

UOT 355.369

## HƏRBİ GƏMİDƏ AKUSTOOPTİK QƏBULEDİCİNİN TƏTBİQİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Rüstəmov Ə.R.

Milli Müdafiə Universiteti, Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu  
Bakı şəh., Şəfaət Mehdiyev küç., 136  
E-mail: asad-rustam@mail.ru

**Xülasə.** Təqdim olunan məqalədə hərbi gəmilərin passiv radiolokasiya sistemində akustooptik qəbuledicinin tətbiq xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilmişdir. Tezlik xarakteristikaları köklənmə tezliyindən asılı olmayan zolaq süzgəcinin və sinfaz maneə təşkiledicilərinin tam zəiflədilməsinin tətbiqi nəticəsində impuls maneəsinin kompensasiyası əsasında akustooptik qəbuledicinin signallarının effektiv qəbulu zamanı maneələrin tam kompensasiyasının təmin edilməsi müəyyən olunmuşdur.

**Abstract.** In the presented work, the application of an acoustic-optical receiver in the passive radar system of military ships has been reviewed, as a result of the application of the band filter whose frequency characteristics do not depend on the tuning frequency and the full attenuation of the synphase barrier elements to ensure the full compensation of the barriers during the effective reception of the signals of the acousto-optic receiver based on the impulse barrier compensation was determined.

**Аннотация.** В работе рассмотрены особенности применения акустооптического приемника в пассивных радиолокационных системах военных кораблей. Определены возможности обеспечения полной компенсации помех при эффективном приеме сигналов акустооптического приемника за счет компенсации импульсных помех и применения полной компенсации синфазных помех, а также полосового фильтра с частотной характеристикой независимой от частоты настройки.

**Açar sözlər:** radiolokasiya stansiyaları, akustooptik qəbuledici, passiv maneə, radioəkstəsir sistemləri, impuls maneələri, akustooptik zolaq süzgəci, amplitud modulyatoru

**Key words:** radar stations, acousto-optic receiver, passive barrier, radio transmission systems, impulse barriers, acousto-optic bandpass filter, amplitude modulator

**Ключевые слова:** радиолокационные станции, акустооптический приемник, пассивная помеха, системы радиопротиводействия, импульсные помехи, акустооптический полосовой фильтр, амплитудный модулятор

**Giriş.** Müasir dövrdə dənizin suüstü şəraitinə nəzarət edən sistemlərə qoyulan tələblər artmışdır. Hərbi gəmilərin radiolokasiya sistemində signalların passiv maneə fonundan ayrılmasının çətinliyi, faydalı signal kimi maneənin də zolaq süzgəcində əks olunması ilə bağlıdır. Buna görə də effektiv mühafizə sistemlərinin işlənməsində əsas problem, signal və passiv maneə arasında ən böyük fərqlərə malik parametrlərin və ya parametrlər qrupunun düzgün seçilməsidir. Parametrləri seçərkən fəza - zaman və ya bucaq sürəti, sürət, polyarlaşma, trayektoriya və amplitud fərqləri nəzərə alınmalıdır [1,2].

Radiolokasiya stansiyalarında (RLS) faydalı signal və passiv maneələrin statistik xassələrinə əsas diqqət, signalın passiv maneədən yönəlmə sürətinə (tezliyinə) və fəza - zaman fərqlərinə yönəldilir. Göstərilən xassələrə uyğun olan digər metodlar daha az imkanlara malik olmaqla lazım gələn hallarda əlavə olaraq istifadə oluna bilər. Bu xüsusiyyətlərə signalın informasiya baxımından davam etmə müddəti, amplitudu və passiv maneələr arasındakı fərqlər, maneənin susdurulması və

siqnalın ayrılması üçün yalnız hədəfin əksetdirici buludlarından kənarda olan xüsusi hallarında istifadə olunması məsləhət görülür. Əsas məqsəd hərbi gəmilərdə passiv radiolokasiya sistemli akustooptik qəbuledicisinə tətbiq edilən impuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsuludur [3].

**Maneəyədavamlı passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisi.** Hərbi gəmilərdə passiv radiolokasiya sisteminin əsas tərkib hissəsi akustooptik qəbuledicisi sayılır [4]. Şüalanma mənbəyinin aşkarlanması və neytrallaşdırılmasının effektivliyi birbaşa qəbuledicinin xarakteristikalarından asılı olur. Eyni zamanda qəbuledicinin özü də radioəkstəsir sistemlərinin fəaliyyəti şəraitində yüksək maneəyədavamlılığa malik olmalıdır. Bütün bunlar passiv radiolokasiya sisteminin qəbuledicilərində yüksək maneəyədavamlılığı təmin edən xüsusi üsul və vasitələrin tətbiqinin zəruriliyini göstərir [5].

Passiv radiolokasiya sistemli qəbuledicilərin layihələndirilməsi və işlənməsi prosesində qəbul şəraitinin aşağıdakı fərqləndirici xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır:

- radiolokasiya stansiyaların sıxlığının az olması;
- radioəkstəsir (o cümlədən çəpərləyici, hədəfləyici və s.) maneələrinin yüksək intensivliyi.

Radiolokasiya stansiyaların sıxlığının az olması sinfaz təşkiledicilərə malik maneələrin, o cümlədən çəpərləyici və hədəfləyici maneələrin zəiflədilməsi üçün zəruri olan əlavə qəbul kanalının seçilməsini asanlaşdırır.

Radioəkstəsir maneələrinin yüksək intensivliyi, onların zəiflədilməsinə yönəldilmiş xüsusi üsul və vasitələrin tətbiqini tələb edir [7]. Tezlik xarakteristikaları köklənmə tezliyindən asılı olmayan zolaq süzgəcinin və sinfaz maneə təşkiledicilərinin tam zəiflədilməsini təmin edən üsulun tətbiqi yüksək maneəyədavamlılığı təmin edir.

Akustooptik zolaq süzgəcinə uyğun olaraq qəbuledicinin köklənməsi iki mərhələdə aparılır. Kökləmənin birinci mərhələsi akustooptik modulyator vəziyyətinin mexaniki olaraq dəyişdirilməsi yolu ilə həyata keçirilir. Dəqiq kökləmənin təmin edildiyi ikinci mərhələ gərginliklə idarə olunan generatoru idarəediciyinə verilən gərginlik vasitəsi ilə həyata keçirilir. Qeyd etmək olar ki, qəbuledicinin təklif olunan quruluşu yüksək keyfiyyətli izləyici qəbulun təşkilinə də imkan verir.

İmpuls maneələri sönən, davam etmə müddəti mikrosaniyə diapazonunda yerləşən cərəyan və gərginliyin yüksək tezlikli impulslarıdır. Davam etmə müddəti az olmasına baxmayaraq impuls maneələri böyük enerjiyə malik maneələr sayılır. Bu impulsun sürətinin yüksəlməsi hesabına baş verir. Praktikada impuls maneəsi təsadüfi amplitudaya və geniş spektrə malik olduğundan naməlum qısa müddətli radioşüalanmaların ölçülməsi prosesinə nəzərə çarpan dərəcədə maneçilik törədir. Elmdə bu problemin həlli istiqamətində çoxlu sayda tədqiqat işləri aparılmış, impuls maneələrinin kompensasiyası üçün metodlar işlənib hazırlanmışdır. Lakin bu metodların tətbiqi zamanı aydın olmuşdur ki, bəzi nöqsanlar impuls maneələrinin kompensasiyasına çətinlik yaradır. Belə ki, əsas iki üsulun tətbiqinin nəticələri zamanı yaranmış nöqsanlar daha önəmli sayıla bilər: 1) Maneələrin detektordan sonra susdurma üsulu; 2) Maneələrin detektora qədər susdurma üsulu. Maneələrin detektordan sonra susdurma üsulunun tədqiqinin nəticələrindən görünür ki, faydalı siqnalın varlığı, impuls maneəsinin tam kompensasiyası üsulunu demək olar ki, mümkün deyil. Susdurmanın nəticələrinin heterodin rəqslərinin təsadüfi fazasından aslıqı maneələrin detektora qədər susdurma üsulunun əsas çatışmamazlığıdır.

Hərbi gəmilərdə passiv radiolokasiya sistemində tətbiq edilən impuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsulu maneələrin kompensasiyasının koherent üsuludur. Yuxarıda göstərilmiş hər iki metodun nöqsanları bu metodda yoxdur. Amma faydalı siqnalın zolağında impuls maneələrinin formalaşması haqqında dəqiq biliklərə olan mürəkkəb və yüksək tələblər bu metodun geniş istifadə edilməsinə maneə törədir. İmpuls maneələrinin kompensasiyası üzrə baxılmış üsulların çatışmamazlıqları qısamüddətli naməlum radiolokasiya şüalanma parametrlərinin yüksək dəqiqliklə ölçülməsinə maneə törətdiyindən onlardan istifadəni məhdudlaşdırır.

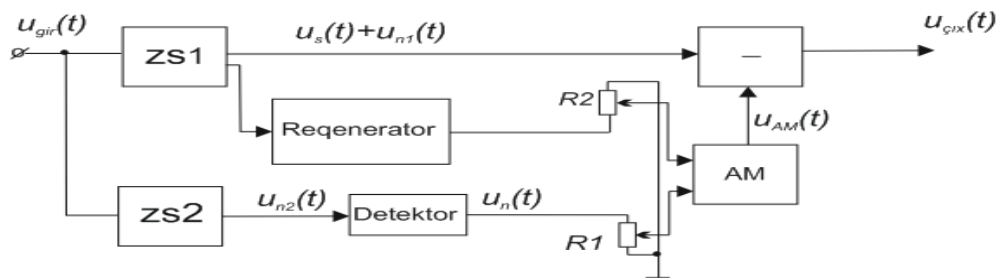
Beləliklə gəmilərin akustooptik effektiv passiv radiolokasiya qəbuledicilərində impuls maneələrinin kompensasiyası yönəldilmiş üsulların tətbiqi zamanı aşkar edilmiş nöqsanların aradan

qaldırılmasına istiqamətləndirilmiş tədqiqatlar impuls maneələrinin sinxron kompensasiyası adlı yeni bir üsulun tətbiqinə şərait yaratmışdır [7, İ 2013 0026].

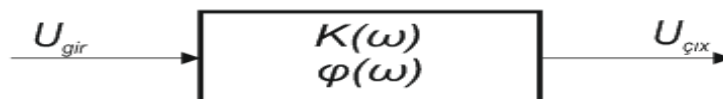
Hərbi gəmilərdə maneəyədavamlı passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisi impuls maneəsinə qarşı qəbuledicinin maneəyədavamlılığı kifayət qədər artırıla bilər. Belə ki, impuls maneəsinin tezlik və faza spektrlərində faydalı signalın tezliyində və digər tezliklərdə bağlılıq xassəsi mövcuddur. Məhz bu xassədən istifadə edərək, qəbulediciyə müxtəlif istiqamətlərdən, eləcə də faydalı signalın gəldiyi istiqamətdən daxil olan çoxsaylı impuls maneələrinin zəiflədilməsi üçün müxtəlif üsullar işlənmiş və vasitələr tətbiq edilmişdir. Tətbiq olunan üsullar impuls maneələrinin ya aşağı tezlikli traktı (detektordan sonra), ya da yüksək tezlikli traktı (detektora qədər) zəiflədilməsini təmin edir.

Aydınlıq gətirmək üçün impuls maneələrinin kompensasiyası üsulunu şəkil 1-də verilən struktur sxem ilə daha geniş izah etmək olar [7]. Sxemdə iki zolaq süzgəcindən istifadə edilmişdir. Zolaq süzgəci-1 vasitəsi ilə signal və maneənin qarışığı  $u_s(t) + u_{n1}(t)$  ayrılır, zolaq süzgəci-2 vasitəsi ilə isə susdurulan, ancaq təşkilediciləri olan tezlik oblastında impuls maneəsinin  $u_{n2}(t)$  spektrinin bir hissəsi ayrılır.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi akustooptik zolaq süzgəcinin və sinxron kompensasiya üsulunun passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisinə qoyulan tələblərin yerinə yetirilməsi kontekstində yüksək potensial imkanlara malik olması şübhəsizdir. Zolaq süzgəci, onun tezliyin ötürmə əmsalı ilə xarakterizə olunur (şəkil 2).



**Şəkil 1.** Sinxron kompensasiya üsulunun tədqiqi üçün qurğunun sxemi



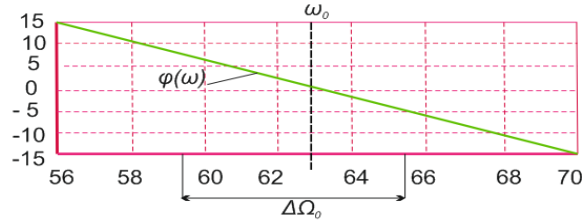
**Şəkil 2.** Zolaq süzgəcinin sxemi

$$K(j\omega) = K(\omega) \exp[j\psi(\omega)], \quad (1)$$

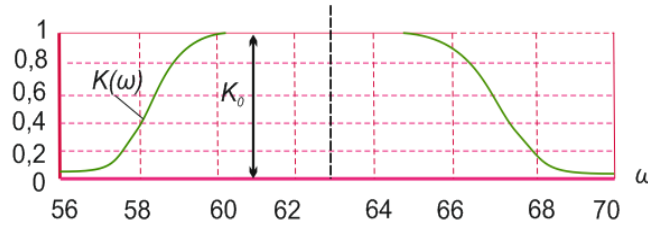
burada,  $K(j\omega) = K_0 Y(\omega)$  - tezliyin ötürmə əmsalının modulu;  $\psi(\omega)$  - arqumenti;  $Y(\omega) = 1/\sqrt{1+x^{2n}}$  - nisbi ötürmə əmsalı;  $x = 2\Delta\omega/\Delta\omega_0$  ümumiləşdirilmiş kökdəndüşmə;  $\Delta\omega = |\omega_0 - \omega|$  - mütləq kökdəndüşmə;  $n$  - süzgəcin tərtibidir [8].

Signal zolaq süzgəcindən keçdikdən sonra süzgəcin faza-tezlik xarakteristikası və amplitud-tezlik xarakteristikasının qrafikləri uyğun olaraq qrafik 1 və 2-də göstərilmişdir [9]. Qəbul edək ki, zolaq süzgəci girişinə düzbucaqlı videoimpuls təsir edir. Girişdəki videoimpulsun spektral sıxlığını  $U_{gir}(j\omega)$  kimi işarə edərək, çıxışdakı signalın spektral sıxlığını aşağıdakı kimi tapırıq:

$$U_{cix}(j\omega) = K(j\omega) \cdot U_{gir}. \quad (2)$$

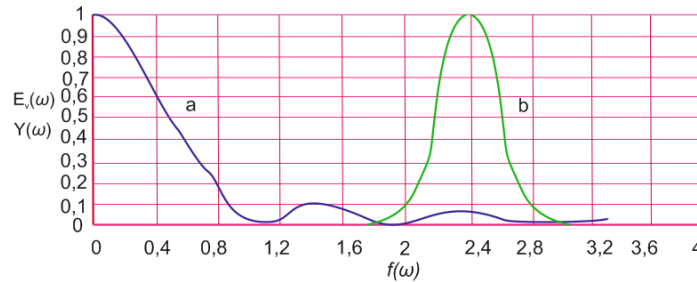


**Qrafik 1.** Zolaq süzgəcinin faza-tezlik xarakteristikaları



**Qrafik 2.** Zolaq süzgəcinin amplitud - tezlik xarakteristikaları

Adətən impuls signalının spektri zolaq süzgəcinin buraxma zolağından qat-qat geniş olur. Ona görə də zolaq süzgəcinin çıxışındakı signal, impuls signalının yalnız süzgəcin buraxma zolağının daxilinə düşən təşkiledicilərinin təsiri ilə formalaşır (qrafik 3) [10]. Bu təşkiledicilərin amplitudu  $K(\omega)$  dəfə artır, fazası isə  $\psi(\omega)$  kəmiyyəti qədər sürüşür.



**Qrafik 3.** Düzbucaqlı impulsun enerji spektri (a) və zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikası (b)

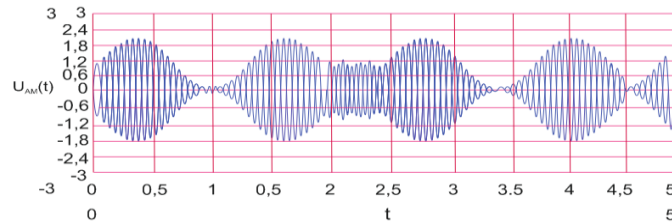
Qrafik 3-də göstərilmiş detektorun köməyi ilə  $u_{n2}(t)$  impuls maneəsinin ayrısı  $U_n(t)$  ayrılır. Faydalı signalın və maneənin ayrılması uyğun olaraq  $\omega_s$  və  $\omega_n$  tezliklərində həyata keçirilir. Sxemdə amplitud modulyatordan (AM) da istifadə edilmişdir. Ayrılmış  $U_n(t)$  gərginliyi onun girişinə verilir. AM-in ikinci girişinə zolaq süzgəci-1-in çıxış signalından rəqenerasiya olunmuş sıfır fazalı dayaq rəqsləri verilir. Bunun nəticəsində AM-də  $u_{AM}(t)$  amplitud modulyasiyalı rəqslər formalaşır. Formalaşmış bu rəqslər faydalı signalın tezliyinə bərabər daşıyıcı tezliyə malik maneə rolunu oynayır. Kompensasiya edən signalın belə formalaşması  $u_{AM}(t)=u_{n1}(t)$  ifadəsi ilə göstərilə bilər. Müvafiq qurğuda  $u_s(t)+u_{n1}(t)$  additiv qarışıqdan  $u_{AM}(t)$  kompensasiya edən signal çıxılır. İmpuls maneəsinin tam kompensasiyası baş tutur:

$$u_{çix} = u_s(t) + u_{n1}(t) - u_{AM}(t) = u_s(t) . \quad (3)$$

R1 potensiometr vasitəsi ilə modulyasiya edən gərginliyin və R2 potensiometrin köməyi ilə daşıyıcı rəqslərin amplitudasının seçilməsi impuls maneələrinin tam şəkildə kompensasiyasına gətirib çıxarır.

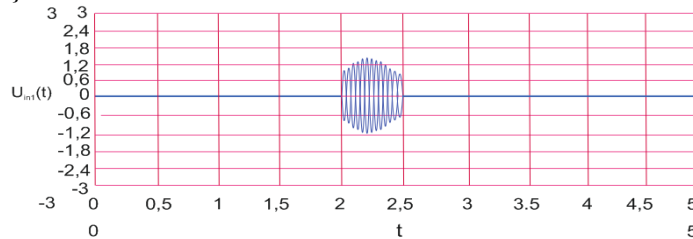
Nəzəri olaraq sıfır başlanıq fazalı dayaq rəqslərinin tədqiqi üçün bir çox metodlar mövcuddur, zolaq süzgəci-1-in çıxış signalından sıfır başlanğıc fazalı dayaq rəqslərinin formalaşdırılması üçün

maksimum həqiqətə bənzər prinsipindən istifadə edilir. Bu prinsip əsasında zolaq süzgəci-1-in çıxış signalının daşıyıcısının fazasının optimal qiymətləndirilməsini keçirmək lazımdır [8,]. Belə ki, heterodin rəqsinin fazasının təsadüfi qiymətlərində gəmilərdə maneəyədavamlı passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicisi tətbiq edilə bilən kompensasiya qurğusunun çıxışında impuls maneəsinin amplitudu sıfır qiymətdən iki dəfə böyük qiymətə qədər intervalda dəyişə bilər. Ən böyük qiymət halı və nəzarət nöqtələrində gərginliyin zaman diaqrammaları qrafik 3-də göstərilmişdir. Qrafik 4-də impuls maneələrinin təsiri altında əsas kanalda, yəni qəbul kanalında amplitud modulyasiyalı signalın dəyişməsi təsvir olunmuşdur.



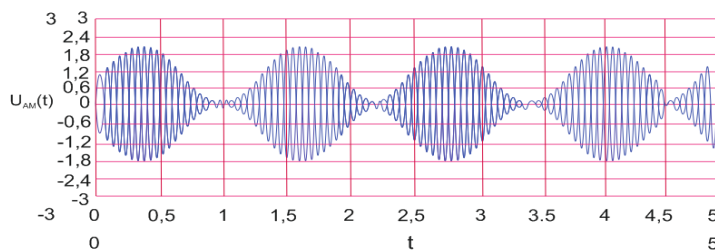
**Qrafik 4.** Faydalı signalın və maneənin signalın kanalında qarışığı sxemi

Qrafik 5-də sistemdə bərpa edilmiş maneə signal kanalında olan maneəyə nəzərən  $180^\circ$  faza sürüşməsi əksini tapmışdır.



**Qrafik 5.** Bərpa edilmiş maneənin təsviri

Qrafik 6-da faza sürüşməsindən sonra qəbuledici qurğunun çıxışında maneənin amplitudunun iki dəfə artması və signalın forması göstərilmişdir.



**Qrafik 6.** Çıxıcı qurğunun çıxışında signalın forması

Rezonans gücləndiricisinin əsasında məhdudlaşdırıcıdan istifadə edərək sıfır başlanğıq fazalı dayaq rəqlərini formalaşdırmaq olar. Bu qurğuda məhdudlaşdırıcının girişindəki gərginliyin fazası cərəyanın birinci harmonikasının və uyğun olaraq çıxış gərginliyinin fazası ilə üst-üstə düşür.

Beləliklə, impuls maneəsi tam kompensasiya olunur. İmpuls maneəsinin tam kompensasiyası üçün modulyasiyaedici gərginliyin amplitudu  $R1$ , daşıyıcı rəqsin amplitudu isə  $R2$  potensiometri vasitəsi ilə seçilir.

**Nəticə.** Maneəsiz və maneəli şəraitdə bəzi parametrlərin qəbulu zamanı təsir edən amilləri müəyyən etməklə suüstü gəmilərin passiv radiolokasiya sisteminin akustooptik qəbuledicinin tətbiqi nəticəsində signalın passiv maneə fonundan ayırmasının çətinliyi, faydalı signal kimi maneənin

zolaq süzgəcində əks olunması, çəpərləyici və hədəfləyici maneələrin zəiflədilməsi üçün zəruri olan əlavə qəbul kanalının seçilməsini asanlaşdırır. Tezlik xarakteristikaları köklənmə tezliyindən asılı olmayan zolaq süzgəcinin və sinfaz maneə təşkildicilərinin tam zəiflədilməsini tətbiqi yüksək maneəyədavamlığı, impuls maneəsinin kompensasiyası üçün təklif olunan üsul əsasında suüstü gəmilərin passiv radiolokasiya sistemində akustooptik qəbuledici tərəfindən siqnallarının effektiv qəbulu zamanı maneələrin tam kompensasiyasını təmin edilməsi mümkündür.

### **Ədəbiyyat**

1. Rüstəmov Ə. R., Qurbanov M. Ə., Bəbəşov E. H. Radiotexniki müşahidənin nəzəri əsasları. Bakı, H. Əliyev adına AANM, 2020, 96 səh.
2. Gənciyev A.Ş., Kərimov E.Y. Radiolokasiyanın nəzəri əsasları. Bakı, H. Əliyev adına AANM, 2020, 513 səh.
3. Дятлов А.П., Емельянов Р.В., Тихонов С.С. Цифровой приемник для радиомониторинга связанных сигналов с широкой полосой мгновенного анализа и высоким быстродействием. Москва, Специальная техника, 2010, №2, с. 9÷18.
4. Поляков, В.Т. Синхронный АМ приемник // – Москва: Радио, – 1984. №8, – с.31-34.
5. Никитин, Н.П. Устройства приема и обработки сигналов. Системы управления приемником. Устройства борьбы с помехами: учеб. пособие / Н.П.Никитин, В.И. Лузин. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, – 2014. – 88 с.
6. US Naval Institute “Prinsciples of NAVAL weapon sistems” 411p <https://www.amazon.pl/Payne-Principles-Weapon-Systems-Second/dp/1591146674>
7. Həsənov R.A., Eynullayev V.S., Rüstəmov Ə.R. İmpuls maneələrinin sinxron kompensasiyası üsulu. Patent-ixtira İ 2013 0026.
8. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Рустамов А.Р., Агаев Э.А., Ахмедов Р.А., Садыхов М.В. Широкополосный амплитудный демодулятор на основе фотоупругого эффекта и оптимизация его характеристик // Успехи прикладной физики, 2023, том 11, № 1 [https://advance.orion-ir.ru/UPF-23/1/UPF-11-1-81\\_RU.pdf](https://advance.orion-ir.ru/UPF-23/1/UPF-11-1-81_RU.pdf)
9. Gasanov A.R., Gasanov R.A., Rustamov A.R., Akhmedov R. A., and Sadykhov M. V. Acoustooptic Methods and Tools for Measuring Parameters of Optoelectronic Devices. ISSN 0735-2727, Radioelectronics and Communications Systems, pp. © Allerton Press, Inc., 2022. P 305-316 Russian Text © The Author(s), 2022, published in Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Radioelektronika. file:///G:/asad2023%20shexi/MEQALELER%2021/ASAD% 20MEQALE% 202016/% C6%8Fs%C9%99d%20R%C3%BCst%C9%99mov%20-%20m% C9% 99qal% C9%99l%C9%99r%20PDF/afiq%20m%202023%20meqale/afiq%20m%2022%20eng/eng%-20ukr%20AF%C4%B0Q%20M.pdf
10. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Рустамов А.Р., Ахмедов Р.А., Садыхов М.В. Исследование взаимной корреляции временных и частотных характеристик акустооптической линии задержки Радиостроение Текст научной статьи по специальности «Электротехника, электронная техника, информационные технологии» file:///C:/Users/esed.rustemov/Documents/issledovanie-vzaimnoy-korrelyatsii-vremennyh-i-chastotnyh-harakteristik-akustoopticheskoy-linii-zaderzhki.pdf

*Мəqalə qəbul olunub: 14.04.23*  
*Təvsiyə edib: dos. Sultanov E.F.*