

<https://doi.org/10.62837/2026.1.192>

ORCID-0000-0002-0213-4497

**QULIYEVA LEYLA İLHAM QIZI**  
**QULIYEV RAHİB YAŞAR OĞLU,**  
**AĞAYEVA FƏRIDƏ ŞAHBAZ QIZI,**  
**KAMALOVA GÜNEL SÜLEYMAN QIZI**  
*Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan*  
[leyla.quliyeva@sdu.edu.az](mailto:leyla.quliyeva@sdu.edu.az)

## **PASSİV DAİRƏ REZONATORLU GİROSKOP CİHAZININ KOMPÜTERLƏ UZLAŞMA MODULUNUN İŞLƏNMƏSİ**

**Açar sözlər:** *passiv dairə rezonatorlu giroskop, kompüter interfeysi, sensor məlumatlarının toplanması, detektor, rəqəmsal siqnal emalı, real vaxtda ölçmə.*

**Xülasə.** Passiv dairə rezonatorlu giroskop cihazının kompüterlə uzlaşma modulunun işlənməsi işində fırlanmanı ölçmək üçün istifadə oluna bilən dörd güzgünün bir dairədə birləşdirildiyi dairə rezonatorunun konfigurasiya sxemi, passiv rezonatorlu lazer giroskop qurğusunun genişləndirilmiş funksional sxemi işlənmişdir. Passiv dairə rezonatorlu giroskopun işləmə prinsipi və optik rezonatorun fiziki əsasları analiz edilmişdir. Passiv rezonatorlu lazer giroskoplarında fırlanmanın ölçülməsi məsələsinin qarşı-istiqləmədə yayılan işıq şüaları üçün rezonatorun ötürmə xüsusiyyətlərində yaranan dəyişikliklərin analizinə əsaslandığı verilmişdir.

**Giriş.** Son illərdə dəqiq naviqasiya və hərəkət parametrlərinin ölçülməsi sahəsində optik əsaslı giroskoplara maraq əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Bu baxımdan passiv dairə rezonatorlu giroskoplar yüksək ölçmə dəqiqliyi, mexaniki komponentlərin olmaması və uzunmüddətli istismar zamanı stabilliyin qorunması kimi üstünlüklərinə görə xüsusi yer tutur [1,4]. Belə sistemlərin effektiv işləməsi yalnız optik hissənin keyfiyyətindən deyil, eyni zamanda ölçmə prosesinin idarə olunmasını və məlumatların emalını təmin edən kompüterlə uzlaşma modulunun düzgün qurulmasından asılıdır.

Kompüterlə uzlaşma modulu passiv dairə rezonatorlu giroskopda yaranan optik siqnalların qəbul edilməsi, onların emalı, rəqəmsal formaya çevrilməsi və nəticələrin kompüter mühitinə ötürülməsi funksiyalarını yerinə yetirir. Bu modulun layihələndirilməsi zamanı rezonatorun konfigurasiyası, əsas iş rejiminin saxlanılması, polyarizasiya vəziyyətinin idarə olunması və ölçmə nəticələrinin dəqiqliyinə təsir edən texniki amillər nəzərə alınmalıdır [1]. Xüsusilə, işıq şüasının rezonatora daxil edilməsindən əvvəl polyarizasiya elementlərinin tətbiqi və onların

dəqiq tənzimlənməsi sistemin stabil və etibarlı işləməsi üçün mühüm əhəmiyyət daşıyır [4].

Bu məqalədə passiv dairə rezonatorlu giroskop cihazı üçün kompüterlə uzlaşma modulunun işlənməsi məsələləri, sistemin əsas strukturu, funksional blok-sxemləri və ölçmə prosesinin optimallaşdırılması yolları ətraflı şəkildə araşdırılır.

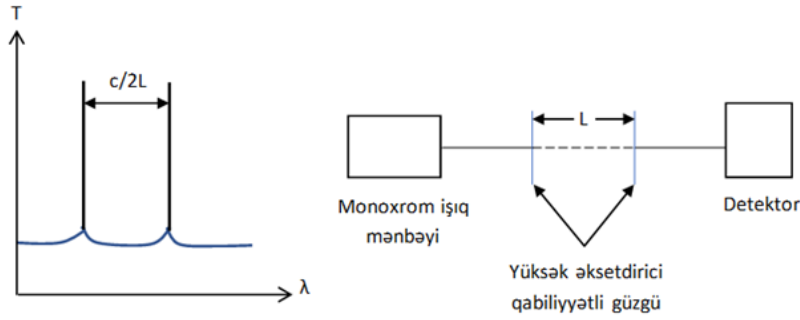
**Passiv dairə rezonatorlu giroskopun işləmə prinsipi və optik rezonatorun fiziki əsasları.** Optik giroskoplar fırlanma hərəkətinin yüksək dəqiqliklə ölçülməsini təmin edən müasir ölçmə sistemləri arasında xüsusi yer tutur. Bu tip cihazların işləmə mexanizmi işığın qapalı trayektoriya boyunca yayılması zamanı fırlanma nəticəsində yaranan faza və tezlik dəyişmələrinin qeydə alınmasına əsaslanır [2,5]. Passiv dairə rezonatorlu giroskoplarda ölçmə prosesi aktiv gücləndirmə mühitindən istifadə edilmədən həyata keçirilir ki, bu da sistemin sabitliyini artırır və bloklanma kimi arzuolunmaz effektlərin qarşısını alır [2]. Bu bölmədə passiv dairə rezonatorlu giroskopun işləmə prinsipi, istifadə olunan optik rezonatorun quruluşu və fırlanma ölçmələrinin formalaşmasına təsir edən əsas fiziki mexanizmlər təhlil olunur .

İşıq şüasının iki hissəyə bölünərək güzgülərlə əhatə olunmuş fırlanan platforma üzərində qapalı trayektoriya boyunca qarşı-istiqamətlərdə yayılması və sonradan yenidən birləşdirilməsi interferensiya hadisəsinin müşahidə olunmasına imkan verir. Aparılan eksperimental müşahidələr göstərmişdir ki, hər iki şüa qapalı dairə üzrə hərəkət etməsinə baxmayaraq, platformanın fırlanması zamanı fırlanma istiqaməti ilə uyğun istiqamətdə yayılan şüa başlanğıc nöqtəsinə əks istiqamətdə hərəkət edən şüaya nisbətən daha gec qaydır. Bu vaxt fərqi fırlanma hərəkətinin mövcudluğunu xarakterizə edən əsas fiziki göstəricidir.

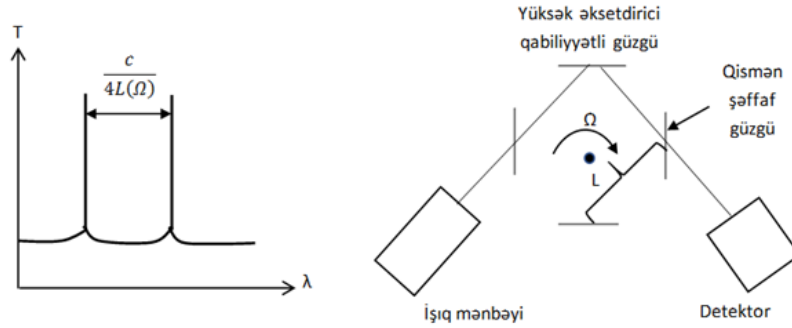
Passiv dairə rezonatorlu giroskopun işlənməsi zamanı müəyyən edilmişdir ki, aktiv dairə lazer giroskoplarına xas olan bloklanma effektinin qarşısının alınmasının effektiv yolu rezonator daxilindən aktiv mühitin çıxarılmasıdır. Bu yanaşma nəticəsində yalnız passiv optik elementlərdən ibarət olan dairəvi rezonator konfigurasiyası formalaşdırılır ki, həmin struktur fırlanma ölçmələri üçün istifadə oluna bilər [1,2,].

Belə rezonatorların işləmə prinsipi etalon rezonans xüsusiyyətlərinə əsaslanır. Şəkil 1-də L məsafəsi ilə ayrılmış və yüksək əks etdirmə qabiliyyətinə malik iki güzgüdən ibarət sadə etalon sxemi göstərilmişdir. İşıq şüasının bu güzgülər cütündən keçidi fotodetektor vasitəsilə qeydə alınır və ötürmə spektrində  $c/2L$  tezliyinə uyğun olan müntəzəm rezonans pikləri ardıcılığını müşahidə edilir.

Şəkil 2-də isə fırlanma ölçmələri üçün istifadə edilə bilən dairə rezonatorunun konfigurasiyası verilmişdir. Bu halda dörd güzgü qapalı dairəvi trayektoriya üzrə yerləşdirilir. Rezonatora daxil olan işıq şüası saat əqrəbi istiqamətində dövr edir və sistemin fırlanması zamanı güzgülər arasındakı effektiv optik məsafə dəyişir. Bu dəyişiklik rezonatorun ötürmə xüsusiyyətlərinin modulyasiyasına səbəb olur.



Şəkil 1. İki güzgü ilə etalonun xüsusiyyəti

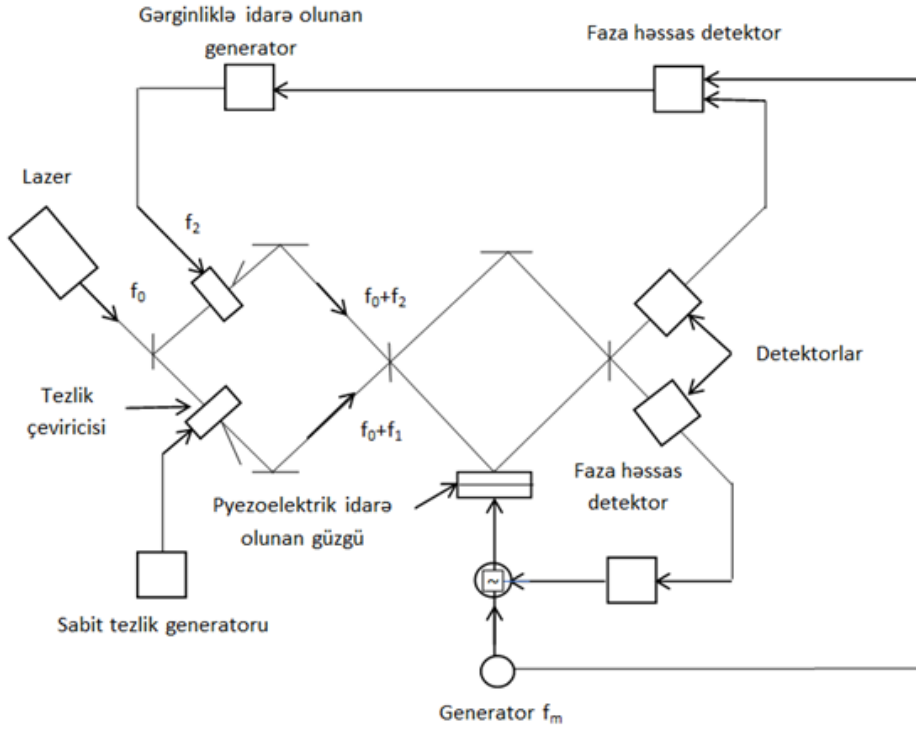


Şəkil 2. Kvadrat şəklində olan passiv dairə rezonatorunda effektiv  $\Omega$  fırlanma sürətinin funksiyası kimi dəyişir

Rezonatorun fırlanma həssaslığını ölçmə siqnalına çevirmək məqsədilə düşən işıq şüasının tezliyinin dinamik şəkildə idarə olunması tələb olunur. Bu funksiya monoxrom işıq mənbəyinin qarşısında yerləşdirilmiş akusto-optik modulyator kimi tezlik çevirici elementdən istifadə etməklə yerinə yetirilə bilər. Başlanğıcda modulyatorun tezliyi rezonator üçün maksimal ötürməni təmin edəcək şəkildə sazlanır. Sistem fırlandıqca rezonatorun ötürmə şərtləri dəyişir və detektorda qeydə alınan siqnal azalır. Əgər modulyatorun tezliyini avtomatik tənzimləyən servo idarəetmə dövrəsi tətbiq edilərsə, ötürmənin maksimum səviyyədə saxlanılması mümkün olur və bu zaman kompensasiya olunmuş tezlik dəyişməsi birbaşa fırlanma bucaqlı sürətinə uyğun gəlir.

**Passiv rezonatorlu lazer giroskopunda fırlanma ölçmə mexanizmi.** Passiv rezonatorlu lazer giroskoplarında fırlanmanın ölçülməsi qarşı-istiqamətdə yayılan işıq şüaları üçün rezonatorun ötürmə xüsusiyyətlərində yaranan dəyişikliklərin analizinə əsaslanır. Bu məqsədlə şəkil 3-də fırlanma ölçmələrinin həyata keçirilməsi üçün istifadə olunan passiv rezonatorlu lazer giroskop qurğusunun genişləndirilmiş funksional sxemi təqdim edilmişdir. Sistemdə yüksək koherentliyə malik işıq

mənbəyinin tətbiqi işıq şüasının rezonator halqası daxilində çoxsaylı dövrlər boyunca faza əlaqəsini itirmədən yayılmasını təmin edir. Işıq mənbəyindən çıxan şüa iki hissəyə bölünür və bu şüalardan biri rezonator halqasına daxil olmazdan əvvəl  $f_1$  tezliyinə sürüşdürülür, nəticədə həmin şüa saat əqrəbi istiqamətində rezonator daxilində yayılır.



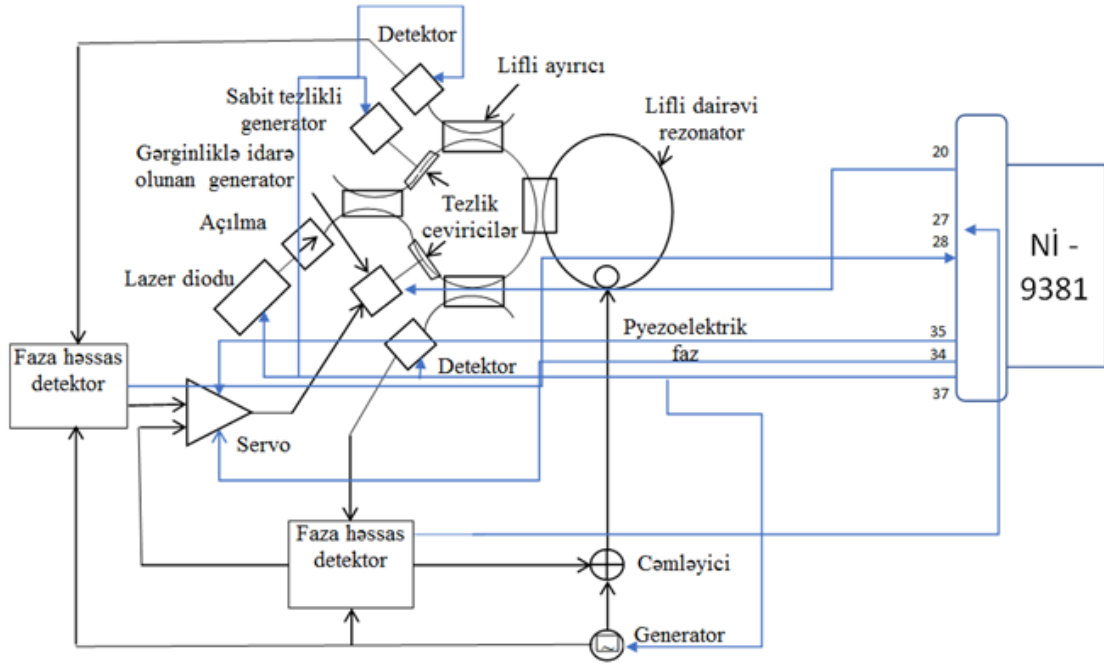
Şəkil 3. Passiv rezonatorlu lazer giroskopu

Rezonatorun optik yolunun effektiv uzunluğu pyzeoelektrik aktuatorla idarə olunan güzgü vasitəsilə tənzimlənir. Bu güzgünün  $f_m$  tezliyində modulyasiyası rezonatorun ötürmə xarakteristikasının optimallaşdırılmasına imkan yaradır və bu zaman detektor çıxışında  $f_m$  tezliyinin ikinci harmonikasının formalaşması müşahidə olunur. Optimal ötürmə nöqtəsindən kənarlaşma baş verdikdə isə amplitudası yerdəyişmə ilə mütənasib olan birinci harmonika meydana çıxır, onun fazası isə yerdəyişmənin istiqaməti haqqında informasiya daşıyır. Bu siqnal əsasında pyzeoelektrik güzgüyə tətbiq olunan gərginliyi tənzimləyən fazaya həssas detektordan istifadə etməklə ötürmənin maksimum nöqtədə saxlanması mümkündür.

Işıq şüasının digər hissəsi  $f_2$  tezliyinə sürüşdürülərək rezonatora saat əqrəbinin əksi istiqamətində daxil edilir. Rezonator saat əqrəbi istiqamətində yayılan şüa üçün

optimal uzunluğa kilidləndiyindən, əks istiqamətdə yayılan şüanın optimal ötürülməsi  $f_2$  tezliyinin uyğun şəkildə dəyişdirilməsi hesabına təmin olunur [1,3]. Bu məqsədlə rezonatorun  $f_m$  modulyasiya tezliyi izlənilir və həmin siqnal gərginliklə idarə olunan generator üçün düzəliş siqnalı kimi istifadə edilir.

Passiv dairə rezonatorlu giroskop cihazının kompüterlə uzlaşma modulunun reallaşdırılması məqsədilə sistemin əsas konfigurasiyasının PXI çoxfunksiyalı NI-9381 moduluna qoşulma blok-sxemi Şəkil 4-da göstərilmişdir.



Şəkil 4. Lifli optik dairəvi rezonatorun əsas konfigurasiyasının XI çoxfunksiyalı NI 9381 moduluna qoşulmasının blok-sxemi

LabVIEW proqram mühitində qurulmuş virtual cihazdan istifadə etməklə rezonator əsaslı lifli-optik vericinin idarə olunmasını təmin etmək məqsədlə sabit tezlik generatorları, yarımkəçirici diod lazerin idarəetmə bloku, gərginliklə idarə olunan generator, pyzelektrik faza modulyatoru və fazaya həssas detektorlar NI-9381 çoxfunksiyalı modulu vasitəsilə NI PXIe-8860 tipli kompüter platformasına inteqrasiya edilmişdir.

**Nəticə.** Bu işdə passiv dairə rezonatorlu giroskop üçün kompüterlə uzlaşma modulunun işlənməsi və funksional reallaşdırılması həyata keçirilmişdir. Tədqiqat prosesində fırlanmanın optik üsulla ölçülməsinə əsaslanan passiv dairə rezonatorunun fiziki və konstruktiv xüsusiyyətləri təhlil edilmiş, güzgülü rezonatorun lifli-optik rezonatorla əvəz olunması əsasında ölçmə sisteminin praktiki realizasiyası

göstərilmişdir. Qarşı-istiqləmədə yayılan işıq şüaları üçün rezonans tezliklərinin fırlanma təsiri altında dəyişməsi ölçmə mexanizminin əsasını təşkil etmişdir.

Hazırlanmış kompüterlə uzlaşma modulu optik rezonatordan alınan ölçmə siqnallarının qəbulunu, rəqəmsallaşdırılmasını və real vaxt rejimində emalını təmin edir. Rəqəmsal siqnal emalı mərhələsində tətbiq edilən filtrasiya, normallaşdırma və servoidarətmə üsulları ölçmə prosesində yaranan təsadüfi ölçmə xəталарının azalmasına və sistemin dəqiqlik göstəricilərinin yüksəldilməsinə imkan yaratmışdır. Kompüter əsaslı idarəetmə və monitorinq mühiti ölçmə prosesinin avtomatlaşdırılmasını və parametrlərin çevik tənzimlənməsini mümkün etmişdir.

Ümumiləşdirilmiş nəticələr göstərir ki, işlənmiş kompüterlə uzlaşma modulu passiv dairə rezonatorlu giroskopun funksional imkanlarını genişləndirir, ölçmə prosesinin etibarlılığını və dəqiqliyini artırır və yüksək dəqiqlik tələb edən fırlanma ölçmə və inertial naviqasiya sistemləri üçün perspektivli texniki həll kimi qiymətləndirilə bilər.

### Ədəbiyyat

1. Э.Удд. Волоконно-оптические датчики/под.ред. Э.Удда-М:Техносфера, 2008, 520 с.
2. R.E. Meyers, S. Ezekiel, D.W. Stowe, and V.J. Tekippe, Passive Fiber-Optic Ring Resonator for Rotation Sensing, *Opt. Lett.* 8, 644 (1983).
3. W.B. Spillman, Jr., and D.H. McMahon, Multimode Fiber-Optic Hydrophone Based on the Photoelastic Effekt, *Appl. Opt.* 21, 3511 (1998).
4. Соколов Е.А., Соколов В.А. Волоконно-оптические датчики и системы: принципы построения возможности и перспективы // Light wave Russian Edition, 2006, № 4, 95 с.
5. N.J. Frigo, Comparison of Interferometric and Resonant Ring Fiber Optic Gyroscopes, *Proc. SPIE* 985, 270 (1988).

*Гулиева Л.И., Гулиев Р. Я.,  
Агаева Ф. Ш., Камалова Г. С.*

*Сумгаитский Государственный Университет,*

### **Разработка модуля компьютерного интерфейса для пассивного кругового резонаторного гироскопа**

#### **Резюме**

**Ключевые слова:** пассивный кольцевой резонаторный гироскоп, компьютерный интерфейс, сбор данных с датчиков, детектор, цифровая обработка сигналов, измерения в реальном времени.

В ходе работы над разработкой компьютерного модуля пассивного кольцевого резонаторного гироскопа была разработана схема конфигурации кольцевого резонатора, в котором четыре зеркала объединены в круг, что позволяет измерять вращение, а также расширенная функциональная схема пассивного кольцевого резонаторного лазерного гироскопа. Проанализированы

принцип работы пассивного кольцевого резонаторного гироскопа и физические основы оптического резонатора. Показано, что проблема измерения вращения в пассивных кольцевых резонаторных лазерных гироскопах основана на анализе изменений характеристик пропускания резонатора для световых лучей, распространяющихся в противоположном направлении.

*Gulieva L.I., Guliev R.Y.,  
Agayeva F. Sh., Kamalova G. S.  
Sumgayit State University,*

### **Design and Development of a Computer Interface Module for a Passive Ring Resonator Gyroscope**

#### **Summary**

**Keywords:** *passive ring resonator gyroscope, computer interface, sensor data acquisition, detector, digital signal processing, real-time measurement.*

In the work on the development of the computer-based module of the passive ring resonator gyroscope device, the configuration scheme of the ring resonator, in which four mirrors are combined in a circle, which can be used to measure rotation, and the extended functional scheme of the passive ring resonator laser gyroscope device were developed. The operating principle of the passive ring resonator gyroscope and the physical foundations of the optical resonator were analyzed. It was shown that the problem of measuring rotation in passive ring resonator laser gyroscopes is based on the analysis of the changes in the transmission characteristics of the resonator for light rays propagating in the opposite direction.

**Rəyçi: prof. Hüseynov Aqil Hidayət oğlu**