

**«AZƏRBAYCAN HAVA YOLLARI»
QAPALI SƏHMDAR CƏMİYYƏTİ
MİLLİ AVİASIYA AKADEMİYASI**

Əlyazma hüququnda

ƏSƏD RÜSTƏM OĞLU RÜSTƏMOV

**GƏMİ RLS-NİN DƏQİQLİK GÖSTƏRİCİLƏRİ VƏ
ONLARIN YAXŞILAŞDIRILMASI YOLLARI**

**İxtisas: 3325.02 – Radiotexnika, radionaviqasiya, radiolokasiya və
televiziya sistemləri və qurğuları**

**Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

A V T O R E F E R A T I

BAKI - 2014

Dissertasiya işi Milli Aviasiya Akademiyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

T.e.d., professor, AMEA-nın müxbir üzvü

A.R. Həsənov

Rəsmi opponentlər:

T.e.d.

Ə.İ. Məmmədov

T.e.d.

K.X. İsmayılov

Aparıcı təşkilat:

Azərbaycan Texniki Universitetinin Radiotexnika kafedrası.

Müdafiə “_10_” __10_____ 2014-cü il tarixində saat ____ Milli Aviasiya Akademiyası (MAA) nəzdində D06.001 dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir. Ünvan: AZ1045, Bakı ş., Mərdəkan prospekti 30.

Dissertasiya ilə MAA-nın kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “____” _____ 2014-cü il tarixində göndərilmişdir.

D06.001 dissertasiya şurasının elmi katibi,
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

S.B.Həbubullayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı

Dənizdə müasir müharibə şəraiti hərbi gəminin silah tətbiq edə biləcəyi hərbi zonasının əhəmiyyətli dərəcədə genişlənməsi, qoyulan hərbi məsələlərin həlli üçün ayrılan vaxtın azalması, “ilk atəş” uğrunda mübarizə və hədəfin sıradan çıxarılma vasitələrinin kütləviləşdirilməsi ilə xarakterizə olunur. Bu zaman gəminin bir çox ehtiyatları, o cümlədən hədəfin aşkarlanmasına və müşayiətinə, atəş üçün verilənlərin işlənməsinə, qərar qəbul edilməsinə və raketin istiqamətləndirilməsinə ayrılan vaxt, radiolokasiya stansiyasının (RLS) şüalandırdığı güc və s. tam defisit olur. Deyilənlər dənizdə müasir müharibə şəraitində gəmi RLS-nin fəvqəladə və həlledici rolunu aydın göstərir.

Gəmi RLS-i hava və suüstü hədəflərin aşkarlanmasında, hərəkət istiqamətinin və sürətinin təyininə, həmçinin, raket və artilleriya silahlarının istifadəsinin təminatında əsas vasitədir. Müasir raket daşıyıcı kreyserlərin arsenalında müxtəlif taktiki məqsədlər üçün istifadə olunan onlarla RLS mövcuddur. Onları aşağıdakı əsas qruplara bölmək olar:

- hava hədəflərinin uzaqdan aşkarlanması;
- hava hədəflərinin müşayiəti və idarə olunan zenit raketləri silahına (İZRS) hədəfin verilməsi;
- idarə olunan zenit raketinin (İZR) istiqamətləndirilməsi;
- suüstü və aşağıdan uçan hədəflərin aşkarlanması;
- atəşin təminatı;
- naviqasiya.

Müasir kreyserdə RLS-in sayı səkkizə qədər və daha çox olur. Bu gəmilərdə quraşdırılmış və suüstü hədəflərin aşkarlanması üçün istifadə olunan RLS-in təsir dairəsi 32÷37 km hüdudlarında olur. Uzaq hədəflərin aşkarlanması üçün istifadə olunan RLS-in şüalandırdığı güc 1000÷1500 kVt həddində olub, təsir dairəsi 400÷500 km-ə qədər təşkil edir. Məsələn, “Dj. Haribaldı” kreyserində beş RLS quraşdırılmışdır. Onlardan üçü 500, 300 və 250 km məsafələrdə hava hədəflərinin aşkarlanması, ikisi isə suüstü hədəflərin aşkarlanması və naviqasiyanın təminatı üçündür.

Gəmi RLS-lərinin həll etdikləri məsələlərin qısa xülasəsi (məsələn, İZR-in hədəfə istiqamətləndirilməsi) hədəfin koordinatlarının təyininin dəqiqliyinin və sürətliliyinin önəmli və bəzən də həlledici rol oynadığını göstərir.

Problemin həll yollarından biri istifadə edilən antenanın istiqamətlənmə diaqramının fəzada elektron skanerlənməsini, yəni müəyyən bucaq daxilində idarə edilməsini təmin edən effektiv üsul və vasitələrin işlənməsidir. Hal-hazırda gəmi RLS-də istiqamətlənmə diaqramı elektron skanerlənen antena texnikasına və əsasən fəzalaşdırılmış antena qəfəslərinə (FAQ) keçid tendensiyası güclənməkdə davam edir. Bu, FAQ-ın tətbiq sahələrini genişləndirməyə imkan verən və ən müasir texnologiyalara əsaslanan yeni üsul və vasitələrin işlənməsinə həsr olunmuş elmi tədqiqatların həcmi ilə sübut olunur.

Müasir müharibə şəraitində radiotexniki vasitələrin həlledici rolu müharibənin digər istiqamətini - radioelektron mübarizəni (REM) əsas vasitələrdən biri kimi müəyyənləşdirir. Xarici ölkələrdə, xüsusən də ABŞ-da gəmi radioəxtəsir vasitələrinin inkişafına xüsusi diqqət yetirilir. Mütəxəssislər bu vasitələrin müasir müharibədə həlledici rolunu xüsusi vurğulayırlar. Gəmi RLS qəbuledicisinin yüksək maneə şəraitində zəif (maneəyə nəzərən minlərlə, milyonlarla dəfə zəif) siqnalların qəbulunu təmin etməli olduğunu göstərən bu amillər maneələrin təsirinin zəiflədiməsi üçün üsul və vasitələrin işlənməsinin yüksək aktuallığını sübut edir.

Problemin vəziyyəti

Antenanın istiqamətlənmə diaqramının müəyyən fəza bucağı daxilində elektron idarə edilməsini təmin edən antena – FAQ müasir gəmilərdə intensiv olaraq tətbiq edilir. Kreysərlərin silahlanmasına qəbul edilmiş RLS-dən hava hədəflərinin aşkarlanması üçün istifadə olunan AN/SPS-32 və yer bucağı stansiyası AN/SPS-33 (“Long Bitch” kreysərində və “Enterprise” aviasiya daşıyıcısında quraşdırılmışlar) hər biri dörd antena panelinə (AP) malikdir. Onlar gəminin burun üst qurumunun dörd divarında quraşdırılmışlar və 60° yer bucağı həddində dairəvi müşahidəni həyata keçirirlər. AP-nin göstəriləndiyi kimi yerləşdirilməsi bu gəmilərdə üstü borularının olmaması sayəsində mümkün olmuşdur.

Amerika kreysərlərinin əksəriyyətində üç koordinatlı RLS AN/SPS-30 quraşdırılır. Stabil AP ilə təmin olunmuş bu RLS hava hədəfinin hərəkət istiqamətini, uzaqlığını və hündürlüyünü eyni zamanda təyin etməyə imkan verir.

Göstərilənlərlə bərabər, dünya ölkələrinin sərəncamında olan gəmilərdə quraşdırılmış RLS-də antenanın istiqamətlənmə diaqramının müəyyən fəza bucağı daxilində skanerlənməsi elektromexaniki üsullar ilə həyata keçirilir. Bu, elektromexaniki üsul və vasitələrin nisbətən yüksək dəqiqlik təmin etmələri və daha az dəyərə malik olmaları ilə izah edilir.

Lakin bir sıra parametrlərinə, o cümlədən mexaniki tənzimləmənin olmaması, yüksək etibarlılıq, kiçik qabarit və s. nəzərə alınaraq antenanın istiqamətlənmə diaqramının müəyyən fəza bucağı daxilində skanərlənməsini təmin edən texniki vasitələr arasında FAQ əvəzəlməzdir. Eyni zamanda daha az dəyərə malik funksional blokların işlənməsi və tətbiqi istiqamətində də elmi-tədqiqat işləri intensivləşir. Son dövrün texniki ədəbiyyatının analizi belə bir fikir formalaşdırmağa imkan verir ki, XXI əsrdə bort RLS-lərində FAQ, əsasən də aktiv FAQ (AFAQ) tətbiq olunacaq. AFAQ istiqamətlənmə diaqramının (İD) elektron skanərlənməsi probleminin həllində yeni imkanlar açır. Məsələn, hər bir şüalandırıcı üçün tələb olunan fazaya malik radiosiqnal formalaşdırıldıqdan sonra şüalandırıcı ilə monolit hazırlanmış bərk gövdəli gücləndirici də tətbiq edilir.

FAQ-ın əsas funksional bloklarından biri fazafırladıcısıdır (FF). Bu qurğu FAQ-ın hər bir şüalandırıcısının qida dövrəsinə qoşulur və tələb olunan faza sürüşməsinə təmin edir. FAQ-ın istiqamətlənmə diaqramının skanərləndiyi bucaq intervalı tam olaraq FF-in effektivliyi ilə müəyyən olunur.

Müasir analog FF-lər maqnit və ya dielektrik nüfuzluğu xarici təsir altında dəyişən materiallar əsasında reallaşdırılır. Belə material kimi ferritdən və ya seqnetoelektrikdən istifadə olunur.

Dənizdə müasir müharibənin taleyini həll edən əsas faktorlardan biri də tətbiq olunan radioəkstəsir üsul və vasitələrin effektivliyidir. Düşmənin radioelektron vasitələrinin sıradan çıxarılması üçün çəpərləyici, hədəfləyici və s. maneələrdən istifadə olunur. Maneələrlə mübarizə üçün üsul və vasitələr işlənən zaman onların iki qrupa bölünməsi məqsədəuyğun hesab edilir. Bunlar sinfaz təşkiledicilərə malik maneələr (impuls maneələri) və qeyri-sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrdir (fluktuasiya maneələri). Müxtəlif üsul və vasitələrin mövcudluğuna baxmayaraq radioəkstəsir vasitələrinin birmənalı effektivliyi şübhəsizdir. Buna çoxsaylı misallar, məsələn, İraq müharibəsini (2003), Dağıstanın Karamaxi və Çobanmaxi yaşayış məntəqələrində gedən döyüşləri (2010), İranın ABŞ-ın pilotsuz təyyarəsini endirməsini (2012) və s. göstərmək olar.

İşin məqsədi

Dissertasiya işinin məqsədi gəmi RLS-lərinin effektivliyini məhdudlayan faktorların araşdırılması və onların aradan qaldırılması üçün üsul və vasitələrin işlənməsidir.

Tədqiqat metodları

Qarşıya qoyulmuş nəzəri məsələlərin həlli prosesində siqnalların ötürülmə nəzəriyyəsinin, siqnalların riyazi və spektral analizinin uyğun qaydalarından istifadə olunmuşdur. Alınmış nəzəri nəticələrin yoxlanılması üçün eksperimental tədqiqatlar, o cümlədən radiosiqnallar üçün akustooptik ləngitmə xəttinin və akustooptik zolaq süzgəcinin nəzəri və eksperimental tədqiqatları aparılmışdır.

İşin elmi yeniliyi

1. Geniş fəza bucağı daxilində istiqamətlənmə diaqramının elektron skanerlənməsini təmin edən antena qəfəsinin modeli təklif olunmuşdur;
2. Elektron tənzimləməli antena qəfəsi üçün faza çevricisinin fotoelastik effektin xüsusiyyətlərinə əsaslanan sintez metodu işlənmişdir;
3. Siqnal ilə birlikdə daxil olan sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrin tam zəiflədilməsini təmin edən kompensasiya üsulu təklif olunmuşdur.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar

1. Suüstü yarımkürəyə tam müşahidəni və gəmi yırğalanmasının RLS-in istismar-texniki göstəricilərinə təsirinin kompensasiyasını təmin edən elektron tənzimlənməli antena qəfəsinin modeli;
2. Geniş fəza bucağı daxilində istiqamətlənmə diaqramının elektron skanerlənməsini təmin edən antena qəfəsi üçün akustooptik faza fırladıcısı;
3. Sinfaz təşkiledicilərdən ibarət maneələrin tam zəiflədilməsini təmin edən kompensasiya üsulu;
4. Elektron tənzimlənməli akustooptik zolaq süzgəci;
5. Yüksək maneəyə davamlığa malik gəmi RLS qəbuledicisi.

İşin praktiki əhəmiyyəti

İstiqamətlənmə diaqramı elektron tənzimlənən antena qəfəsinin modeli gəmi RLS-i üçün suüstü yarımkürəyə tam müşahidəni və gəmi yırğalanmasının RLS-in istismar-texniki göstəricilərinə təsirinin kompensasiyasını təmin edən antena sisteminin yaradılması üçün istifadə oluna bilər.

Təklif olunmuş akustooptik faza fırladıcısı əsasında geniş fəza bucağı daxilində istiqamətlənmə diaqramının elektron skanerlənməsini təmin edən antena qəfəsini reallaşdırmaq mümkündür.

Sinfaz təşkilədicilərdən ibarət maneələrin tam kompensasiyası üsulu və elektron tənzimlənən akustooptik zolaq süzgəci əsasında qurulmuş və gəmi RLS-də tətbiq üçün yararlı olan qəbuledici yüksək maneəyə davamlılığı təmin edir.

İşin aprobeasiyası

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı respublika və beynəlxalq konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur:

1. Proceedings of international scientific conference "Oil and gas, oil refinery and oil chemistry" devoted to 90th jubilee of ASOA, Baku, 2010.
2. Материалы Республиканской НПК «Инновационные технологии в образовании и науке», посвященной 60-летнему юбилею АЗТУ, Баку, октябрь, 2010.
3. Материалы 20-й МНТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», Москва, 2012.
4. Материалы 7-й МНТК «Микроэлектронные преобразователи и приборы на их основе», г.г. Баку - Сумгаит, 2013.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi

Dissertasiya işi ümumi xarakteristikadan, dörd fəsildən, əsas nəticələrdən, 103 adda ədəbiyyat siyahısından, 121 səhifə çap vərəqindən, o cümlədən 43 şəkil və 7 cədvəldən ibarətdir.

Dissertasiyanın qısa məzmunu

İşin ümumi xarakteristikasında tədqiqatların seçilmiş istiqamətinin aktuallığı əsaslandırılmış, problemin ümumi vəziyyəti xarakterizə edilmiş, onların məqsədi və əsas məsələləri müəyyənləşdirilmiş, işin elmi yeniliyi, müdafiəyə çıxarılan yeniliklər və alınmış nəticələrin praktiki dəyəri formalaşdırılmış, aprobeasiya və dissertasiyanın quruluşu haqqında məlumatlar verilmişdir.

Birinci fəsildə qoyulan məsələlərin həlli kontekstində radiolokasiyanın fiziki əsasları, gəmi RLS-i və onların antenalarının xüsusiyyətləri, FAQ üçün faza fırladıcılarının növləri və onların qurulma prinsipləri və maneəyə davamlı qəbulun təşkili və qiymətləndirilməsi yolları araşdırılmışdır.

Birmənalı olaraq sübut olunmuşdur ki, gəmi RLS-in istiqamətlənmə diaqramının fəzada elektron skanərlənməsi və ayırdetmə həcminin azaldılması üçün ən rəşional yol – AFAQ-ın tətbiqidir. Göstərilmişdir ki, AFAQ-ın istismar-texniki göstəricilərinə öz təsiri ilə

fərqlənən ən mühüm hissələrdən biri faza fırladıcısıdır. Hazırda tətbiq olunan mexaniki, yarımkeçirici və ferrit faza fırladıcısının qurulma prinsipləri, işi və əsas parametrləri araşdırılmış və daha effektiv faza fırladıcısının sintezi məsələsinin aktuallığı vurğulanmışdır.

Radioəxtəsir maneələrinin yüksək intensivliyi şəraitində işləyən RLS qəbuledicisinin maneəyə davamlılığının yüksəldilməsinin ən sadə yolu – xətti süzgəcləmənin və maneələrin zəiflədilməsi üçün uyğun üsul və vasitələrin birgə tətbiqidir.

İkinci fəsil gəminin yırğalanmasının radioölçmələrə təsirinin kompensasiyası üçün üsul və vasitələrin araşdırılmasına həsr edilmişdir. Burada istiqamətlənmə xarakteristikaları elektron tənzimlənən antena sistemlərinin - fazalaşdırılmış antena qəfəslərinin sintezinin fiziki əsasları araşdırılmış, istiqamətlənmə diaqramının (İD) əsas ləçəyinin fəzada skanerlənməsinin İD-nin eninə təsiri məsələsinə baxılmış və bu təsir qiymətləndirilmişdir.

İstiqamətlənmə diaqramı elektron tənzimlənən antena qəfəslərinin sintezinin və işinin xüsusiyyətlərinin analizi əsasında qeyd olunmuşdur ki:

a) ayrı-ayrı şüalandırıcıları qidalandıran cərəyanların fazalarını dəyişməklə, antena qəfəsinin istiqamətlənmə diaqramını fəzada geniş diapazonda skanerləmək mümkündür. Bu zaman maksimal şüalanma istiqamətinin perpendikulyardan qəfəsin oxuna tərəf meylinin artması İD-nin eninin artması ilə müşayiət olunur.

b) gəmi RLS-lərində tətbiq baxımından panel tipli antena qəfəsi yüksək potensial imkanlara malikdir.

Göstərilən faktorlara əsasən, gəmi RLS-də istiqamətlənmə diaqramının müəyyən sektor daxilində elektron tənzimlənməsi zamanı yastı antena qəfəsi (AQ) yüksək effektivlik təmin edə bilər.

Oyadıcı cərəyanın faza sürüşməsinin ψ dəyişməsi yolu ilə İD fəzada skanerlənir. Göstərilən üsul ilə İD tənzimlənən AQ, fazlaşdırılmış antena qəfəsi (FAQ) adlanır. Bu qurğularda oyadıcı cərəyanın fazasının dəyişdirilməsi faza çevriciləri vasitəsi ilə həyata keçirilir. Bu zaman fazaçeviriciləri ya şüalandırıcıların qida dövrəsinə qoşulur, ya da şüalandırıcılar ilə birgələşdirilir. FAQ qurulan zaman fazaçeviricilər dövrəyə ardıcıl, paralel və qarışıq sxemlər üzrə qoşula bilər.

Müəyyən olunmuşdur ki, FAQ-ın istiqamətlənmə diaqramı $\pm 30^\circ$ fəza bucağı həddlərində skanerlənmə zaman onun genişlənməsi (eyni ilə RLS-in istismar-texniki göstəricilərinin dəqiqliyinin pisləşməsi) 10% həddində qalır. Alınmış nəticəyə əsasən suüstü fəzaya tam nəzarəti təmin

edən FAQ modeli təklif olunmuşdur. Bu modelə əsasən suüstü fəzaya tam nəzarət 12 antena paneli (AP) vasitəsi ilə təmin olunur.

FAQ iki rejimdə işləyir: kiçik və böyük miqyaslı rejimlər. Kiçik miqyaslı rejim (kobud skanerləmə) AP-nin qida dövrəsinə ardıcıl olaraq qoşulması ilə təmin olunur. Böyük miqyaslı rejimdə (dəqiq skanerləmə) AP-nin ayrı-ayrı şüalandırıcılarına gətirilən yüksək tezlikli rəqslərin fazaları faza fırladıcılar vasitəsi ilə dəyişdirilir.

Üçüncü fəsildə akustooptik effekt və optik heterodinləmənin xüsusiyyətləri araşdırılmış, onların FAQ üçün faza fırladıcısı kimi istifadə olunma imkanlarına baxılmış, çox çıxışlı faza fırladıcısı təklif olunmuş, akustooptik zolaq süzgəci işlənmiş, sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrin zəiflədilmə üsulu və bu üsulu reallaşdıran qurğu təklif olunmuş, gəmi RLS-də tətbiq üçün yüksək effektivliyə malik qəbuledicinin sxemi işlənmişdir.

Göstərilmişdir ki, akustooptik effekt və optiki heterodinləmənin xüsusiyyətlərindən istifadə edərək radiotezlikli siqnalın ləngimə vaxtını fəzaya qədər dəqiqliklə tənzimləmək mümkündür. Bu nəticədən istifadə edərək radiosiqnallar üçün beş çıxışlı akustooptik faza fırladıcısının sxemi təklif olunmuşdur. Faza fırladıcısının təklif olunan sintez üsulu müxtəlif qiymətli fazalara malik çıxışların sayının artırılmasına böyük xərc tələb etmir.

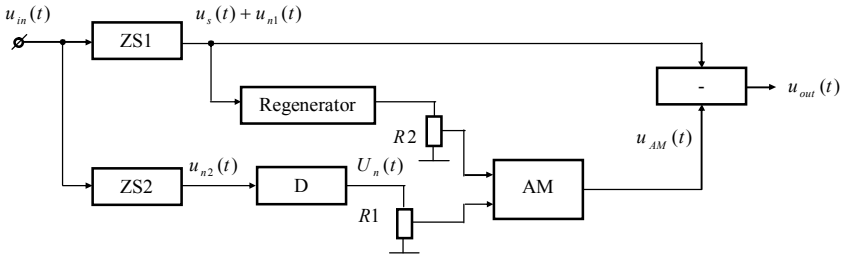
Müəyyən olunmuşdur ki, heterodin tipli akustooptik prosessor əsasında reallaşdırılan zolaq süzgəcinin buraxma zolağının eni onun köklənmə tezliyindən asılı deyil. Təklif olunan akustooptik zolaq süzgəcinin göstərilən xüsusiyyəti onun elektron analoqları qarşısında böyük üstünlüyüdür. Qeyd edək ki, bütün elektron zolaq süzgəclərinin buraxma zolağı onların köklənmə tezliyindən asılı olaraq dəyişir.

Heterodinlənen sahələr arasındakı bucağı $\Delta\theta$ heterodin şüasının bucaq vəziyyətini dəyişməklə tənzimləmək mümkündür. Bu tənzimləmənin nəticəsində akustooptik zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikası tezlik oxu üzərində bu və ya digər tərəfə sürüşür. Heterodin şüasının bucaq vəziyyətinin elektron tənzimlənməsini təmin etməklə, elektron tənzimlənen zolaq süzgəci qurmaq mümkündür.

Bu fəsildə, həmçinin, sinfaz təşkiledicilərdən ibarət maneələrin zəiflədilməsi (kompensasiyası) problemi araşdırılmışdır. Məlum üsullarda maneənin kompensasiyasının nəticəsinin ya siqnalın, ya da heterodin rəqslərinin təsadüfi fazalarından asılı olması, maneəyə davamlı qəbulun təşkilini çətinləşdirir. Ona görə də kompensasiyaedici siqnalın

formalaşdırılması prosesində daşıyıcı rəqs kimi siqnal daşıyıcısından regenerasiya olunmuş yüksək tezlikli rəqsdən istifadə etmək təklif olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, təklif olunan üsul sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrin tam kompensasiyasını təmin edir.

İmpuls maneəsinin kompensasiyası üçün, məlum üsulların qüsurlarının aradan qaldırılması istiqamətində aparılan elmi-tədqiqat işləri nəticəsində impuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsulu işlənmişdir. Bu üsul şəx. 1-də verilən sxem üzrə reallaşdırılır.



Şək. 1. İmpuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsulunun təmin edən qurğunun struktur sxemi

Siqnal-maneə toplusu $u_s(t) + u_{n1}(t)$ ZS1 zolaq süzgəci ilə ayrılır.

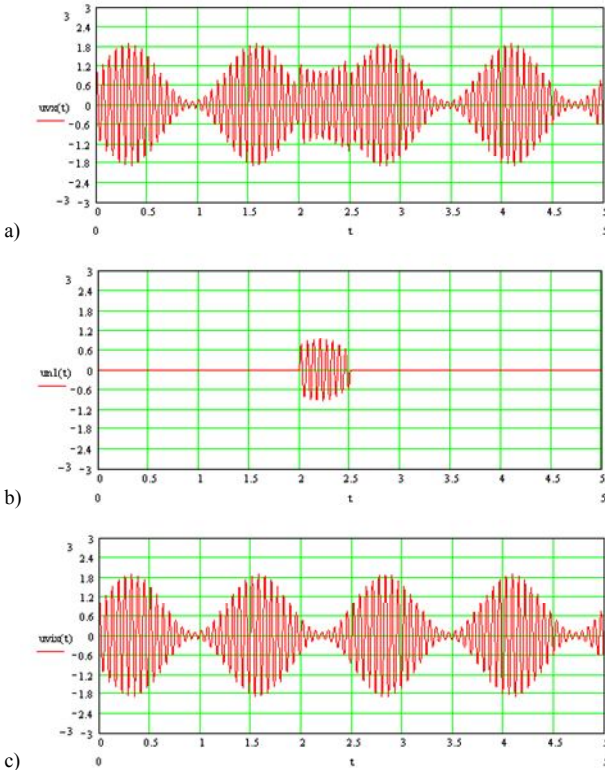
İmpuls maneəsinin, digər təşkiledicilərin olmadığı tezlik oblastında yerləşən bir hissəsi $u_{n2}(t)$ zolaq süzgəci ZS2 vasitəsi ilə ayrılır. İmpuls maneəsinin $u_{n2}(t)$ qurşayarı $U_n(t)$ detektor D vasitəsi ilə ayrılır və amplitud modulyatorunun AM modulyasiyaedici girişinə ötürülür. AM-in ikinci girişinə, ZS1-in çıxış siqnalının daşıyıcısından regenerasiya olunan və sıfır başlanğıc fazasına malik dayaq rəqsi verilir. Nəticədə AM-in çıxışında daşıyıcı tezliyi faydalı siqnalın daşıyıcı tezliyinə bərabər olan amplitud modulyasiyalı maneə rəqsi $u_{AM}(t)$ formalaşır. Kompensasiya siqnalının formalaşdırılmasının bu üsulu $u_{AM}(t) = u_{n1}(t)$ bərabərliyini təmin edir. Çıxıcı qurğuda kompensasiya edici siqnal $u_{AM}(t)$ additiv siqnal-maneə toplusundan $u_s(t) + u_{n1}(t)$ çıxılır:

$$u_{out}(t) = u_s(t) + u_{n1}(t) - u_{AM}(t) = u_s(t).$$

Göründüyü kimi, impuls maneəsi tam kompensasiya olunur. İmpuls manesinin tam kompensasiyası üçün modulyasiyaedici gərginliyin amplitudası $R1$, daşıyıcı rəqsin amplitudası isə $R2$ potensiometri vasitəsi ilə seçilir.

Zolaq süzğəcinin ZS1 çıxış siqnalından sıfır başlanğıc fazaya malik dayaq rəqsinin məlum üsullardan biri ilə formalaşdırmaq olar. Bunun üçün ZS1 zolaq süzğəcinin çıxış siqnalının fazasını, maksimal doğruluq prinsipinə əsasən optimal qiymətləndirmək zəruridir.

İmpuls maneələrinin sinxron kompensasiyası sisteminin nəzarət nöqtələrində gərginliklərin zaman diaqramları şəx. 2-də verilir.

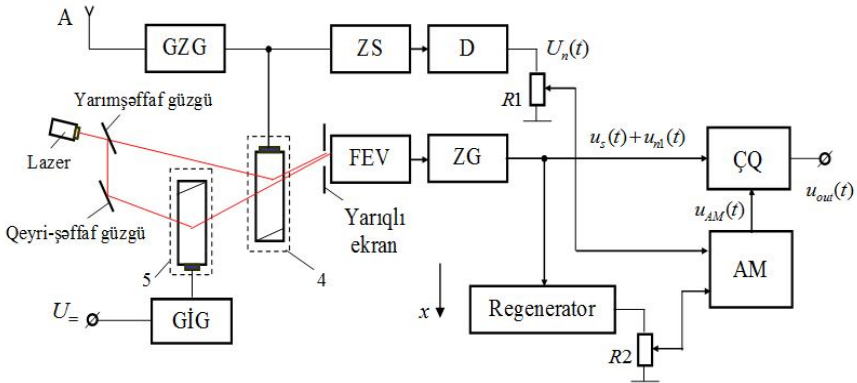


Şək. 2. İmpuls maneələrinin sinxron kompensasiyası sisteminin nəzarət nöqtələrində gərginliklərin zaman diaqramları: a) siqnal kanalında siqnal-maneə toplusu; b) bərpa edilmiş maneə; c) çıxıcı qurğunun çıxışındakı siqnal

Əsas kanalda (qəbul kanalında) impuls maneəsinin təsirinə məruz qalmış amplitud modulyasiyalı siqnal mövcuddur (şək. 2,a). Bərpa olunmuş maneənin zaman diqaramı şək. 2,b-də, çıxıcı qurğudan sonrakı siqnalın zaman diaqramı isə şək. 2,c-də təsvir olunmuşdur.

Sıfır başlanğıc fazalı dayaq rəqsi formalaşdırıcısı kimi, rezonans gücləndiricisi əsasında qurulmuş məhdudlayıcıdan istifadə etmək mümkündür. Bu qurğularda cərəyanın birinci harmonikasının, uyğun olaraq çıxış gərginliyinin fazası məhdudlayıcının girişindəki gərginliyin fazası ilə eyni olur.

İş prinsipi akustooptik zolaq süzgecinin və sinfaz təşkilədicilərə malik maneələrin zəiflədilməsi üsulunun xüsusiyyətlərinə əsaslanan və gəmi RLS-də tətbiq üçün yararlı olan maneəyə davamlı qəbuledici təklif olunmuşdur (şək. 3). Bu qurğuda antenadan A daxil olan siqnal geniş zolaqlı gücləndiricidən keçərək akustooptik modulyatorun 4 və zolaq süzgecinin ZS girişlərinə daxil olur. Bu zaman akustooptik zolaq süzgeci siqnal-maneə toplumunun yüksək intensivliyə malik olduğu tezliyə, ZS isə yalnız maneə təşkilədicilərinin olduğu tezliyə köklənir.



Şək. 3. Yüksək siqnal-maneə nisbəti təmin edən akustooptik radioqəbuledicinin struktur sxemi

Akustooptik zolaq süzgecinin, uyğun olaraq qəbuledicinin köklənməsi iki mərhələdə aparılır. Kökləmənin birinci mərhələsi akustooptik modulyatorun (AOM) vəziyyətinin mexaniki olaraq dəyişdirilməsi yolu ilə həyata keçirilir. Dəqiq kökləmənin təmin edildiyi

ikinci mərhələ gərginliklə idarə olunan gücləndiricinin (GİG) idarəedicisinə verilən U_* gərginliyi vasitəsi ilə həyata keçirilir. Qeyd edək ki, qəbuledicinin təklif olunan quruluşu yüksək keyfiyyətli izləyici qəbulun təşkilinə də imkan verir.

Dördüncü fəsilə gəmi RLS-də tətbiq üçün işlənmiş akustooptik qurğuların bir sıra xarakteristikalarının eksperimental tədqiqatlarının nəticələri verilmişdir. Burada radiosiqnallar üçün akustooptik ləngitmə xəttinin amplitud-tezlik xarakteristikasının formasının, o cümlədən, onun buraxma zolağının eninin lazer şüasının en kəsiyinin ölçülərindən asılılığı öyrənilmiş, akustooptik zolaq süzğəcinin eksperimental tədqiqat aparılmışdır.

Ölçmələr dairəvi en kəsiyinə malik lazer şüasının aperturasının üç qiyməti 1,5; 2,0; və 2,5 mm üçün aparılmışdır. Uyğun amplitud-tezlik xarakteristikaları $Y(F)$ şəkl. 4-də təsvir olunmuşdur. Amplitud-tezlik xarakteristikalarının böyük kökdəndüşmələrdə olan qeyri-xəttiliyi fotoelektron vurucusunun çıxış siqnalının tərkibindəki küy və fon təşkilədicilərinin olması ilə əlaqədardır.

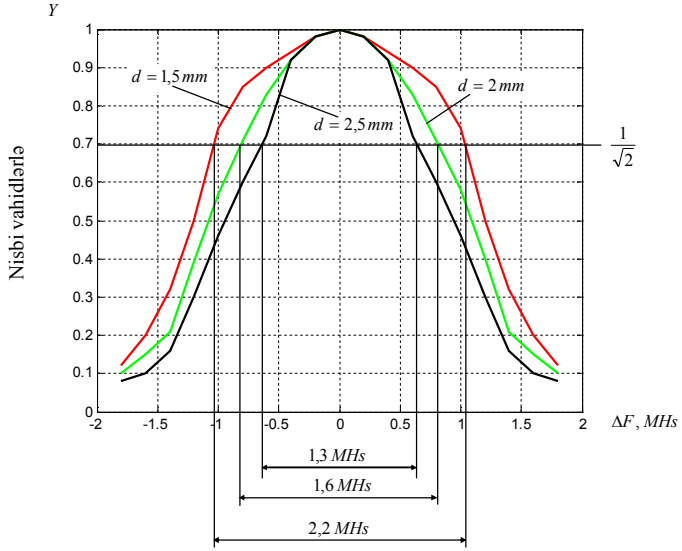
Şəkl. 4-də qurulmuş qrafiklərə əsasən, radiosiqnallar üçün akustooptik ləngitmə xəttinin lazer şüasının aperturasının üç qiyməti 1,5; 2,0; və 2,5 mm üçün təyin olunmuş buraxma zolağı, uyğun olaraq 2,2 MHz; 1,6 MHz; və 1,3 MHz təşkil edir. Bu qiymətlər üçüncü fəsilə aparılmış nəzəri tədqiqatların nəticələrinə tam uyğundur.

Daha sonra akustooptik zolaq süzğəci üçün aşağıdakı nəzəri nəticələr yoxlanılmış və birmənalı olaraq təsdiqlənmişdir:

- akustooptik zolaq süzğəcinin amplitud-tezlik xarakteristikasının forması, o cümlədən, buraxma zolağının eni onun köklənmə tezliyindən asılı deyil;

- fotoelektron vurucusundan sonra alınan rəqslərin mərkəzi tezliyinin sabitliyi həmin dövrəyə yüksək mürəkkəbliyə malik selektiv dövrənin qoşulmasına imkan verir;

- akustooptik zolaq süzğəcinin amplitud-tezlik xarakteristikasının forması, o cümlədən, buraxma zolağının eni onun çıxışındakı selektiv dövrənin amplitud tezlik xarakteristikası ilə müəyyən edilir.



Şək. 4. Radiosiqnallar üçün akustooptik ləngitmə xəttinin lazer şüasının aperturasının üç qiyməti 1,5; 2,0; və 2,5 mm üçün çıxarılmış amplitud-tezlik xarakteristikalarının qrafikləri

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Hər bir paneli istiqamətlənmə diaqramının $\pm 30^\circ$ fəza bucağı hüdudlarında skanərlənməsini təmin edən və mövcud analoqlara nəzərən daha böyük sürətliliyə malik olan (iki mərhələli - kiçik və böyük miqyaslı aşkarlama rejimi ilə təmin edilir) altı və ya on iki panelli antena qəfəsləri suüstü yarımkürəyə effektiv müşahidəni təmin edir və bu zaman RLS-in dəqiqlik xarakteristikalarının əsas istiqamətə nəzərən pisləşməsi, o cümlədən, istiqamətlənmə diaqramının eninin genişlənməsi 15%-dən böyük olur;
2. Nəzəri və eksperimental tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, akustooptik effekt və optiki heterodinləmənin xüsusiyyətlərinin tətbiqi ilə gəmi RLS-nin dəqiqlik xarakteristikalarını və istismar-texniki göstəricilərini keyfiyyətcə yeni səviyyəyə qaldırmaq mümkündür;
3. Akustooptik effekt və optiki heterodinləmənin xüsusiyyətlərinin birgə istifadəsi əsasında qurulmuş və antena qəfəsinin istiqamətlənmə diaqramının geniş fəza bucağı daxilində elektron skanərlənməsini təmin edən akustooptik faza fırladıcısı məlum analoqlara nəzərən daha yüksək sürətliliyə və geniş zolağa malik olub, idarə dövrəsində nisbətən az güc sərf edir;
4. Sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrin tam kompensasiyasını təmin edən üsul güclü radioəkstəsir maneələr şəraitində işləyən RLS qəbuledicisinin çıxışında siqnal-maneə nisbətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır;
5. Digər elektron analoqlara nəzərən xarakteristikalarının (amplitud-tezlik xarakteristikasının forması, buraxma zolağının eni və s.) stabilliyi ilə fərqlənən akustooptik zolaq süzgəci müxtəlif tezliklərdə faydalı siqnalın siqnal-maneə toplusundan effektiv (siqnal-maneə nisbətini pisləşdirmədən) ayrılmasını təmin edir;
6. Sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrin kompensasiya üsulu və akustooptik zolaq süzgəci əsasında reallaşdırılan gəmi RLS qəbuledicisi yüksək maneəyə qarşı davamlı olub, radioəkstəsir şəraitində faydalı siqnalın daha effektiv aşkarlanmasını və işlənməsini təmin edir.

İşin əsas nəticələri aşağıdakı məqalələrdə dərc olunmuşdur

1. Р.А.Гасанов, В.С.Эйнуллаев, А.Р.Рустамов. Перестраиваемый акустооптический полосовой фильтр // Альтернативная энергетика и экология, 2009, №11, с.90-92.
2. А.М.Pashayev, А.Р.Hasanov, Kh.I.Abdullayev, R.M.Bayramov, A.R.Rustamov. High-speed acousto-optic delay line // Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyası, Elmi Məcmuələr, 2009, том.11. №4, s.22-25.
2. Гасанов А.Р., Абдуллаев Х.И., Байрамов Р.М., Эйнуллаев В.С., Рустамов А.Р. Быстродействующая акустооптическая линия задержки радиосигналов // Радиоэлектроника, 2010, т. 53, № 12, с.51-54.
3. А.М.Pashayev, А.Р.Hasanov, Kh.I.Abdullayev, R.M.Bayramov, A.R.Rustamov. Acousto-optic method of pulse-width modulation / Proceedings of international scientific conference "Oil and gas, oil refinery and oil chemistry" devoted to 90th jubilee of ASOA, Baku, 2010, p.278-280.
4. Гасанов А.Р., Джавадов Н.Г., Рустамов А.Р., Сулейманов Э.Э. Акустооптическая линия задержки радиосигналов / Материалы Республиканской НПК «Инновационные технологии в образовании и науке», посвященной 60-летию юбилею АзТУ, Баку, октябрь, 2010, с.152÷155.
5. Р.А.Гасанов, В.С.Эйнуллаев, А.Р.Рустамов, Р.М.Байрамов. Синхронная компенсация импульсных помех / Материалы 20-й МНТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», Москва, 2012, с.77÷79.
6. R.A.Nəsənov, V.S.Eynullayev, Ə.R.Rüstəmov. İmpuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsulu. Patent-ixtira. İ 2013 0026.
7. Rüstəmov Ə.R. Radiosiqnallar üçün elektron tənzimləməli çox çıxışlı akustooptik ləngitmə xətti / Материалы 7-й МНТК «Микро-электронные преобразователи и приборы на их основе», г.г. Баку - Сумгаит, 2013, с.209÷211.
8. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Рустамов А.Р. Электронно-управляемая АОЛЗ дискретного действия / Материалы 22-й МНТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», Москва, 2014.

9. А.Р.Гасанов, Р.А.Гасанов, А.Р.Рустамов. Электронно-управляемые акустооптические линии задержки и некоторые предложения по их применению // Специальная техника. Москва, 2014, с.16-27.

Rustamov Asad Rustam

**EXACTNESS INDICATORS SHIP'S RADAR AND
THE WAYS OF THEIR IMPROVEMENT**

Summary

Dissertation work is devoted to analysis of the key performance parameters of the ship's radar stations (RS), to identify the factors limiting their limit values, the creation of methods and means addressing these factors and research parameters and characteristics of the proposed technical solutions.

Identify trends in the development of antennas ship's radar as the development and implementation of active phased antenna arrays (AFAR). Six and twelve panel model AFAR is proposed, which provides effective control of the above-water half-space.

One of the main nodes AFAR is Phaser (PV). The peculiarities of constructing the modern PV are considering. The main disadvantages of mechanical, semiconductor and ferrite PV are established. The need to build new types of PV is identified. Is proposed PV, the principle of action, which is based on the peculiarities of the acousto-optical effect and optical heterodyning.

In the dissertation are also considering the features of operation of the receiver ship borne radars, which is functioned in the conditions of intense jamming. The validity of the search for effective methods and means of improvement of characteristics of receivers' of ship's radar is determined. A method of compensation common-mode components of interference is proposed, in which reference oscillation is recovered from the carrier wave of the useful signal. Electron-tunable acousto-optical bandpass filter is synthesized, which differs from the classical analogues high stability.

The features of the method of compensation of common-mode components interference and electron-tunable acousto-optical bandpass filter are used for the synthesis of antijamming receiver for shipborne radar.

Experimental studies devoted to the approbation of the features of acousto-optical phaser and bandpass filter.

The adequacy of the results of theoretical and experimental studies confirmed the validity of the proposed methods and tools.

Рустамов Асад Рустам оглу

ТОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРАБЕЛЬНЫХ РЛС И ПУТИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ

Аннотация

Диссертационная работа посвящена анализу основных эксплуатационно-технических показателей корабельных РЛС, определению факторов ограничивающих их предельные значения, созданию методов и средств устранения этих факторов и исследованиям параметров и характеристик предложенных технических решений.

Определена тенденция развития антенн корабельных РЛС - разработка и внедрение активных фазированных антенных решеток (АФАР). Предложены 6-ти и 12-панельные модели АФАР, обеспечивающие эффективный контроль надводного полупространства.

Одним из основных узлов АФАР является фазовращатель (ФВ). Рассмотрены особенности построения современных ФВ. Установлены основные недостатки механических, полупроводниковых и ферритовых ФВ. Определена необходимость построения новых типов ФВ. Предложен ФВ, принцип действия, которого базируется на особенностях акустооптического эффекта и оптического гетеродинирования.

Рассмотрены особенности работы приемника корабельной РЛС, которая характеризуется в условиях интенсивных помех радиопротиводействия. Определена однозначность поиска эффективных методов и средств улучшения характеристик приемников корабельных РЛС. Предложен способ компенсации синфазных составляющих помех, в котором опорное колебание регенерируется из несущего колебания полезного сигнала. Создан электронно-перестраиваемый акустооптический полосовой фильтр, который отличается от классических аналогов высокой стабильностью характеристик.

Особенности способа компенсации синфазных составляющих помех и электронно-перестраиваемого акустооптического полосового фильтра использованы для синтеза помехоустойчивого приемника корабельных РЛС.

Экспериментальные исследования посвящены апробации особенностей акустооптических фазовращателя и полосового фильтра.

**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЗЕРБАЙДЖАН ХАВА ЙОЛЛАРЫ»
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ**

На правах рукописи

РУСТАМОВ АСАД РУСТАМ оглу

**ТОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРАБЕЛЬНЫХ РЛС И
ПУТИ ИХ УЛУЧШЕНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике**

**по специальности: 3325.02 - Системы и устройства радиотехники,
радионавигации, радиолокации и телевидения**

БАКУ - 2014