքի սկզբունքը [4]: 2.3 պարագրաֆում քննարկված է կյանքի նշանների հայտնաբերման տվիչների (սենսորների) կարևորությունը և նրանց մշակման եղանակները: 2.4 պարագրաֆում քննարկվել է մեծ պահանջարկ ունեցող առանց հպման ախտորոշման համակարգերի կառուցման առանձնահատկությունները և նրանց կիրառման շրջանակները:

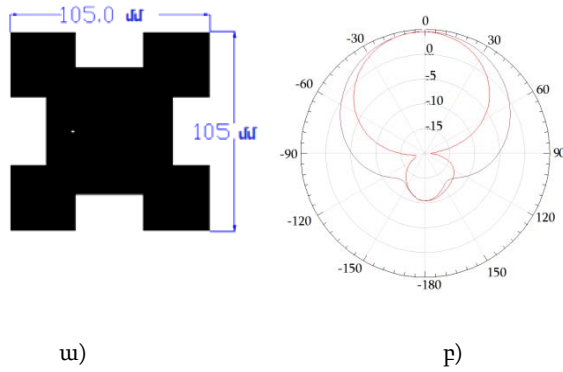
Գլուխ 3-ը ամբողջովին նվիրված է նախագծված և կառուցված ԳԲՀ դոպլերային ռադիոլոկացիոն համակարգի միջոցով կատարված հետազոտություններին և ստացված արդյունքներին: Նախագծման ընթացքում առաջարկվել է մեկ և երկու անտենաներով համակարգեր [5]: Պարագրաֆ 3.1-ում ներկայացված են նախագծված և կառուցված համակարգերի բոլոր սխեմաները(Նկ. 1, Նկ. 2) և հատուկ այս համակարգի համար նախագծված տպասալիկային անտենաների բնութագրերը և երկրաչափական կառուցվածքը(Նկ. 3):



Նկ. 1 Երկու անտենաներով ռադիոլուկացիոն կայանի բլոկ սխեման



Նկ. 2 Մեկ անտենայով ռադիոլուկացիոն կայանի բլոկ սխեման



Նկ. 3 Տպասալիկային անտենայի բնութագրերը.

ա) երկրաչափական չափերը

բ) ուղղվածության դիագրամը ուղղահայաց և հորիզոնական հարթություններում

Այս պարագրաֆում իր տեղն է գտել նաև ուժեղարարի և գտիչի նկատմամբ առաջացած պահանջների ներկայացումը, և հիմնավորվել են նրանց բնութագրերը:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ կենսաբանական ակտիվությունը տեղի է ունենում հիմնականում ինֆրա-ցածր հաճախականային տիրույթում, հատուկ ուշադրություն է դարձվել ռադիոլոկացիոն համակարգի հաղորդչի փուլային աղմուկների քննարկմանը, քանի որ հենց այդ բնութագիրն է հիմնականում սահմանափակում համակարգի աշխատանքի թույլատրելի հեռավորությունը:

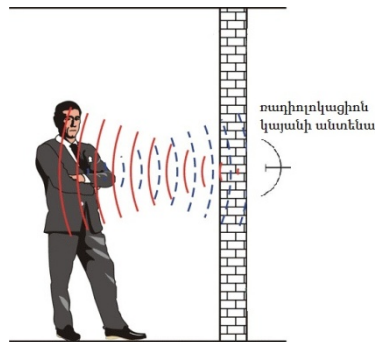
Հայտնի է [6], որ ինֆրացածր հաճախային վերալարումների դեպքում փուլային աղմուկների վարքը կտրուկ փոխվում է համակարգում գերակշռող ֆիլիեր-աղմուկների պատճառով: Եթե մինչև 1 կՀց վերալարման հաճախությունների համար ընդունված է հաշվի առնել էմպիրիկ 20dB/decade փուլային աղմուկի

խտության աճը, ապա ավելի ցածր հաճախությունների դեպքում այդ աճը կազմում է արդեն 30dB/decade: Ուղղակիորեն գնահատելով ազդանշանի կոհերենտության ժամանակը,

$$L(\omega) = \frac{8L_o(\omega)R^2\omega_c^2}{c^2} \quad (1),$$

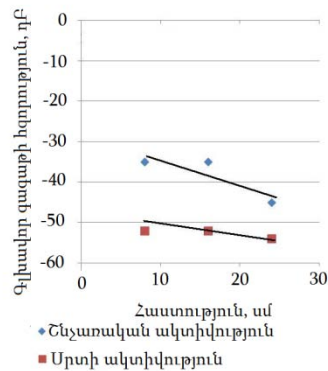
կարելի է գտնել, որ 1 Հց վերալարման հաճախության դեպքում, 1ԳՀց հաճախությամբ գեներատորի կոհերենտության հեռավորությունը կազմում է 200մ, և նույնիսկ ավելի խիստ՝ 0.1 Հց վերալարման դեպքում կազմում է 40 մ: Այստեղ,  $L_o$ -ն գեներատորի փուլային աղմուկների սպեկտրալ խտությունն է,  $R$ -ը հեռավորությունը և  $\omega_c$ -ն կրող հաճախությունը:

3.2 պարագրաֆում ներկայացված են այն չափումների արդյունքները, որոնք վերաբերվում են տարբեր հաստությամբ արգելապատնեշներից այն կողմ գտնվող մարդկանց հայտնաբերմանը(Նկ.4):



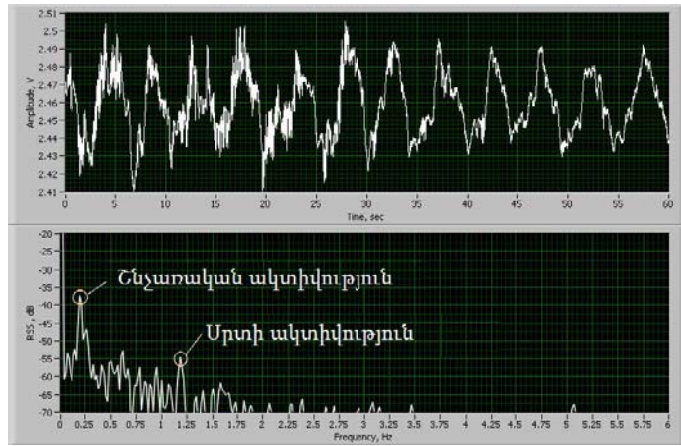
Նկ. 4

Բերված է արգելապատնեշի հաստությունից կախված սրտի և շնչառական ակտիվության սպեկտրալ բաղադրիչների մեծության նվազեցումը, որոնք համեմատված են տեսական արդյունքների հետ(Նկ.5):



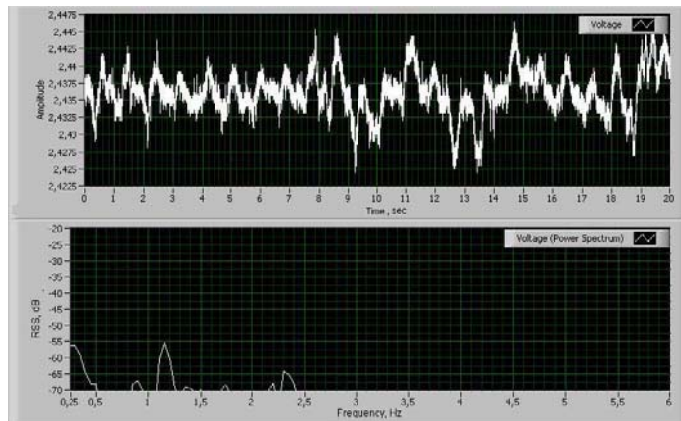
Նկ. 5 Սրտի և շնչառական ակտիվության սպեկտրալ բաղադրիչների մեծության նվազեցումը կախված արգելապատնեշի հաստությունից

Պարագրաֆ 3.3-ում ներկայացված է տարբեր պայմաններում կատարված չափումների արդյունքները, որոնք արտահայտված են մարդու մարմից անդրադարձած ազդանշանի ժամանակային տիրույթի պատկերման միջոցով: Տիպային պատկերներից մեկը ներկայացված է ստորև. մարդը գտնվում է անտենաներից 1մ հեռավորության վրա: Այդ ազդանշանը ենթարկվել է Ֆուրիեյի արագ ձևափոխությունների, և արդյունքում ստացվել է նրա պատկերը հաճախականային տիրույթում(Նկ. 6): Հաճախականային տիրույթում ակնհայտ արտահայտված են շնչառական և սրտի ակտիվությունները:



Նկ. 6 Մարդու շնչառական և սրտի ակտիվությունները ժամանակային և հաճախականային տիրույթներում:

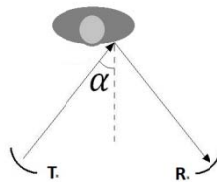
Ներկայացված է նաև մեկ այլ արժեքավոր փորձի արդյունք, երբ մարդը գտնվելով նույն հեռավորության վրա, չի շնչում: Ժամանակային և հաճախականային տիրույթների համար ստացվում են հետևյալ պատկերները(Նկ.7)՝



Նկ. 7 Մարդու սրտի ակտիվությունը ժամանակային և հաճախականային տիրույթներում

Ինչպես երևում է նկարից, այս դեպքում շնչառական ակտիվության բաղադրիչը բացակայում է և արտահայտված է միայն սրտի ակտիվության բաղադրիչը:

Պարագրաֆ 3.4-ում առաջարկվել է մի ալգորիթմ, ըստ որի հնարավոր է տարանջատել զանազան ներքին օրգանները ըստ իրենց բնորոշ տատանողական սպեկտրների սիմետրիայի: Մասնավորապես, այս ալգորիթմը կիրառվել է ԳԲՀ դոպլերային սպեկտրում սրտի և շնչառական ակտիվության տարանջատման համար: Ներկայացված է դոպլերային սպեկտրներում սրտի և շնչառական ակտիվության վերլուծությունը, որը հաշվի է առնում ընդունիչ և հաղորդչ անտենաների համեմատական երկրաչափական դիրքորոշումը: Քանի որ սրտի տատանումները իզոտրոպ բնույթի են, իսկ շնչառական օրգանների տատանումները արտահայտված “բևեռացված”, ապա ի տարբերություն սրտի, շնչառական ակտիվության սպեկտրը էապես կախված է ընդունիչի և հաղորդչի համեմատական երկրաչափական դիրքորոշումից (Նկ. 8):

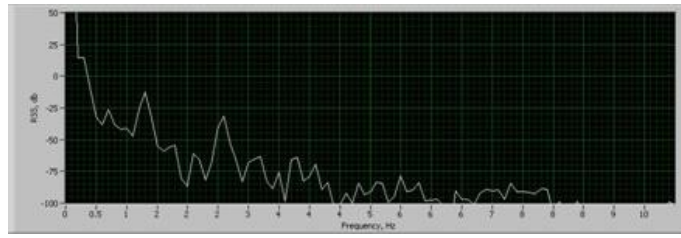


Նկ. 8

Ներկայացված են տարբեր անկյան տակ և տարբեր սուբյեկտների նկատմամբ կատարված չափումների արդյունքները:

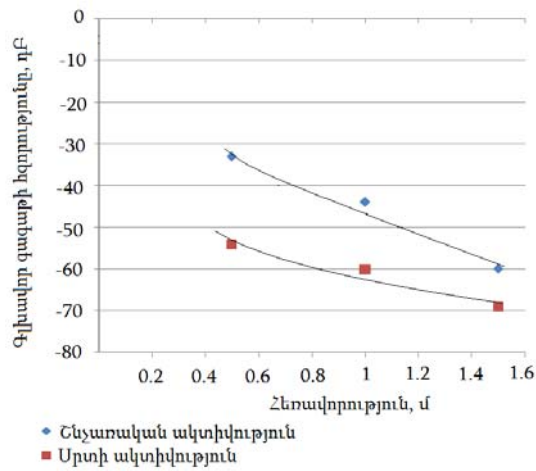
Մեծ հետաքրքրություն է իրենից ներկայացնում միևնույն սուբյեկտի նկատմամբ հաղորդչի և ընդունիչի տարբեր երկրաչափական դիրքորոշումներով կատարված չափումների հաճախականային միջինացումը: Միջինացման արդյունքում, սրտի

ակտիվության բաղադրիչը և նրա հարմունիկները ներկայանում են առավել արտահայտված (Նկ. 9):



Նկ. 9 Սրտի և շնչառության ակտիվության հաճախականային տիրույթը միջինացման արդյունքում

3.5 պարագրաֆը ներկայացնում է չափումների այն բաժինը, որոնք վերաբերում է կենսաբանական սուբյեկտից անդրադարձած ազդանշանի հզորության կախմանը սուբյեկտի և անտենայի միջև եղած հեռավորությունից: Այս դեպքում նույնպես կատարվել է համեմատություն տեսական արդյունքների հետ (Նկ. 10):



Նկ. 10 Ազդանշանի հզորության կախումը սուբյեկտի և անտենայի միջև եղած հեռավորությունից



### Եզրակացություն

1. Նախագծված և կառուցված դեցիմետրական տիրույթի անընդհատ գործողության ռադիոլուկացիոն համակարգի միջոցով հնարավոր է պարզել տարբեր հաստությամբ արգելապատի հետևում գտնվող կենդանի մարդկանց առկայությունը, ինչը թույլ է տալիս օգտագործել այն զանազան արտակարգ իրավիճակներում:
2. Նախագծված համակարգի միջոցով հնարավոր է գրանցել մարդու շնչառական և սրտի ակտիվությունը տարբեր հեռավորությունների վրա, մինչև անգամ մի քանի մետր, ինչը հնարավորություն է ընձեռում ոչ-կոնտակտային կարդիո-մոնիտորի ստեղծմանը:
3. Ցածր փուլային աղմուկների խտություն ( $-96$  dBc/Հց 1կՀց-ին)ունեցող զեներատորները թույլ են տալիս օգտագործել առաջարկվող համակարգը մինչև  $\sim 40$  մ հեռավորության վրա, ապահովելով կենսա-բժշկական ոլորտին բնորոշ  $0.1$  Հց ինֆրացածր հաճախականային լուծողականությունը:
4. Ցույց է տրված, որ շնչառական և սրտի ակտիվության սպեկտրները համարժեք են հաճախականային մոդուլացված ազդանշանի սպեկտրին համապատասխան մոդուլացման ինդեքսով: Այդ հանգամանքը հնարավորություն է ընձեռում համակարգը օգտագործել որպես էքսպրես ախտորոշման նպատակով:
5. Առաջարկված է ԳԲՀ դոպլերային սպեկտրներում շնչառական և սրտի ակտիվության տարանջատման ալգորիթմ, որի հիման վրա հնարավոր է տարանջատել մարդու ներքին օրգանները ըստ նրանց տատանողական առանձնահատկությունների: Ցույց է տրված, որ դոպլերային սպեկտրների միջինացման եղանակով կարելի է միմյանցից տարանջատել շնչառական և սրտի ակտիվության սպեկտրները:

6. Կատարվել է մարդու մարմնի ԳԲՀ դոպլերային ազիմուտալ սկանավորում, որի ընթացքում փոփոխվել է հաղորդիչ և ընդունիչ անտենաների երկրաչափական դիրքորոշումը: Ստացված սպեկտրների միջինացման արդյունքում սրտի սկտիվության բաղադրիչը դառնում է ավելի արտահայտիչ:

#### **Հրատարակված աշխատանքների ցուցակ**

1. А.А. Ахумян, А.Г. Айрапетян, Т.В. Закарян, Р.М. Мартиросян, С.Г. Мартиросян, А.Г. Мужикян, В.Р. Никогосян, Н.Г. Погосян Т.Н. Погосян, К.С. Рустамян, "Малая РЛС Ку-диапазона с непрерывным ЛЧМ-сигналом", "Электромагнитные волны и электронные системы", № 2, т. 16, 2011, 43-48.
2. A.Hakhoumian, H.Hayrapetyan, S.Martirosyan, A.Muzhikyan, N.Poghosyan, and T.Zakaryan, "L-Band Doppler Radar for Heartbeat Sensing" The International Conference "The Technique of Microwave and THz Waves and its Application in Biomedical and Radar Technologies and in Remote Sensing" (IRPhE'2010), September 23 -25 2010, Ashtarak-Aghveran, Armenia, pp. 97-99.
3. Avagyan, H. and Hakhoumian, A. and Hayrapetyan, H. and Pogosyan, N. and Zakaryan, T. (2012) *PORTABLE NON-CONTACT MICROWAVE DOPPLER RADAR FOR RESPIRATION AND HEARTBEAT SENSING. Armenian Journal of Physics*, 5 (1). pp. 8-14.
4. H.Hayrapetyan, "Processing Algorithm for Separation of Cardiac and Pulmonic Activities in Reflected Microwave Doppler Spectra", *Transactions of IIAP of NAS of RA, Mathematical Problems of Computer Science*, vol. 36, 2012, pp. 99-103

**Օգտագործված գրականության ցանկ**

- [1] R.L.Yadava - “RF/Microwaves in Bio-Medical Applications”, *Proc. of 8th International Conference on Electromagnetic Interference and Compatibility (INCEMIC-2003), 18-19 Dec. 2003*, pp. 81-85
- [2] H. P. Schwan, “Interaction of Microwave and Radio Frequency Radiation with Biological Systems,” *IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-19, March 1971*, pp.146-152.
- [3] Jee-Hoon Lee, Yun-Taek Im, Seong-Ook Park, “Doppler Radar Sensing System of Respiration and Heart Rate”, *Antennas, Propagation and EM Theory, 2008. ISAPE 2008. 8th International Symposium on 2-5 Nov. 2008*, pp. 706 – 708.
- [4] Jenshan Lin and Changzhi Li - “Wireless Non-Contact Detection of Heartbeat and Respiration Using Low-Power Microwave Radar Sensor”, *Asia-Pacific Microwave Conference, APMC-2007, 11-14 Dec. 2007*, pp.1-4
- [5] I. S. Komarov, S. M. Smolskiy, “*Fundamentals of Short-Range FM Radar*”, *Artech House, August 30, 2003*.
- [6] W.P. Robins – “*Phase noise in signal sources: theory and applications*”, *Peter Peregrinus Ltd. , 1998*.

## АННОТАЦИЯ

Бурный прогресс в современных микроволновых и цифровых технологиях позволяет создавать малогабаритные переносные РЛС, которые могут быть применены в самых разнообразных гражданских областях, таких как чрезвычайные ситуации, биомедицина и даже в быту. Это обстоятельство ставит на повестку дня задачу создания новых портативных бесконтактных систем в сфере биомедицинской диагностики.

Данная работа посвящена разработке и возможности использования РЛС дециметрового диапазона, а также обработке и анализу информации, для их использования в диагностических целях. В соответствии с поставленной целью были решены следующие основные задачи:

1. Исследовать характеристики существующих РЛС биомедицинского назначения. Предложить решения, основанные на малошумящих элементах и антеннах нового типа, которые существенно улучшают характеристики РЛС. Разработать и построить РЛС с предложенными характеристиками и оценить соответствие полученных технических параметров требуемым условиям.
2. Разработать алгоритм обработки сигналов для использования РЛС в качестве инструмента для экспресс диагностики.
3. Произвести измерения для обнаружения дыхательной и сердечной активности человека за препятствиями и разработать эффективный алгоритм для адекватного отображения этой активности.

В диссертации получены следующие основные результаты:

1. Разработанная и построенная РЛС непрерывного действия позволяет регистрировать факт присутствия живого человека за препятствиями, что позволяет применить эту систему в различных чрезвычайных ситуациях.
2. С помощью разработанной РЛС можно регистрировать спектры дыхательной и сердечной активности человека на расстояниях вплоть до нескольких метров, что позволяет использовать эту систему в качестве бесконтактного кардиомонитора.
3. Генераторы с малым уровнем фазового шума ( $-96$  dBc/Гц при 1кГц) позволяют использовать предложенную систему на дистанциях до  $\sim 40$ м, при этом она будет удовлетворять требованию типичных био-медицинских приложений в спектральном разрешении 0.1 Гц.
4. Было показано, что спектры дыхательной и сердечной активности человека идентичны спектрам частотно-модулированных сигналов с соответствующими индексами модуляции. Это делает возможным применение доплеровских РЛС в качестве инструмента для экспресс диагностики.
5. Предложен алгоритм разделения сердечной и дыхательной активности человека в СВЧ доплеровских спектрах. Использование этого алгоритма позволяет различать активность внутренних органов человека по их колебательной симметрии. В частности, показано, что метод усреднения доплеровских спектров позволяет различать спектры сердечной и дыхательной активности человека.
6. Предложен метод СВЧ доплеровского азимутального сканирования тела человека, при котором передающая и приемная антенны РЛС имеют разные геометрические ориентации. После обработки данных, полученных в результате сканирования, спектр сердечной активности становится более выраженным.

ABSTRACT

Rapid advances in modern microwave and digital technology make it possible to create compact and portable radars, which can be used in a wide variety of civilian applications, such as emergency, biomedicine, and even in everyday life. This puts on the agenda the task of creating new portable non-contact systems to be used in the field of biomedical diagnostics.

This paper investigates the development and application of UHF CW Doppler radars, as well as the processing and analyzing of information for use in diagnostic purposes.

To reach the stated aim the following steps have been made:

1. Investigate the specifications of the existing radars for biomedical applications. Propose solutions based on low-noise components and new type of antennas that substantially improve these specifications.
2. Create the proper portable radar and evaluate achieved technical parameters to be in accordance with the requested specifications.
3. Use the radar as an instant diagnosis device, propose the algorithm for proper signal processing.
4. Make measurements for the detection of pulmonic and cardiac activity of the human body behind the obstacles and develop the effective algorithm to display such activity.

During the research following main results have been obtained:

1. The designed and created CW UHF radar can recognize the presence of a human behind the obstacles and that way allows to use the system in various emergency applications.
2. The designed radar can register pulmonic and cardiac activity of the human at different distances up to a few meters. This makes it possible to use it as contactless cardio monitoring system.
3. Low phase noise oscillators ( $-96 \text{ dBc/Hz @ 1kHz}$ ) allow to apply the proposed system up to  $\sim 40\text{m}$  distance and satisfy the needs of  $0.1 \text{ Hz}$  spectral resolution in typical biomedical applications.
4. It is shown that the spectra of the pulmonic and cardiac activity of human are identical to ones of frequency modulated signal with respective modulation index. This fact makes it possible to use the radar as a tool for instant diagnosis.
5. The algorithm for the separation of cardiac and pulmonic activity of the human in microwave Doppler spectra has been proposed, which can distinguish the viscera of a person based on their oscillating symmetry. It is shown that averaging of Doppler spectra can distinguish the spectra of cardiac and pulmonic activity.
6. The azimuthal scanning of human body by microwave Doppler radar has been proposed, in which the transmitter and receiver antennas are placed in different geometric directions. After averaging the obtained spectra, the cardiac activity becomes more distinct.