

UOT 621.373.826

## İSTİQAMƏTLƏNMİŞ OPTİK ŞÜALANMA VASİTƏSİLƏ HƏRƏKƏT EDƏN OBYEKT LƏRİN İDARƏ OLUNMASI

İmamverdiyev Q.M., Məmmədova F.V.

Azərbaycan Texniki Universiteti  
Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası  
Az.1073, Bakı ş., H.Cavid pr., 25  
Az.1000, Bakı ş., Z.Əliyeva küç., 18  
E-mail: faxranda.mammadova@acsc.az

**Xülasə.** Məqalədə istiqamətlənmiş optik şüalanma vasitəsilə hərəkət edən obyektlərin (gəmilərin, təyyarələrin və peyklərin) idarə olunması məsələsinə baxılır. Bu məqsədlə şüanın dönmə bucağı çox kiçik, yəni mkrad-larla verilməsi və onun dəqiq axtarış qurğusu ilə izlənməsi nəzərdə tutulur.

**Abstract.** This article deals with the action of objects (as ships, planes or satellite objects) by means of laser beams. For this purpose, here it is intended for showing the rotation of beams with small figures and it is planned the precise with accurate using exploitational devices simply.

**Аннотация.** В статье рассматривается управление движущимися объектами (кораблями, самолетами и спутниками) с помощью лазерных лучей. С этой целью определен минимальный угол поворота лучей (в мкрад-ах) и планируется очень точное отслеживание поисковыми устройствами.

**Açar sözlər:** lazer, şüa, dəqiq izləmə, kosmik rabitə, peyk

**Key words:** laser, beam, accurate tracking, space communication, satellite

**Ключевые слова:** лазер, луч, точный поиск, космическая связь, спутник

**Giriş.** Lazer veriliş sistemlərinin geniş imkanlara malik olması (onun ifrat tutumu və şüalandırıcı qurğunun nisbətən kiçik ölçülərində sərt iti şüalanma selinin həyata keçirilməsinin mümkünüyü) onların, digər sahələrlə yanaşı, kosmik rabitə sistemlərində də tətbiqinin geniş araşdırılmasını aktual etmişdir. Optik tezlik diapazonunda işləyən lazer veriliş sistemləri və optoelektron cihazlarının konstruksiya edilməsi ilə bir çox aerokosmik kompaniyalar və radioelektronika sahəsində çalışan firmalar məşğul olurlar. Optik lazerlərin yüksək monoxromatikliyi və sabit şüalanma qabiliyyəti onların müasir texnologiyanın bir çox sahələrində, o cümlədən, kosmik-peyk rabitəsində uğurla tətbiq olunmasına imkan yaradır. Lakin, belə sistemlərin praktik olaraq işləyə bilməsi üçün bəzi problemlərin, məsələn, optik tezlik diapazonunda işləyəcək optik qəbuledicilərin, kiçik itkili işıq diodunun və ya korrespondentin yerini aşkar edən yüksək veriliş sürətli işıq şüa mənbəyi qurğusunun hazırlanması kimi məsələlərin həll olunması tələb olunur. Belə həlli vacib məsələlərdən biri də, kosmik rabitə zamanı səhvlərin izlənməsi üçün dəqiq axtarış qurğusunun yaradılmasıdır. İndi isə baxılan məqalənin texniki hissəsini qeyd edək.

**Əsas hissə.** Kosmik lazer rabitə sisteminin (KLR) əsas göstəricilərindən biri fəzada şüalanmanın yayılmasını tənzimləyən qurğulardan – deflektordan istifadə olunmasıdır. Burada əsas məsələ - yüksək, yəni dəqiq istiqamətli lazer şüalanmasını təşkil etməkdir. Ötürücüdə şüalanmanın yayılması (qəbuledicinin görmə sahəsi), məlumatların aşağıdakı ifadə ilə verilməsini tələb edir [1, 3].

$$\theta_{ver} \approx (1 - 2)\lambda/D \quad (1)$$

Burada  $\lambda$  – işıq şüasının dalğa uzunluğu,  $D$ - isə aperturasıdır.

Əgər  $\lambda=1$  mkm,  $D=0,25$  m olarsa,  $\theta_{ver}=4\div 8$  mkrad olacaq.

Bu cür tələbatı yüksək dəqiqliklə təmin etmək üçün qarşılıqlı lazer şüaları vasitəsilə qəbuledici və ötürücü iki korrespondensiya vasitəsilə müşayiət olunur. Bu zaman optik rabitə sistemində mikroradianlarla qiymətləndirilən səhvlərin yüksək dəqiqliyi tələb olunur. Sistemin qurulması qarşılıqlı izlənen rabitə prinsipi ilə işləyən mayakların maksimum dəqiqlik imkanı çərçivəsində alınır. Korrespondensiyanın axtarış problemi ona görə çətinləşir ki, bir çox hallarda ötürücü və qəbuledici cihazların təqribi qiymətlərlə bir-birinə yaxınlaşması və s. səbəblər mövcud olur. Yer in sünü peykinin (YSP) qeyri-müəyyən vəziyyəti trayektoriya dəyişikliyindən məlumdur. Hansı ki, hal-hazırda  $\pm 2-10$  mkrad və s. 2-3 dəfə vericinin  $\theta_{ver}$  – dönmə bucağından çox olur. Belə bir vəziyyət korrespondensiyanın bir neçə variantda axtarışına gətirib çıxarır. Məlumatmə: “qarşılıqlı tutma” qəbuledici və ötürücü stansiyalar və s. rabitədə olan zaman məlumatın verilməsini təmin edir [1, 2].

KLRS potensial imkanlarının, yəni səhvlərin izlənməsi üçün axtarış qurğusunun yaradılması vacib məsələdir. Belə bir qurğu obyektin axtarışını müəyyən etməli və qısa müddətdə onu müəyyən edən qəbuledici və ötürücü optik istiqamətdə fasiləsiz olaraq bərabər həyata keçirilir. Qurğular müntəzəm və təsadüfi axtarışlar üzrə mövcud olurlar.

Təsadüfi axtarışlar aparən qurğuların tədqiqi xüsusilə mürəkkəbdir, ona görə daha geniş müntəzəm tədqiq olunan qurğulardan istifadə olunur. Bunları öz növbəsində aşağıdakı variantlara ayırmaq olar: yoxlama apara bilməyən qurğuların köməyiylə böyük gücə malik olan mayak impuls verərək əsas diaqram istiqamətində bütün qeyri-müəyyənliyi araşdırır. İkinci qurğuda bir və ya iki obyektə şüa ilə yoxlama aparılır.

Tədqiq olunan bu iki üsuldən kiçik bucaqlı şüalanma əlverişlidir. Belə ki, eyni güclü ötürüçülərdə və qəbuledicinin görmə sahəsi  $\theta_{qab}$  olduqda, enli şüa üsulu nazik şüa üsulundan 5 dəfə çox olur [1, 2].

Yüksək tezlik verilən zaman izləyici qurğunun geniş tezlik xarakteristikası alınır, bu da buraxılan səhvlərin azalmasına gətirib çıxarır. Aşkarlıq üçün hesab edəcəyik ki, sinxron peyk (SP) və kiçik orbitli peyk (KOP) vasitəsilə iki hərəkət edən obyektin arasında rabitə həyata keçirilməlidir. SP və KOP qarşılıqlı müəyyən olunması aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir.

Əvvəlcə köməkçi sistemlərin verici və qəbuledicilərinin antenası məqsədyönlü dəqiqliklə quraşdırılır ( $\pm 0,2^\circ$  SP üçün və  $\pm 0,5^\circ$  KOP üçün). Bundan sonra hər iki peykin mayakları lazer şüası vasitəsilə qoşulur.

**1. Birinci mərhələ: lazer mayakın işi – müəyyənedilmə və kobud tuşlanma ilə.** Bu iş başlanğıc səhvin ərəfəsində antenanın  $\theta_{H_1}^2$  – ( $\theta_{H_1}$  – kiçik ölçülü peykin qeyri-müəyyənlik bucağıdır) təyinetmə cəhətində, sinxron peykin mayak lazer şüasının qeyd olunması və ya yazılması vasitəsilə həyata keçirilir.

Sinxron peykin (SP) mayakının şüası  $\theta_{ver SP} \ll \theta_{H_1}$  olduqda yayılır və  $T$ -müddətində  $\theta_{H_1}^2$  zonasını (cəhətini və ya koordinatını) qeydə alır. Kiçik ölçülü peyk (KÖP) bu şüanın siqnalını qəbul edir və özünün optik antenasını SP-yə görə yönəldir. [2].

KÖP-in yüksək istiqamətlənmiş  $\theta_{qab KÖP} \ll \theta_{H_2}$  (haradakı  $\theta_{H_2}$  – sinxron peykin qeyri-müəyyənlik bucağıdır) antenası geniş görünüş sahəsinə malik olan ( $\theta_{H_2}$  qədər) dördkvadratl detektor ilə müştərək istifadə olunur. Bunun da hesabına qəbuledici dəqiq istiqamətdə ( $\theta_{qab KÖP}$ -ün müəyyən qiymətində), geniş görmə sahəsinin  $\theta_{H_2}$ -bucağında eyni vaxtda öz işini vericiyə görə düzgün qura bilir, yəni sinxronlaşdırır. Bu halda SP-nin siqnalının maksimal tapılma vaxtı, bütövlükdə qeyd olunma vaxtı  $T$  ilə müəyyən olunur:

$$T = t (\theta_{H_1} / \theta_{ver SP})^2 \quad (2)$$

Burada,  $t$ -vericinin verdiyi şüanın, hər bir elementin  $\theta_{H_1}$  - sektorunda qeyd olunma zamanı gecikmə müddətidir.

KÖP mayakının siqnalı tapıldıqdan sonra qeyri-müəyyənlik bucağının sektorunun qeyd olunması kəsilir. Sonra yönəldici qurğu vasitəsilə mərkəzi istiqamət öz sektoru ilə SP-nin mayakının istiqamətini qeyd edərək özünə uyğunlaşdırır. Həmin qayda üzrə aparılan əməliyyat KÖP-ün vericisindən verilən şüanın tapıldığı zaman, SP-nin qəbuledicisi tərəfindən həyata keçirilir. Burada pelenqləmə (radiostansiyanın olduğu yeri radiopelenqator vasitəsilə və ya kompas əqrəbi istiqaməti ilə görünən cismə doğru istiqamət arasındakı bucağı təyin etmək) qurğusunun köməyi ilə sinxron və kiçik orbitli peyklərin verdikləri şüaların  $\theta_{ver SP}, \theta_{ver KÖP}$  - bucaqları ilə qəbuledicilərin görüş dairəsini müəyyən edən  $\theta_{ver SP}, \theta_{ver KÖP}$  - bucaqlar arasında yaranan faza fərqlərini tarazlaşdırır və ya fazalanır [1].

**2. İkinci mərhələ: dəqiq görünüşlə** - Bu mərhələdə ötürücülərdən verilən şüaların  $\theta_{ver SP}, \theta_{ver KÖP}$  - bucaqları qədər dəyişdirilməsi və qəbuledicilərin görmə dairəsinin minimal kəmiyyətə kimi azalması - tələb olunan surətdə informasiyanın keyfiyyətli verilməsi üçün lazımdır. Şüaların qarşılıqlı istiqamətlərini qabaqlamaqla obyektlərin (peyklərin) qarşılıqlı yerdəyişmələrinə uyğun olaraq verici və qəbuledici qurğuları izləmə rejimində işləməyə keçirir və görmə sahəsinin qəbulu minimal uzunluğa qədər azalır, məlumatın dəqiq ötürülməsi sürəti tələb olunan sürətdən asılıdır. Korrektə olunmuş istiqamətlənmiş şüaların qeydiyyatı, obyektlərin qarşılıqlı hərəkətinə uyğun gəlir, qəbuledici və ötürücü qurğularda təkrarlanmasına səbəb olur.

**3. Üçüncü mərhələ: informasiyanın verilməsi və dəqiq izləmə** - bu halda axtarış və tutulmaya sərf olunan tam vaxt aşağıdakı vaxtların üst-üstə gəlməsi ilə müəyyən olunur. Bu vaxtlara:

1. İlkin axtarış vaxtı  $T$ ;

2. Dəqiq axtarış vaxtı ;

3. Müşahidəyə keçid vaxtı  $T_s$  , burada  $T \gg T_s$  olduğunu nəzərə alsaq və axtarışların qarşılıqlı olduğunu hesab etsək, onda  $T \cong T_{axt}$  olacaqdır. Axtarış vaxtını azaltmaq üçün  $\theta_{qəb}$  mümkün qədər elə artırmaq lazımdır ki, o peykin tam qeyri-müəyyənlik zonasının da örtülü sahələrini nəzərə ala bilsin. Digər tərəfdən, vericinin verdiyi şüaların dağılmasının  $\theta_{ver}$  minimal qiymətinə nisbətən çoxalması, vericinin gücünü informasiya verilişi və axtarış rejimlərində artırmağa məcbur edir. Belə ki,

$$(P_{ver}/P_{qəb})_{izl} = (P_{ver}/P_{qəb})_{inf}(\theta_{ver}/\theta_{qəb})^2 \quad (3)$$

Məsələn,  $\lambda=0,53$  mkm,  $\theta_{ver} \cong 2$  mkrad,  $(P_{ver}/P_{qəb})_{inf} = 5 \cdot 10^5$  və  $(P_{ver}/P_{qəb})_{izl} = 10^{14}$  olduğu halda mayak şüasının mümkün qədər genişlənməsi üçün aşağıdakı nisbəti tapaq:

$$\frac{\theta_{ver}}{\theta_{qəb}} = \sqrt{\left(\frac{P_{ver}}{P_{qəb}}\right)_{izl} \left(\frac{P_{ver}}{P_{qəb}}\right)_{inf}^{-1}} \cong \sqrt{\frac{10^{14}}{5 \cdot 10^5}} = \sqrt{2} \cdot 10^4 \cong 10^4$$

Deməli,  $\theta_{ver} \cong 2$  mkrad əvəzinə elə şüadan istifadə olunmalıdır ki, onun yayılma bucağı  $\theta_{ver} = 20$  mkrad olsun. Bu qiymət qeyri-müəyyənlik sektoru üzrə olan dönmə bucağını ötür və bizə imkan verir ki, daha nazik (ensiz) şüadan və dəqiq qeyd olunmadan istifadə edək. Eyni zamanda bu da KLRS-in böyük ehtiyatını, yəni potensial imkana (10-20 dB) malik olduğunu göstərir.

**Nəticə:** Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq aşağıdakı bir sıra nəticələri qeyd edə bilərik.

1. Fəzada şüalanmanın dəqiq yayılmasını təmin etmək üçün xüsusi qurğulardan (deflektordan) istifadə edilməlidir.
2. Hərəkət edən obyektlərin bir-birini dəqiq görməsi üçün görmə sahəsi (4÷8) mkradian intervalında olmalıdır.
3. Dəqiq şüalanma halında, səhvlərin aşkar olunması üçün axtarış qurğusundan istifadə olunmalıdır.

**Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №1, 2018**  
**Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy №1, 2018**

---

**Ədəbiyyat**

1. Q.M. İmamverdiyev. Optik diapozonlu lazer rabitə sistemləri. Bakı-2016., s. 196.
2. B.Q. İbrahimov. Elektrik rabitə nəzəriyyəsi. Bakı-2009., səh 500.
3. İ.N. Dəvrişova. Optoelektron və kvant cihazları və qurğuları. Bakı-2014., s. 614.

Tövsiyyə edib: t.e.d., prof. **Z.Z. Şərifov**