



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında
Elmin İnkişafı Fondunun və Belarus Respublika Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
qrantların verilməsi üzrə 2⁺-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq
müsabiqəsinin (EIF-BGM-3-BRFTF-2⁺/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

YEKUN ELMİ – TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: Şifrələmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemləri

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu

Qrantın məbləği: 65 000 manat

Layihənin nömrəsi: EIF-BGM-3-BRFTF-2⁺/2017-15/07/1-M-12

1. Müqavilənin imzalanma tarixi: 29 mart 2018-ci il

2. Müqavilənin imzalanma tarixi: 24 avqust 2020-ci il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 24 ay

1. Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 may 2018-ci il – 01 yanvar 2020-ci il

2. Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 oktyabr 2020-ci il – 01 fevral 2021-ci il

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır.

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır.

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

Layihə haqqında ümumi məlumat:

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu ilə Belarus Respublikası Fundamental Tədqiqatlar Fondu arasında 2⁺-ci Azərbaycan – Belarus birgə beynəlxalq qrant müsabiqəsində “Şifrələmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemləri” adlı fundamental və tətbiqi xarakterli layihə qalib olmuşdur.

İştirakçı tərəflər Azərbaycan Texniki Universiteti və “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsidir. Layihənin rəhbərləri Azərbaycan tərəfdən Azərbaycan Texniki Universitetinin professoru, t.e.d. Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu və Belarus tərəfdən isə Akademiyanın rektoru, t.e.d., professor Zeneviç Andrey Oleqoviçdir.

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi) 01 may 2018-ci ildən 01 yanvar 2020-ci ilə

və 01 oktyabr 2020-ci ildən 01 fevral 2021-ci ilə qədərdir.

2⁺-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq qrant layihəsinin yerinə yetirilməsi 8 mərhələyə bölünmüş və ayrı-ayrılıqda hər bir mərhələ üzrə Azərbaycan və Belarus tərəfdən yerinə yetiriləcək işlərin adları aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 1.1. Mərhələlərin adları

Mərhələnin nömrəsi	İşlərin (mərhələlərin) adları	İcra müddəti	
		Başlama tarixi	Bitmə tarixi
1.	Belarus tərəfi: Optik-lifli rabitə xətləri üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin işlənməsi üçün mənbə və qəbulədicinin seçilməsi üzrə tədqiqatların aparılması	01/05/2018	31/07/2018
	Azərbaycan tərəfi: Məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemi üçün optik siqnalların foton kommutatorlarının və optik liflərin xarakteristikalarının qiymətləndirmə kriteriyalarının seçilməsi		
2.	Belarus tərəfi: Fotonların verilmiş statistikali optik maneəsi əsasında icazəsiz müdaxilə edən istifadəçilərin aşkarlanmasının fiziki prinsiplərinin işlənməsi	01/08/2018	31/10/2018
	Azərbaycan tərəfi: 2.1. Kvant selinin idarə olunma üsullarının və qurğularının analizi 2.2. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun işlənməsi		
3.	Belarus tərəfi: Optik-lifli rabitə xətləri üzrə bir neçə icazəli istifadəçi arasında şifrləmə açarlarının verilişini təmin edən şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sisteminin modelinin qurulması	01/11/2018	31/01/2019
	Azərbaycan tərəfi: 3.1. Kvant rabitə kanalının foton kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi 3.2. Kvant veriliş sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun işlənməsi və onun optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminə istifadə olunma imkanının qiymətləndirilməsi		
4.	Belarus tərəfi: Optik maneənin fotonlarının statistikasının dəyişməsinin təyin olunmasına əsaslanan optik-lifli rabitə xətlərinə icazəsiz müdaxilə edən istifadəçilərin aşkarlanmasına imkan verən verilənlərin kvant veriliş üsulunun işlənməsi	01/02/2019	30/04/2019

	Azərbaycan tərəfi: Optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi		
5.	Belarus tərəfi: Optik-lifli rabitə xətləri üzrə məxfi informasiyanın tranlyasiyası üçün verilənlərin 1,0 Hbit/s veriliş sürətinə malik şifrləmə açarlarının kvant paylanmalı optoelektron sisteminin qurulma prinsiplərinin işlənməsi	01/05/2019	31/07/2019
	Azərbaycan tərəfi: Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi		
6.	Belarus tərəfi: Optik-lifli rabitə xətləri üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin texniki parametrlərinə vahid fotonlar mənbəyinin və optik lifin xarakteristikalarının təsirinin tədqiqi	01/08/2019	31/10/2019
	Azərbaycan tərəfi: Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxilə dilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi		
7.	Belarus tərəfi: İcazəsiz müdaxilə edən istifadəçilərin ən kiçik aşkarlanma müddətinin alınması üçün optik-lifli rabitə xətləri üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin parametrlərinin optimallaşdırılması	01/11/2019	31/12/2019
	Azərbaycan tərəfi: 7.1. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işlənməsi 7.2. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işçi parametrlərinin hesabat üsulunun işlənməsi	01/10/2020	31/10/2020
8.	Belarus və Azərbaycan tərəfi: Alınmış nəticələrin analizi və ümumiləşdirilməsi. Yekun hesabatın tərtibi	01/11/2021	01/02/2021

Layihənin yerinə yetirilməsi ilə əlaqədar qörülmüş təşkilati işlər:

- 18 may 2017-ci ildə Belarus Respublikasının Minsk şəhərində Azərbaycan Texniki Universiteti (Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi) ilə "Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi (Belarus Respublikası Rabitə və İnformasiyalaşdırma Nazirliyi) arasında təhsil proqramlarının, elmin, texnikanın və başqa sahələrin realizə edilməsi ilə əlaqədar Əməkdaşlıq haqqında Müqavilə imzalanmışdır. Müqavilə vasitəsi ilə onun məqsədi, predmeti, tərəflərin qarşılıqlı fəaliyyəti, işlərin təşkili, əməkdaşlıq şərtlərinin razılaşdırılması və müqavilənin fəaliyyət müddəti nizamlanır. Müqaviləni Azərbaycan Texniki Universiteti tərəfdən rektor əvəzi, professor Yahudov Xalq Məcid oğlu və "Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi tərəfdən isə rektor, professor Zeneviç Andrey Oleqoviç imzalamışdır;
- 06 dekabr 2019-cu ildə Azərbaycan Respublikasının Bakı şəhərində Azərbaycan Texniki Universiteti (Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi) ilə "Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi (Belarus Respublikası Rabitə və İnformasiyalaşdırma Nazirliyi) arasında təhsil proqramlarının, elmin, texnikanın və başqa sahələrin realizə edilməsi

ilə əlaqədar Əməkdaşlıq haqqında yenidən müqavilə bağlanmışdır. Müqavilə vasitəsi ilə onun məqsədi, predmeti, tərəflərin qarşılıqlı fəaliyyəti, işlərin təşkili, əməkdaşlıq şərtlərinin razılaşdırılması və müqavilənin fəaliyyət müddəti nizamlanır. Müqaviləni Azərbaycan Texniki Universiteti tərəfdən rektor, i.e.d., professor Vilayət Məmməd oğlu Bəliyev və “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi tərəfdən isə rektor, t.e.d., professor Andrey Oleqoviç Zeneviç imzalamışdır;

- 10 iyul 2017-ci il tarixində Azərbaycan Texniki Universiteti (Azərbaycan Respublikası) və “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi (Belarus Respublikası) arasında “Optik rabitənin kvant sistemləri” adlı birgə Beynəlxalq Elmi laboratoriya yaradılmış, laboratoriyanın Əsasnaməsi və 2018-ci il üçün laboratoriyanın iş planı təsdiq edilmişdir. Beynəlxalq Elmi laboratoriyanın Azərbaycan Texniki Universiteti tərəfindən rəhbəri t.e.d., professor Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu və “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi tərəfindən isə akademiyanın rektoru, t.e.d., professor Zeneviç Andrey Oleqoviçdir;
- 04 dekabr 2019-cü il tarixində Azərbaycan Texniki Universiteti (Azərbaycan Respublikası) və “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi (Belarus Respublikası) arasında “Optik rabitənin kvant sistemləri” adlı Birgə Beynəlxalq Elmi laboratoriyanın Əsasnaməsi və 2020-ci il üçün laboratoriyanın iş planı yeniləşdirilmiş və təsdiq edilmişdir. Yeni müddətə laboratoriyanın iş planı Azərbaycan Texniki Universiteti tərəfindən rəhbəri t.e.d., professor Tofiq Məhəmməd oğlu Mansurov və Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası Təhsil Müəssisəsi tərəfindən isə həmin akademiyanın rektoru, t.e.d., professor Andrey Oleqoviç Zeneviç təsdiq etmişdir;
- 06 dekabr 2019-cü il tarixində Azərbaycan Texniki Universiteti (Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi) ilə “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi (Belarus Respublikası Rabitə və İnformasiyalaşdırma Nazirliyi) arasında imzalanmış Əməkdaşlıq haqqında müqavilənin həyata keçirilməsi məqsədi ilə rektorlar tərəfindən Beynəlxalq laboratoriyanın hər iki tərəfdən rəhbərlərinin iştirakı ilə “Yol xəritəsi” tərtib olunmuş və təsdiq edilmişdir. Yol xəritəsində birgə tədris proqramlarının, tədris-metodik vəsaitlərin, elmi-pedaqoji kadrların hazırlanması, elmi-pedaqoji kadrlar tərəfindən eksperimental tədqiqatların aparılması üçün hər iki Ali məktəbin laboratoriya bazasından istifadə edilməsi, elmi-tədqiqat işlərinin nəticələrinin müzakirəsi üçün Beynəlxalq Elmi-Texniki Konfransların keçirilməsi, “Optik rabitənin kvant sistemləri” Beynəlxalq Elmi laboratoriyası çərçivəsində aparılan elmi-tədqiqat işlərinin genişləndirilməsi məsələləri planlaşdırılmışdır.

Layihənin həyata keçirilməsi 2 ilə planlaşdırılmış, 8 rübə bölünmüş və hər bir rüb üzrə yerinə yetirilmiş işlərin qısa xarakteristikası ayrı-ayrılıqda aşağıda verilmişdir:

1. Məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemi üçün optik siqnallar və optik liflərin foton kommutatorlarının xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin meyarlar sisteminin seçilməsi

Məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin (KVS) çıxışının optik lifin girişi ilə fəza kommutasiyası prosesinin dəqiqliyini, istismar etibarlılığını artırmağa, konstruksiyasını sadələşdirməyə, optik şüanın siqnal mənbəyinin radial sürüşmə və bucaq üzrə razılaşdırılmamış qoşulması zamanı yaranan itkilərin azaldılmasına, eləcə də funksional imkanlarının genişləndirilməsinə imkan verən kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneə siqnalının KVS-nin foton kommutatorunun xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin yeni meyarlar sistemi seçilmişdir.

2. Kvant selinin idarə olunma üsullarının və qurğularının analizi. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun işlənməsi

2.1. Kvant selinin idarə olunma üsullarının və qurğularının analizi

Kvant selinin idarə olunma üsulları və qurğularının analizi aparılmış və analiz nəticəsində qeyd

edilmişdir ki, pyezoelektrik foton kommutatorları kvant selinin böyük həddə yerdəyişməsinə (ölçü vahidi - radian), təcrübi olaraq itkinin və təhriflərin minimal olmasını və yüksək dəqiqliyi təmin edir.

2.2.Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun işlənməsi

KVS-nin çıxış siqnalının maksimal mümkün enerji potensialının optik lifə və optik lifin çıxışından isə optik siqnal qəbuledicisinin girişinə ötürülməsini təmin edən kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatoru işlənmişdir. Mürəkkəb həndəsi formalı və quruluşlu element və qovşaqların ümumi sayının azaldılmasına və onun konstruksiyasını sadələşdirilməsinə imkan verən foton kommutatoru işlənilib hazırlanmışdır. Onun işinin dəqiqliyinin artırılması kiçik hərəkət kütləsinə və kiçik ətalərə malik iki ədəd pyezoelektrik bimorf elementin daxil edilməsi, eləcə də həmin kommutatorun konstruksiyasını təşkil edən qovşaqlar arasında mexaniki boşluqların olmaması hesabına həyata keçirilmişdir. Bu kommutatorun istismar etibarlılığı kvant rabitə kanalının optik liflərinin deformasiyaya uğramaması, yəni hərəkətsiz vəziyyətdə olması ilə, belə ki KVS-nin siqnallarının skan olunması optik liflərin kommutasiya qəliblərinin dəşiklərinə güzgü-əksetdirici vasitəsi ilə əks olunması hesabına artırılır.

3. Kvant rabitə kanalının foton kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi. Kvant veriliş sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun işlənməsi və onun optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemində istifadə olunma imkanının qiymətləndirilməsi

3.1.Kvant rabitə kanalının foton kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi

Foton kommutasiya prosesinin yüksək dəqiqliyinin təmin olunmasına və foton kommutatoru vasitəsi ilə optik siqnalın istiqamətinin avtomatik idarə edilməsinə qoyulan tələblərlə əlaqədar foton kommutatorunun texnoloji, mexaniki və istismar xarakteristikalarını daha dəqiq qiymətləndirmək üçün onun parametrlərinin yeni analitik hesabat üsulu işlənmişdir. Foton kommutatorunun parametrlərinin hesabatının aparılması üçün alınmış nəzəri analitik asılılıqlar vasitəsi ilə və eləcə də aparılmış eksperimental ölçmələr nəticəsində alınmış nəticələrin arasında fərq $1\div 3\%$ təşkil edir.

3.2.Kvant veriliş sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun işlənməsi və onun optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemində istifadə olunma imkanının qiymətləndirilməsi

Müasir telekommunikasiya şəbəkələrində informasiyanın yüksək sürətlə və effektiv ötürülməsini təmin etmək məqsədi ilə lifli-optik rabitə xətləri üzrə işləyən optik telekommunikasiya sistemləri geniş tətbiq olunur. KVS-nin passiv komponentlərinin işlənməsi zamanı yaranan əsas problemlərdən biri optik şüa siqnalının maksimal enerji potensialının optik lifə daxil edilməsi məqsədi ilə foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyinin artırılması, optik şüa siqnalının optik lifə daxil edilməsi zamanı şüa istiqamətinin və kanalların çoxkanallı kommutasiya prosesinin idarə olunmasının əsas qanunauyğunluqlarının tədqiqi, qəbuledici modulun həssaslığının artırılması və qəbul edilən optik şüa siqnalının yüksək həssaslıqlı qeydetmə üsullarından istifadə olunmasıdır. Bu məqsədlə verilişdə KVS-nin çıxışını optik lifin girişi ilə və qəbulda isə optik lifin çıxışını isə KVS-nin girişi ilə yüksək dəqiqliklə maksimum uzlaşma prosesini təmin edən piezoelementdən istifadə etməklə və əlavə qovşaqlar daxil etməklə ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorun konstruktiv sxemi və onun idarəetmə sxemi işlənmişdir.

4. Optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi

Digər tərəfdən optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın KVS-nin işlənmiş ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun nəzəri təyin olunan parametrlərini, yeni pyezoelementin sərbəst ucunun sürüşmə amplitudasını, yerdəyişmə sürətini, sığılma qüvvəsini, orta xətti sürətini, çoxkanallı foton kommutasiya prosesində yaranan xətanın qiymətlərini təyin etməyə imkan verən yeni analitik hesabat üsulu işlənmiş və alınmış nəticələr eksperiment nəticəsində alınmış nəticələrlə müqayisə olunmuş və onların bir-birindən fərqlənməsi təxminən 0,67% təşkil etmişdir.

5. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun riyazi modelinin işlənməsi

5.1. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi

Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi ilə bağlı məlum optoelektron mövqeləşdirici qurğuların qurulma prinsiplərinin, onların işini xarakterizə edən göstəricilərin analizi aparılmış və bu göstəricilər sistemləşdirilmişdir. Bu göstəricilər sistemə mövqeləşdirmə müddəti (2...10 ms), mövqeləşdirmə zamanı daxil edilən itkilər (3...10 dB), qurğunun çıxışında mövqeləşdirilən optik siqnalın sönmə əmsalı (qurğunun növündən asılı olaraq 40...50 dB-dən 10...15 dB-ə qədər dəyişir) və s. aiddir. Bu göstəricilərin və onların ədədi qiymətlərinin sistemləşdirilməsi bilavasitə yeni optoelektron mövqeləşdirici qurğunun işlənməsi ilə bağlı olmuşdur.

Təklif olunan kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunda optik lifə optik siqnalın daxil edilməsi zamanı yaranan itkilər 0,8...3,0 dB arasında dəyişir ki, bu da mövcud qurğularda yaranan itkilərin qiymətlərindən 40...55%-ə qədər azdır və bu halda mövqeləşdirmə xətası 0,17...0,65% təşkil edir.

5.2. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun riyazi modelinin işlənməsi

Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işini xarakterizə edən göstəricilərin hesablanması üçün riyazi model işlənmişdir. İşlənmiş riyazi model ədədi aperturadan, eləcə də optik siqnal mənbəyinin bucaq istiqamətləndirmə diaqramından asılı olan çoxmodlu optik lifə daxil edilən optik siqnalın gücünü təyin etməyə imkan verir. Çoxmodlu optik lif onun en kəsiyinə düşmə bucağından kiçik olan bucaq altında düşən məlum sındırma əmsallı optik siqnalları qəbul edir.

Real çoxmodlu optik liflər, məsələn, texnoloji defektlər, makroəyilmələr və s. kimi qeyri-müntəzəmliyə malik olurlar ki, bunlar da modlararası əlaqənin yaranmasına və optik siqnalın gücünün bir hissəsinin çoxmodlu optik lifdən kənara çıxaraq müdafiə örtüyünə şüalanmasına gətirib çıxarır. Son nəticədə bu itkilərə gətirib çıxaran digər səbəb optik siqnal mənbəyinin və çoxmodlu optik lifin mod tərkibinin və modun strukturunun uyğun gəlməməsi nəticəsində stasionar mod vəziyyətinin alınmış uzunluğunda yayılan modun şüalanma moda çevrilmə prosesini mürəkkəbləşdirir ki, bu da enerjinin çoxmodlu optik lifin en kəsiyindən kənara şüalanmasına gətirib çıxarır. Eksperiment yolu ilə alınmış nəticələrə görə alınmış mod uzunluğunda şüalanma itkilərinin qiyməti 1,25 dB təşkil edir.

6. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun işlənməsi. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi

6.1. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun işlənməsi

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının diametri bir necə mikron olan optik lifə daxil edilməsi mürəkkəb bir proses olmaqla yanaşı yüksək dəqiqliyin təmin edilməsini tələb edir. Bu məqsədlə vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı yaranan itkilərin, xətaların azaldılması və eləcə də daxil edilmə qurğusunun funksional imkanlarının

genişləndirilməsi məqsədilə vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiləldilmə qurğusu işlənilib hazırlanmışdır. İşlənmiş daxiləldilmə qurğusu səlis tənzimləmə prosesinə malik olduğuna görə optik rabitə kabelinin optik liflərinin mərkəzlərinin üst-üstə düşməsi təmin edilir. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiləldilmə dəqiqliyi işçi orqan kimi istifadə olunan içiboş pyezoelektrik silindrin əyilmə deformasiyasının amplitudasından, eləcə də həmin qurğunun digər parametrlərindən asılıdır.

6.2.Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiləldilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifin girişinə və optik lifin çıxışından isə fotoqəbulediciyə daxiləldilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulu işlənməmişdir. Bu riyazi üsul işçi orqan kimi istifadə olunan qida gərginliyindən asılı olan içiboş pyezoelektrik silindrin əyilmə deformasiyasının amplitudasını, əyilmənin statistik gücünü, pyezosağsı və metal lövhənin möhkəmliyi ilə əlaqədar olan cəm möhkəmliyini, ətalət momenti təyin etməyə imkan verir. Təklif olunmuş üsuldan istifadə edərək aparılmış hesabatların nəticələrindən görünür ki, içiboş pyezoelektrik silindrin əyilmə deformasiyasının amplitudasının hesablanmış qiymətində vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı qurğunun daxil etdiyi sönmə 0,8...3,0 dB təşkil edir ki, bu da məlum daxiləldilmə qurğularının yaratdığı sönmədən 40...45% azdır.

7. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işlənməsi. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işçi parametrlərinin hesabat üsulunun işlənməsi

7.1.Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işlənməsi

Kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə digər optik lifə daxil edilməsi zamanı yüksək dəqiqliyin təmin edilməsi ötürülən informasiyanın düzgün qəbul edilməsi üçün əsas şərtlərdən biridir. Bir necə mikron ölçülü optik lifin en kəsiyində kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi də mürəkkəb bir məsələdir.

Kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi zamanı yaranan müxtəlif növ optik itkilərin, xətlərin azaldılması və eləcə də aşırıcının funksional imkanlarının genişləndirilməsi məqsədilə kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcısı və onun işçi parametrlərinin hesabat üsulu işlənilib hazırlanmışdır.

7.2.Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işçi parametrlərinin hesabat üsulunun işlənməsi

Aparılmış analizlər nəticəsində kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcısının işçi parametrlərinin yeni hesabat üsulu işlənməmişdir ki, bu da pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan ümumi momentin müxtəlif qiymətlərində mühərrikinin işəsalınma müddətini sabit saxlamaqla mühərrikinin əyləcləmə və dayandırılma müddəti və kvant selinin istiqamətinin optoelektron aşırıcısının yaratdığı xətləri azaltmağa imkan verir.

8. Alınmış nəticələrin analizi və ümumiləşdirilməsi. Yekun hesabatın yazılması

Layihənin həyata keçirilməsi zamanı ayrı-ayrı rüblər üzrə alınmış nəticələr analiz edilmiş və ümumiləşdirilmişdir. Bunun əsasında da yekun elmi-texniki hesabat tərtib edilmişdir.

Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

Şifrələmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemlərinin və optik-lifli xətt traktının ayrı-ayrı komponentlərinin işləmə prosesinin əsas qanunauyğunluqlarından, kvant selinin mövcud idarə edilmə üsul və vasitələrindən, optik fizika və kvant mexanikasının qanunlarından istifadə

edilmişdir.

2

Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlər 100% yerinə yetirilmişdir.

3

Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübə əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)

Layihənin yerinə yetirilməsi 2 ilə planlaşdırılmış, 8 rübə bölünmüş və ayrı-ayrılıqda hər bir rüb üzrə alınmış elmi nəticələr aşağıda verilmişdir.

1-ci rüb üzrə alınmış elmi nəticələr:

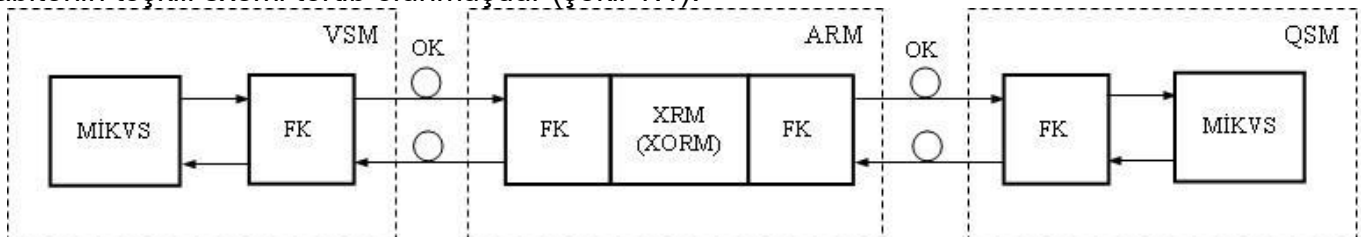
Məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemi üçün optik şüa siqnallarının və optik liflərin foton kommutatorlarının xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin meyarlar sisteminin seçilməsi

1.1. Problemin analizi. Telekommunikasiya şəbəkələrinin inkişaf istiqamətlərinin və müasir vəziyyətinin analizi yeni komponent və qovşaqların xarakteristikalarını nəzərə almaqla optimallaşdırılan yeni komponent bazasının tətbiqi və informasiya texnologiyalarından istifadə etməklə optik-lifli rabitə xətlərinin komponentlərinin işlənməsi problemini qarşıya qoyur. Bu problem rabitə sistemlərinin təkmilləşdirilməsini ilk növbədə həllini tələb edən məsələlər sırasında olduğunu ön plana çəkir ki, bunun da həlli müxtəlif tətbiq şəraitində onların təşkilçilərinin çoxluğu üzrə rabitə sistemlərinin işləmə effektivliyini müqayisə olunacaq dərəcədə artırmağa imkan verəcəkdir.

Məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemi (MİKVS) üçün optik siqnalların və optik liflərin foton kommutatorlarının (FK) işləmə effektivliyi bir çox kriteriyalarla təyin olunur ki, bunlara da mövcud optik xətt qurğularının istifadə effektivliyinin artırılmasını, dispersiya təhriflərinin azaldılmasını, aralıq regenerasiya məntəqələrinin sayının azaldılmasını, optik siqnalların və optik liflərin foton qurğuları vasitəsi ilə yerinə yetirilən kommutasiya, mövqələşdirmə və aşırma proseslərinin istifadə olunmasının əsas qanunauyğunluqlarının tədqiqini və optik siqnalların maksimum enerji potensialının optik kabellərinin optik liflərinə daxil edilməsini aid etmək olar. Bu qurğular razılaşdırma parametrləri, yəni optik siqnalların enerji potensialının optik kabellərinin optik liflərinə daxil edilməsi, daxil edilən sönmə, dalğa uzunluğu və ya tezliklərin işçi diapazonu, gücün buraxıla bilən səviyyəsi ilə xarakterizə olunur. Bununla əlaqədar dəqiq razılaşdırma prosesinin təmin olunması məsələsi geniş yayılmış və vacib tədqiqat məsələlərindəndir. Optik liflərin razılaşdırılmamış kommutasiya, mövqələşdirmə və aşırma prosesləri əlavə itkilərə və məxfi informasiyanın optik siqnalının təhrif olunmasına gətirib çıxarır. Ona görə də, optik siqnalların və optik liflərin foton kommutatorlarının xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi üçün kvant veriliş sisteminin işlənməsi, foton kommutatorlu optik rabitənin təşkili sxeminin tərtibi və onun xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi üçün kriteriyalar sisteminin seçilməsi məsələləri zəruri olan və həllini tələb edən məsələlərdəndir [1,6,7].

1.2. Foton kommutatorlu optik rabitənin təşkili sxeminin tərtibi

MİKVS üçün optik şüa siqnalların və optik maneənin foton kommutatoru vasitəsi ilə optik rabitənin təşkili sxemi tərtib olunmuşdur (şəkil 1.1).



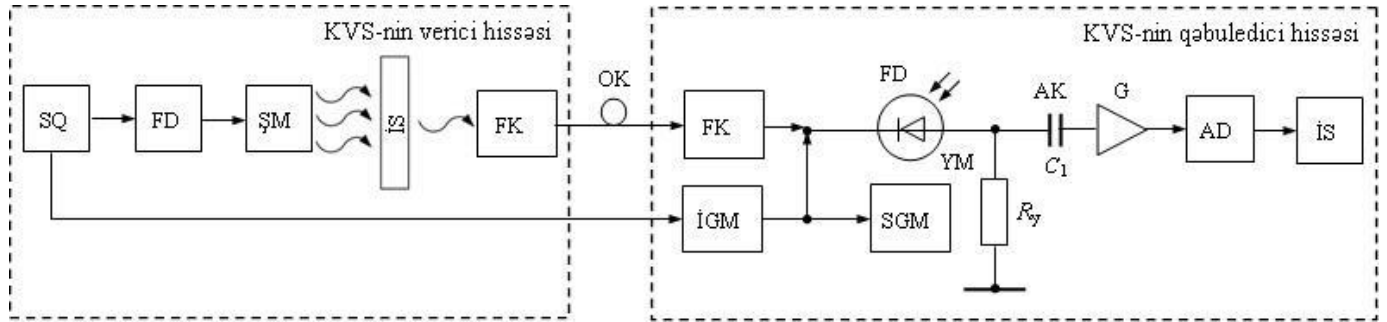
Şəkil 1.1. Məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin optik siqnalların və optik maneənin foton kommutatoru vasitəsi ilə optik rabitənin təşkili sxemi

MİKVS üçün optik siqnalların və optik maneənin foton kommutatoru (FK) vasitəsi ilə optik rabitənin təşkili sxemi verici (VSM) və qəbuledici (QSM) son məntəqədən, aralıq regenerasiya məntəqəsindən (ARM) və optik siqnalların veriliş mühitindən, yəni optik kablərdən (OK) ibarətdir. Hər bir con məntəqə öz növbəsində MİKVS və FK-dan, ARM isə giriş və çıxışında FK-dan, xidmət olunan (XRM) və ya xidmət olunmayan (XORM) regenerasiya məntəqələrindən ibarətdir.

Optik rabitənin təşkili sxeminin əsas qovşaqlarından biri də optik siqnalların və optik maneənin foton kommutatorlu kvant veriliş sistemidir ki, onun struktur sxeminin tərtibi də aktual məsələlərdən biridir [1,8].

1.3. Məxfi informasiyanın foton kommutatorlu kvant veriliş sistemi.

Məxfi informasiyanın foton kommutatorlu kvant veriliş sisteminin struktur sxemi şəkil 1.2-də verilmişdir [7,8].



Şəkil 1.2. Məxfi informasiyanın foton kommutatorlu kvant veriliş sisteminin struktur sxemi

Foton kommutatorlu KVS-nin verici hissəsi sinxronlaşdırma qurğusundan (SQ), verilənlər formalayıcısından (VF), şüalandırma mənbəyindən (ŞM), işıq süzgecindən (İS) və foton kommutatorundan (FK), qəbuledici hissəsi isə impuls gərginlik mənbəyindən (İGM), sabit gərginlik mənbəyindən (SGM), foton kommutatorundan (FK), lavin fotodiodundan (FD), gücləndiricidən (G), amplitud detektorundan (AD), impuls sayğacından (İS), ayırıcı kondensatordan (AK) – C_1 və yük müqavimətindən (YM) – R_y ibarətdir.

1.4. Məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin optik siqnalların və optik liflərin foton kommutatorunun xarakteristikalarının qiymətləndirmə kriteiyalarının seçilməsi.

MİKVS-nin çıxışının optik lifin girişi ilə fəza kommutasiyası prosesinin dəqiqliyini, istismar etibarlılığını artırmağa, konstruksiyasını sadələşdirməyə, optik şüa mənbəyinin radial sürüşmə və bucaq üzrə razılaşılmamış qoşulması zamanı yaranan itkilərin azaldılmasına, eləcə də funksional imkanlarının genişləndirilməsinə imkan verən kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin KVS-nin FK-nın işlənməsi üçün məqsəd funksiyası formalaşdırılmışdır. Məqsəd funksiyası KVS-nin FK-nın xarakteristikalarını qiymətləndirmə meyarlarını özündə birləşdirir. FK-nın xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin meyarlar sisteminin seçilməsi üçün 2 əsas məsələ formalaşdırılmalı və həll edilməlidir [1,2,6]:

- məqsəd funksiyasının formalaşdırılması;
- məqsəd funksiyasının optimal qiymətləri üçün FK-nın optimal iş rejiminin təmin edilməsinə imkan verən parametrlərin qiymətlərinin təyin edilməsi.

Yuxarıda formalaşdırılan məsələni həll etmək üçün MİKVS-nin FK-nın xarakteristikalarının qiymətləndirməsinin məqsəd funksiyasını aşağıdakı asılılıq vasitəsi ilə təqdim etmək olar:

$$E_{eff} = \{ \min[T_{kma}, \tau_{dis}, a_d, n_{RM}, A_{kon}], \max[v_{FK}, \lambda_i, N_k, K_d, L_{rs}] \}, \quad (1.1)$$

burada T_{kma} – kommutasiya, mövqələşdirmə və aşırma müddəti, $T_{kma} = f(t_{kom}, t_m, t_a)$;
 t_{kom}, t_m, t_a – uyğun olaraq kommutasiya, mövqələşdirmə və aşırma müddəti; τ_{dis} – siqnalın dispersiya

təhrifləri; a_d – foton kommutatorunun daxil etdiyi zəifləmə; n_{RM} – xidmət olunmayan regenerasiya məntəqələrinin sayı; A_{kon} – mürəkkəb həndəsi formaya və konfigurasiyaya malik mexaniki element və qovşaların sayı, yəni foton kommutatorunun konstruksiyasının mürəkkəblik dərəcəsi; V_{FK} – foton kommutatorunun kommutasiya, mövqələşdirmə və aşırma sürəti; λ_i – optik siqnalın dalğa uzunluğu; N_k – foton kommutatorunun tutumu (kommutasiya olunan kanalların və ya optik liflərin sayı); K_d – foton kommutatoru tərəfindən siqnalın enerji potensialının optik lifə daxil edilmə əmsalı; L_{rs} – regenerasiya sahəsinin uzunluğudur.

Beləliklə, MİKVS üçün optik şüa siqnallarının və optik liflərin FK-nın xarakteristikalarının qiymətləndirməsinin kriteriyalar sistemi FK-nın və onların elementlərinin, eləcə də FK-lı və müasir perspektiv komponentli telekommunikasiya şəbəkələrinin nəzəri və eksperimental tədqiqatlarından, kompüter modelləşdirilməsindən, müasir avtomatik layihələndirmə sistemlərindən istifadə etməklə yeni nəsil optik telekommunikasiya şəbəkələrinin işlənmə proseslərinin optimallaşdırılmasına imkan verir.

2-ci rüb üzrə alınmış elmi nəticələr:

2.1. Kvant selinin idarə olunma üsullarının və qurğularının analizi.

Kvant selinin yerdəyişmə xarakterinə görə idarə olunma üsulları fasiləsiz və diskret, idarəetmənin fiziki prinsiplərinə görə isə mexaniki və elektrik idarəetmə üsullarına bölünür [7,8].

Kvant selinin mexaniki idarəetmə üsulları idarəedici elementin (güzgü, prizma və s.) mexaniki yerdəyişməsi ilə həyata keçirilir. Bunun üçün elektromaqnit, maqnitoelektrik və pyezoelektrik foton kommutatorları istifadə olunur.

Kvant selinin elektrik idarəetmə üsulları kvant selinin keçdiyi mühitin sındırma əmsalının elektrik və maqnit sahəsinin təsiri ilə dəyişməsi ilə realizə olunur. Hal-hazırda ultrasəs (akustuoptik), elektrooptik, polyarizasiya (o cümlədən maqnitooptik) və dispersiya (inleksion) deflektrolardan istifadə olunur.

Mexaniki foton kommutatorları kvant selinin böyük həddə yerdəyişməsini (ölçü vahidi - radian), təcrübi olaraq itkinin olmamasını, təhriflərin minimal olmasını və yüksək dəqiqliyi təmin edir.

Pyezoelektrik foton kommutatorları elektromexaniki idarəetməli qurğulara aiddir. Kvant selinin hərəkət istiqamətinin dəyişdirilməsi üçün idarəedici elektrik sahəsinin təsiri nəticəsində bəzi kristallarda (titanat, bariy və b.) əks pyezoelektrik effektin köməyi ilə mexaniki yerdəyişməyə malik kiçik yüngül güzgülərdən istifadə olunur. Əks pyezoelektrik effekti bu kristallarda kristalın elektrik oxuna nəzərən müəyyən istiqamətdə elektrik sahəsinin təsiri altında sıxılması, dartılması və ya yerdəyişmə deformasiyasının yaranması nəticəsində meydana çıxır.

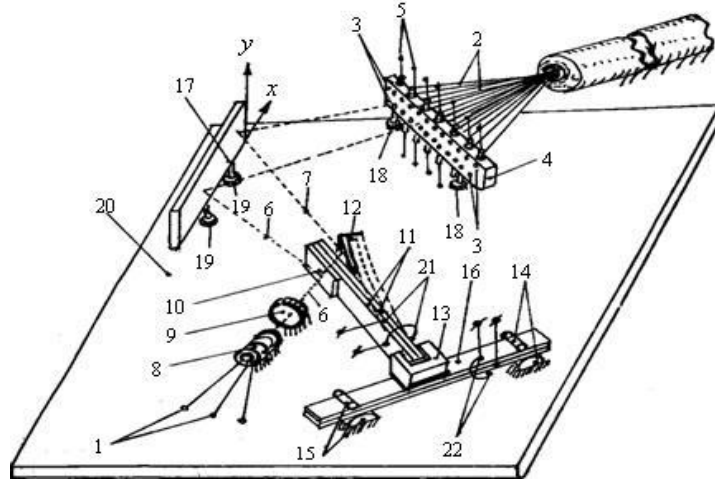
Beləliklə, qeyd etmək lazımdır ki, pyezoelektrik foton kommutatorları kvant selinin böyük həddə yerdəyişməsini (ölçü vahidi - radian), təcrübi olaraq itkinin və təhriflərin minimal olmasını və yüksək dəqiqliyi təmin edir.

2.2. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun işlənməsi.

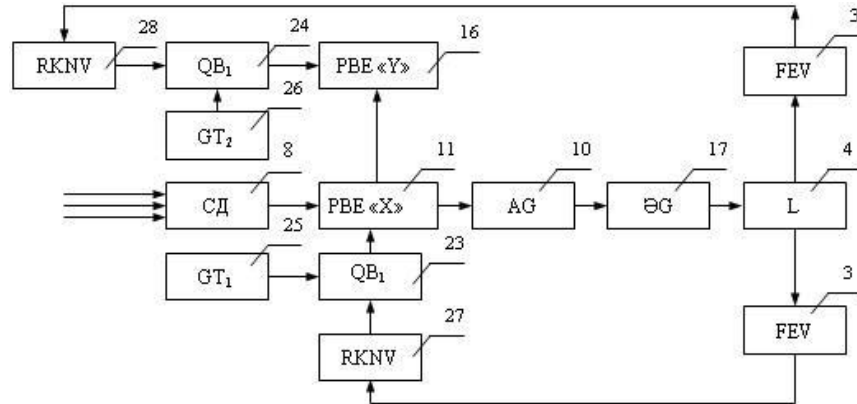
Foton kommutatoru KVS-nin çıxış siqnalının maksimal mümkün enerji potensialının optik lifə və optik lifin çıxışından isə optik siqnal qəbuledicisinin girişinə ötürülməsini təmin etməlidir. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun konstruksiyasının mürəkkəbliyi kvant veriliş sisteminin xarakteristikaları ilə müəyyən olunur.

KVS-nin çıxışının optik lifin girişi ilə və optik lifin çıxışının optik siqnal qəbuledicisinin girişi ilə fəza kommutasiyası prosesinin dəqiqliyini, istismar etibarlılığını artırmağa, konstruksiyasını sadələşdirməyə, optik şüa mənbəyinin radial sürüşmə və bucaq üzrə razılaşdırılmamış qoşulması zamanı yaranan itkilərin azaldılmasına, eləcə də funksional imkanlarının genişləndirilməsinə imkan verən kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin KVS-nin pyezoelektrik bimorf elementdən istifadə etməklə foton kommutatoru (şəkli 2.1) və onun idarəetmə sxemi (şəkli 2.2)

işlənib hazırlanmışdır [1,6,7,10].



Şəkil 2.1. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiya və optik maneənin kvant veriliş sisteminin foton kommutatorunun sxemi



Şəkil 2.2. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiya və optik maneənin kvant veriliş sisteminin foton kommutatorunun idarəetmə sxemi

Beləliklə, mürəkkəb həndəsi formalı və konstruksiyalı element və qovşaqların ümumi sayının azaldılması vahidif olunan foton kommutatorunun konstruksiyasını sadələşdirməyə imkan vermişdir. Foton kommutatorunun işinin dəqiqliyinin artırılması kiçik hərəkət kütləsinə və kiçik ətalərə malik iki ədəd pyezoelektrik bimorf elementlərin daxil edilməsi, eləcə də həmin kommutatorun qovşaqlarının mexaniki boşluqların olmaması hesabına dəqiqliyi artırır.

Foton kommutatorunun istismar etibarlılığı rabitə kanalının optik liflərinin deformasiyaya uğramaması, yəni hərəkətsiz vəziyyətdə olması, belə ki kvant sisteminin siqnallarının skan olunması optik liflərin kommutasiya qəliblərinin dəşiklərinə güzgü-əksetdirici vasitəsi ilə adaptiv güzgü tərəfindən əks olunması hesabına artırılır.

3-cü rüb üzrə alınmış elmi nəticələr:

3.1. Kvant rabitə kanalının foton kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi.

Kvant rabitə kanalının foton foton kommutatorunun (FK) çıxış siqnalının maksimal mümkün enerji potensialının optik lifə və optik lifin çıxışından isə optik siqnal qəbul edicisinin girişinə ötürülməsini təmin etməlidir. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun konstruksiyasının mürəkkəbliyi kvant veriliş sisteminin xarakteristikaları ilə müəyyən olunur.

Bununla əlaqədar FK-nın çıxışının optik lifin girişi və optik lifin çıxışının optik siqnal

qəbuledicisinin girişi ilə fəza kommutasiyası prosesinin dəqiqliyini, istismar etibarlılığını artırmağa, konstruksiyasını sadələşdirməyə, optik şüa signal mənbəyinin radial sürüşmə və bucaq üzrə razılaşılmamış qoşulması zamanı yaranan itkilərin azaldılmasına, eləcə də funksional imkanlarının artırılmasına imkan verən kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin kvant veriliş sisteminin piezoelektrik bimorf elementdən istifadə etməklə foton kommutatoru və onun idarəetmə sxemi işlənilib hazırlanmışdır [6,8].

Foton kommutasiya prosesinin yüksək dəqiqliyinin təmin olunmasına və FK vasitəsi ilə optik signalın istiqamətinin avtomatik idarə edilməsinə qoyulan tələblərlə əlaqədar FK-nın texnoloji, mexaniki və istismar xarakteristikalarını daha dəqiq qiymətləndirmək üçün FK-nın parametrlərinin analitik hesabat üsulu işlənmişdir.

Qida mənbəyindən gərginlik verdikdə FK-nın işçi orqanı kimi istifadə olunan piezoelementin (PE) özəyinin əyilmə rəqsləri baş verir ki, bu da aşağıda verilmiş diferensial tənliklər vasitəsi ilə ifadə olunur:

$$E \cdot I \frac{d^4 \eta}{dx^4} - \rho \cdot S \frac{d^2 \eta}{dt^2} = 0. \quad (3.1)$$

KVS-nin FK-nın iş prinsipinə əsasən optik signalın skanlanma bucağı, yəni onun hədd vəziyyətləri arasındakı bucaq, aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\varphi_{sk} = 4 \cdot \frac{d\varphi}{du} = \frac{6d_{31}l_1U_m}{l_3^2}, \quad (3.2)$$

burada U_m – verilmiş iş müddəti ərzində FK-nın PE-nin iş qabiliyyətini saxlamağa imkan verən idarəedici gərginliyin maksimum qiyməti (V); d_{31} – PE-nin əyilmə deformasiyasının pyezomodulu; l_1, l_2, l_3 – PE-nin uyğun olaraq uzunluğu, eni və qalınlığıdır.

Skanlamanın ayırdetmə qabiliyyəti N skanlanma bucağının FK-nın çıxış optik signalının məxsusi fərqlənmə bucağına θ olan nisbəti kimi təyin olunur:

$$N = \frac{\varphi}{\theta} = \frac{6d_{31} \cdot A_i \cdot U_m}{k\lambda l_3^2}, \quad (3.3)$$

burada A_i – skanlanma müstəvisində güzgünün ölçüsü (m); λ – KVS-nin çıxış optik signalının dalğa uzunluğu (m); k – FK-nın quruluşu və güzgünün aperturası üzrə optik signalın enerjisinin yayılması ilə təyin olunan əmsaldır (adətən $k=1 \div 3$).

Lakin KVS-nin FK-nın xarakteristikalarının tədqiqi göstərir ki, FK-nın PE-nin həyəcanlanma səviyyəsi gücün, gərginliyin və ya cərəyanın ölçü vahidi ilə ifadə olunur. PE-nin həyəcanlanma səviyyəsini məhdudlaşdıran yuxarı həddə elementin sıradan çıxma prosesi baş verir. PE-nin qalınlığı üzrə rəqslər baş verdikdə cərəyan 20mA/sm^2 , uzunluğu üzrə rəqslər baş verdikdə cərəyan 10mA/sm^2 qiymətini aşmamalıdır.

KİS-nin FK-nın tələb olunan tələb olunan istismar etibarlılığını təmin etmək üçün bir ucu ilə bərkidilmiş düzbucaqlı lövhə şəkilli yayın elastik əyilmə deformasiyasına aid nəzəriyyədən istifadə edərək təhlükəli en kəsiyində ən böyük gərginliyin, ətalət momentinin və əyilmə deformasiyasının amplitud qiymətlərini təyin etmək olar.

FK-nın PE-nin uzunluğu möhkəmlik həddi ilə bağlı olub, onun zamanı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$l_1 = \frac{2\sigma_{ey.bur} l_2 l_3^2}{3F_{PE}}, \quad (3.4)$$

burada $\sigma_{ey.bur}$ – FK-nın PE-nin əyilməsi zamanı davamlılıq həddi (N/m^2); F_{PE} – FK-nın PE-yə təsir edən qüvvədir (N).

Güzgülü PE-nin azad (bərkidilməmiş) ucunun deformasiyasının amplitudası aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta_{ey,PE} = \frac{F_{PE} l_1^3}{3E_Y J} = \frac{F_{PE}}{K_{m\Sigma}}, \quad (3.5)$$

FK-nın PE-nin ətalət momenti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$J = \frac{l_2 \cdot l_3^3}{12}, \quad (3.6)$$

burada E_Y – pyezosaxsının Yunq modulu (möhkəmlik modulu); F_{PE} – FK-nın PE-yə (müstəvi yaya) təsir edən qüvvə (N); J – ətalət momentidir (m^4).

FK-nın PE-nin düzbucaqlı en kəsikli özəyini təşkil edən lövhələrin cəm möhkəmliyi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$K_{m\Sigma} = \frac{E_Y \cdot l_2 \cdot l_3^3}{4 \cdot l_1^3}, \text{ N/m.} \quad (3.7)$$

FK-nın PE-nin lövhələrində yaranan və onu sıradan çıxara bilən mexaniki dağıdıcı yük aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\sigma_{ey,bur} = E_{\sim} d_{31} E_Y Q_m, \quad (3.8)$$

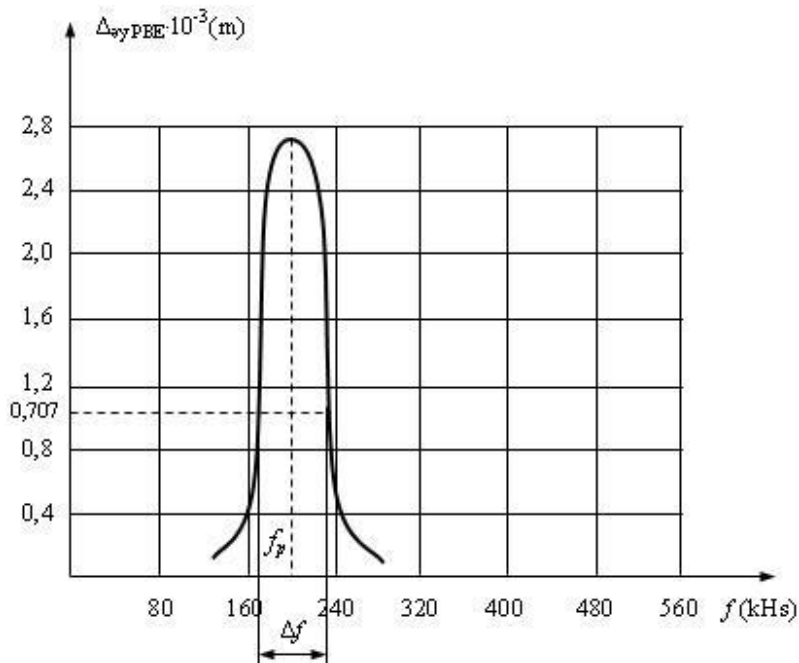
burada E_{\sim} – elektrik möhkəmliyi (V/m); Q_m – mexaniki möhkəmliyidir (vahid).

FK-nın PE-nin yükü böyük aşırma dövrünə malik dəyişən xarakter daşıyır və gərginliyin buraxıla bilən qiyməti materialın davamlılıq həddindən kiçik olmalı və aşağıdakı şərt ödənməlidir:

$$\sigma_{ey,bur} \leq 0,75 \cdot \sigma_{m,ey}.$$

burada Q_m – mexaniki möhkəmlik olub, PE-nin amplitud-tezlik xarakteristikasından (ATX) $\Delta_{ey,PE} = \varphi(f)$ təyin olunur (şəkil 3.1).

KVS-nin FK-nın ATX-sı stroskop, mikroskop və dəyişən gərginlik mənbəyindən istifadə edilməklə çıxarılmışdır. Xarakteristikanın bütün nöqtələri ölçmələrin başlanğıc və sonundakı rəqslərin amplitudasına uyğun gəlir. Qida gərginliyinin tezliyi (yəni FK-nın PE-nin ucunun rəqslərinin amplitudası) stroskopun işıq parıltılarının tezliyinə tam dəfəli nisbətdə olduqda xəyali hərəkətsiz kimi görünən parıltılar, tezliklər arasında fərq kiçik olduqda güzgülü təbəqənin sonunun asta yerdəyişməsi qeyd olunur.



Şəkil 3.1. Kvant veriliş sisteminin foton kommutatorunun PE-nin amplitud-tezlik xarakteristikası

FK-nın PE-nin mexaniki möhkəmliyi amplitud-tezlik xarakteristikasından aşağıdakı asılılıq vasitəsi ilə təyin olunur:

$$Q_M = f_r / \Delta f,$$

burada Δf – tezlik üzrə buraxma zolağının eni; f_r – mexaniki rezonansın tezliyidir (Hz).

KVS-nin FK-nın tezişləməsi PE-nin mexaniki rezonansının tezliyindən, qida mənbəyinin elektrik sxeminin parametrlərindən asılıdır və aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\tau_{l_1} = 1/2 \cdot f_r.$$

(3.9) ifadəsinin qiymətini (3.5) ifadəsində yerinə yazsaq, alırıq:

$$l_1 = 2E_{\sim} d_{31} E_Y Q_M l_2 l_3^2 / 3F_{PE}. \quad (3.9)$$

Alınmış (3.9) ifadəsini (3.2)-də yerinə yazsaq, KİS-nin FK-nın optik signalın skanlanma bucağının təyin olunması üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\varphi_{sk} = 4 \cdot \frac{d\varphi}{du} = \frac{6d_{31} l_1 U_m}{l_3^2} = \frac{12E_{\sim} d_{31} E_Y Q_M l_2 l_3^2 d_{31} U_m}{3F_{PE} l_3^2} = \frac{4E_{\sim} d_{31}^2 E_Y Q_M l_2 U_m}{F_{PE}}. \quad (3.10)$$

FK-nın PE-nin sonunun onun üstündə bərkidilmiş güzgü ilə birgə yerdəyişməsi zamanı ətalet gücü yaranır və bu PE-nin kövrəklik gücü tarazlaşdırılır, yəni

$$F_{guz} = m \cdot W_{guz}, \quad (3.11)$$

burada F_{guz} – güzgünün kütləsinin yaratdığı ətalet gücü (N); m – güzgünün kütləsi (kq·s²/m); W_{guz} – güzgü FK-nın PE-nin sərbəst ucunun aldığı təcildir (m/s²).

KVS-in FK-nın normal iş rejimini təmin etmək üçün aşağıda verilmiş şərtin ödənilməsi vacibdir:

$$F_{PBE} \geq F_{guz}.$$

Beləliklə, aşağıdakı asılılığı alırıq:

$$\Delta_{ey.PBE} = m \cdot W_{guz} / K_{M\Sigma}. \quad (3.12)$$

(3.7) ifadəsini (3.12) ifadəsində nəzərə alsaq aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta_{ey.PBE} = \frac{4 \cdot l_1^3 \cdot m W_{guz}}{E_Y l_2 l_3^3}. \quad (3.13)$$

(3.13) ifadəsindən istifadə edərək FK-nın PE-nin eninin ölçüsünü təyin edirik:

$$l_2 = \Delta E_Y l_3^3 / 4m W_{guz} l_1^3. \quad (3.14)$$

(3.14) ifadəsini (3.11) ifadəsində yerinə yazıb, müəyyən çevirmələr aparsaq KVS-nin iş prinsipini izah etməyə imkan verən analitik ifadə alırıq:

$$\begin{aligned} \varphi_{sk} &= 4 \cdot \frac{d\varphi}{du} = \frac{6d_{31} l_1 U_m}{l_3^2} = \frac{4E_{\sim} d_{31}^2 E_Y Q_M l_2 l_3^2 U_m}{F_{PE} l_3^2} = \\ &= \frac{4E_{\sim} d_{31}^2 E_Y Q_M l_2 l_3^5}{m W_{guz} l_1^3} / F_{PE} \cdot l_3^2 = \frac{E_{\sim} d_{31}^2 E_Y Q_M U_m \Delta_{ey.PE} l_3^2}{m W l_1^3 F_{PE}}. \end{aligned}$$

Aparılmış eksperimental tədqiqatlar və alınmış analitik asılılıqlar əsasında güzgü FK-nın PE-nin sərbəst ucunun deformasiyasının maksimal amplitudası $\Delta = 2,8 \cdot 10^{-3}$ m, mexaniki möhkəmliyi $Q_M = 6-7$ vahid və PE-nin tezişləməsi $\tau = 1/2 f_r = 1/2 \cdot 210 = 23 \cdot 10^{-5}$ s. kimi təyin olunmuşdur.

Beləliklə, FK-nın əsas parametrlərinin hesablanması üçün yuxarıda alınmış nəzəri analitik asılılıqlar vasitəsi ilə alınmış nəticələrin, eləcə də aparılmış eksperimental ölçmələr nəticəsində alınmış nəticələrin tərkibində xətlərinin qiymətləri qənaətbəxşdir və bunlar arasında fərq 1÷3% təşkil edir.

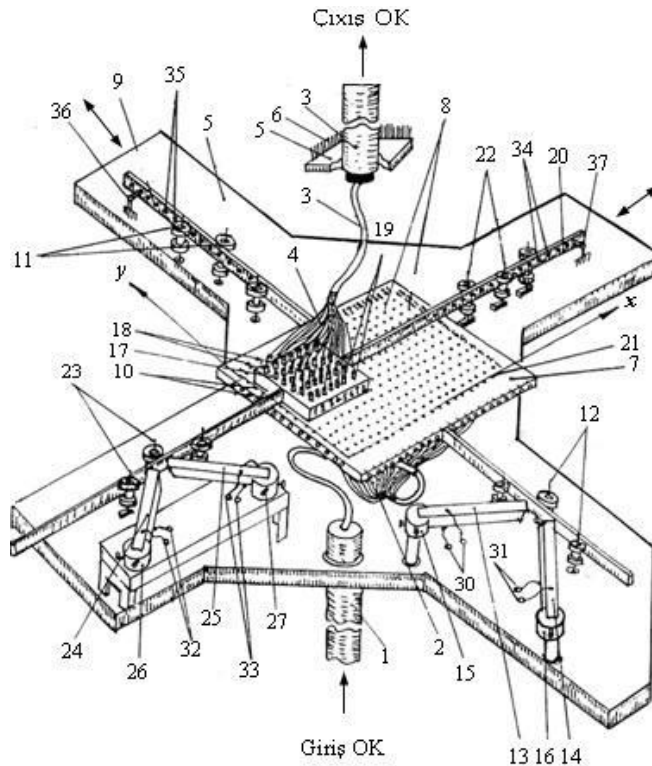
3.2. Kvant sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı foton kommutatorunun işlənməsi və onun optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminə istifadə

olunma imkanının qiymətləndirilməsi

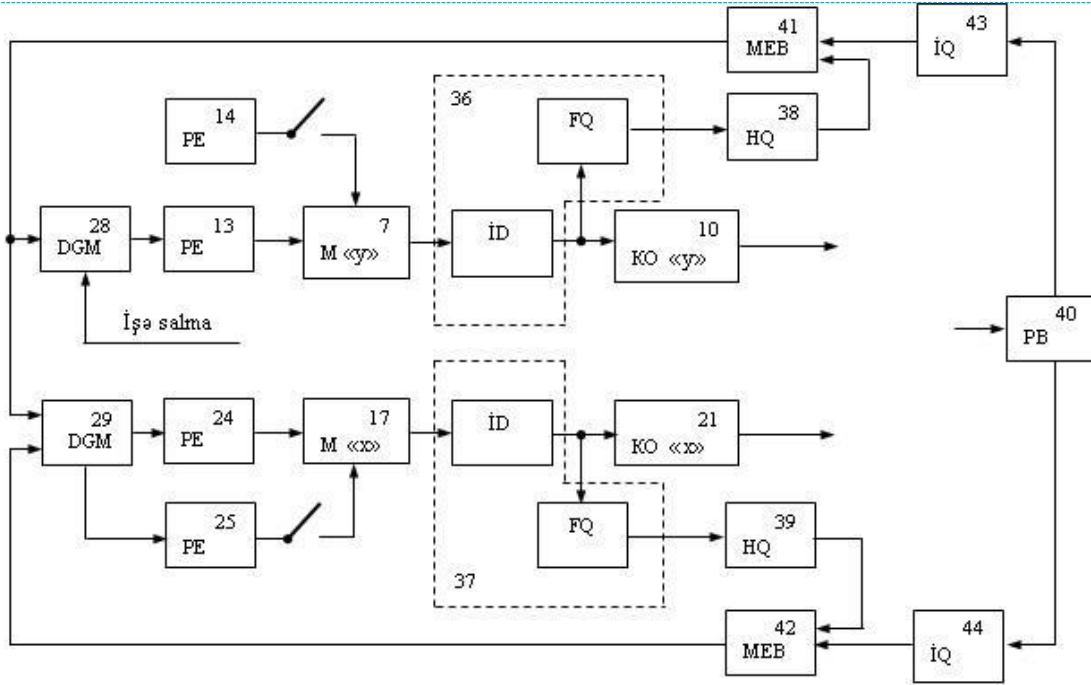
Müasir telekommunikasiya şəbəkələrində informasiyanın yüksək sürətlə və effektiv ötürülməsini təmin etmək məqsədi ilə lifli-optik rabitə xətləri üzrə işləyən optik telekommunikasiya sistemləri (OTKS) geniş tətbiq olunur. OTKS-lərinin passiv komponentlərinin işlənməsi zamanı yaranan əsas problemlərdən biri optik şüa siqnalının maksimal enerji potensialının optik lifə (OL) daxil edilməsi məqsədi ilə foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyinin artırılması, optik şüa siqnalının optik lifə daxil edilməsi zamanı şüa istiqamətinin və veriliş kanallarının çoxkanallı foton kommutasiya prosesinin idarə olunmasının əsas qanunauyğunluqlarının tədqiqi, qəbul edici modulun həssaslığının artırılması və qəbul edilən optik şüa siqnalının yüksəkhəssaslıqlı qeyd etmə üsullarından istifadə olunmasıdır.

Mövcud uzlaşdırıcı qurğuların qurulma prinsiplərinin analizi göstərir ki, bu qurğular mürəkkəb mexaniki konstruksiyaya malik olmaqla yanaşı nisbətən az etibarlılıqlı və yerinə yetirdiyi çoxkanallı foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyi aşağıdır. Bundan başqa, kommutasiya prosesi qəza halında və digər zəruri hallarda üfiqi və şaquli istiqamətlərdə optik lifin en kəsiyinin səthinə nəzərən optik şüa siqnalının yayılma istiqamətinin avtomatik idarə olunmasını tələb edir.

Bu məqsədə nail olmaq üçün OTKS-nin çıxışını optik lifin girişi ilə və optik lifin çıxışını isə OTKS-nin girişi ilə yüksək dəqiqliklə maksimum uzlaşma prosesini təmin edən piezoelementdən istifadə etməklə çoxkanallı foton kommutatorunun (ÇFK) konstruktiv sxemi (şəkil 3.2) və onun idarəetmə sxemi (şəkil 3.3) işlənmişdir [6,7,8].



Şəkil 3.2. Çoxkanallı foton kommutatorunun konstruktiv sxemi



Şəkil 3.3. Çoxkanallı foton kommutatorunun idarəetmə sxemi

ÇFK "x" və "y" koordinat oxları üzrə bir-birinə nəzərən yerdəyişmə imkanına malik iki yastı kvadrat lövhəli matrisa şəklində yerinə yetirilmişdir. ÇFK optik kabelin (OK) OK-1 kommutasiya olunan OL-2 və optik kabelin OK-3 kommutasiya edən OL-4 kimi optik liflərə malikdir. Optik kabel çoxkanallı foton kommutatorun gövdəsində -5 onun oturacağına -6 bərkidilmişdir.

ÇFK-nın gövdəsində mövqeləşdirici birbaşa perforasiya dəşikli -8 yastı kvadrat lövhəli birinci matrisa (M) -7 yerləşdirilmişdir ki, onun da üstündə aşağı əks tərəfdə ucluqların köməyi ilə kommutasiya olunan optik liflər OL-2 bərkidilmişdir. Bu lövhə işçi orqana -9 bərkidilmiş və "y" koordinat oxuna (KO) -10 nəzərən mikroaddımlı xətti yerdəyişmə imkanına malik piezoelementin -13,14 köməyi ilə hərəkətə gətirilən sıxıcı fırlanan diyircəklər -11,12 üzərində yerləşdirilmişdir. Piezoelement -13,14 bərkidici qəlibdə -15,16 işçi orqanın enli tərəf müstəvisinə nəzərən 45° bucaq altında bir-birinə əks istiqamətdə quraşdırılmışdır (şəkil 3.2, 3.3).

ÇFK-nın gövdəsində mövqeləşdirici birbaşa perforasiya dəşikli -18 ön yuxarı tərəfində ucluqlar -19 vasitəsi ilə kommutasiya edən optik liflər OL-4 bərkidilmiş yastı kvadrat lövhəli ikinci matrisa (M) -17 yerləşdirilmişdir.

Analoji olaraq birinci və ikinci lövhəli matrisa işçi orqanın -20 üstünə bərkidilmiş və "x" koordinat oxuna (KO) -21 nəzərən mikroaddımlı xətti yerdəyişmə imkanına malik bərkidici qəlibdə -26,27 işçi orqanın enli tərəf müstəvisinə nəzərən 45° bucaq altında bir-birinə əks istiqamətdə quraşdırılmış piezoelementin -24,25 köməyi ilə hərəkətə gətirilən sıxıcı fırlanan diyircəklər -22,24 üzərində yerləşdirilmişdir (şəkil 3.2, 3.3).

Dəyişən gərginlik mənbəyindən (DGM) -28,29 (şəkil 3.3) qida gərginliyi "x" və "y" koordinat oxları istiqamətində yerləşdirilmiş piezoelementə uyğun olaraq qütb elektrodlarının -30,31 və 32,33 köməyi ilə verilir. İşçi orqanların enli səthlərində yerləşdirilmiş "x" və "y" koordinat oxları istiqamətində hərəkəti zamanı mövqeləşdirici birbaşa perforasiya dəşiklərinin sayılması həmin dəşiklərə əks istiqamətdə işçi orqanların enli səthlərinin hər iki tərəfində quraşdırılmış işıq diodu (İD) və fotoqəbuledici (FQ) -36,37 vasitəsi ilə həyata keçirilir (şəkil 3.3).

ÇFK-nın tərkibinə "x" və "y" koordinat oxlarından hər biri üzrə əlavə olaraq hesabi qurğu (HQ) -38,39 və proqram bloku (PB) -40 daxil edilmişdir ki, bu halda fotoqəbuledicinin (FQ) -36,37 çıxışı sayıcı qurğunun (SQ) -38,39 girişinə, hansının ki çıxışı məntiqi element bloğunun (MEB) -41,42 birinci girişinə, onun ikinci girişinə isə idarəetmə qurğusunun (İQ) -43,44 çıxışı qoşulmuş,

proqram blokunun (PB) -40 birinci və ikinci çıxışı "x" və "y" koordinat oxlarına uyğun idarəetmə qurğusunun (İQ) -43,44 girişinə qoşulmuşdur (şəkil 3.3).

3.3. Çoxkanallı foton kommutatorunun iş prinsipi.

ÇFK-nın işi emal olunduqdan sonra proqram blokundan (PB) -40 komanda şəklində idarəetmə qurğusuna (İQ) -44 (və ya 43) daxil olan informasiya əsasında idarə olunur. Həmin komanda məntiqi element bloku (MEB) -42 (və ya 41) vasitəsi ilə dəyişən gərginlik mənbəyinin (DGM) -29 (və ya 28) gərginliyi piezoelementin -24 (və ya 25) qütb elektrodlarına qoşulur. Bu halda sonuncu işçi orqanın enli səthinə təsir edərək onu "x" koordinat oxu üzrə sağ tərəfə mikroaddıma malik xətti hərəkətə gətirir, mövqələşdirici birbaşa perforasiya dəşiklərinin -34 köməyi ilə işıq diodu (İD) və fotoqəbuledici (FQ) -37 (və ya 36) və hesabi qurğu (HQ) -39 (və ya 38) vasitəsi ilə "x" oxu üzrə koordinatların verilmiş qiymətlərinə uyğun işçi orqanın vəziyyəti müəyyənləşdirilir. Sıqnal formalaşdırılan kimi dəyişən gərginlik mənbəyinə (DGM) -29 (və ya 28) təsir edir və onu dövrədən açır. Bu da piezoelementin -24 (və ya 25) qütb elektrodlarına gərginlik verilməsini dayandırılır ki, bu halda da "x" oxu üzrə koordinatların verilmiş qiymətlərinə uyğun olaraq işçi orqanın hərəkəti dayandırılır. İşçi orqanın kommutasiya dəqiqliyi uyğun olaraq "x" və "y" koordinat oxları üzrə birinci -7 və ikinci -17 müstəvi kvadrat matrisanın mövqələşdirici perforasiya dəşiklərinin -8,18 üst-üstə düşməsi baş verən kimi rabitə kanalının kommutasiya edən OF -4 və kommutasiya olunan optik liflərinin OF -2 uzlaşdırılması (üst-üstə düşməsi) prosesi baş verir və buna uyğun olaraq verilmiş proqram əsasında zəruri informasiyanın ötürülməsi prosesi həyata keçirilir.

4-cü rüb üzrə alınmış elmi nəticələr:

4.1. Kvant rabitə kanalının çoxkanallı foton kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi

Pyezoelementin seçilmiş həndəsi ölçülərinə görə uzununa yayılan dalğa halında buraxıla bilən yük cərəyanı 10mA/sm^2 qiymətini, cərəyanın verilmiş qiymətində uzununa rəqslərin $f_{rez} = 29,2\text{Hz}$ əsas rezonans tezliyində və $U = 37,5\text{V}$ həyəcanlanma gərginliyində pyezoelementdən axan cərəyan $48 \cdot 10^{-3}\text{A}$ qiymətini aşmamalıdır [1,8].

Pyezoelementin əsas parametrlərinin hesabat metodikasından istifadə edərək birinci mod uzununa dalğanın l_1 uzunluqlu prizma şəklində yerinə yetirilmiş pyezoelementin uzunluğu üzrə yayılması halında onun sərbəst ucunun yerdəyişmə amplitudasını aşağıdakı kimi təyin edə bilərik:

$$\Delta_{hes} = \frac{2T_m l_1}{\pi E_y} = \frac{2E_{bur} d_{31} \cdot Q_M \cdot E_y \cdot l_1}{\pi} = \frac{2 \cdot 12500 \cdot 160 \cdot 10^{-12} \cdot 70 \cdot 6 \cdot 10^{12}}{3,14} = 53 \cdot 10^{-7}, \text{ m} \quad (4.1)$$

burada T_m – maksimal buraxıla bilən mexaniki gərginlik olub, aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$T_m = E_{bur} d_{31} Q_M E_y = 168 \cdot 10^{-7}, \text{ N/m}^2 \quad (4.2)$$

burada E_{bur} – pyezoelementin örtüklərinə verilən elektrik sahəsinin gərginliyi olub, 12500V/m ; d_{31} – STBQ-3 (sirkonat-titanat barium qurğuşundan ibarət pyezosaxsı) tipli pyezoelementin pyezelektrik modulu olub, $160 \cdot 10^{-12}\text{m/V}$; Q_M – pyezoelementin rezonans xarakteristikasından eksperiment yolu ilə təyin olunan mexaniki möhkəmlik olub, $Q_M = 70$ vahid; E_y – STBQ-3 tipli pyezoelement üçün Yunq modulu olub, $0,7 \cdot 10^{11}\text{V/m}^2$ -dir.

Əgər konstruktiv itkiləri nəzərə almasaq, pyezoelementin sərbəst ucunun maksimal buraxıla bilən xətti yerdəyişmə sürətini hesablamaq üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$V_{\max, bur} = \frac{4F_{sbur} \cdot V_{uz}}{\pi \cdot l_1 \cdot l_2 \cos \alpha \cdot E_y} = \frac{4F_{sbur}}{\pi \cos \alpha \cdot Z_0} = \frac{4F_{sbur} V_{uz}}{\pi \cos \alpha \cdot E_y} = 1,71 \text{ m/s}, \quad (4.3)$$

burada $Z_0 = l_1 l_2 \sqrt{\rho E_y}$ – dalğa müqaviməti; ρ – STBQ-3 tipli pyezoelementin sıxlığı olub, ədədi qiymətcə $7,2 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$ -dir.

Pyezoelementin rezonans tezliyi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$f_{rez} = V_{uz} / 2l = \frac{3,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 6 \cdot 10^{-2}} = 29,2 \text{ kHs,}$$

burada $V_{uz} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ – uzununa dalğanın yayılma sürətidir.

Yuklu pyezoelementin işçi sonluğunun sürəti

$$V_{yio} = \frac{U_h \cdot l_2 \cdot d_{31} \cdot E_y}{R_{MI} \cdot \cos \alpha} = \frac{37,5 \cdot 7 \cdot 10^{-3} \cdot 160 \cdot 10^{-12} \cdot 0,7 \cdot 10^{12}}{34,2 \cdot 0,73} = 0,117 \text{ m/s,}$$

burada $\alpha = 45^0 (\approx 0,73 \text{ rad})$ – işçi orqana nəzərən pyezoelementin mailik bucağı; R_{MI} – mexaniki itki müqavimətidir.

Mexaniki itki müqaviməti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$R_{MI} = \omega \cdot M_{ekv} / Q_M = 2400 / 70 = 34,2 \text{ N·s/m.}$$

İşçi orqanın orta xətti yerdəyişmə sürəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$V_{io} = \Delta_{hes} \cos \alpha k = 53 \cdot 10^{-7} \cdot 29,2 \cdot 10^3 \cdot 0,73 \cdot 0,153 = 17 \cdot 10^{-3} \text{ m/s.}$$

Sürtünmənin (işçi orqanın səthinə nəzərən pyezoelementin sürüşməsi) mürəkkəb xətti xarakterli olmasını nəzərə alaraq işçi orqanın yerdəyişməsinin orta xətti sürətinin düzəliş əmsali aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$k = V_{io} / V_{yio} = 0,018 / 0,117 = 0,153$$

burada V_{io} – işçi orqanın xətti yerdəyişmə sürəti olub, eksperiment yolu ilə çıxarılmış qrafiki asılılıqdan təyin olunur (şək. 5); V_{yio} – yüklü pyezoelementin işçi sonluğunun sürətidir.

Pyezoelementin işçi orqana daimi sıxılma qüvvəsinin təsiri ilə əlaqədar konstruktiv itkiləri nəzərə alaraq yüklü pyezoelementin sonluğunun işçi orqanın sürəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$V_{io} = V_{yio} / 2 = 0,117 / 2 = 58 \cdot 10^{-3} \text{ m/s.}$$

İşçi orqanın foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyini təyin etmək üçün eksperimentlər aparılmışdır. Təcrübi eksperimentlərin aparılması zamanı nəzarət-ölçü başlığı işçi orqanın sərbəst sonluğuna bərkidilir və pyezoelementə qida gərginliyi verdikdə işçi orqan xətti yerdəyişmə hərəkətini həyata keçirir. Işıq diodu ilə fotoqəbuledicinin perforasiya dəşikləri qarşı-qarşıya uyğun gəldikdə pyezoelementə verilən qida gərginliyi kəsilir və işçi orqanın dayandırılması prosesi baş verir və o dayanır, bu halda foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyi nəzarət-ölçü başlığı ilə qeyd edilir. Aparılmış eksperimentlərin nəticələri cədvəl 4.1 və 4.2-də verilmişdir.

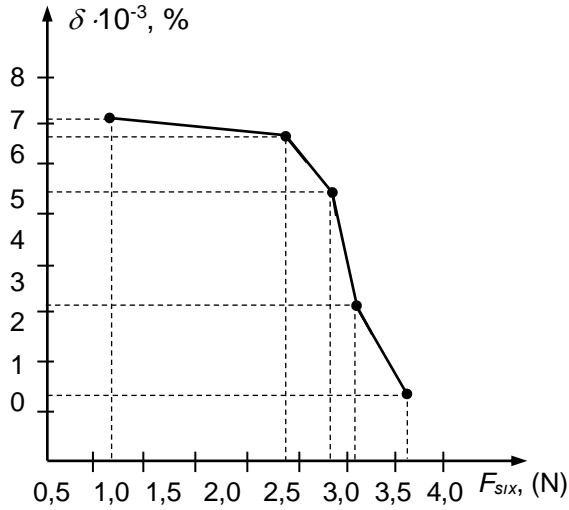
Cədvəl 4.1

No	Eksperiment 100 mm uzunluqlu sahədə aparılmışdır					
1	Pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsi, F_s (N)	4,1	3,6	3,3	2,9	1,2
2	Foton kommutasiya prosesində yaranan xəta, δ %	0,0013	0,0031	0,0054	0,0067	0 0071

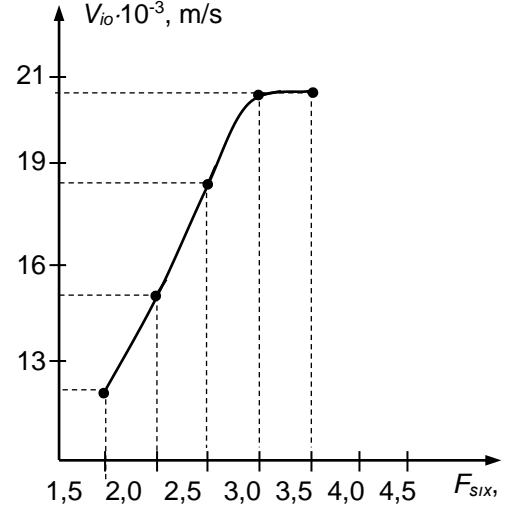
Cədvəl 4.2

No	Eksperiment 100 mm uzunluqlu sahədə aparılmışdır					
1	Pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsi, F_s (N)	2,0	5	3,0	3,5	4,0
2	İşçi orqanın xətti yerdəyişmə sürəti, $V_{io} \cdot 10^{-3}$, m/s	10	15	18,5	20,7	20,7

Alınmış eksperimental nəticələr əsasında işçi orqanın foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyini təyin etmək üçün foton kommutasiya prosesinin nisbi xətasının pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı (şəkil 4.1), eləcə də x, y oxları üzrə işçi orqanın xətti yerdəyişmə sürətinin pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı (şəkil 4.2) çıxarılmışdır.



Şəkil 4.1. Foton kommutasiya prosesində yaranan xətanın pyzeoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı



Şəkil 4.2. İşçi orqanın xətti yerdəyişmə sürətinin pyzeoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı

Aparılmış eksperimentlərin nəticələrindən görünür ki, əsas işçi parametrlərin, yəni sürüşmənin amplitudasının, pyzeoelementin işçi sonluğunun yerdəyişmə sürətinin, sıxılma qüvvəsinin, orta xətti sürətinin, çoxkanallı foton kommutasiya prosesində yaranan xətanın qiymətləri ilə müqayisədə uyğun gəlir və eksperimentlə fərq təxminən 0,067% təşkil edir.

Şəkil 4.1 və 4.2-dən görünür ki, pyzeoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsinin $F_s = 4,1N$ qiymətinə qədər artması ilə onun yerdəyişmə sürəti də artır, bu halda çoxkanallı foton kommutasiya prosesində yaranan xəta minimal $\delta = 0,0013\%$ qiymətini alır və sıxılma qüvvəsinin növbəti artımı zamanı sürət birdən-birə azalır, çoxkanallı foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyi maksimal qiymət alır, belə ki əyləcləmə və dayandırma rejimində pyzeoelement tərəfindən işçi orqana təsir qüvvəsi maksimal qiymət alır.

Beləliklə, iki müstəvi kvadrat matris lövhə şəklində yerinə yetirilmiş ÇFK işlənmib hazırlanmış, bu halda kommutasiya edən və kommutasiya olunan optik liflər işçi orqana bərkidilmiş, sürüşkən diyircəklər üzərində qurulmuş müstəvi kvadrat matris lövhələrə uyğun gələn iki tərəfə çıxışı olan perforasiya dəşiklərində yerləşdirilir, addım mühərriki isə bir-birinə nəzərən qarşı-qarşıya qoyulmuş və "x" və "y" oxlarının işçi orqanına sıxılmış pyzeoelement şəklində yerinə yetirilmişdir ki, bunların əks tərəflərində işıq diodu və fotoqəbuledici quraşdırılmışdır. Addım mühərriki verilmiş alqoritm üzrə eyni zamanda bir necə rabitə kanalları üzrə çoxkanallı foton kommutasiya prosesinin yerinə yetirilməsini təmin edir. Pyzeoelementin köməyi ilə kvadrat matris lövhələr mikroaddımlı xətti yerdəyişmə hərəkətinə gətirilir və optik liflərin verilmiş koordinatlarına uyğun gələn halda idarəetmə, proqram bloku, hesabi qurğu vasitəsi ilə dayandırılır ki, bu da çoxkanallı foton kommutatorunun etibarlılığını və funksional imkanlarını artırmağa imkan verir.

Digər tərəfdən optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin işlənmis ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun nəzəri təyin olunan parametrləri, yəni pyzeoelementin sərbəst ucunun sürüşmə amplitudasının, yerdəyişmə sürətinin, sıxılma qüvvəsinin, orta xətti sürətinin, çoxkanallı foton kommutasiya prosesində yaranan xətanın qiymətləri eksperiment nəticəsində alınmış nəticələrlə müqayisə olunmuş və bir-birindən fərqlənməsi təxminən 0,067% təşkil etmişdir.

5-ci rüb üzrə alınmış elmi nəticələr:

5.1. Kvant selinin optoelektron mövqələşdirici qurğusunun işlənməsi

Kvant selinin optoelektron mövqələşdirici qurğusunun (OMQ) işlənməsi ilə bağlı məlum OMQ-

nin qurulma prinsiplərinin, onların işini xarakterizə edən göstəricilərin analizi aparılmış və bu göstəricilər sistemləşdirilmişdir. Bu göstəricilər sistemində mövqələşdirmə müddəti (2...10 ms), mövqələşdirmə prosesi zamanı daxil edilən itkilər (3...10 dB), qurğunun çıxışında mövqələşdirilən optik siqnalın sönmə əmsalı (qurğunun növündən asılı olaraq 40...50 dB-dən 10...15dB-ə qədər dəyişir) və s. aiddir. Bu göstəricilərin və onların ədədi qiymətlərinin sistemləşdirilməsi bilavasitə yeni optoelektron mövqələşdirici qurğunun işlənməsi ilə bağlıdır [2,7,9].

Kvant selinin OMQ-nin işlənməsi prosesi optik siqnal mənbələrinin, qəbuledicilərinin və həm də çoxmodlu optik liflərin xarakteristikaları ilə bilavasitə bağlı olub, optik siqnalın maksimal mümkün enerjisinin optik lifə, optik lifdən isə fotoqəbulediciyə ötürülməsini təmin etməlidir. Optik siqnalın mövqələşdirməsi zamanı daxil edilən kiçik itkilərlə və böyük sürətlə çoxmodlu optik liflərin mikro-, nanometr və daha kiçik dəqiqliklə yerdəyişməsi zəruriyyəti meydana çıxır. Ona görə də, kvant selinin OMQ işlənməkdə çoxmodlu optik liflərin səlissə yerdəyişməsini təmin edən işçi orqan kimi pyezoelementlərdən istifadə olunması təklif olunur. Bu da onların yüksək dəqiqlikli və yüksək sürətli, kiçik xətalı və kiçik daxil edilən kiçik sönməli, mikroaddımlı xətti yerdəyişmə qabiliyyətinə malik olması ilə bağlıdır.

Kvant selinin OMQ-də pyezoelementlərdən istifadə olunması zəruriyyəti kiçik yerdəyişmə addımına, yüksək həlletmə qabiliyyətinə, yüksək möhkəmliyə, kiçik ölçülərə və kütləyə malik olması ilə bağlıdır. Bununla yanaşı pyezoelementlər hərəkətsiz vəziyyətdə, o cümlədən qida mənbəyi dövrdən açıldıqda bir neçə mikro- və nanometr dəqiqliklə əvvəlki vəziyyətinin saxlanılmasını təmin edir, artıq yüklənməyə dayanıqlıdır, maqnit sahəsi yaratmır və onların təsirinə məruz qalmır və s.

Kvant selinin OMQ-nin işlənməsi ilə əlaqədar məqsədə çatmaq üçün bu qurğunu xarakterizə edən göstəricilər sistemi əsasında məqsəd funksiyasının formalaşdırılması zəruri məsələdir.

5.2. Məqsəd funksiyasının formalaşdırılması

Optik siqnalın çoxmodlu optik lifə daxil edilmə effektivliyi "Şüalandırma mənbəyi - optik lif - fotoqəbuledici" sisteminin əsas göstəricisi olub, bu zaman mövqələşdirmə prosesinin effektivliyi optik siqnalın çoxmodlu optik lifə daxil edilən maksimal mümkün gücünün qiymətindən asılıdır [2,10].

Məqsəd funksiyası optik siqnalın əksolunma itkisinin, qurğu tərəfindən daxil edilən sönmənin, modun stasionar vəziyyətinin təyin olunma uzunluğunda şüalanmaya görə yaranan itkinin, mövqələşdirmə prosesinin xətasının, optik siqnalın gücünün çoxmodlu optik lifə daxil edilmə əmsalının ədədi qiymətlərindən və optik siqnalın çoxmodlu optik lifə daxil edilməsi zamanı optik siqnalın mövqələşdirmə prosesinin əsas qanunauyğunlarının tədqiqi əsasında formalaşdırılır. Optik siqnalın mövqələşdirilməsi və çoxmodlu optik lifə daxil edilməsi prosesinin effektivliyinin təmin olunması optoelektron mövqələşdirici qurğunun optimal iş rejimini təmin edən məqsəd funksiyasının formalaşdırılması və onun arqumentlərinin qiymətlərinin təyin olunması ilə bağlıdır. Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq məqsəd funksiyası kimi vahidlif olunan mövqələşdirmə prosesinin effektivliyini aşağıdakı asılılıqla ifadə etmək olar:

$$E_{möv} = \left\{ \min[t_{möv}, a_{ds}, A_0, A_{\xi i}, \Delta_{möv}], \max[v_{möv}, \eta = P_{dg} / P_{\xi g}] \right\}, \quad (5.1)$$

burada $t_{möv}$ – mövqələşdirmə prosesinə sərf olunan müddət; a_{ds} – mövqələşdirmə prosesində kvant selinin optoelektron mövqələşdirici qurğusu tərəfindən daxil edilən sönmə; A_0 – optik siqnalın əksolunma itkisi; $A_{\xi i}$ – şüalanma itkiləri; $\Delta_{möv}$ – mövqələşdirmə prosesində yaranan xəta; $v_{möv}$ – mövqələşdirmə sürəti; $\eta = P_{dg} / P_{\xi g}$ – optik siqnalın gücünün çoxmodlu optik lifə daxil edilmə əmsalı, burada P_{dg} – optik siqnalın çoxmodlu optik lifə daxil edilən gücü; $P_{\xi g}$ – optik siqnal mənbəyinin çıxış gücüdür.

5.3. Kvant selinin optoelektron mövqələşdirici qurğusunun işlənməsi.

Kvant selinin OMQ-nin işlənməsi ilə əlaqədar aparılmış tədqiqat prosesində analizlərin nəticələri göstərir ki, kvant selinin OMQ işlənməkdə onun konstruksiyası elə seçilməlidir ki, qurğu

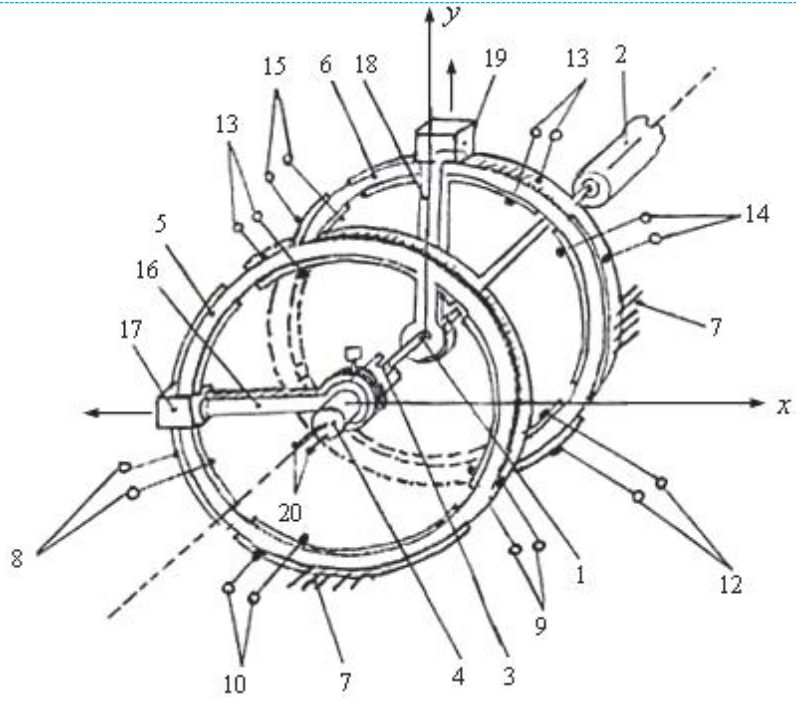
tərəfindən daxil edilən sönmə az olsun, cərəyan sıxlığı böyük olduqda normal iş rejimi təmin edilsin və optik siqnalın çoxmodlu optik lifə daxil edilməsi prosesinin effektivliyi artırılsın. Bu halda şüalandırıcı mənbə kimi əsasən şüalandırıcı səth diodundan istifadə edilməsi təklif olunur. Diodun p – sahəsində udulma çox baş verdiyi üçün optik siqnalın verilişi n – sahəsindən həyata keçirilir. Optik siqnalın optik lifə daxil edilməsi prosesinin effektivliyinin artırılması cilalanmış yarımsfera tətbiq etməklə və ya optik lifin ucunun aktiv sahəyə yaxınlaşdırılması üçün səth diodunun kristallarında oyuğun yaradılması ilə təmin edilir. Şüalanan sahənin ölçüləri çoxmorlu optik lifin ölçülərinə uyğunlaşdırılır və adətən 50...100 mkm həddində olur. Lakin məlum qurğularda səth diodunun şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı müxtəlif növ itkilər yaranır. Bu onunla əlaqədardır ki, səth diod şüalandırıcısının kristalında oyuğun yaradılması, oyuğun hazırlanma dəqiqliyi texnologiyasının mürəkkəbliyi səbəbindən optik lif quraşdırılarkən onun oxunun səth diod şüalandırıcısının oxu ilə üst-üstə düşməsinə səbəb olur ki, bu da optik lifə daxil edilən optik siqnalın enerjisinin itirilən hissəsinin qiymətinin artmasına gətirib çıxarır. Bu zaman əsas məqsəd kvant selinin yeni OMQ-nin işlənməsi hesabına səth diodunun çoxmodlu optik lifə daxil edilən optik siqnalın itkilərinin azaldılmasıdır.

Formalaşdırılan məsələ onunla həll edilmişdir ki, OMQ-nin səth diodunun şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi üçün səth diodunun kristalındakı oyuqda yerləşdirilmiş optik lifə malik olub, o hər biri iki cüt tam oxşar müstəqil elektrod bölmələrindən ibarət olan, bir-birinə qarşı mərkəz oxları üst - üstə düşən bünövrəyə bərkidilmiş iki halqavari pzeoelektrik elementlər şəklində yerinə yetirilmişdir, belə ki, “ x ” koordinat oxu boyunca yerdəyişmə imkanına malik bir halqavari pyeoelektrik elementin yan divarına möhkəm bərkidilmiş birləşdirici plankada səth diodu şüalandırıcısı, “ y ” oxu boyunca yerdəyişmə imkanına malik digər halqavari pyeoelektrik elementin yan divarında bərkidilmiş birləşdirici plankada isə optik lifli rabitə xəttinin optik lifi yerləşdirilmişdir, bu halda şüalandırıcı səth diodunun elektrik sıxacları dəyişən gərginlik generatorunun çıxışına qoşulmuş, optik lif optoelektron çevirici vasitəsi ilə əməliyyat gücləndiricisinin girişinə birləşdirilmiş, onun da birinci çıxışı birinci əks əlaqə dövrəsi vasitəsi ilə detektorun girişinə qoşulmuş, onun da birinci və ikinci çıxışları müvafiq olaraq birinci və ikinci sabit cərəyan mənbələrinin birinci girişlərinə qoşulmuş, əməliyyat gücləndiricisinin ikinci çıxışı isə ikinci əks əlaqə dövrəsi vasitəsi ilə müqayisə qurğusunun girişinə qoşulmuş, onun da birinci və ikinci çıxışları detektor vasitəsi ilə birinci və ikinci sabit cərəyan mənbələrinin ikinci girişinə qoşulmuş, onların hər birinin çıxışları hər iki halqavari pyeoelektrik elementlərin qarşı - qarşıya yerləşdirilmiş müstəqil elektrod bölmələrinə birləşdirilmişdir.

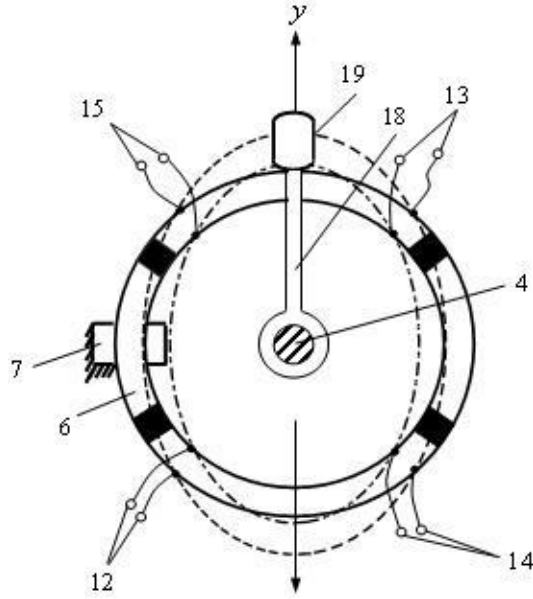
Təklif olunan qurğu oxları üst-üstə düşən halqavari pyeoelektrik elementlərin üzərində bərkidici plankaların üstündə möhkəm bərkidilmiş optik lifli rabitə xətti, eləcə də şüalandırıcısı səth diodu mənbə şəklində yerinə yetirilmişdir ki, onların da hər biri eyni müstəqil elektrodlardan ibarətdir və bu halda halqavari pyeoelektrik elementlər bünövrədə elə möhkəm bərkidilmişdir ki, optik lifli rabitə xətti “ x ” koordinat oxu ətrafında sərbəst, şüalandırıcı səth diodu isə “ y ” koordinat oxu ətrafında sərbəst yerdəyişmə imkanına malik olurlar ki, bununla da mövqeləşdirmə prosesinin tələb olunan dəqiqliyi təmin edilir.

Halqavari pyeoelektrik elementlərin birinci və ikinci əks əlaqə dövrləri vasitəsi ilə sabit cərəyan mənbələrinə qoşulmuş idarəetmə sxeminin elektron blokları ilə birləşdirilməsi avtomatik rejimdə müqayisə qurğusunun çıxışında qeydə alınan siqnalın amplitudasının maksimum qiyməti ilə müəyyənləşdirilən səth diodu ilə optik lifli rabitə xəttinin bir-birlərinə nəzərən uzlaşdırılmış vəziyyətlərinə görə mövqeləşdirmə prosesinin tələb olunan dəqiqliyi təmin edilir.

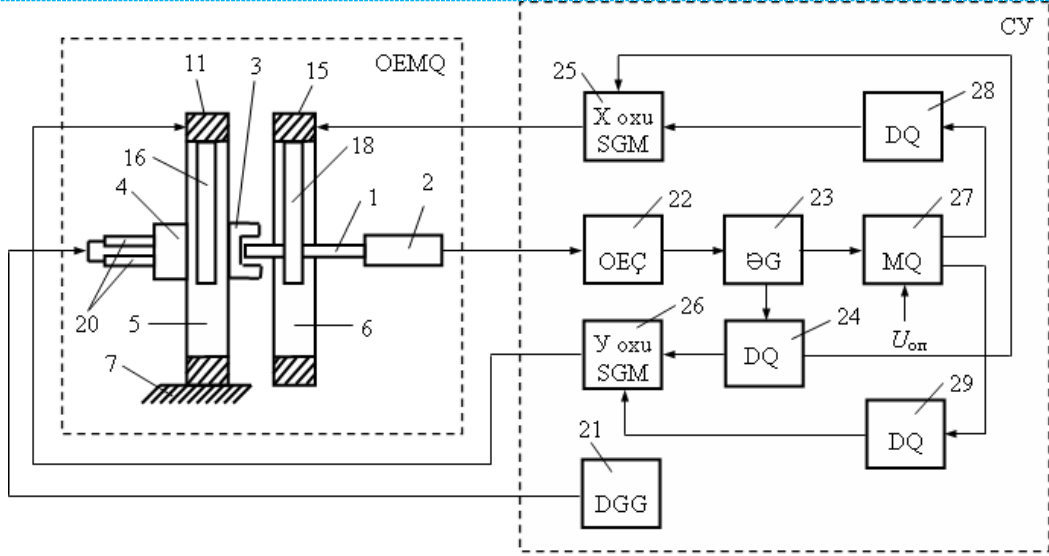
Şəkil 5.1-də halqavari pyeoelektrik elementli kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun konstruktiv sxemi, şəkil 5.2-də “ y ” koordinat oxu istiqamətində deformasiyaya malik (şəkil 5.2-də şərti olaraq qırıq-qırıq xətlə göstərilmişdir) halqavari pyeoelektrik elementlərdən birinin sxemi, şəkil 5.3-də isə halqavari pyeoelektrik elementli OMQ-nin idarəetmə sxemi verilmişdir [5,7,12,13,17].



Şəkil 5.1. Halqavari pyzeoelementli kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun konstruktiv sxemi



Şəkil 5.2. "y" koordinat oxu istiqamətində deformasiyalı (şərti olaraq qırıq-qırıq xətlə göstərib) halqavari pyzeoelektrik elementlərdən birinin sxemi



Şəkil 5.3. Halqavari pyezoelektrik elementli kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun idarəetmə sxemi

Şəkil 5.1-də verilmiş kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun tərkibinə şüalandırıcı (şəkil 1,3) səth diodunun - 4 kristalında - 3 düzəldilmiş oyuqda yerləşdirilmiş optik rabitə xəttinin - 2 optik lifi - 1 daxildir. Vahidlif olunan kvant selinin OMQ hər biri iki cüt oxşar müstəqil elektrod bölmələrindən - 8,9,10,11 və 12,13,14,15 ibarət olan bir-birinə nəzərən oxları üst-üstə düşən bünövrədə - 7 bərkidilən iki halqavari pyezoelektrik elementlər - 5,6 şəklində yerinə yetirilmişdir. “x” koordinat oxu üzrə hərəkət edən halqavari pyezoelektrik elementlərdən birinin yan divarına - 17 möhkəm bərkidilmiş bərkidici plankada - 16 şüalandırıcı səth diodu, “y” oxu ilə hərəkət edən diqer halqavari pyezoelektrik elementin yan divarına isə - 19 möhkəm bərkidilmiş bərkidici plankada - 18 optik lifi rabitə xətti yerləşdirilmişdir. Şüalandırıcı səth diodunun elektrik sıxacları - 20 dəyişən gərginlik generatorunun - 21 çıxışına qoşulmuşdur, optik lifli rabitə xətti optoelektron çevirici - 22 vasitəsi ilə əməliyyat gücləndiricisinin - 23 girişinə qoşulmuşdur, onun da birinci çıxışı birinci əks əlaqə dövrəsi vasitəsi ilə detektorun - 24 girişinə qoşulmuşdur, onun da birinci və ikinci çıxışları uyğun olaraq birinci - 25 və ikinci - 26 sabit gərginlik mənbəyinin birinci girişlərinə qoşulmuşdur, əməliyyat gücləndiricisinin - 23 ikinci çıxışı ikinci əks əlaqə dövrəsi vasitəsi ilə müqayisə qurğusunun - 27 girişinə qoşulmuşdur, onun da birinci və ikinci çıxışları detektorun - 28,29 vasitəsilə uyğun olaraq birinci və ikinci sabit gərginlik mənbələrinin ikinci girişlərinə qoşulmuşdur, onların da hər birinin çıxışı hər iki halqavari pyezoelektrik elementlərin qarşı-qarşıya yerləşdirilmiş müstəqil elektrod bölmələrinə qoşulmuşdur.

5.4. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun iş prinsipi.

Halqavari pyezoelektrik elementlərə - 5,6 (şəkil 5.1, 5.2) qidalanma gərginliyi verilməmişdən oxlarının bir-birinə nisbətən üst-üstə düşməsinə təmin etmək üçün əvvəlcə onların mövqeləşdirilmə prosesi həyata keçirilir. Sonra dəyişən cərəyan generatorunun - 21 çıxışından siqnallar şüalandırıcı səth diodunun - 4 elektrik səxaclarına - 20 ötürülür. Optik siqnal səth diodunun - 4 kristalındakı - 3 oyuqda yerləşdirilmiş optik rabitə xəttinin - 2 optik lifi - 1 tərəfindən qəbul edilir. Optik siqnal optoelektron çevirici bloku - 22 vasitəsi ilə elektrik siqnallarına çevrildikdən sonra əməliyyat gücləndiricisinin - 23 girişinə daxil olur. Əməliyyat gücləndiricisinin - 23 birinci çıxışından gücləndirilmiş siqnallar detektə edici qurğunun - 24 girişinə verilir, detektə edildikdən sonra gücləndirmə əmsalının tənzimlənməsi məqsədi ilə birinci əks əlaqə dövrəsi vasitəsi ilə birinci - 25 və ikinci - 26 sabit cərəyan mənbələrinin birinci girişlərinə verilir, onların da çıxışlarından (şəkil 5.1) qida gərginliyi halqavari pyezoelektrik elementlərin əks istiqamətdə yerləşdirilmiş müstəqil elektrod bölmələrinə - 10,11 və 13,15 daxil olur ki, bunun nəticəsində böyük oxu şüalandırıcı səth diodunun

- 4 və optik lifli rabitə xəttinin - 2 optik lifinin - 1 yerdəyişmə istiqamətlərinin uyğun olaraq “x” və “y” koordinat oxları ilə üst-üstə düşməsinə gətirib çıxaran və onların ellips formasında deformasiya olunmasına səbəb olur. Onların mərkəzlərinin üst-üstə düşməsi optik siqnalın daxilə dilmə effektivliyinin artırılmasına və bunun da nəticəsində müqayisə qurğusunun - 27 girişinə verilən siqnalların gərginliyinin gücləndirilməsinə səbəb olur. Daxil edilən və dayaq gərginlikləri eyni olduqda müqayisə qurğusunun - 27 çıxışından detektorda - 28,29 siqnalın gərginliyi detektə edildikdən sonra gücləndirmə əmsalını sabit saxlamaq üçün ikinci əks əlaqə dövrəsi vasitəsi ilə birinci - 25 və ikinci - 26 sabit gərginlik mənbələrinin ikinci girişinə ötürülür ki, bu halda da şüalandırıcı səth diodu - 4 ilə və optik lifli rabitə xəttinin - 2 optik lifinin - 1 oxlarının üst - üstə düşməsi təmin edilir.

5.4. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun riyazi modelinin işlənməsi.

Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işini xarakterizə edən göstəricilərin hesablanması üçün analitik model işlənmişdir. İşlənmiş analitik model aşağıdakı ardıcılıqla realizə olunur. Çoxmodlu optik lifə daxil edilən optik siqnalın gücü NA – ədədi aperturadan, eləcə də optik siqnal mənbəyinin bucaq istiqamətləndirmə diaqramından asılıdır. Çoxmodlu optik lif onun en kəsiyinə $\Theta_{0 \max}$ bucağından kiçik olan bucaq altında düşən n_0 – sınıdırma əmsallı optik siqnalları qəbul edir [4,5,8,14]. Bu zaman

$$NA = \sin \Theta_{0 \max} = \begin{cases} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} / n_0, & \text{pilləvəvari profilli sındırma} \\ & \text{əmsalına malik optik liflər üçün;} \\ \sqrt{n_1^2 - n_2^2} / n_0 \sqrt{2}, & \text{qradient profilli sındırma} \\ & \text{əmsalına malik optik liflər üçün.} \end{cases} \quad (5.2)$$

Ona görə də, daxil edilən sönmənin hiss ediləcək dərəcədə qiyməti o vaxt əmələ gəlir ki, optik siqnalın gücünün bucaq üzrə paylanması $2 \cdot \Theta_{0 \max}$ bucağının qiymətini aşır. Optik siqnal mənbəyinin bucaq istiqamətləndirmə diaqramı aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$P(\varphi) = P_0 (\cos \varphi)^m, \quad (5.3)$$

burada P_0 – optik siqnalın $\varphi = 0$ oxu üzrə gücüdür.

İşıqötürücüləri üçün sındırma əmsalı $m \approx 1$, superlyuminisent lazer diodları üçün $m \approx 2$, yarımkeçirici lazer diodları üçün isə $m \approx 4...5$ – ə bərabərdir.

Optik siqnal çoxmodlu optik lifə daxil edilən zaman itkilər aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\alpha_{it} \approx \eta + A_0 + A_q, \quad (5.4)$$

burada η – optik siqnal mənbəyinin çoxmodlu optik liflə bilavasitə birləşməsi optik siqnalın gücünün daxilə dilmə effektivliyi; A_0 – havanın n_0 ($n_0 = 3,6$ GaAs üçün) və çoxmodlu optik lifin özəyinin $n_1 \approx 1,5$ sındırma göstəricisinin müxtəlif olması ilə əlaqədar optik siqnalın enerjisinin əks olunması üzrə itkilər; A_q – qərarlaşmış mod tərkibinin uzunluğunda modun çevrilməsi hesabına çoxmodlu optik liflərdə yaranan itkilərdir.

Əgər optik siqnal mənbəyinin istiqamətləndirmə diaqramı ox üzrə simmetriyaya malikdirsə, məsələn, şüalandırıcı səth diodunda, onda çoxmodlu optik liflə bivasitə birləşdirilən optik siqnalın gücünün daxilə dilmə effektivliyi P_{os} / P_m nisbəti şəklində və ya aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\eta = 10 \cdot \lg(P_{os} / P_m) \approx 10 \cdot \lg[2S_m / (m+1) \cdot S_{\text{öz}} \cdot (NA)^2], \text{ dB} \quad (5.5)$$

burada P_{os} – optik siqnalın çoxmodlu optik lifə daxil edilən gücü; P_m – optik siqnal mənbəyinin gücü; S_m – optik siqnal mənbəyinin şüalandırma səthinin sahəsi; $S_{\text{öz}}$ – çoxmodlu optik lifin özəyinin en kəsiyinin sahəsidir.

Optik siqnalın gücünün çoxmodlu optik lifə daxilə dilmə, məsələn, çoxmodlu optik lifin en kəsiyi ilə optik siqnal mənbəyinin şüalandırma səthinin arasında mikrolinzanın yerləşdirilməsi

artırmaq olar. Bu cür linzalar, məsələn, çoxmodlu optik lifin en kəsiyinin əridilməsi yolu ilə hazırlana bilər. Mikrolinzalar optik siqnal mənbəyinin bucaq istiqamətləndirmə diaqramı ilə çoxmodlu optik lifin apertura bucağını ($\varphi \leq \Theta_{0\max}$) eyniləşdirmək üçün tətbiq olunur. Şüalandırıcı səth diodunun şüalandırma səthinin diametri çoxmodlu optik lifin özəyinin diametrində böyük və ya bərabər olduğu üçün mikrolinza arzu olunan nəticəni almağa imkan vermir. Optik siqnalın əksölünmə itkiləri iki n_{m1} və n_{m2} sındırma əmsallı iki mühiti ayıran müstəvi sərhədə dalğanın normal düşən halında Frenel düsturu ilə təyin olunur:

$$A_0 = 10 \cdot \lg[(n_{m1} + n_{m2})^2 / (4n_{m1} \cdot n_{m2})]. \quad (5.6)$$

Əgər optik siqnal mənbəyi və çoxmodlu optik lifin en kəsiyi arasında sındırma əmsalı $n_0 = 1$ olan hava aralığı olarsa, onda əksölünmə itkiləri aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$A_0 = A_{s0} + A_{01}, \quad (5.7)$$

burada A_{s0} –şüalandırma sahəsi və hava aralığı kimi birinci sərhəddə optik siqnal mənbəyinin güc üzrə əksölünmə itkisi; A_{01} –hava aralığı və çoxmodlu optik lifin özəyi kimi ikinci sərhəddə optik siqnal mənbəyinin güc üzrə əksölünmə itkisidir.

Real çoxmodlu optik liflər, məsələn, texnoloji defektlər, makroəyilmələr və s. kimi qeyri-müntəzəməliyə malik olurlar ki, bunlarda modlararası əlaqənin yaranmasına və optik siqnalın gücünün bir hissəsinin çoxmodlu optik lifdən kənara çıxaraq müdafiə örtüyünə şüalanmasına gətirib çıxarır. Son nəticədə bu itkilərə gətirib çıxaran digər səbəb optik siqnal mənbəyinin və çoxmodlu optik lifin mod tərkibinin və modun strukturunun uyğun gəlməməsi nəticəsində stasionar mod vəziyyətinin alınma L_q uzunluğunda yayılan modun şüalanma moda mürəkkəb çevrilmə prosesini yaradır ki, bu da enerjinin çoxmodlu optik lifin en kəsiyindən kənara şüalanmasına gətirib çıxarır. Eksperiment yolu ilə alınmış nəticələrə görə L_q uzunluğunda A_q şüalanma itkilərinin qiyməti 1,25 dB-ə qədər ola bilər.

Nəticə.

1. Vahidlif olunan kvant selinin optoelektron mövqələşdirici qurğusunda optik lifli rabitə xəttinin - 2 optik lifinə - 1 optik siqnalın daxil edilməsi zamanı yaranan itkilər 0,8...3 dB təşkil edir ki, bu da mövcud qurğularda yaranan itkilərin qiymətlərindən 40...55%-ə qədər azdır və bu halda mövqələşdirmə xətası 0,0017...0.0065% Vahidil edir.
2. Kvant selinin optoelektron mövqələşdirici qurğusu optik telekommunikasiya sistemlərində optik siqnalların optik lifə daxil edildiyi zaman şüalandırıcının səth diodunun və optik lifli rabitə xəttinin optik liflərinin dəqiq mövqələşdirici qurğularının işlənilməsi zamanı istifadə edilə bilər.

6-cı rüb üzrə alınmış elmi nəticələr:

Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi

6.1. Problemin analizi

Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun (DQ) və onun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi ilə bağlı məlum optik şüalanmanın mövqələşdirici qurğuların qurulma prinsiplərinin, onların işini xarakterizə edən göstəricilərin analizi aparılmış və bu göstəricilər sistemləşdirilmişdir. Bu göstəricilər sistemine vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə müddəti (2...10ms), qurğu tərəfindən daxil edilən itkilər (3...10 dB), qurğunun çıxışında şüalanmanın sönmə əmsalı (qurğunun növündən asılı olaraq 40...50 dB-dən 10...15dB-ə qədər dəyişir) və s. aiddir. Bu göstəricilərin və onların ədədi qiymətlərinin sistemləşdirilməsi bilavasitə tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsinin yeni qurğusunun işlənməsi ilə bağlıdır [1,7,9,12].

KVS-nin tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə DQ-nin işlənməsi prosesi optik siqnal mənbələrinin, qəbuledicilərinin və həm də optik liflərin xarakteristikaları ilə bilavasitə bağlı

olub, tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının maksimal enerjisinin optik lifə, optik lifdən isə fotoqəbulediciyə ötürülməsini təmin etməlidir. Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı daxil edilən itkilərin kiçik və optik liflərin mikro-, nanometr və daha kiçik dəqiqliklə yerdəyişməsinin böyük sürətlə yerinə yetirilməsi zəruriyyəti meydana çıxır. Bu zaman tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusu işlənərkən optik lifin yerdəyişməsinə təmin edən işçi orqan kimi içiboş pyezoelektrik silindirdən istifadə olunması təklif olunur. Bu pyezoelementin yüksək dəqiqliklə və yüksək sürətlə hərəkət etməsi, kiçik xəta və daxil edilmə sönməsi yaratması, mikroaddımlı xətti yerdəyişmə və yüksək həlletmə qabiliyyətinə, yüksək möhkəmliyə, kiçik ölçülərə və kütləyə malik olması ilə bağlıdır. Bununla yanaşı içiboş pyezoelektrik silindr şəklində işçi orqan hərəkətsiz vəziyyətdə, o cümlədən qida mənbəyi dövrədən açıldıqda, bir neçə mikro- və nanometr dəqiqliklə əvvəlki vəziyyətinin saxlanılmasını təmin edir, artıq yüklənməyə dayanıqlıdır, maqnit sahəsi yaratmır və onların təsirinə məruz qalmır və s.

Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə DQ-nin işlənməsi ilə əlaqədar mədsədə çatmaq üçün bu qurğunu xarakterizə edən göstəricilər sistemi əsasında məqsəd funksiyasını formalaşdırmaq lazımdır.

6.2. Məqsəd funksiyasının formalaşdırılması

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə effektivliyi “Vahid fotonların şüalandırma mənbəyi - optik lif - fotoqəbuledici” sisteminin əsas göstəricisi olub, bu zaman daxil edilmə prosesinin effektivliyi Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilən maksimal mümkün gücünün qiymətindən asılıdır. Məqsəd funksiyası daxil edilmə prosesinə sərf olunan müddətin, daxil edilmə prosesində qurğu tərəfindən yaradılan sönmənin, Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının əksolunma itkisinin, şüalanma itkilərinin, daxil edilmə prosesində yaranan xətanın, şüalanma gücünün optik lifə daxil edilmə əmsalının, şüalanmanın optik lifə daxil edilən gücünün, vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının çıxış gücünün ədədi qiymətlərindən asılı olaraq və vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı daxil edilmə prosesinin əsas qanunauyğunlarından istifadə əsasında formalaşdırılır. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə prosesinin yüksək effektivliyinin təmin olunması qurğunun optimal iş rejimini təmin edən məqsəd funksiyasının tərkibinə daxil olan arqumentlərin optimal qiymətlərinin təyin olunması ilə bağlıdır [1,2,8,9].

Yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq kimi şüalanmanın optik lifə daxil edilmə prosesinin effektivliyini xarakterizə edən məqsəd funksiyasını aşağıdakı asılılıqla ifadə etmək olar:

$$E_d = \left\{ \min[t_d, a_{ds}, A_0, A_{\text{şİ}}, \Delta_d], \max[v_d, \eta = P_{dg} / P_{\text{çg}}] \right\},$$

burada t_d – daxil edilmə prosesinə sərf olunan müddət; a_{ds} – daxil edilmə prosesində qurğu tərəfindən yaradılan sönmə; A_0 – vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının əksolunma itkisi; $A_{\text{şİ}}$ – şüalanma itkiləri; Δ_d – daxil edilmə prosesində yaranan xəta; $v_{möv}$ – daxil edilmə sürəti; $\eta = P_{dg} / P_{\text{çg}}$ – vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının gücünün optik lifə daxil edilmə əmsalı, burada P_{dg} – şüalanmanın optik lifə daxil edilən gücü; $P_{\text{çg}}$ – vahid fotonlar mənbəyinin çıxış gücüdür.

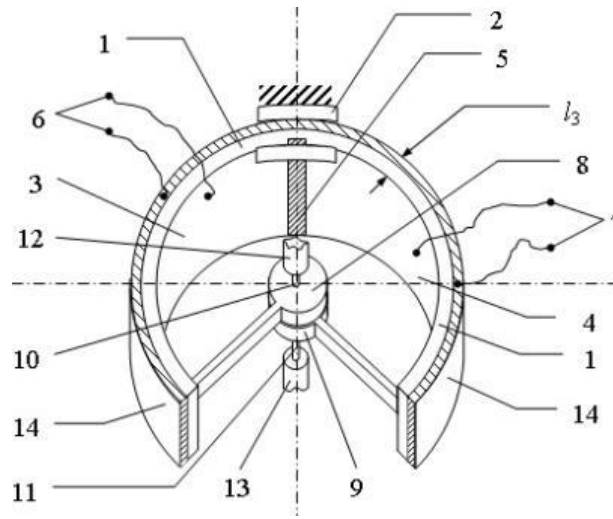
6.3. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun işlənməsi

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı yüksək dəqiqliyin təmin edilməsi vahid fotonlar mənbəyi tərəfindən ötürülən şüalanmanın düzgün qəbul edilməsi əsas şərtlərdən biridir. Diametri bir neçə mikron olan optik lifin en kəsiyində vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi mürəkkəb bir prosesdir. Vahid fotonlar mənbəyinin çıxışının optik lifin en kəsiyi ilə uzlaşdırılması müxtəlif növ mövqələşdirici qurğular tərəfindən həyata keçirilir.

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı yaranan itkiləri,

xətalı və eləcə də qurğunun funksional imkanlarının genişləndirilməsi məqsədilə vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxilə qurğusu və onun parametrlərinin təyin olunma üsulu işlənib hazırlanmışdır.

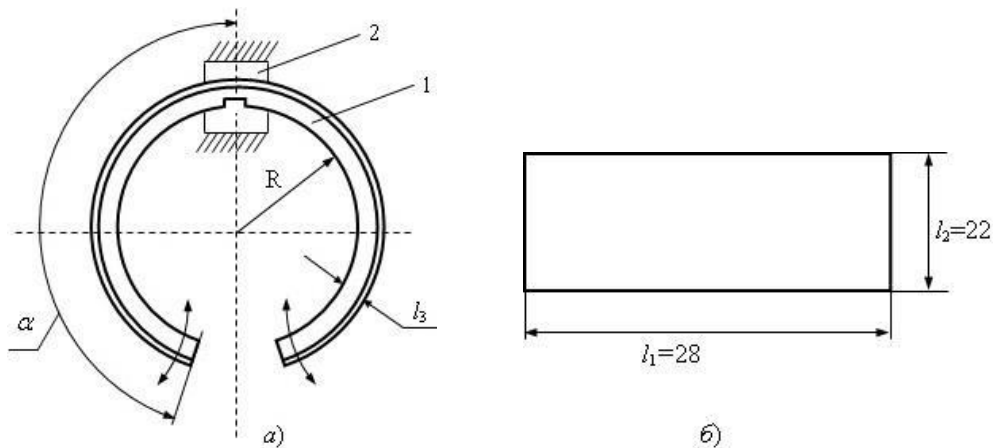
Şəkil 6.1-də əsas işçi opqanı içiboş pyezoelektrik silindr olan vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə DQ-nin sxemi verilmişdir [5,8,9].



Şəkil 6.1. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxilə qurğusunun sxemi

DQ bərkidici qəliblərin - 2 köməyi ilə gövdəyə bərkidilmiş içiboş pyezoelektrik silindrə - 1 malikdir. İçəri tərəfdən içiboş pyezoelektrik silindr bir-birindən izolyasiya zolağı - 5 ilə ayrılmış iki elektrod seksiyasından - 3, 4 ibarətdir. Bu seksiyalara elektrik sıxaqları - 6, 7 vasitəsi ilə sabit qida gərginliyi verilir. İçiboş pyezoelektrik silindrə azad sonluqları tərəfdən optik rabitə kabelinin - 12, 13 optik liflərinin - 10, 11 istiqamətləndiriciləri - 8, 9 bərkidilmiş, içiboş pyezoelektrik silindrin yan xarici tərəfindən isə metal lövhə - 14 qaynaq edilmişdir.

Şəkil 6.2,a-da α – mərkəzi bucaqlı Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə içiboş pyezoelektrik silindrlə DQ-nin yuxarıdan görünüşü, şəkil 6.2,b-də isə içiboş pyezoelektrik silindrlin hündəsi ölçüləri verilmişdir.



Şəkil 6.2. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxilə qurğusu:

- a) α – mərkəzi bucaqlı qurğunun yuxarıdan görünüşü;
- b) içiboş pyezoelektrik silindrlin hündəsi ölçüləri

6.4. Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiləldilmə qurğusunun iş prinsipi

Əvvəlcə sabit gərginlik mənbəyindən (şəkil 6.1, 6.2 *a,b*-də sabit gərginlik mənbəyi göstərilməmişdir) elektrik sıxacları - 6 vasitəsilə qida gərginliyi elektron seksiyaya - 3 və metal lövhəyə - 14 verilir. Sabit gərginlik mənbəyinin və içiboş pyezoelektrik silindrin elektron seksiyasının - 3 elektrodlarında gərginliyin qütbləri uyğun gəldikdə uzununa dartılma deformasiyası baş verir və bunun da nəticəsində istiqamətləndirici - 8 ilə birlikdə elektron seksiya - 3 içiboş pyezoelektrik silindrin mərkəzindən radial istiqamətdə əks tərəfə əyilir.

Yuxarıda qeyd olunan ardıcılığa analogi olaraq sabit gərginlik mənbəyinin və içiboş pyezoelektrik silindrin elektron seksiyasının - 3 elektrodlarında gərginlik əks qütblü olduqda elektron seksiyasının - 3 sıxılma deformasiyası baş verir və bunun da nəticəsində istiqamətləndirici - 8 ilə birlikdə elektron seksiya - 3 içiboş pyezoelektrik silindrin mərkəzinə tərəf radial istiqamətdə əks tərəfə əyilir.

Analogi olaraq gərginlik mənbəyindən (şəkil 6.1, 6.2, *a,b*-də sabit gərginlik mənbəyi göstərilməmişdir) elektrik sıxacları - 7 vasitəsilə qida gərginliyi elektron seksiyasının - 4 elektrodlarına verilir, bu halda istiqamətləndirici - 9 ilə birlikdə elektron seksiyasının - 4 sərbəst ucunun sürüşməsi baş verir.

Beləliklə də, işlənmiş qurğu vasitəsi ilə səlissə tənzimləmə prosesi və optik rabitə kabelinin - 12,13 optik liflərinin - 10, 11 mərkəzlərinin üst-üstə düşməsi təmin edilir. Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiləldilmə dəqiqliyi içiboş pyezoelektrik silindrin əyilmə deformasiyasının amplitudasından, yeni həmin qurğunun parametrlərindən asılıdır.

6.5. Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiləldilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi

Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifin girişinə və optik lifin çıxışından fotoqəbulediciyə DQ-nin parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılmışdır [5,7,14].

İçiboş pyezoelektrik silindrin əyilmə deformasiyasının amplitudası aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta = \frac{F_{sg}}{E_y \cdot J} \left(\frac{R^3 a}{2} - \frac{R^3}{4} \sin 2\alpha \right), \quad (m) \quad (6.1)$$

burada F_{sg} – içiboş pyezoelektrik silindrin əyilməsinin statistik gücü (N); E_y – Yunq modulu (uzununa elastiklik modulu), elastiki deformasiya zamanı dartılma və sıxılmaya qarşı materialın müqavimət göstərmə qabiliyyətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyət olub, $0,7 \cdot 10^{11} N/m^2$; α – mərkəzi bucaq, $\alpha = 150^\circ = 2,6$ (rad); J – içiboş pyezoelektrik silindrin ətalet momenti (m^4); R – içiboş pyezoelektrik silindrin radiusu olub, $0,7 \cdot 10^{-2} m$ -ə bərabərdir.

Bu zaman içiboş pyezoelektrik silindrin əyilməsinin statistik gücü aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$F_{sg} = K_{M\Sigma} \cdot \Delta, \quad (N) \quad (6.2)$$

burada $K_{M\Sigma}$ – içiboş pyezoelektrik silindrin cəm möhkəmliyidir (N/m).

İçiboş pyezoelektrik silindrin cəm möhkəmliyi pyezosağsı və metal lövhənin möhkəmliyi ilə əlaqədar olub, aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$K_{M\Sigma} = K_{PM} + K_{MLM}, \quad (N/m) \quad (6.3)$$

burada K_{PM} – içiboş pyezoelektrik silindrin möhkəmliyi (N/m); K_{MLM} – metal lövhənin möhkəmliyidir (N/m).

İçiboş pyezoelektrik silindrin əyilməsinin statistik gücü aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$F_{sg} = U_h l_2 d_{31} E_y, \quad (N) \quad (6.4)$$

burada $U_h = 60V$ – içiboş pyezoelektrik silindrin sabit həyəcanlanma gərginliyi; l_2 – içiboş

pyezoelektrik silindirin eni (m); d_{31} – pyezosaxsının pyezoelektrik modulu olub, $160 \cdot 10^{-12}$ (m/V)-dur.

İçiboş pyezoelektrik silindirin ətalət momenti aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$J = \frac{l_2 \cdot l_3^3}{12}, \quad (m^4) \quad (6.5)$$

burada l_3 – içiboş pyezoelektrik silindirin qalınlığıdır (m).

İçiboş pyezoelektrik silindirin uclarının deformasiya amplitudası verilmiş qida gərginliyindən asılı olaraq aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta = \frac{U_h l_2 d_{31} E_y}{E_y \cdot (l_2 l_3^3 / 12)} \left(\frac{R^3 \alpha}{2} - \frac{R^3}{4} \sin 2\alpha \right) = \frac{12 \cdot U_h d_{31}}{l_3^3} \left(\frac{R^3 \alpha}{2} - \frac{R^3}{4} \sin 2\alpha \right). \quad (m) \quad (6.6)$$

Konkret hal üçün $U_h = 60$ V, $d_{31} = 160 \cdot 10^{-12}$ (m/V), $l_1 = 2,8 \cdot 10^{-2}$ m, $l_2 = 2,2 \cdot 10^{-2}$ m, $l_3 = 4 \cdot 10^{-2}$ m olduqda içiboş pyezoelektrik silindirin əyilmə deformasiyasının amplitudasını təyin edək.

Bu halda içiboş pyezoelektrik silindirin əyilmə deformasiyasının amplitudası aşağıda təyin olunan qiymətə bərabər olacaqdır:

$$\Delta = \frac{12 \cdot 60 \cdot 160 \cdot 10^{-12}}{(4 \cdot 10^{-2})^3} \cdot 2,8 \cdot 10^{-2} = 1,2 \quad (mm).$$

Aparılmış tədqiqatlar göstərir ki, içiboş pyezoelektrik silindirin əyilmə deformasiyasının amplitudasının yuxarıda alınmış qiymətində tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı qurğu 0,8...3,0 dB sönmə daxil edir ki, bu da məlum qurğuların yaratdığı sönmədən 45...50% azdır.

Nəticə.

Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı yaranan itkilər 0,8...3,0dB təşkil edir ki, bu da mövcud qurğularda yaranan itkilərin qiymətlərindən 40...55%-ə qədər azdır və bu halda daxiledilmə xətası 0,0017...0,0065% təşkil edir.

Tək fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiledilmə qurğusu optik telekommunikasiya sistemlərində analoji prosesləri yerinə yetirən qurğuların işlənilib hazırlanması zamanı istifadə edilə bilər.

7-ci rüb üzrə alınmış elmi nəticələr:

Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının və onun işçi parametrlərinin hesabat üsulunun işlənməsi

7.1. Problemin analizi

Müasir telekommunikasiya şəbəkələrinin optik telekommunikasiya sistemləri arasında əlaqəni təşkil etmək üçün istifadə olunan optik kabellərin optik liflərində zədələnmə baş verdikdə və ya veriliş istiqamətinin dəyişdirilməsi zəruriyyəti meydana çıxdıqda kvant selinin şüa mənbəyinin çıxışının bir veriliş istiqamətindən (optik lifdən), yeni bir optik lifdən digərinə qoşulması prosesini həyata keçirmək üçün kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcıları (KSOİA) geniş tətbiq olunur. KSOİA-nın və onun işçi parametrlərinin hesabat üsulunun işlənməsi ilə bağlı məlum KSOİA-nın qurulma prinsiplərinin, onların işini xarakterizə edən parametrlərin analizi aparılmış və bu parametrlər sistemləşdirilmişdir. Bu parametrlər sistemə aşırma müddəti, aşırma xətası, müxtəlif növ optik itkilər, KSOİA-nın işçi orqanının işəsalma və dayandırılma müddəti, işçi orqanın valının fırlanma (aşırma) müddəti və sürəti, kvant selinin şüa mənbəyinin gücünün aşırma əmsalı və s. daxildir. Bu parametrlər və onların ədədi qiymətlərinin sistemləşdirilməsi bilavasitə yeni optoelektron aşırıcı qurğunun işlənməsi ilə bağlıdır. Kvant selinin yeni KSOİA-nın işlənməsi mənbənin, qəbuledicinin və həm də optik liflərin parametrləri ilə bilavasitə bağlı olub, aşırma prosesinin yerinə yetirilməsi zamanı kvant selinin şüalandırma mənbəyinin maksimal mümkün enerjisinin optik lifə, optik lifdən isə fotoqəbulediciyə ötürülməsi təmin edilməlidir. Kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin optik lifə daxil edilməsi zamanı optoelektron istiqamət

aşırıcsının vasitəsi ilə optik liflərin mikro-, nanometr və daha böyük dəqiqliklə aşırılma prosesinin yerinə yetirilməsi zəruriyyəti meydana çıxır [3,8,13,15].

Ona görə də, kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin optik lifə daxil edilməsi məqsədi ilə KSOİA işlənərkən optik liflərin yüksək dəqiqliklə yerdəyişməsinə təmin edən işçi orqan kimi pyezoelektrik elementlərdən istifadə olunması təklif olunur. Bu da pyezoelementlərin yüksək dəqiqliyə və sürətə, kiçik xəyata, daxil edilən kiçik sönməyə və mikroaddımlı xətti yerdəyişmə qabiliyyətinə malik olması ilə bağlıdır. Digər tərəfdən pyezoelektrik elementdən istifadə olunması zəruriyyəti yüksək həlletmə qabiliyyətinə, yüksək möhkəmliyə, kiçik ölçülərə və kütləyə malik olması ilə bağlıdır. Bundan başqa pyezoelement hərəkətsiz vəziyyətdə, o cümlədən qida mənbəyi dövrədən açıldıqda belə bir neçə mikro- və nanometr dəqiqliklə əvvəlki vəziyyətinin saxlanmasını təmin edir, artıq yüklənməyə dayanıqlıdır, maqnit sahəsi yaratmır və onların təsirinə məruz qalmır və s.

Kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcsının işlənməsi ilə əlaqədar qoyulan məqsədə çatmaq üçün bu qurğunu xarakterizə edən parametrlər sistemi əsasında məqsəd funksiyasını formalaşdırmaq lazımdır.

7.2. Məqsəd funksiyasının formalaşdırılması

Kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilmə effektivliyi "Kvant selinin şüalandırma mənbəyi - optik lif - fotoqəbuledici" sisteminin əsas göstəricisi olub, bu zaman aşırma prosesinin effektivliyi kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə istiqamətini dəyişərək digər optik lifə daxil edilən maksimal mümkün enerjinin qiymətindən asılıdır. Məqsəd funksiyası kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə istiqamətini dəyişərək optik lifə daxil edilmə effektivliyi aşırma müddəti, aşırma xətası, müxtəlif növ optik itkilər, işçi orqanın işəsalınma və dayandırılma müddəti, işçi orqanın valının fırlanma sürəti (müddəti), şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma əmsalını ədədi qiymətləri ilə xarakterizə olunur və kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin optik lifə daxil edilməsi zamanı aşırma prosesinin əsas qanunauyğunlarının analizi əsasında formalaşdırılır.

Kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi prosesinin effektivliyinin təmin olunması qurğunun optimal iş rejimini təmin etmək üçün məqsəd funksiyasının formalaşdırılması və onun arqumentlərinin qiymətlərinin təyin olunması ilə bağlıdır.

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq məqsəd funksiyası kimi təklif olunan aşırma prosesinin effektivliyini aşağıdakı asılılıqla ifadə etmək olar:

$$E_{Aş} = \{ \min[t_{aş}, \delta_{aş}, a_{oi}, t_{is}, t_d], \max[V_{vf}, \eta = P_{ol} / P_{çe}] \}, \quad (7.1)$$

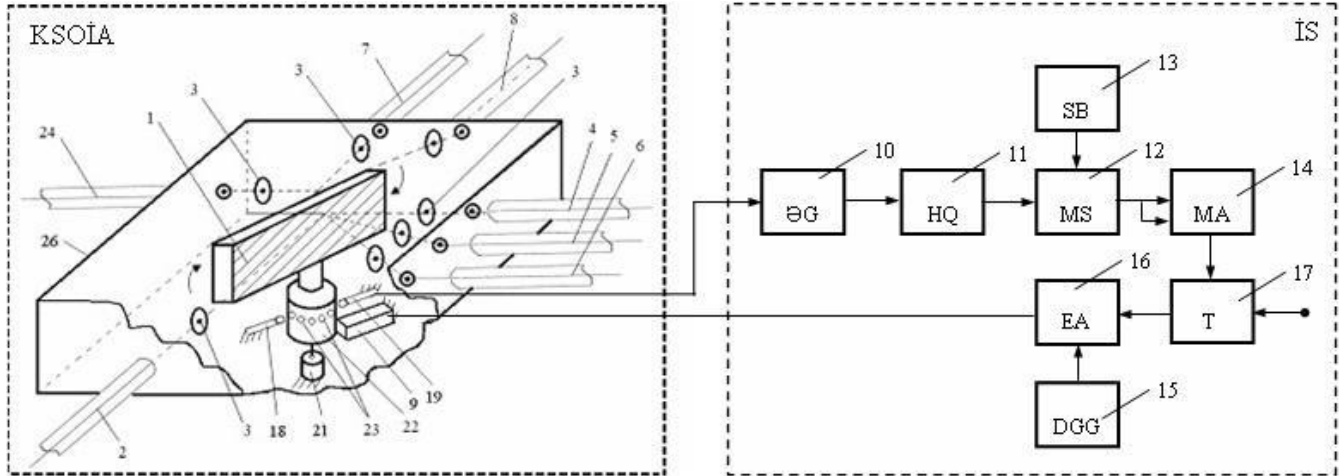
burada $t_{aş}$ – aşırma müddəti; $\delta_{aş}$ – aşırma xətası; a_{oi} – müxtəlif növ optik itkilər; t_{is} – işçi orqanın işəsalınma müddəti; t_d – işçi orqanın dayandırılma müddəti; V_{vf} – işçi orqanın valının fırlanma (aşırma) sürəti; $\eta = P_{ol} / P_{çe}$ – aşırma əmsalı olub, P_{ol} – şüa mənbəyinin optik lifə daxil edilən enerjisi; $P_{çe}$ – şüalandırma mənbəyinin çıxış enerjisidir.

7.3. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcsının işlənməsi

Kvant selinin şüa mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi zamanı yüksək dəqiqliyin təmin edilməsi ötürülən informasiyanın düzgün qəbul edilməsi üçün əsas şərtlərdən biridir. Bir necə mikron ölçülü optik lifin en kəsiyində kvant selinin şüa mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi mürəkkəb bir məsələdir. Kvant selinin şüa mənbəyinin çıxışının optik lifin en kəsiyi ilə uzlaşdırılması müxtəlif növ istiqamət aşırıcları tərəfindən həyata keçirilir.

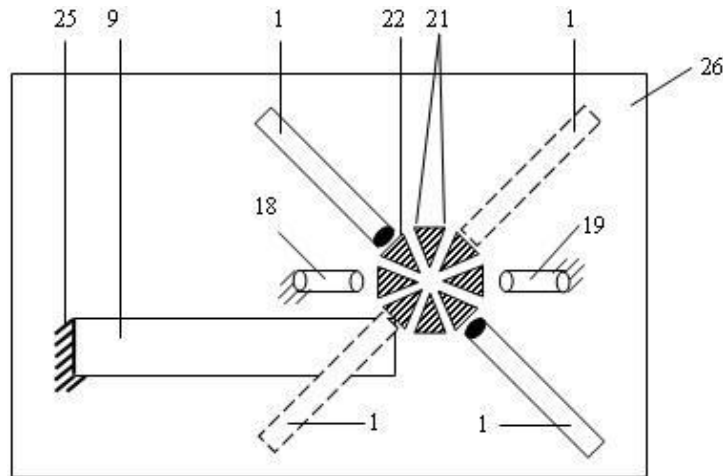
Kvant selinin şüa mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi zamanı yaranan müxtəlif növ optik itkilərin, xətələrin azaldılması və eləcə də aşırıcsının funksional imkanlarının genişləndirilməsi məqsədilə kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcsı (şəkil 7.1, 7.2) və onun işçi parametrlərinin təyin olunma üsulu işlənilib hazırlanmışdır.

Şəkil 7.1-də idarəetmə sxeminə malik kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcısının sxemi verilmişdir [3,7].



Şəkil 7.1. İdarəetmə sxeminə malik kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcısının sxemi

Şəkil 7.2-də kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcısının yuxarıdan görünüşü verilmişdir.



Şəkil 7.2. Kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcısının yuxarıdan görünüşü

Şəkil 7.1-də tərkibində şüalandırıcının -2 oxuna 45° bucaq altında bərkidilmiş əksedirici güzgü -1, fokuslayıcı linza -3, bir-birinə nəzərən 90° bucaq altında yerləşdirilmiş optik lifli ötürücülər -4, 5, 6, 7 və 8 ilə təhciz olunmuş kvant selinin OİA əks olunmuşdur.

Kvant selinin OİA-nın tərkibinə pyezoelement pyezoelektrik addım mühərriki (AM) - 9, əməliyyat gücləndiricisi (ƏG) - 10, hesabi qurğu (HQ) - 11, müqayisə sxemi (MS) - 12, seçmə bloku (SB) - 13, məntiqi açar (MA) - 14, dəyişən gərginlik generatoru (DGG) - 15, elektron açar (EA) - 16, triqker (T) - 17 (şəkil 1), ışık diodu (İD) - 18 və fotodiod (FD) - 19 daxildir (şəkil 7.1, 7.2).

Kvant selinin şüalanmasının əksediricisi silindirik səthə malik valın -22 fırlanma oxuna -21 bərkidilmiş ikitərəfli müstəvi güzgü -20 şəklində yerinə yetirilmişdir ki, buna da 45° bucaq altında addım mühərrikinin pyezoelementi sıxılmışdır. Valın silindirik səthi fırlanma oxunun mərkəzindən keçən birbaşa radial deşiklərə -23 malikdir ki, bu halda həmin deşiklərin bir tərəfində ışık diodu, digər tərəfində isə fotodiod yerləşdirilmişdir ki, bunun da elektrik sıxacları ardıcıl olaraq əməliyyat

gücləndiricisi, hesabi qurğu, müqayisə sxemi, məntiqi açar və trigger vasitəsi ilə elektron açarının idarəedici girişinə qoşulmuş, sonuncunun siqnal girişi və siqnal çıxışı uyğun olaraq dəyişən cərəyan generatorunun çıxışına və pyezosaxsı elementin elektrodlarına qoşulmuş, seçmə blokunun çıxışı isə müqayisə sxeminin ikinci girişinə qoşulmuşdur. Optoelektron istiqamət aşırıcısında qəbuledici - verici optik liflərin ümumi sayı məhdudlaşdırılmamışdır, ona görə də bir kabelin optik lifinə - 2 nəzərən 45° bucaq altında digər kabelin optik lifi - 24 yerləşdirilmişdir. Addım mühərrikinin pyezosaxsı elementi bir tərəfdən bünövrəyə - 25 möhkəm bərkidilmişdir. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının konstruksiyasına daxil olan bütün elementlər bir gövdədə - 26 yerləşdirilmişdir.

7.4. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının iş prinsipi.

Kvant selinin istiqamətinin dəyişməsinə qoyulan tələbatlara uyğun olaraq əvvəlcə güzgü əksətdiricinin - 1 şüalanmanı lazımi dəyişmə bucağına müvafiq seçmə blokunun -13 kvars generatorunun nümunəvi tezliyinin qiyməti düzəldilir (şəkil 7.1, 7.2).

KSOİA elektron açarın - 16 siqnal girişinə təsir edərək ultrasəs tezliyinin dəyişən cərəyan generatorundan - 15 pyezosaxsı elementin örtüklərinə verilməsinə imkan verən triqger - 17 vasitəsilə işə salınır. Bu halda sonuncu valın - 22 səlis fırlanmasına səbəb olur. Birbaşa radial dəşiklərə –23 malik silindrik səthli valın - 22 fırlanması dəşiklərin dövrü olaraq növbə ilə açılmasına gətirib çıxarır ki, bunun da nəticəsində işıq diodunun - 18 verdiyi optik şüa dəşiklərdən birbaşa keçərək fotodiod –19 tərəfindən qəbul edilərək impulsların fasiləsiz hesabı aparılır və eyni zamanda həmin impulslar əməliyyat gücləndiricisi - 10 vasitəsi ilə gücləndirilərək hesabi qurğunun - 11 girişinə ötürülür. Hesabi qurğunun - 11 impulslarının tezliyi müqayisə sxemi - 12 ilə müəyyən edilən seçmə blokunun - 13 nümunəvi tezliyi ilə müqayisə edildikdə müqayisə sxeminin - 12 çıxışında məntiqi açardan - 14 keçərək triggerin - 17 ikinci idarəedici girişinə daxil olan siqnal formalaşdırılır ki, bu da triggeri - 17 digər dayanıqlı vəziyyətə keçirir. Bu zaman triqgerin - 17 çıxışındakı gərginlik impulsu elektron açarın - 16 idarəedici girişinə təsir edərək dəyişən cərəyan generatorunun - 15 dövrəsinin qırılmasına və pyezosaxsı elementə - 9 qıda gərginliyinin verilməsinin kəsilməsinə gətirib çıxarır ki, bu da addım mühərrikinin ani olaraq dayandırılmasına səbəb olur.

Şəkil 1-ə müvafiq olaraq optoelektron istiqamət aşırıcısına qoşulmuş optik kabellər - 2, 4, 5, 6, 7, 8 və 24 optik siqnalın vericisi və qəbuledicisi rejimində işləyə bilər. Əksətdirici güzgünün - 1 vəziyyətinə uyğun olaraq optik kabeldən - 2 fokuslayıcı linzadan - 3 keçməklə əksətdirici güzgüyə - 1 düşərək fokuslayıcı linza - 3 vasitəsi ilə optik kabelin - 4 optik lifinə istiqamətləndirilir.

Kvant selinin şüalanma istiqamətinin dəyişdirilməsi zəruriyyəti yaranan halda onun bir optik kabeldən - 4 digər optik kabelə - 24 ötürülməsi üçün əksətdirici güzgü - 1 (şəkil 7.1) saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində 90° bucaq altında yerini dəyişir (şəkil 7.2-də əksətdirici güzgünün - 1 yeni vəziyyəti şərti olaraq qırıq-qırıq xətlərlə göstərilmişdir).

7.5. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işçi parametrlərinin hesab üsulunun işlənməsi.

Pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən nominal moment aşağıdakı kimi təyin olunur [3,7]:

$$M_N = F_T \cdot R, \quad (N/m) \quad (7.1)$$

burada F_T –pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən pyezoelementin maksimal tangensial qüvvəsi (N); R – pyezoelektrik addım mühərrikinin valının radiusu olub, $14 \cdot 10^{-3} (m)$ -ə bərabərdir.

Pyezoelementin maksimal tangensial qüvvəsi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$F_T = U_h \cdot l_2 \cdot d_{31} \cdot E_y \cos \alpha, \quad (N) \quad (7.2)$$

burada $U_h = 200V$ –dəyişən gərginlik generatorunun həyəcanlandırma gərginliyi; $l_2 = 1 \cdot 10^{-2} m$ –

pyzeoelementin qalınlığı; $d_{31} = 160 \cdot 10^{-12} \text{ (m/V)}$ – pyezosaxsının pyzeoelektrik modulu; E_y – Yunq modulu (uzununa elastik modulu), yəni elastik deformasiya zamanı uzanma və sıxılma deformasiyasına qarşı materialın müqavimət göstərmə qabiliyyətini xarakterizə edən fiziki kəmiyyət olub, STBQ-3 (sirkonat-titanat-bariy-qurğuşun) markalı pyezosaxsı üçün $0,7 \cdot 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}$; $\alpha = 45^\circ$ – pyzeoelektrik addım mühərrikinin valına nəzərən pyzeoelementin meyillik bucağıdır.

(7.2) ifadəsini (7.1) ifadəsində nəzərə alsaq, tangensial qüvvə və yayın sıxma qüvvəsi ilə yaradılan və pyzeoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən momentin hesabı üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

-pyezosaxsı üçün

$$M_1 = U_h \cdot l_2 \cdot d_{31} \cdot E_y \cdot \cos \alpha \cdot R, \text{ (N/m)} \quad (7.3)$$

-yay üçün

$$M_2 = F_{sq} \cdot R, \text{ (N/m)} \quad (7.4)$$

burada F_{sq} – yayın sıxma qüvvəsidir (N).

Tangensial qüvvə və yayın sıxma qüvvəsi ilə yaradılan və pyzeoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən cəm moment aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$M = M_1 + M_2, \text{ (N/m)}.$$

Buraxıla bilən həyəcanlandırma səviyyəsini nəzərə almaqla pyzeoelementin işçi ucunun prizma şəkilli sürüşmə amplitudası aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\Delta = \frac{2T_{mg} l_1}{\pi E_y}, \text{ (m)} \quad (7.4)$$

burada $l_1 = 4,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ – pyzeoelementin uzunluğu; T_{mg} – maksimal buraxıla bilən mexaniki gərginlikdir (N/m²).

Maksimal buraxıla bilən mexaniki gərginlik aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$T_{mg} = U_{bur} \cdot d_{31} \cdot Q_m \cdot E_y, \quad (7.5)$$

burada $U_{bur} = 12500 \text{ V/m}$ – elektrik sahəsinin gərginliyinin buraxıla bilən qiyməti; Q_m – pyzeoelementin mexaniki möhkəmliyidir, yəni rəqs sisteminin rezonans xassəsinin kəmiyyət xarakteristikası olub, həyəcanlandırma qüvvəsinin amplitudası eyni olduqda rezonans halında məcburi rəqslərin amplitudasının rezonans tezliyindən çox kiçik tezlikdə həmin məcburi rəqslərin amplitudasından böyük olduğunu göstərir, STBQ-3 markalı pyezosaxsı üçün azad (bərkidilməmiş) vəziyyətdə $Q_m = 200$ vahidə və bərkidilmiş vəziyyətdə mexaniki itkilər olduğu üçün $Q_m = 40$ vahidə bərabərdir.

Pyzeoelementin işçi ucunun yerdəyişmə amplitudasını təyin etmək üçün (5) ifadəsini (4) ifadəsində nəzərə alsaq, aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\Delta = \frac{2U_{bur} \cdot d_{31} \cdot Q_m \cdot l_1}{\pi}, \text{ (m)}. \quad (7.6)$$

Addım rejimində pyzeoelektrik mühərrikin valının yerdəyişmə sürəti – V_{vy} aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$V_{vy} = \Delta \cdot f_r \cdot \cos \alpha \cdot K, \text{ (m/s)} \quad (7.7)$$

burada $f_r = 42 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ – qida gərginliyinin rezonans tezliyi; $K = 0,14 \div 0,26$ – pyzeoelektrik addım mühərrikin valının yerdəyişmə sürətinin düzəliş əmsalı olub, pyzeoelektrik addım mühərrikinin valının səthinə nəzərən pyzeoelementin işçi ucunun sürüşməsini nəzərə almaqla eksperiment yolu ilə təyin olunur.

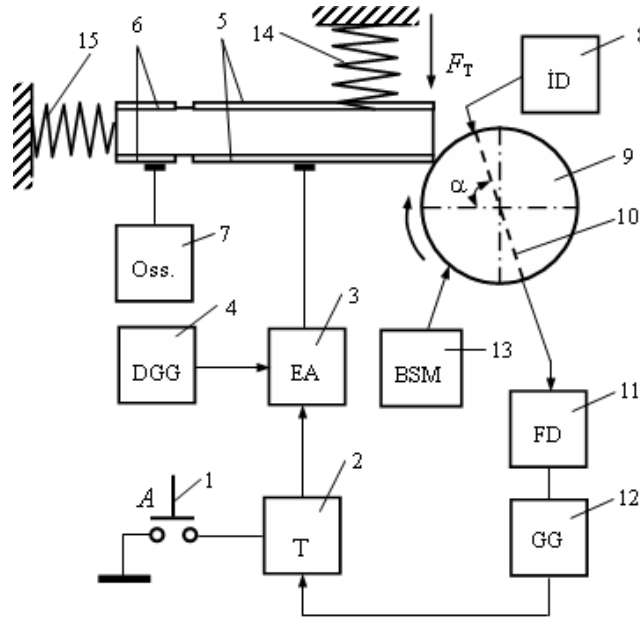
Pyzeoelementin işə salınması və mexaniki rəqslərinin qərarlaşması üçün zəruri olan müddət aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$t_{is} = 1,47 \cdot \frac{Q_m}{f_r} = 1,47 \cdot \frac{40}{42000} = 1,4 \cdot 10^{-4}, \text{ (s).}$$

Qeyd etmək lazımdır ki, KSOİA-nın işçi orqanının pyzeoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan ümumi momentin müxtəlif qiymətlərində pyzeoelektrik addım mühərrikinin işəsalınma müddətini sabit saxlamaqla mühərrikinin əyləcləmə və dayandırılma müddəti və kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının yaratdığı xətaları minimallaşdırmağa imkan verir.

7.6. Kvant selinin istiqamətinin optoelektron aşırıcısının eksperimental tədqiqi

KSOİA-nın eksperimental tədqiqat qurğusunun sxemi şəkil 7.3-də verilmişdir [3,8,14,15].



Şəkil 3. Kvant selinin istiqamətinin optoelektron aşırıcısının eksperimental tədqiqat qurğusunun sxemi

Pyzeoelektrik mühərrik "İşəsalma" (A) - 1 düyməsi vasitəsi ilə işə salınır ki, bunun da nəticəsində trigger (T) - 2 digər dayanıqlı vəziyyətə keçir və elektron açarı (EA) - 3 açılır. Bu halda dəyişən gərginlik generatorunun (DGG) - 4 çıxışından f_r rezonans tezlikli dəyişən gərginlik həyəcanlandırma elektrodlarının birinci seksiyasına - 5 verilir. Pyzeoelektrik mühərrik $t_{is_i}, i = \overline{1,5}$ müddətinə işə salındıqdan sonra birinci seksiyanın - 5 mexaniki rəqsləri elektrodların ikinci seksiyasına - 6 ötürülür. Həmin mexaniki rəqslərin təsiri nəticəsində elektrodların ikinci seksiyası - 6 verici mənbə rejiminə keçir və siqnallar formalaşdırır ki, bunlar da ossilloqrafın - 7 girişinə ötürülür və qeyd olunur.

Pyzeoelektrik mühərrikin valı - 9 işıq diodunun - 8 çıxışından optik siqnal val - 9 üzərindəki radial dəşiklər - 10 vasitəsi ilə fotodioda (FD) - 11 düşənə qədər fırlanır. Bu hal alındıqda fotodiodun (FD) - 11 çıxışından elektrik siqnalı gərginlik gücləndiricisi - 12 vasitəsi ilə triggerin - 2 idarəedicisi girişinə daxil olur və onu digər dayanıqlı vəziyyətə keçirir və elektron açar - 3 açılaraq dəyişən gərginlik generatorunun (DGG) - 4 çıxışından qida gərginliyinin verilməsini dayandırır və həyəcanlandırma elektrodlarının birinci seksiyası - 5 cərəyansızlaşdırılır.

7.6.1. Eksperimental tədqiqatın nəticələri

Pyzeoelektrik addım mühərrikinin valının qida gərginliyinin işəsalma və əyləcləmə müddətindən asılılığının qurulması üçün valın fırlanma sürətinin $5 \cdot 10^{-3} \dots 88 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ diapazonunda

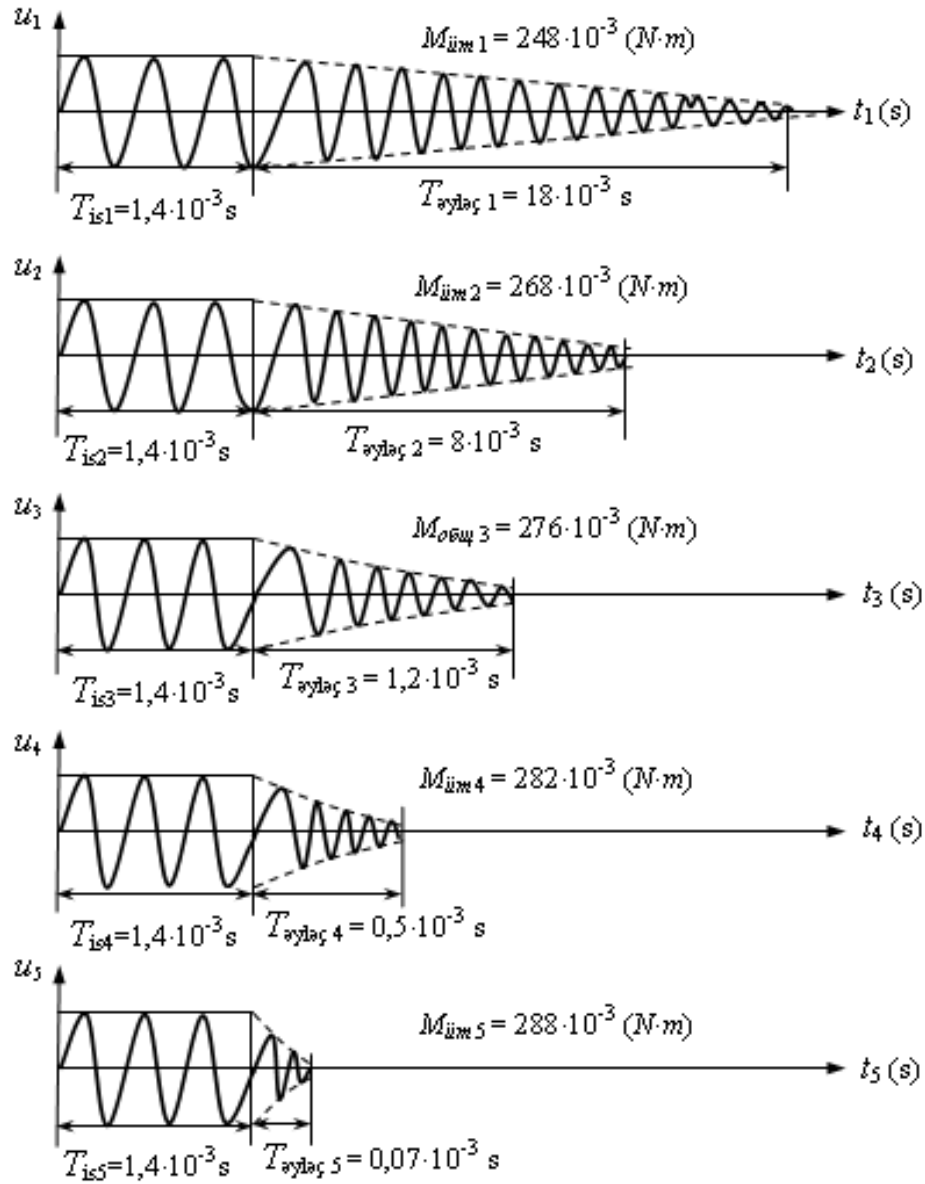
və işçi orqana sıxma qüvvəsinin 1,3...4,1N həddində (uyğun olaraq sıxma momentinin 0,248...0,288N/m həddində) dəyişməsindən istifadə olunmuşdur. Bu halda valın dəqiq dayandırılması binokulyar stereoskopik mikroskop (MBS-2) vasitəsi ilə qeyd olunmuşdur. Aparılmış eksperimentin nəticələrinə görə pyezoelektrik addım mühərrikinin dayandırılmasından sonra dəyişmə 1...3 mkm, yaranan xəta isə 0,13...0,71% təşkil etmişdir. Birmodlu optik lifin diametri 8...10 mkm təşkil etdiyi üçün güzgüdən əks olunaraq skan olunan siqnalın 70...80%-ni əhatə edir ki, bu da pyezoelektrik addım mühərrikinin valının lazımi dayandırılma dəqiqliyini təmin edir və bu aralığın olmaması, eləcə də yayın sıxma qüvvəsinin və pyezoelektrik elementinin gərginliyinin tənzimlənməsi ilə əldə olunur.

Pyezoelementin histerezisi ilə bağlı itkilər hiss olunmayacaq dərəcədə kiçikdir, belə ki pyezoelektrik addım mühərrikinin işi minimal yerdəyişmə sürətində dayandırılmaqla addım rejimində həyata keçirilir. Aparılmış eksperimentlərin nəticələrinə görə pyezoelektrik addım mühərrikinin tədqiq olunan xarakteristikalarının ədədi qiymətləri alınmış və cədvəl 7.1-də verilmişdir.

Cədvəl 7.1. Pyezoelektrik addım mühərrikinin xarakteristikalarının ədədi qiymətləri

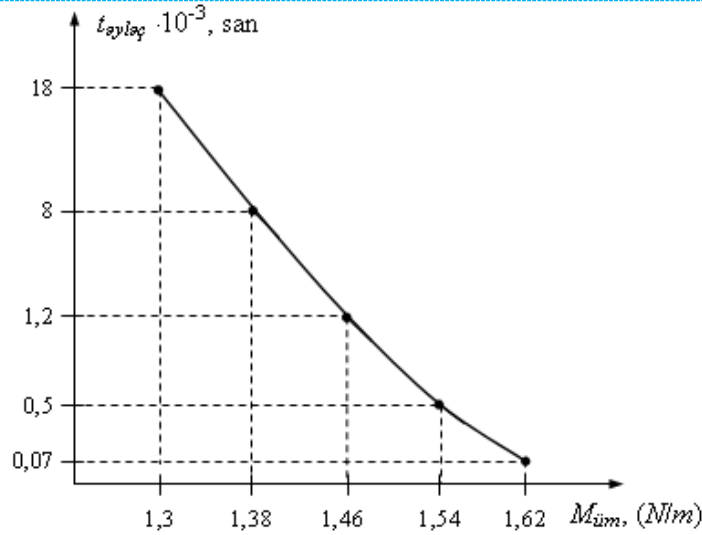
№	Xarakteristikalar	Ədədi qiymətlər				
		1,3	2,7	3,3	3,7	4,1
1.	Pyezoelementin pyezoelektrik addım mühərrikinin işçi orqanına sıxılma qüvvəsi, $F_{sq} (N)$	1,3	2,7	3,3	3,7	4,1
2.	Tangensial qüvvə vasitəsi ilə yaradılan moment, $M_1 (N \cdot m)$	0,23				
3.	Yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan moment, $M_2 (N \cdot m)$	0,018	0,038	0,046	0,052	0,058
4.	Pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsiq edən tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan ümumi moment, $M_{üm} (N \cdot m)$	0,248	0,268	0,276	0,282	0,288
5.	Pyezoelektrik addım mühərrikinin işəsalınma müddəti, $t_{iş} \cdot 10^{-3} (s)$	1,4				
6.	Pyezoelektrik addım mühərrikinin əyləcləmə müddəti, $t_{əyləç} \cdot 10^{-3} (s)$	18	8	1,2	0,5	0,07

Aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələrinə görə pyezoelektrik addım mühərrikinin valının vala təsir edən, pyezoelementin işçi orqana sıxılma momentinin müxtəlif qiymətlərində qida gərginliyinin dəyişməsinin valın işəsalma və əyləcləmə müddətindən asılılığı qurulmuş və şəkil 7.4-də verilmişdir.



Şəkil 7.4. Pyezoelektrik addım mühərrikinin valının vala təsir edən, pyezoelementin işçi orqana sıxılma momentinin müxtəlif qiymətlərində qida gərginliyinin dəyişməsinin valın işəsalma və əyləcləmə müddətindən asılılığı

Aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələrinə görə kvant selinin istiqamətinin optoelektron aşırıcısının işləmə dəqiqliyini təyin etmək üçün $t_{\text{əyləç}} = f(M_{\text{üm}})$ – pyezoelektrik addım mühərrikinin əyləcləmə müddətinin pyezoelementin işçi orqana ümumi sıxılma momentindən asılılığı qurulmuşdur (şəkil 7.5). Qurulmuş asılılıqdan görünür ki, pyezoelektrik addım mühərriki işə salındıqdan sonra mühərrikin valının minimal əyləcləmə müddəti $u_s = f(t_{\text{əyləç}})$ asılılığına uyğun gəlir ki, bu halda da pyezoelementin işçi orqana ümumi sıxılma momenti $M_{\text{üm5}} = 288 \cdot 10^{-3} \text{ (N}\cdot\text{m)}$ qiymətinə uyğun gəlir.



Şəkil 7.5. Pyezoelektrik addım mühərrikinin əyləçləmə müddətinin pyezoelementin işçi orqana ümumi sıxılma momentindən asılılığı

Şəkil 7.5-dən görünür ki, pyezoelementi pyezoelektrik addım mühərrikinin valına sıxma momentinin qiyməti $M_{\text{üüm}} = 1,62 N/m$ -ə qədər artdıqca pyezoelektrik mühərrikin valının əyləcləmə müddəti minimal $t_{\text{əyləç}} = 0,07 \cdot 10^{-3} s$ qiymətini alır və bundan sonra sıxılma momentinin qiymətinin sonrakı artımı zamanı valın yerdəyişmə sürəti birdən-birə azalır, əyləcləmə müddəti minimal qiymət alır, yəni əyləcləmə və dayandırma rejimində pyezoelement tərəfindən işçi orqana təsir qüvvəsi maksimal qiymət alır.

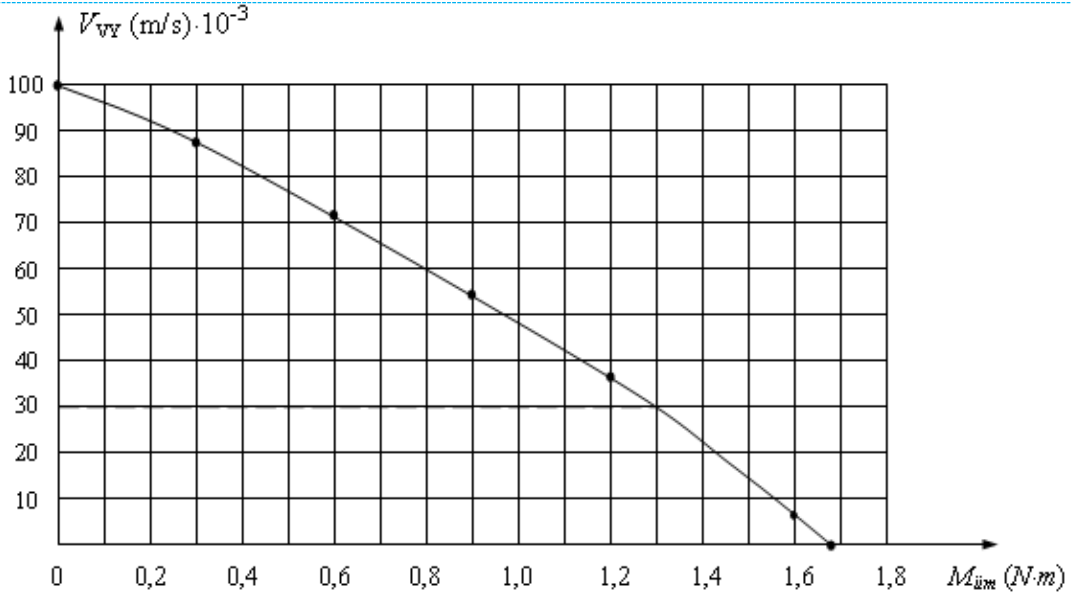
Təsir edən momentdən asılı olaraq pyezoelektrik mühərrikin valının yerdəyişmə sürətini təyin edərkən pyezoelementin pyezoelektrik mühərrikin valına ümumi sıxma momentinin qiyməti 0,3...1,6 N/m diapazonunda dəyişmişdir.

Alınmış eksperimental verilənlər əsasında pyezoelektrik mühərrikin valının yerdəyişmə sürətinin ədədi qiymətləri alınmış və cədvəl 7.2-də verilmişdir.

Cədvəl 7.2. Pyezoelektrik mühərrikinin valının yerdəyişmə sürəti ədədi qiymətləri

№	Xarakteristikaların adları	Alınmış ədədi qiymətlər						
		0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,68
1.	Pyezoelementin pyezoelektrik addım mühərrikinin işçi orqanına ümumi sıxılma momenti, $M_{\text{üüm}} (N \cdot m)$	0	0,3	0,6	0,9	1,2	1,6	1,68
2.	Pyezoelektrik addım mühərrikinin valının yerdəyişmə sürəti, $V_{VY} \cdot 10^{-3} (m/s)$	100	88	71	55	37	7	0

Alınmış eksperimental verilənlər əsasında pyezoelektrik mühərrikin valının yerdəyişmə sürətinin vala təsir edən ümumi momentdən asılılığı qurulmuş və şəkil 7.6-da verilmişdir.



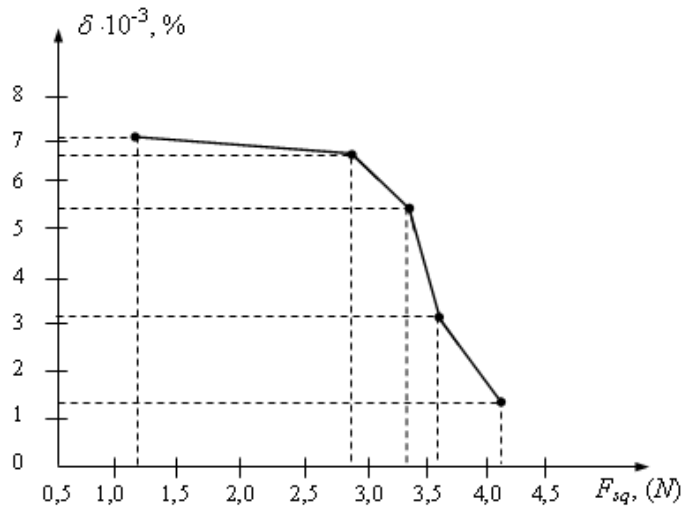
Şəkil 7.6. Pyezoelektrik mühərrikinin valının yerdəyişmə sürətinin vala təsir edən ümumi momentdən asılılığı

Aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələri üzrə pyezoelementin pyezoelektrik mühərrikin işçi orqanına sıxılma qüvvəsindən asılı olaraq xətlərin qiymətləri alınmış və nəticələr cədvəl 7.3-də verilmişdir.

Cədvəl 7.3. Pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılı olaraq xətlərin qiymətləri

№	Xarakteristikaların adları	Alınmış ədədi qiymətlər				
		1,3	2,7	3,3	3,7	4,1
1.	Pyezoelementin pyezoelektrik mühərrikin işçi orqanına sıxılma qüvvəsi, $F_{sq} (N)$					
2.	Kvant selinin istiqamətinin optoelektron aşırıcısının yaratdığı xətlər, $\delta (\%)$	0,0071	0,0067	0,0054	0,0031	0,0013

Kvant selinin istiqamətinin aşırma dəqiqliyini təyin etmək üçün aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələri üzrə $\delta = f(F_{sq})$ – nisbi xətlərin pyezoelementin pyezoelektrik mühərrikin işçi orqanına sıxılma qüvvəsindən asılılığı qurulmuş və həmin asılılıq şəkil 7.7-də verilmişdir.



Şəkil 7.7. Kvant selinin istiqamətinin aşırma prosesində yaranan nisbi xətlərin pyezoelementin pyezoelektrik mühərrikin işçi orqanına sıxılma qüvvəsindən asılılığı

Şəkil 7.7-dən görünür ki, pyezoelementin pyezoelektrik mühərrikin işçi orqanına sıxılma qüvvəsi $F_{sq} = 4,1N$ -a qədər artan zaman aşırma prosesində yaranan nisbi xəta $\delta = 0,0013\%$ – ə bərabər minimal qiymət alır, sıxılma qüvvəsinin qiymətinin sonrakı artımı zamanı valın yerdəyişmə sürəti birdən-birə azalır, aşırma prosesinin dəqiqliyi maksimal qiymət alır, yəni işəsalma və əyləcləmə və dayandırma rejimində pyezoelement tərəfindən işçi orqana təsir qüvvəsi maksimal qiymət alır.

Alınmış nəticələrdən görünür ki, pyezoelektrik mühərrikin əsas xarakteristikaları, yəni yerdəyişmənin amplitudası, pyezoelementin işçi orqanının ucunun yerdəyişmə sürəti, sıxılma qüvvəsi, ümumi sıxma momenti, valın yerdəyişmə sürəti, əyləcləmə və dayandırma müddəti və yaranan xətlər nəzəri nəticələrlə uzlaşır və eksperimentlə fərqlənmə minimal qiymət alır.

Nəticə.

Beləliklə, aparılmış analizlər nəticəsində KSOİA işlənmişdir ki, bu da pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsiq edən tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan ümumi momentin müxtəlif qiymətlərində mühərrikinin işəsalınma müddətini sabit saxlamaqla mühərrikinin əyləcləmə və dayandırılma müddəti və kvant selinin istiqamətinin optoelektron aşırıcısının yaratdığı xətlər minimallaşdırmağa imkan verir.

Hesabat dövründə alınmış elmi nəticələr yenidir. Təklif olunan şifrələmə açarlarının təhlükəsiz paylaşmasının kvant sistemləri, optik-lifli rabitə xətlərinin komponentləri və onların riyazi modelləri telekommunikasiya şəbəkələrində və sistemlərində optik siqnalların optik lifə daxil edildiyi zaman şüalandırıcı mənəbin və optik rabitə xəttinin optik liflərinin uzlaşdırıcı, yəni kommutasiya, mövqələşdirici və aşırıcı qurğularının işlənilib hazırlanması zamanı istifadə edilə bilər.

4 Layihə üzrə **elmi nəşrlər** (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, İmpact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərməlidir) *(surətlərini kağız üzərində və CD şəkildə əlavə etməli!)*

Məqalələr

1. Мансуров Т.М., Алиев Ч.П., Гулиева Г.И., Мансуров Э.Т. Фотонный коммутатор передачи информации и оптического шума по квантовому каналу связи // Научный журнал «Вестник Хмельницкого Национального Университета». -Хмельницкий, ХНУ, № 6, 2018. - с.157-165.
ISSN 2307-5732
DOI 10.31891/2307-5732
([http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2018/2018_6/\(267\)%202018-6-t1.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2018/2018_6/(267)%202018-6-t1.pdf)).
2. Мансуров Т.М. Выбор системы параметров для оценки характеристик фотонных устройств квантовых информационных систем / Научный журнал «Проблемы инфокоммуникаций» Учреждения Образования «Белорусская Государственная Академия Связи». -Минск: Издательство «Полиграфт», 2018, № 2 (8). -с.44-48.
ISSN 2414-3626
(<http://bsac.by/sites/default/files/content/landing/2018/70/files/12-17/no28-2018.pdf>).
3. Мансуров Т.М., Гулиева Г.И., Мансуров Э.Т. Разработка фотонного переключателя направления потока квантов и метода расчета его параметров / Научный журнал «Вестник Хмельницкого Национального Университета». -Харьков, ХНУ, № 5, 2019. -с.159-168.
ISSN 2307-5732
DOI 10.31891/2307-5732.
([http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2019/2019_5/\(277\)%202019-5-t.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/pdfbase/2019/2019_5/(277)%202019-5-t.pdf)).
4. Василевский Г.В., Зеневич А.О., Мансуров Т.М., Лагуттик А.А., Новиков Е.В. Влияние макроизгиба оптического волокна на величину хроматической дисперсии / Научный

журнал «Проблемы инфокоммуникаций» Учреждения Образования «Белорусская Государственная Академия Связи». -Минск: Издательство «Поликрафт», 2019, № 1 (9). - с.5-10.

ISSN 2414-3626

<http://bsac.by/sites/default/files/content/landing/2019/70/files/08-21/no1-9-2019.pdf>).

5. Мансуров Т.М., Мансуров Э.Т. Разработка фотонного устройства позиционирования излучения одиночных фотонов в оптическое волокно и метода расчета его параметров / Научный журнал «Проблемы инфокоммуникаций» Учреждения Образования «Белорусская Государственная Академия Связи». -Минск: Издательство «Поликрафт», 2019, № 2 (10). -с.37-45.

ISSN 2414-3626

<http://bsac.by/sites/default/files/content/landing/2020/70/files/01-14/zhurnal-no-10-16122019.pdf>).

6. Mansurov T.M., Mansurov E.T. Məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin foton kommutatorunun və onun parametrlərinin analitik hesabat üsulunun işlənməsi / “Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri” Elmi jurnalı. “İnformatika və avtomatika” bölməsi. Cild 22, № 4. -Bakı, ADNSU, 2020. –s. 64-71.

ISSN 1609-1620

Monoqrafiyalar

7. Зеневич А.О., Мансуров Т.М. Квантовые информационные системы. Монография. -Баку, Издательство Университета Хазар, 2018. - 278с.
8. Зеневич А.О., Мансуров Т.М. Квантовые информационные системы. Монография. -Минск, БГАС, 2019. - 280с.

Konfrans materialları

9. Mansurov T.M., Aliyev Ch.P., Mansurov E.T. Criteria for evaluation of characteristics of photon switchboards of optical signals and optical fibers for the quantum systems of transfer of confidential information // IEEE International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PIC S&T-2018) will be held in Kharkov (Ukraine), 9 - 12 October 2018. -pp.378-392.

IEEE Catalog Number: CFP18PIA-PRT

ISBN 978-1-5386-6609-8

file:///C:/Users/Tofiq/Downloads/paper_118.pdf

10. Мансуров Т.М. Выбор системы параметров для оценки характеристик фотонных устройств квантовых информационных систем // Материалы XXIII Международной НТК «Современные средства связи». -Минск: УО БГАС, 2018. -с.126-129.

ISBN 978-985-585-029-9

<http://bsac.by/sites/default/files/content/landing/2018/106/sovr-2018.pdf>).

11. Зеневич А.О., Мансуров Т.М., Новиков Е.В., Косари А.Г., Василиу Е.В. Модель безопасного распределения ключей шифрования в квантовой волоконно-оптической системе связи // Материалы XXIII Международной НТК «Современные средства связи». - Минск: УО БГАС, 2018. -с.182,183.

ISBN 978-985-585-029-9

<http://bsac.by/sites/default/files/content/landing/2018/106/sovr-2018.pdf>).

12. Мансуров Т.М. Компоненты волоконно-оптических линий связи квантовых систем передачи // Материалы Международной НТК «Инновационные технологии в телекоммуникации». -Баку, АзТУ, 2019. -с.16-18.

http://aztu.edu.az/azp/resources/down/4-6_dekabr_itt_konfrans_materiallar%C4%B1.pdf

13. Мансуров Т.М., Мансуров Э.Т. Эффективность передачи сигналов оптического излучения квантовых систем передачи // Материалы XIV Международной отраслевой

научно-технической конференции «Технологии информационного общества 2020». Конференция проходила 18-19 марта 2020 года в городе Москве в Конгресс - центре Московского Технического Университете Связи и Информатики. -М.: ИД Медиа Паблицер, 2020. -с.62-65.

[\(http://media-publisher.ru/tehnologii-informacionnogo-obshhestva-2020/\)](http://media-publisher.ru/tehnologii-informacionnogo-obshhestva-2020/).

14. Мансуров Т.М., Мансуров Э.Т. Оптические согласующие устройства квантовых информационных систем // Материалы XXV Международной НТК «Современные средства связи». -Минск: УО БГАС, 2020. -с.183-185.

ISBN 978-985-585-029-9

http://bsac.by/sites/default/files/content/basic/Common/03_Science/conference/sss/Document_conference_SSS_2020_10_23.pdf

15. Mansurov T.M., Mansurov E.T. Kvant informasiya sisteminin optik-lifli şaxələndiricisi/aşırııcısının işlənməsi // Azərbaycan Texniki Universitetnin 70 illik yubileyinə həsr olunmuş “Dördüncü sənaye inqilabının texnoloji perspektivləri: sənaye interneti, kiberfiziki sistemlər və intellektual texnologiyalar” mövzusunda Respublika ETK-nın materialları. -Bakı, AzTU, 2020. -s.85-88.

<http://aztu.edu.az/azp/yubiley/az/main/main.jsp>

16. Зеневич А.О., Мансуров Т.М., Новиков Е.В. Принципы квантового распределения ключей шифрования // Материалы 2-ой Международной Научно-Практической Конференции «Современные информационные, измерительные и управляющие системы: проблемы и перспективы (СИИУС'2020)», посвященной 100-летию АГУНП. -Баку, АГУНП, 2020. -2с.

<http://www.asoiu.edu.az/az/news/1281-adnsu>

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

17. Mansurov T.M. və b. Optik şüanın prezision mövqələşdirici qurğusu / Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi. İxtira üzrə Patent № İ 2019 0100 (29.12.2019). -Bakı, 2019. -13s.

http://patent.gov.az/files/ixtira_2018_03.pdf

6 Layihə üzrə ezamiyyələr (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərməlidir)

Layihə üzrə ezamiyyələr:

Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə dəstəyi ilə ezamiyyə

6.1. Birgə Beynəlxalq qrant layihəsi üzrə layihə rəhbəri kimi Belarus Respublikasının Minsk şəhərində “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsində 25 noyabr 2018-ci ildən 01 dekabr 2018-ci ilə qədər ezamiyyədə olduğum müddətdə nəzəri və eksperimental tədqiqatlar aparılmış və aşağıda qeyd edilən yeni elmi nəticələr alınmışdır:

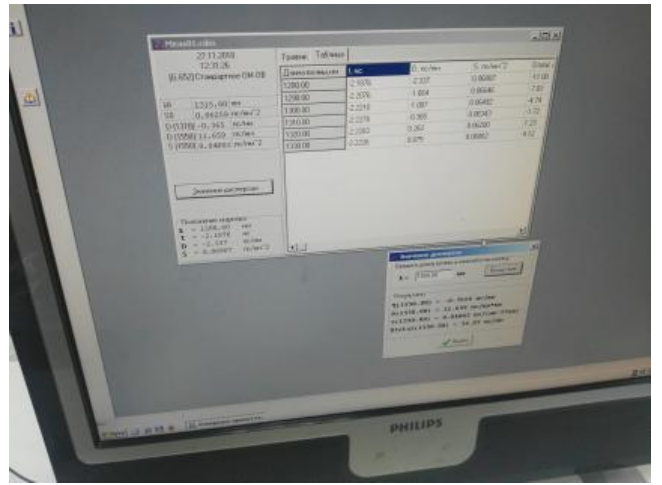
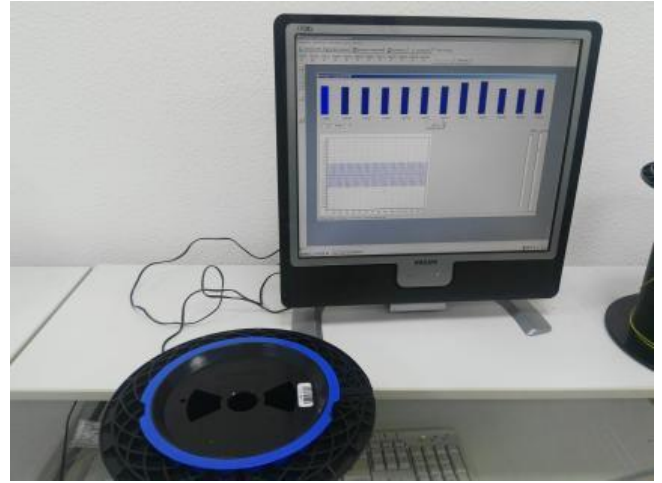
6.1.1. Kvant informasiya sistemi vasitəsi ilə optik rabitə təşkil edilən zaman rabitə kanalının foton kommutatorunun parametrlərinin analitik hesabat üsulunun işlənməsi üzrə qrant layihəsinin Belarus tərəfdən rəhbəri və icraçıların iştirakı ilə birgə elmi seminar keçirilmiş və müzakirələr aparılmışdır.

Foton kommutasiya prosesinin yüksək dəqiqliyinin təmin olunmasına və kvant informasiya sisteminin foton kommutatoru vasitəsi ilə optik siqnalın istiqamətinin avtomatik idarə edilməsinə qoyulan tələblərlə əlaqədar foton kommutatorunun texnoloji, mexaniki və istismar xarakteristikalarını daha dəqiq qiymətləndirmək üçün kvant informasiya sisteminin foton kommutatorunun parametrlərinin analitik hesabat üsulu işlənməmişdir.

6.1.2. Optik siqnalın xromatik dispersiyasının optik lifin əyilmə radiusu və həmin radiuslu əyilmə dolaqlarının sayından asılılığının çıxarılması ilə əlaqədar İD-2-2/12 tipli xromatik dispersiya ölçəndən istifadə edilməklə eksperimentlər aparılmışdır [4,7].

Optik siqnalın 1220, 1280, 1300, 1310, 1320 və 1330 nm dalğa uzunluqlarında birmodlu verilmiş üsulundan istifadə etdikdə optik lifin əyilmə radiusunun müxtəlif qiymətlərində (5, 10, 15, 20 mm və s.) və əyilmə dolaqlarının sayından asılı olaraq xromatik dispersiyanın qiymətləri ölçülmüş

və 1550 nm dağa uzunluğundakı xromatik dispersiyanın qiyməti ilə müqayisə olunmuşdur.



Alınmış təcrübə nəticələrinə əsasən optik lifin əyilmə radiusunun 10 mm-dən böyük olduqda xromatik dispersiyanın qiyməti dəyişmir, bu onunla izah olunur ki, əyilmə radiusunun qiyməti qeyd edilən qiymətdən böyük olduqda optik lifin buraxıla bilən əyilmə radiusunun qiymətinə uyğun gəlir.

6.1.3. Kvant informasiya sisteminin qəbuledicisinin həssaslığının temperaturdan asılılığı istilik-soyuqluq sobasından istifadə etməklə tədqiq olunmuş, aparılmış eksperimentlər nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, qəbuledicinin temperatur rejimi -70°S -dən $+30^{\circ}$ -yə qədər interval daxilində dəyişdikdə onun həssaslığına demək olar ki, təsir göstərmir.



6.1.4. Azərbaycan Texniki Universiteti (Azərbaycan Respublikası) və “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi (Belarus Respublikası) arasında “Optik rabitənin kvant sistemləri” adlı Birgə Beynəlxalq Elmi laboratoriyanın işinin Əsasnaməyə uyğun təşkil edilməsi, “Şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemləri” adlı EİF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/07/1 sayılı birgə Beynəlxalq qrant layihəsi üzrə nəzəri və eksperimental tədqiqatların mərhələlər üzrə vaxtında yerinə yetirilməsi və 2017 və 2018-ci illərdə “İnfokommunikasiya texnologiyalarının aktual problemləri” mövzusunda mühazirələrin oxunması ilə əlaqədar 29.11.2018-ci ildə “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin Elmi Şurasının iclasında Azərbaycan Texniki Universitetinin professoru Tofiq Məhəmməd oğlu Mansurova akademiyanın “Fəxri professor” diplomu təqdim olunmuşdur.



6.1.5. “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin 29.12.2018-ci il tarixli Elmi Şurasının iclasında “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin rektoru, professor Andrey Oleqoviç Zeneviçin və Azərbaycan Texniki Universitetinin professoru Tofiq Məhəmməd oğlu Mansurovun müəllifi olduqları “Kvant informasiya sistemləri” adlı monoqrafiya (həcmi 280 səh.) müzakirə olunmuş və çapa tövsiyə olunmuşdur.

Azərbaycan Texniki Universitetinin maliyyə dəstəyi ilə ezamiyyə

6.2. Belarus Elm və Texnologiyalar üzrə Dövlət Komitəsinin dəvəti ilə 18.09.2018-ci ildən 21.09.2018-ci ilə qədər Belarus Respublikasının Minsk şəhərində keçirilən Elmi-Texniki Əməkdaşlıq üzrə Belarus-Azərbaycan birgə işçi qrupunun 2-ci iclası keçirilmişdir.



Belorus Respublikasının Elm və Texnologiyalar üzrə Dövlət Komitəsi



Bu iclasın işində Azərbaycan tərəfdən layihə rəhbəri kimi t.e.d., professor Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu və Belorus tərəfdən isə rəhbər “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin rektoru, t.e.d., professor Andrey Oleqoviç Zeneviç iştirak etmişdir. İşçi qrupa Azərbaycan tərəfdən Azərbaycan MEA-nın birinci vitse-prezidenti, akademik İbrahim Quliyev və Belorus tərəfdən isə Belorus Elm və Texnologiyalar üzrə Dövlət Komitəsinin sədrinin 1-ci müavini Andrey Kosovski rəhbərlik etmişdir.

Elmi-Texniki Əməkdaşlıq üzrə Belorus-Azərbaycan birgə işçi qrupunun 2-ci iclasının **gündəliyi** aşağıdakı kimi təsdiq olunmuşdur:

1. Belorus və Azərbaycan Respublikasında Elmin, Texnologiyanın və İnovasiyanın vəziyyəti və inkişaf perspektivləri haqqında;
 1. Elmi-texniki əməkdaşlığın prioritet istiqamətlərinin yeniləndirilməsi haqqında.
2. Belorus Respublikası ilə Azərbaycan Respublikası arasında 2017 - 2019-cu illər üçün elmi-texniki əməkdaşlıq Proqramının icrası haqqında;
3. 2018 - 2019-cu illər üçün Belorus-Azərbaycan birgə elmi layihələrinin icrası haqqında (Belarusiya Elm və Texnologiyalar üzrə Dövlət Komitəsi, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, həmçinin Belarusiya Fundamental Tədqiqatlar Respublika Fondu və Azərbaycan Respublikasının Prezident yanında Elmin İnkişafı Fondunun xətti ilə);
4. Belorus-Azərbaycan birgə elmi tədbirləri haqqında (konfransların, seminarların, sərgilərin təşkili, alimlərin mübadiləsi və s.);
5. İşçi qrupunun növbəti iclasının tarixi və yeri barədə.

Belorus-Azərbaycan birgə işçi qrupunun 2-ci iclasının işində Azərbaycan tərəfdən Beynəlxalq laboratoriyanın və layihənin rəhbəri, t.e.d., professor Tofiq Məhəmməd oğlu Mansurov və Belorus tərəfdən isə rəhbər “Belarusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin rektoru, t.e.d.,

professor Andrey Oleqoviç Zeneviç iştirak etmiş və birgə beynəlxalq qrant layihəsinin yerinə yetirilməsi ilə geniş məruzə ilə çıxış etmiş və müəyyən təklər verilmişdir ki, bu təkliflər də yekun qərar layihəsində öz əksini tapmışdır.

Qəbul olunmuş Qərar layihəsinin "Belarus Respublikası ilə Azərbaycan Respublikası arasında 2017 - 2019-cu illər üçün elmi-texniki əməkdaşlıq Proqramının icrası haqqında" 3-cü bəndində qeyd edilmişdir ki, Belarus Respublikası ilə Azərbaycan Respublikası arasında 2017 - 2019-cu illər üçün elmi-texniki əməkdaşlıq Proqramına uyğun olaraq "Belarusiya Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi ilə Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin Azərbaycan Texniki Universiteti arasında təhsil, elm, texniki və digər sahələr üzrə proqramların həyata keçirilməsi ilə bağlı 18 may 2017-ci il tarixində Əməkdaşlıq haqqında müqavilə imzalanması və "Optik rabitənin kvant sistemləri" adlı birgə Beynəlxalq Elmi laboratoriyanın yaradılması yüksək qiymətləndirilmişdir.

Aparılmış müzakirələr əsasında İşçi qrup aşağıdakı razılığa gəlmişdir:

- Belarus Respublikası ilə Azərbaycan Respublikası arasında 2017 - 2019-cu illər üçün elmi-texniki əməkdaşlıq Proqramının icrası üzrə işlər davam etdirilsin;
- "Belarusiya Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi və Azərbaycan Texniki Universiteti tərəfindən təşkil olunmuş birgə "Optik rabitənin kvant sistemləri" Beynəlxalq Elmi laboratoriyanın səmərəli fəaliyyəti təmin etdirilsin.

Bu görüşün nəticələri əsasında layihə mövzusu ilə bağlı məlumatlar Belorusiya Elm və Texnologiyalar üzrə Dövlət Komitəsinin, "Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi və Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet sahifəsində geniş işıqlandırılmışdır.

Bununla yanaşı həmin görüşdə Azərbaycan Texniki Universiteti və "Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi arasında Əməkdaşlıq haqqında müqavilə, "Optik rabitənin kvant sistemləri" adlı birgə Beynəlxalq Elmi laboratoriya və "Şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemləri" adlı birgə Beynəlxalq Qrant layihəsi haqqında hər iki tərəfdən olan layihə rəhbərləri tərəfindən ətraflı məlumat verilmişdir.

Belorus-Azərbaycan elmi-texniki əməkdaşlığı 3 iyun 2010-cu ildə iki dövlət arasında əldə olunmuş razılığa əsasən həyata keçirilir.

http://www.gknt.gov.by/news/2018/belarus_i_azerbaydzhan_obsudili_perspektivy_nauchno_tekhnicheskogo_sotrudnichestva/

6.2.1. Layihə rəhbəri kimi mən Minsk şəhərində olarkən 21 sentyabr 2018-ci ildə keçirilmiş "Kvant rabitə sistemləri" adlı Belorus-Azərbaycan birgə Beynəlxalq elmi seminarında iştirak və çıxış etmişəm. Həmin seminar "Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsində bu mövzu üzrə tədqiqatlar aparan aspirantların elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri dinlənilmiş və müzakirələr aparılmışdır. Şəkil "Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsinin rektoru, birgə Beynəlxalq qrant layihəsinin Belorus tərəfdən rəhbəri, t.e.d., prof. Zeneviç Andrey Oleqoviç və Azərbaycan tərəfdən rəhbəri, Azərbaycan Texniki Universitetinin professoru, t.e.d. Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu birgə Beynəlxalq Belorus-Azərbaycan elmi seminarında çıxış edən zaman çəkilmişdir.

<http://bsac.by/events/sovmestnyi-mezdunarodnyi-belorusko-azerbaidzanskii-naucnyi-seminar-posvasennyi>



Öz hesabıma ezamiyyə

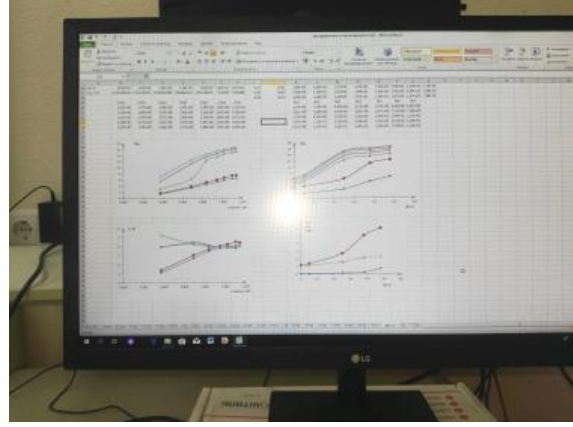
6.3. “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil müəssisəsinin dəvəti ilə layihə rəhbəri kimi Belorus Respublikasının Minsk şəhərində “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsində birgə beynəlxalq qrant layihəsinin yerinə yetirilməsinin 6-cı rübündə 06 - 13 avqust 2019-cu il tarixlərində nəzəri və eksperimental tədqiqatların aparılması məqsədi ilə ezamiyyədə olmuşam.

8 avqust 2019-cu il tarixində Minsk şəhərində Belorus Dövlət Rabitə Akademiyasında “Kvant informasiya sistemləri” mövzusunda Belorus-Azərbaycan birgə beynəlxalq Elmi seminar keçirilmişdir.

<http://bsac.by/events/naucnyi-seminar-quantovye-informacionnye-sistemy-0>

Ezamiyyədə olduğum müddət ərzində “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin Elmi-tədqiqat laboratoriyasında “Makroəyilmə əsasında birmodlu optik-lifli attenuatorun işlənməsi” və “Optik lifdə şüalanmanın əks istiqamətdə əks olunmasının xarakteristikalarının tədqiqi” məsələləri üzrə tədqiqat işləri və müzakirələr aparılmışdır.





7 Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)

8 Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak
(burada doldurmalı)

9 Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar)
(məlumat tam şəkildə göstərməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq)

9.1. Belarus Respublikasının Minsk şəhərində “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsində 17-18 may 2017-ci ildə Telekommunikasiya istiqamətli Ali məktəblərin rektorlarının daimi fəaliyyətdə olan Beynəlxalq konfransının üzvi kimi iştirakçısı olmuşam və Sertifikat verilmişdir.



9.2. “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsində 19.05.2017-ci ildə rəhbərliyin və bir qrup professor-müəllim heyətinin iştirakı ilə tələbələr qarşısında “Dəvətli professor” qismində “Müasir rabitə texnologiyaları” mövzusunda mühazirə oxumuşam və Akademiya tərəfindən Sertifikat verilmişdir.

9.3. Layihə rəhbəri kimi Minsk şəhərində olarkən 20 sentyabr 2018-ci ildə “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin rəhbərliyi, professor-müəllim heyəti, aspirant və tələbələr qarşısında “Müasir infokommunikasiya sistemlərinin aktual problemləri” mövzusunda mühazirə oxunmuş və Akademiya tərəfindən Sertifikat verilmişdir.



9.4. 06-13 avqust 2019-cu il tarixlərində Minsk şəhərində "Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsində öz hesabıma ezamiyyədə olarkən 8 avqust 2019-cu il tarixində layihə rəhbəri professor Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlunun sədrliyi altında Akademiyanın Elmi kitabxanasının oxu zalında "Kvant informasiya sistemləri" adlı Beynəlxalq Elmi seminarın Yay Elmi Məktəbinin iclası keçirilmişdir. Seminarın gedişində Akademiyanın "Makroəyilmə əsasında birmodlu optik-lifli attenuatorun işlənməsi" və "Optik lifdə şüalanmanın əks olunma xarakteristikalarının tədqiqi" mövzusunda 2 aspirantının məruzələri dinlənilmiş və geniş müzakirələr aparılmışdır. Seminarın gedişində mən Beynəlxalq qrant layihəsinin rəhbəri kimi məruzə ilə çıxış etmişəm və müəyyən qərarlar qəbul edilmişdir.



Ezamiyyədə olarkən layihə rəhbəri professor Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlunun sədrliyi altında Beynəlxalq Elmi seminarın Yay Elmi Məktəbinin iclasının aparılması ilə əlaqədar Akademiyanın rektorunun və iclas iştirakçılarının verdiyi təklif əsasında "Təşəkkür məktubu" verilmişdir.

<http://bsac.by/events/naucnyi-seminar-quantovye-informacionnye-sistemy-0>.



9.5. Moskva Rabitə və İnformatika Texniki Universitetinin Konqres-mərkəzində Moskva Rabitə və İnformatika Texniki Universitetinin, Elektrotexnika və Elektronika üzrə Mühəndislər İnstitutunun və “Media Pablişer” Nəşriyyat Evinin təşkilatçılığı ilə 18-19 mart 2020-ci ildə keçirilən “İnformasiya cəmiyyətinin texnologiyaları 2020” adlı Beynəlxalq Sahə Elmi-texniki Konfransının işində layihə rəhbəri kimi iştirak edib, “Kvant veriliş sisteminin optik şüa siqnalının veriliş effektivliyi” mövzusunda çıxış etmişəm.

(<http://media-publisher.ru/tehnologii-informacionnogo-obshhestva-2020/>).

1
0

Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları

Layihə üzrə alınması nəzərdə tutulan cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materialların siyahısı layihə rəhbəri tərəfindən Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fonduna təqdim olunmasına baxmayaraq, lakin Fond tərəfindən heç bir təklif verilməmiş və avadanlıq alınmamışdır.

11 Yerli həmkarlarla əlaqələr

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, AMEA-nın İnformasiya Texnologiyaları institutu, AMEA-nın Fizika institutu, AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutu, Azərbaycan Texnologiya Universiteti, Azərbaycan Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin İstehsalat Birlikləri, Milli Aerokosmik Agentlik ilə elmi əlaqələr yaradılmışdır.

12 Xarici həmkarlarla əlaqələr

“Belarusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi, “Moskva Rabitə və İnformatika Texniki Universiteti” Federal Təhsil Müəssisəsi, Moskva Dövlət Texniki Universiteti, Belarusiya Dövlət İnformatika və Radioelektronika Universiteti, A.S.Popov adına Odessa Milli Rabitə Akademiyası, Xmelniski Milli Universiteti, Xarkov Milli Radioelektronika Universiteti ilə elmi əlaqələr təşkil edilmişdir.

13 Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)

Layihə mövzusu üzrə layihə rəhbəri t.e.d., prof. T.M.Mansurovun rəhbərliyi altında 3 nəfər texnika üzrə fəlsəfə doktoru hazırlanır.

14 Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)

Azərbaycan Respublikasının Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin Bakı Ekspo Mərkəzində 3-6 dekabr 2019-cu il tarixlərində keçirdiyi “25-ci Yubiley Azərbaycan Beynəlxalq Telekommunikasiya, İnnovasiya və Yüksək Texnologiyalar Sərgisi” adlı Bakutel 2019 sərgisinin işində 5 dekabr 2019-cu ildə hər iki tərəfin nümayəndələri, “Belarusiya Dövlət Rabitə

Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin rektoru, t.e.d., professor Zeneviç Andrey Oleqoviç, “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin “Müasir Rabitə Texnologiyaları” institutunun direktoru, t.e.n., dosent Novikov Yevgeniy Vladimiroviç və Azərbaycan Texniki Universitetinin professoru, t.e.d. Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu iştirak etmişdir.

15 Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)

15.1. “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsində 27 noyabr 2018-ci ildə “Təhsil sferasında müasir informasiya texnologiyaları. Tədris prosesində elektron resurslarından istifadə. IPR BOOKS elektron-kitabxana sisteminin yeni imkanları” adlı master-sinifdə layihə rəhbəri professor Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu aktiv iştirak etmiş və IPR MEDIA kompaniyalar qrupunun Sertifikatını almışdır.



15.2. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “İnformasiya Texnologiyaları və İdarəetmə” fakültəsinin “Cihazqayırma mühəndisliyi” kafedrasında tərtib olunmuş plan üzrə 28.10.2019-cu ildən 28.11.2019-cu ilədək professor Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu elmi-pedaqoji təcrübə mübadiləsi keçmişdir. Təcrübə mübadiləsi keçilən zaman tədris prosesində istifadə olunan müasir texniki-tədris və tədris-metodiki vasitələrin vəziyyəti və bu günün tələblərinə cavab verməsi, kafedrada yerinə yetirilən elmi-tədqiqat işlərinin istiqaməti, müasirliyi ilə tanış olmuşam. Bununla yanaşı rəhbəri olduğum beynəlxalq qrant layihəsində alınmış elmi nəticələr ADNSU-nun rektoru - t.e.d., prof. Mustafa Baba oğlu Babanlı ilə və həm də təcrübə keçdiyim kafedranın professor-müəllim heyəti ilə də müzakirə olunmuşdur. Bu müzakirələr zamanı qrant layihəsinin mövzusunda uyğun əlavə mütəxəssislər də cəlb olunmuşdur.

16 Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərməlidir)

Azərbaycan Texniki Universiteti ilə “Belorusiya Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsi arasında Əməkdaşlıq haqqında Müqavilə bağlanmış, təşkil edilmiş “Optik rabitənin kvant sistemləri” adlı birgə Beynəlxalq Elmi laboratoriya və “Şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylaşmasının kvant sistemləri” adlı birgə Beynəlxalq Qrant layihəsi haqqında ətraflı məlumat hər iki ali məktəbin rəsmi səhifəsində verilmişdir.

Bununla yanaşı layihə mövzusu üzrə yerinə yetirilmiş işlər barədə və alınmış nəticələr haqqında məlumat Azərbaycan MEA və Təhsil Nazirliyinə verilmişdir.

SİFARIŞÇI:
Elmin İnkişafı Fondu

İCRAÇI:

Baş məsləhətçi
Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

“ ____ ” _____ 2021-ci il

Layihə rəhbəri
Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu

(imza)

“ ____ ” _____ 2021-ci il



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Belarus Respublikası Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
grantların verilməsi üzrə 2⁺-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq
müsabiqəsinin (EIF-BGM-3-BRFTF-2⁺/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQIQATLARDA İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA MƏLUMAT VƏRƏQİ (Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: **Şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemləri**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu**

Qrantın məbləği: **65 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-BGM-3-BRFTF-2⁺/2017-15/07/1-M-12**

3. Müqavilənin imzalanma tarixi: **29 mart 2018-ci il**

4. Müqavilənin imzalanma tarixi: **24 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

3. Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2018-ci il – 01 yanvar 2020-ci il**

4. Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il – 01 fevral 2021-ci il**

1. Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1 Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

Layihənin həyata keçirilməsi 2 il müddətinə planlaşdırılmış, 8 rübə bölünmüş və hər bir rüb üzrə işlərin yerinə yetirilməsi zamanı alınmış nəticələr və bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası ayrı-ayrılıqda aşağıda verilmişdir:

1. Məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemi üçün optik siqnallar və optik liflərin foton kommutatorlarının xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin meyarlar sisteminin seçilməsi

Məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemi üçün optik siqnallar və optik liflərin foton kommutatorlarının xarakteristikalarının qiymətləndirilməsinin yeni meyarlar sistemi təklif olunmuş və məlum meyarlar sistemi ilə müqayisədə bu meyarlar sistemi optik liflərin kommutasiya, mövqeləşdirmə və ya aşırma müddətini, optik siqnalın dispersiyasını, foton

kommutatorunun, mövqeləşdirici qurğunun və optoelektron istiqamət aşırıcısının daxil etdiyi zəifləmələri, mürəkkəb həndəsi formaya və konfigurasiyaya malik mexaniki element və qovşaların sayını, yəni bu qurğuların konstruksiyasının mürəkkəbliyini, proseslərin yerinə yetirilmə sürətini, optik siqnalın dalğa uzunluğunu, bu qurğuların tutumunu (kanalların və ya optik liflərin sayını), optik siqnalın enerji potensialının optik lifə daxil edilmə əmsalını, regenerasiya sahəsinin uzunluğunu və xidmət olunmayan regenerasiya məntəqələrinin sayını nəzərə almağa imkan verir.

2. Kvant selinin idarə olunma üsullarının və qurğularının analizi. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun işlənməsi

2.1. Kvant selinin idarə olunma üsullarının və qurğularının analizi

Kvant selinin mövcud idarə olunma üsulları və qurğularının analizi aparılmış və analiz nəticəsində qeyd edilmişdir ki, idarəetmə qurğusunun əsas işçi orqanı kimi pyezoelementdən istifadə etməklə işlənmiş idarə etmə qurğusu kvant selinin böyük həddə yerdəyişməsini, itkinin və təhriflərin qiymətinin minimal olmasını və kommutasiya prosesinin yüksək dəqiqliyini təmin edir.

2.2. Kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatorunun işlənməsi

Kvant veriliş sisteminin çıxışından optik siqnalın maksimal mümkün enerji potensialının optik lifə və optik lifin çıxışından isə optik siqnal qəbuledicisinin girişinə ötürülməsini təmin edən kvant rabitə kanalı üzrə informasiyanın və optik maneənin verilişinin foton kommutatoru işlənmişdir. Məlum analoqlar ilə müqayisədə təklif olunmuş foton kommutatorunun konstruksiyası sadələşdirilmiş, kommutasiya prosesinin dəqiqliyi kiçik hərəkət kütləsinə və kiçik ətalərə malik iki ədəd pyezoelektrik bimorf elementlərin istifadə edilməsi, eləcə də həmin kommutatorun qovşaqlarında mexaniki boşluqların olmaması hesabına artırılmışdır. Bu kommutatorun istismar etibarlılığı isə kvant rabitə kanalının optik liflərinin hərəkətsiz vəziyyətdə olması ilə bağlı deformasiyaya uğramaması, yəni kvant veriliş sisteminin çıxış optik siqnalının skan olunması optik liflərin kommutasiya qəliblərinin dəşiklərinə güzgü-əksətdirici vasitəsi ilə əks olunması hesabına artırılır.

3. Kvant rabitə kanalının foton kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi. Kvant sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun işlənməsi və onun optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemində istifadə olunma imkanının qiymətləndirilməsi

3.1. Kvant rabitə kanalının foton kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi

Foton kommutasiya prosesinin yüksək dəqiqliyinin təmin olunmasına və foton kommutatoru vasitəsi ilə optik siqnalın istiqamətinin avtomatik idarə edilməsinə qoyulan tələblərlə əlaqədar foton kommutatorunun texnoloji, mexaniki və istismar xarakteristikalarını daha dəqiq qiymətləndirmək üçün onun parametrlərinin analitik hesabat üsulu təklif olunmuşdur. Bu üsul vasitəsi ilə foton kommutatorunun hesablanmış parametrlərinin ədədi qiymətləri ilə və aparılmış

eksperimental ölçmələrin alınmış nəticələri arasındakı fərq 1÷3% təşkil etmişdir.

3.2. Kvant sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun işlənməsi və onun optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemində istifadə olunma imkanının qiymətləndirilməsi

Müasir telekommunikasiya şəbəkələrində informasiyanın yüksək sürətlə və effektiv ötürülməsini təmin etmək məqsədi ilə lifli-optik rabitə xətləri vasitəsi ilə işləyən optik telekommunikasiya sistemləri geniş tətbiq olunur. Kvant sisteminin passiv komponentlərinin işlənməsi zamanı yaranan əsas problemlərdən biri optik şüa siqnalının maksimal enerji potensialının optik lifə daxil edilməsi məqsədi ilə foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyinin artırılması, optik şüa siqnalının optik lifə daxil edilməsi zamanı şüa istiqamətinin və veriliş kanallarının çoxkanallı kommutasiya prosesinin idarə olunmasının əsas qanunauyğunluqlarının tədqiqi, qəbuledici modulun həssaslığının artırılması və qəbul edilən optik şüa siqnalının yüksəkhəssaslıqlı qeyd etmə üsullarından istifadə olunmasıdır.

Məlum uzlaşdırıcı qurğuların qurulma prinsiplərinin analizi göstərir ki, bu qurğular mürəkkəb mexaniki konstruksiyaya malik olmaqla yanaşı nisbətən az etibarlılıqlı və yerinə yetirdiyi çoxkanallı foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyi aşağıdır. Bundan başqa, qəza halında və digər zəruri hallarda horizontal və vertikal istiqamətlərdə optik lifin en kəsiyinin səthinə nəzərən optik şüa siqnalının yayılma istiqamətinin kommutasiya prosesində avtomatik idarə olunmasını tələb edir.

İki müstəvi kvadrat matris lövhə şəklində yerinə yetirilmiş çoxkanallı foton kommutatoru işlənməmiş, bu halda kommutasiya edən və kommutasiya olunan optik liflər işçi oraqana bərkidilmiş, sürüşkən diyircəklər üzərində qurulmuş müstəvi kvadrat matris lövhələrə uyğun gələn, iki tərəfə çıxışı olan perforasiya dəşiklərində yerləşdirilir, addım mühərriki isə bir-birinə nəzərən qarşı-qarşıya qoyulmuş və "x" və "y" oxları üzrə işçi oraqana sıxılmış pyezoelement şəklində yerinə yetirilmişdir ki, bunların əks tərəflərində isə işıq diodu və fotoqəbuledici quraşdırılmışdır. Addım mühərriki verilmiş alqoritm üzrə eyni zamanda bir necə rabitə kanalları üzrə çoxkanallı foton kommutasiya prosesinin yerinə yetirilməsini təmin edir. Pyezoelementin köməyi ilə kvadrat matris lövhələr mikroaddımlı xətti yerdəyişmə hərəkətinə gətirilir və optik liflərin verilmiş koordinatlarına uyğun gəlidiyi halda idarəetmə, proqram bloku, hesabi qurğu vasitəsi ilə addım mühərriki dayandırılır ki, bu da çoxkanallı foton kommutatorunun etibarlılığını və funksional imkanlarını artırmağa imkan verir.

4. Optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi

Foton kommutasiya prosesinin yüksək dəqiqliyinin təmin olunmasına və foton kommutatoru vasitəsi ilə optik siqnalın istiqamətinin avtomatik idarə edilməsinə qoyulan tələblərlə əlaqədar ikikoordinatlı çoxkanallı kommutatorun xarakteristikalarını daha dəqiq qiymətləndirmək üçün onun parametrlərinin tədqiq aparılmış və analitik hesabat üsulu təklif olunmuşdur. Bu zaman nəzərə alınmışdır ki, pyezoelementin seçilmiş həndəsi ölçülərinə uyğun olaraq uzununa yayılan dalğa halında buraxıla bilən yükədə cərəyanın qiyməti 10mA/sm^2 qiymətini, cərəyanın verilmiş qiymətində uzununa rəqslərin $f_{rez} = 29,2\text{ Hz}$ əsas rezonans tezliyində və $U = 37,5\text{ V}$ həyəcanlandırma gərginliyində pyezoelementdən axan cərəyanın qiyməti isə $48 \cdot 10^{-3}\text{ A}$ qiymətini

aşmamalıdır.

İkikoordinatlı çoxkanallı kommutatorunun parametrlərinin tədqiqi zamanı pyezoelementin əsas parametrlərinin hesabat metodikasından istifadə edərək birinci mod uzununa dalğanın müəyyən uzunluqlu prizma şəklində yerinə yetirilmiş pyezoelementin uzunluğu üzrə yayılması halında onun sərbəst ucunun yerdəyişmə amplitudası, pyezoelementin sərbəst ucunun maksimal buraxıla bilən xətti yerdəyişmə sürəti, pyezoelementin əsas rezonans tezliyi, yuklu pyezoelementin işçi ucunun sürəti, işçi orqanın orta xətti yerdəyişmə sürəti, mexaniki itki müqaviməti və s. parametrlər təyin olunmuşdur.

Diqər tərəfdən işçi orqanın foton kommutasiya prosesini yerinə yetirmə dəqiqliyini təyin etmək üçün eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır. Təcrübi eksperimentlərin aparılması zamanı nəzarət-ölçü başlığı işçi orqanın sərbəst ucuna bərkidilir və pyezoelementə qida gərginliyi verdikdə işçi orqan xətti yerdəyişmə hərəkətini həyata keçirir. İşıq diodu ilə fotoqəbuledicinin perforasiya deşikləri qarşı-qarşıya uyğun gəldikdə pyezoelementə verilən qida gərginliyi kəsilir və işçi orqanın dayandırılması prosesi baş verir və o dayanır, bu halda da foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyi nəzarət-ölçü başlığı ilə qeyd edilir.

Alınmış eksperimental nəticələr əsasında işçi orqanın foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyini təyin etmək üçün foton kommutasiya prosesinin nisbi xətasının pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı və eləcə də x, y oxları üzrə işçi orqanın xətti yerdəyişmə sürətinin pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı çıxarılmış və qeyd edilmişdir ki, pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsinin $F_s = 4,1\text{N}$ qiymətinə qədər artması ilə onun yerdəyişmə sürəti də artır, bu halda çoxkanallı foton kommutasiya prosesində yaranan xəta minimal $\delta = 0,0013\%$ qiymətini alır və sıxılma qüvvəsinin növbəti artımı zamanı sürət birdən-birə azalır, çoxkanallı foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyi maksimal qiymət alır, belə ki əyləcləmə və dayandırma rejimində pyezoelement tərəfindən işçi orqana təsir qüvvəsi maksimal qiymət alır.

Nəzəri və eksperimental nəticələr müqayisə olunmuş və onların bir-birindən fərqlənməsi təxminən $0,067\%$ təşkil etmişdir.

5. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun riyazi modelinin işlənməsi

5.1. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi

Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi ilə bağlı məlum optoelektron mövqeləşdirici qurğuların qurulma prinsiplərinin, onların işini xarakterizə edən meyarların analizi aparılmış və sistemləşdirilmişdir. Bu göstəricilər sisteminə mövqeləşdirmə müddəti ($2...10$ ms), mövqeləşdirmə prosesi zamanı daxil edilən itkilər ($3...10$ dB), qurğunun çıxışında mövqeləşdirilən optik siqnalın sönmə əmsalı (qurğunun növündən asılı olaraq $40...50$ dB-dən $10...15$ dB-ə qədər dəyişir) və s. aiddir. Bu meyarların və onların ədədi qiymətlərinin sistemləşdirilməsi bilavasitə yeni optoelektron mövqeləşdirici qurğunun işlənməsi ilə bağlı olmuşdur.

Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işlənməsi prosesi optik siqnal mənbələrinin, qəbuledicilərinin və həm də çoxmodlu optik liflərin xarakteristikaları ilə bilavasitə bağlı olub, kvant selinin maksimal mümkün enerjisinin optik lifə, optik lifdən isə fotoqəbulediciyə ötürülməsini təmin etməlidir. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunda işçi orqan

kimi pyezoelementlərdən istifadə olunması zəruriyyəti kiçik yerdəyişmə addımına, yüksək həlletmə qabiliyyətinə, yüksək möhkəmliyə, kiçik ölçülərə və kütləyə malik olması ilə bağlıdır. Bununla yanaşı pyezoelementlər hərəkətsiz vəziyyətdə, o cümlədən qida mənbəyi dövrədən açıldıqda da bir neçə mikro- və nanometr dəqiqliklə əvvəlki vəziyyətinin saxlanulmasını təmin edir, artıq yüklənməyə dayanıqlıdır, maqnit sahəsi yaratmır və onların təsirinə məruz qalmır və s.

Yuxarıda qeyd edilənləri nəzərə alaraq kvant selinin yeni optoelektron mövqeləşdirici qurğusu və onun idarəetmə sxemi işlənmişdir. Təklif olunan qurğu oxları üst-üstə düşən halqavari pyezoelektrik elementlərin üzərində bərkidici plankaların üstündə möhkəm bərkidilmiş optik lifli rabitə xətti, eləcə də şüalandırıcısı səth diodu mənbə şəklində yerinə yetirilmişdir ki, onların da hər biri eyni müstəqil elektrodlardan ibarətdir və bu halda halqavari pyezoelektrik elementlər bünövrədə elə möhkəm bərkidilmişdir ki, optik lifli rabitə xətti “x” koordinat oxu ətrafında sərbəst, şüalandırıcı səth diodu isə “y” koordinat oxu ətrafında sərbəst yerdəyişmə imkanına malik olurlar ki, bununla da mövqeləşdirmə prosesinin tələb olunan dəqiqliyi təmin edilir.

Təklif olunan kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunda optik lifə optik siqnalın daxil edilməsi zamanı yaranan itkilər 0,8...3,0 dB təşkil edir ki, bu da mövcud qurğularda yaranan itkilərin qiymətlərindən 40...55%-ə qədər azdır və bu halda mövqeləşdirmə xətası 0,0017...0,0065% təkil edir.

5.2. Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun riyazi modelinin işlənməsi

Kvant selinin optoelektron mövqeləşdirici qurğusunun işini xarakterizə edən göstəricilərin hesablanması üçün riyazi model işlənmişdir. İşlənmiş model ədədi aperturadan, eləcə də optik siqnal mənbəyinin bucaq istiqamətləndirmə diaqramından asılı olan çoxmodlu optik lifə daxil edilən optik siqnalın gücünü təyin etməyə imkan verir. Çoxmodlu optik lif onun en kəsiyinə düşmə bucağından kiçik olan bucaq altında düşən məlum sındırma əmsallı optik siqnalları qəbul edir.

Real çoxmodlu optik liflər, məsələn, texnoloji defektlər, makroəyilmələr və s. kimi qeyri-müntəzəmliyə malik olurlar ki, bunlar da modlararası əlaqənin yaranmasına və optik siqnalın gücünün bir hissəsinin çoxmodlu optik lifdən kənara çıxaraq müdafiə örtüyünə şüalanmasına gətirib çıxarır. Son nəticədə bu itkilərə gətirib çıxaran digər səbəb optik siqnal mənbəyinin və çoxmodlu optik lifin mod tərkibinin və modun strukturunun uyğun gəlməməsi nəticəsində stasionar mod vəziyyətinin alınmış uzunluğunda yayılan modun şüalanma moda çevrilmə prosesini mürəkkəbləşdirir ki, bu da enerjinin çoxmodlu optik lifin en kəsiyindən kənara şüalanmasına gətirib çıxarır. Eksperiment yolu ilə alınmış nəticələrə görə alınmış uzunluğunda şüalanma itkilərinin qiyməti 1,25 dB-ə qədər ola bilər.

6. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun işlənməsi. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi

6.1. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə qurğusunun işlənməsi

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilmə effektivliyi “Vahid fotonların şüalandırma mənbəyi – optik lif – fotoqəbuledici” sisteminin əsas göstəricisi olub, bu zaman daxil edilmə prosesinin effektivliyi vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil

edilən maksimal mümkün gücünün qiymətindən asılıdır.

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının diametri bir necə mikron olan optik lifə daxil edilməsi mürəkkəb bir proses olmaqla yanaşı yüksək dəqiqliyin təmin edilməsini tələb edir. Bu məqsədlə vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı yaranan itkilərin, xətalərin azaldılması və eləcə də daxiledilmə qurğusunun funksional imkanlarının genişləndirilməsi məqsədlə vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiledilmə qurğusu işlənilib hazırlanmışdır. Bu qurğu bərkidici qəliblərin köməyi ilə gövdəyə bərkidilmiş içiboş pyezoelektrik silindrə malikdir. İçəri tərəfdən içiboş pyezoelektrik silindr bir-birindən izole zolağı ilə ayrılmış iki elektrod seksiyasından ibarətdir. Bu seksiyalara elektrik sıxacları vasitəsi ilə sabit qıda gərginliyi verilir. İçiboş pyezoelektrik silindrə azad sonluqları tərəfdən optik rabitə kabelinin optik liflərinin istiqamətləndiriciləri bərkidilmiş, içiboş pyezoelektrik silindrin yan xarici tərəfindən isə metal lövhə qaynaq edilmişdir.

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə yeni daxiledilmə qurğusu səlis tənzimləməyə malik olduğuna görə optik rabitə kabelinin optik liflərinin mərkəzlərinin üst-üstə düşməsi təmin edilir. Bu zaman daxiledilmə dəqiqliyi işçi orqan kimi istifadə olunan içiboş pyezoelektrik silindrin əyilmə deformasiyasının amplitudasından asılıdır.

6.2. Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxiledilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulunun işlənməsi

Vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifin girişinə və optik lifin çıxışından isə fotoqəbulediciyə daxiledilmə qurğusunun parametrlərinin təyin olunma üsulu təklif olunmuşdur. Bu üsul işçi orqan kimi istifadə olunan olan içiboş pyezoelektrik silindrin qıda gərginliyindən asılı əyilmə deformasiyasının amplitudasını, əyilmənin statistik gücünü, pyezosağsı və metal lövhənin möhkəmliyi ilə əlaqədar olan cəm möhkəmliyini, ətalət momentini təyin etməyə imkan verir.

Beləliklə, təklif olunmuş üsuldan istifadə edərək aparılmış hesabatların nəticələrindən görünür ki, içiboş pyezoelektrik silindrin əyilmə deformasiyasının amplitudasının hesablanmış qiymətində vahid fotonlar mənbəyinin şüalanmasının optik lifə daxil edilməsi zamanı qurğunun daxil etdiyi sönmə 0,8...3,0 dB təşkil edir ki, bu da məlum daxiledilmə qurğularının yaratdığı sönmədən 40...45% azdır.

7. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işlənməsi. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işçi parametrlərinin hesabat üsulunun işlənməsi

7.1. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcısının işlənməsi

Kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi zamanı yüksək dəqiqliyin təmin edilməsi ötürülən informasiyanın düzgün qəbul edilməsi üçün əsas şərtlərdən biridir. Bir necə mikron ölçülü optik lifin en kəsiyində kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi mürəkkəb bir məsələdir.

Bu məsələnin həlli ilə əlaqədar kvant selinin şüalandırma mənbəyinin enerjisinin aşırma yolu ilə optik lifə daxil edilməsi zamanı yaranan müxtəlif növ optik itkilərin, xətalərin azaldılması və eləcə də aşırıcının funksional imkanlarının genişləndirilməsi məqsədlə kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcısı təklif olunmuşdur.

Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcsısı şüalandırıcının oxuna 45° bucaq altında bərkidilmiş əksetdirici güzgü, fokuslayıcı linza, bir-birinə nəzərən 90° bucaq altında yerləşdirilmiş optik lifli ötürücülər ilə təhciz olunmuşdur. Qurğunun tərkibinə pyezoelektrik addım mühərriki, əməliyyat gücləndiricisi, hesabi qurğu, müqayisə sxemi, seçmə bloku, məntiqi açar, dəyişən gərginlik generatoru, elektron açar, triqer, işıq diodu və fotodiod daxildir.

Kvant selinin şüalanmasının əksetdiricisi silindrik səthə malik valın fırlanma oxuna bərkidilmiş ikitərəfli müstəvi güzgü şəklində yerinə yetirilmişdir ki, buna da 45° bucaq altında addım mühərrikinin pyezoelementi sıxılmışdır. Valın silindrik səthi fırlanma oxunun mərkəzindən keçən birbaşa radial dəşiklərə malikdir ki, bu halda həmin dəşiklərin bir tərəfində işıq diodu, digər tərəfində isə fotodiod yerləşdirilmişdir ki, bunun da elektrik sıxacları ardıcıl olaraq əməliyyat gücləndiricisi, hesabi qurğu, müqayisə sxemi, məntiqi açar və trigger vasitəsi ilə elektron açarının idarəedici girişinə qoşulmuş, sonuncunun siqnal girişi və siqnal çıxışı uyğun olaraq dəyişən cərəyan generatorunun çıxışına və pyezosaxsı elementin elektrodlarına qoşulmuş, seçmə blokunun çıxışı isə müqayisə sxeminin ikinci girişinə qoşulmuşdur. Optoelektron istiqamət dəyişdiricisində qəbuledici - verici optik liflərin ümumi sayı məhdudlaşdırılmamışdır, ona görə də bir kabelin optik lifinə nəzərən 45° bucaq altında digər kabelin optik lifi yerləşdirilmişdir. Addım mühərrikinin pyezosaxsı elementi bir tərəfdən bünövrəyə möhkəm bərkidilmişdir. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcsısının konstruksiyasına daxil olan bütün elementlər bir gövdədə yerləşdirilmişdir.

Beləliklə, aparılmış analizlər nəticəsində kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcsısı təklif olunmuşdur ki, bu da pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan ümumi momentin müxtəlif qiymətlərində mühərrikinin işəsalınma müddətini sabit saxlamaqla mühərrikinin əyləcləmə və dayandırılma müddətini və kvant selinin istiqamətinin foton aşırıcsısının yaratdığı xətalara azaltmağa imkan verir.

7.2. Kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcsısının işçi parametrlərinin hesabat üsulunun işlənməsi

Aparılmış analizlər nəticəsində kvant selinin yeni optoelektron istiqamət aşırıcsısının işçi parametrlərinin hesabat üsulu təklif olunmuşdur ki, bu da pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən nominal momenti, pyezoelementin maksimal tangensial qüvvəsini, tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan və pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən momenti, Tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan və pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən cəm momenti, Buraxıla bilən həyəcanlandırma səviyyəsini nəzərə almaqla pyezoelementin işçi ucunun prizma şəkilli sürüşmə amplitudasını, maksimal buraxıla bilən mexaniki gərginliyin qiymətini, pyezoelementin işçi ucunun yerdəyişmə amplitudasını, addım rejimində pyezoelektrik mühərrikin valının yerdəyişmə sürətini, pyezoelementin işə salınması və mexaniki rəqslərinin qərarlaşması üçün zəruri olan müddətini hesablamağa imkan verir.

Bununla yanaşı, işçi parametrlərinin hesabat üsulu pyezoelektrik addım mühərrikinin valına təsir edən tangensial qüvvə və yayın sıxılma qüvvəsi ilə yaradılan ümumi momentin müxtəlif qiymətlərində mühərrikinin işəsalınma müddətini sabit saxlamaqla mühərrikinin əyləcləmə və dayandırılma müddəti və kvant selinin optoelektron istiqamət aşırıcsısının yaratdığı xətalara azaltmağa imkan verir.

8. Alınmış nəticələrin analizi və ümumiləşdirilməsi. Yekun hesabatın tərtibi

Layihənin həyata keçirilməsi zamanı ayrı-ayrı rüblər üzrə alınmış nəticələr analiz edilmiş və ümumiləşdirilmişdir. Bunun əsasında da yekun elmi-texniki hesabat tərtib edilmişdir.

2

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat: istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. - təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

- istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli) – tətbiq olunmamışdır;
- tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. - təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli):

Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı alınan elmi-texniki nəticələr Azərbaycan Texniki Universitetində və "Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsində tədris prosesinə tətbiq olunmuşdur:

- Azərbaycan Texniki Universitetinin "Telekommunikasiya və informasiya təhlükəsizliyi" və "İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma" kafedrasında bakalavr səviyyəsində 050615 - "İnformasiya təhlükəsizliyi" ixtisasının "İnformasiya təhlükəsizliyi vasitələri" fənninin, magistratura səviyyəsində isə 060627 - "Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika mühəndisliyi" ixtisasının "Telekommunikasiya sistemlərinin informasiya təhlükəsizliyi" ixtisaslaşmasının "İnformasiya təhlükəsizliyinin üsulları və vasitələri" və "Telekommunikasiya sistem və şəbəkələrinin mühafizə üsulları və texnologiyaları" fənlərinin tədrisi prosesində istifadə olunmuş və bu haqda müvafiq akt tərtib edilmişdir (akt əlavə olunur).
- "Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsində 1-45 01 01 "İnfokommunikasiya texnologiyaları" və 2-45 01 33 "Telekommunikasiya şəbəkələri" ixtisasları üzrə mütəxəssis hazırlığı və 1-31 80 07 "Radiofizika" ixtisası üzrə magistr hazırlığı zamanı tədris prosesində istifadə olunmuş və bu haqda müvafiq akt tərtib edilmişdir (akt əlavə olunur).

Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı alınmış nəticələr əsasında monoqrafiya hazırlanmış, Minskdə və Bakıda çapdan çıxmışdır:

1. Зеневич А.О., Мансуров Т.М. Квантовые информационные системы. Монография. -Баку, Издательство Университета Хазар, 2018. - 278с.
2. Зеневич А.О., Мансуров Т.М. Квантовые информационные системы. Монография. - Минск, БГАС, 2019. - 280с.

- bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri) – bağlanmamışdır;
- dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi) – yoxdur;
- ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı) – 1 ədəd;

1. Mansurov T.M., Hüseyinov B.İ., Əliyev Ç.P., Cəbrayılova S.Ə. Mansurov T.M. və b. Optik şüanın prezision mövqələşdirici qurğusu / Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi. İxtira üzrə Patent № İ 2019 0100 (29.12.2019). -Bakı, 2019. -13s.
(http://patent.gov.az/files/Ixtira_2018_03.pdf)

2. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1 Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönlü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

Təklif olunan şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemləri, optik-lifli rabitə xətlərinin komponentləri və onların riyazi modelləri telekommunikasiya şəbəkələrində və sistemlərində optik siqnalların optik lifə daxil edildiyi zaman şüalandırıcı mənbənin və optik rabitə xəttinin optik liflərinin uzlaşdırıcı, yəni kommutasiya, mövqələşdirici və aşırıcı qurğularının işlənilib hazırlanması zamanı fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönlü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında istifadə edilə bilər.

SİFARİŞÇİ:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

“ ____ ” _____ 2021-ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu

(imza)

“ ____ ” _____ 2021-ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Belarus Respublikası Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
qrantların verilməsi üzrə 2⁺-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq
müsabiqəsinin (EIF-BGM-3-BRFTF-2⁺/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT
(Qaydalar üzrə Əlavə 17)**

Layihənin adı: **Şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylanması kvant sistemləri**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu**

Qrantın məbləği: **65 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-BGM-3-BRFTF-2⁺/2017-15/07/1-M-12**

5. Müqavilənin imzalanma tarixi: **29 mart 2018-ci il**

6. Müqavilənin imzalanma tarixi: **24 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

5. Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 may 2018-ci il – 01 yanvar 2020-ci il**

6. Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il – 01 fevral 2021-ci il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı)

№	Tamliq dərəcəsi	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
	Elmi məhsulun növü			
1.	<i>Monoqrafiyalar</i>	2		
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş	1		
2.		6		

	<i>həmçinin xarici nəşrlərdə</i>	5		
3.	<i>Konfrans materiallarında məqalələr</i>	1		
	<i>O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında</i>	1		
4.	<i>Məruzələrin tezisləri</i>	7		
	<i>həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda</i>	6		
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

2. İxtira və patentlər (sayı)

Nö	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə			
2.	İxtira	1		
3.	Səmərələşdirici təklif			

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

Nö	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenar, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	Beynəlxalq seminar: 18-21.09.2018-ci ildə Belarus Elm və Texnologiyalar üzrə	beynəlxalq	dəvətli	1

	<p>Dövlət Komitəsinin Minsk şəhərində keçirilən beynəlxalq elmi-texniki əməkdaşlıq üzrə Belarus-Azərbaycan birgə işçi qrupunun 2-ci iclası keçirilmişdir. Birgə işçi qrupu Azərbaycan tərəfdən Azərbaycan MEA-nın birinci vitse-prezidenti, akademik İbrahim Səid oğlu Quliyev və Belarus tərəfdən isə Belarus Elm və Texnologiyalar üzrə Dövlət Komitəsinin sədrinin 1-ci müavini Andrey Arkadyeviç Kosovski rəhbərlik etmişdir.</p> <p>Həmin iclasın işində Azərbaycan tərəfdən birgə beynəlxalq Elmi laboratoriyasının və birgə Beynəlxalq qrant layihəsinin rəhbəri, t.e.d., professor Tofiq Məhəmməd oğlu Mansurov və Belarus tərəfdən isə rəhbər "Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsinin rektoru, t.e.d., professor Andrey Oleqoviç Zeneviç iştirak etmiş və beynəlxalq qrant layihəsinin yerinə yetirilməsi ilə bağlı geniş məruzə ilə çıxış edilmiş və müəyyən təkliflər verilmişdir ki, bu təkliflər də yekun qərar layihəsində öz əksini tapmışdır.</p> <p>Aparılmış müzakirələr əsasında İşçi qrup aşağıdakı razılığa gəlmişdir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Belarus Respublikası ilə Azərbaycan Respublikası arasında 2017 - 2019-cu illər üçün elmi-texniki əməkdaşlıq Proqramının icrası üzrə yerinə yetirilən işlər davam etdirilsin; - "Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsi və Azərbaycan Texniki Universiteti tərəfindən təşkil olunmuş "Optik rabitənin kvant sistemləri" adlı birgə Beynəlxalq Elmi laboratoriyasının səmərəli fəaliyyəti davam etdirilsin. <p>http://www.gknt.gov.by/news/2018/belarus_i_azerbaydzhan_obsudili_perspektivy_nauchno_tekhnicheskogo_sotrudnichestva/</p>			
2.	<p>Beynəlxalq seminar:</p> <p>21 sentyabr 2018-ci ildə "Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsində keçirilmiş "Kvant rabitə sistemləri" adlı birgə Belorusiya-Azərbaycan Beynəlxalq Elmi seminarı keçirilmişdir. Seminarın gedişində "Dəvətli professor" qismində "Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası" Təhsil Müəssisəsində rəhbərliyin, bir qrup professor-müəllim heyəti və tələbələrin iştirakı ilə "İnfokommunikasiya sistemlərinin aktual problemləri" mövzusunda mühazirə oxunmuş və müvafiq Sertifikat verilmişdir.</p> <p>http://bsac.by/events/sovместnyi-mezdunarodnyi-belorussko-azerbaidzanskii-nauchnyi-seminar-posvasennyi</p>	beynəlxalq	dəvətli	1
3.	<p>Beynəlxalq konfrans:</p> <p>9-12 oktyabr 2018-ci ildə Elektrotexnika və Elektronika üzrə Mühəndislər İnstitutu IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) və Xarkov Milli Radioelektronika Universitetinin təşkilatçılığı ilə keçirilmiş "İnfokommunikasiyanın problemləri.</p>	beynəlxalq	dəvətli	1

	<p>Eim və texnologiyalar” (PIC S & T 2018) adlı Beynəlxalq Elmi-Praktik konfrans keçirilmiş və konfransın iclasında “Məxfi informasiyanın kvant veriliş sistemlərinin optik siqnalları və optik liflərinin foton kommutatorların xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi kriteriyaları” (Criteria for Evaluation of Characteristics of Photon Switchboards Optical Signals and Optical Fibres for the Quantum Systems of Transfer Confidential Information) adlı on-layn məruzə ilə çıxış etmişəm, məruzə Konfrans materiallarında çap olunmuş və Sertifikat verilmişdir. file:///C:/Users/Tofiq/Downloads/paper_118.pdf</p>			
4.	<p>Beynəlxalq konfrans: 18,19 oktyabr 2018-ci ildə Belarusiya Rabitə və İnformasiyalaşdırma Nazirliyinin “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin, Rabitə sahəsində Regional Əməkdaşlıq qrupunun, Beynəlxalq Elektrik Rabitə İttifaqının təşkilatçılığı ilə keçirilmiş “Müasir rabitə vasitələri” adlı XXIII Beynəlxalq Elmi-texniki konfrans keçirilmiş və konfransın iclasında “Kvant informasiya sistemlərinin foton qurğularının xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi üçün parametrlər sisteminin seçilməsi” və “Kvant fiber-optik rabitə sistemində şifrləmə açarlarının təhlükəsiz paylanması modeli” adlı məruzə ilə çıxış etmişəm və məruzə materialı Konfrans materiallarında çap olunmuşdur. http://bsac.by/sites/default/files/content/landing/2018/106/s_ovr-2018.pdf.</p>	beynəlxalq	dəvətli	2
5.	<p>Beynəlxalq seminar: 8 avqust 2019-cu il tarixində mənim sədrliyim altında “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsində “Kvant informasiya sistemləri” adlı Beynəlxalq Elmi seminarın Yay Elmi Məktəbinin iclası keçirilmiş və həmin Elmi seminarın gedişində Beynəlxalq qrant layihəsinin rəhbəri kimi geniş məruzə ilə çıxış etmişəm, müzakirələr aparılmış, müvafiq qərarlar qəbul edilmiş və seminarın iclasının yekununda layihə rəhbəri kimi mənə Akademiyanın rəhbərliyi tərəfindən “Təşəkkür məktubu” təqdim edilmişdir. http://bsac.by/events/naucnyi-seminar-quantovye-informacionnye-sistemy-0</p>	beynəlxalq	dəvətli	1
6.	<p>Beynəlxalq konfrans: 4-6 dekabr 2019-cu il tarixində Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin, Azərbaycan Respublikası Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin, Azərbaycan Texniki Universitetinin və “Belarus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin birgə təşkilatçılığı ilə “Telekommunikasiyada innovativ texnologiyalar” adlı Beynəlxalq Elmi-Texniki Konfrans keçirilmiş, konfransın</p>	beynəlxalq	plənar	1

	<p>plenar iclasında “Kvant veriliş sistemlərinin optik-lifli rabitə xətlərinin komponentləri” adlı məruzə ilə çıxış etmişəm, məruzə materialı Konfransın materiallarında çap olunmuş və Sertifikat verilmişdir.</p> <p>http://aztu.edu.az/azp/resources/down/4-6_dekabr_itt_konfrans_materiallar%C4%B1.pdf.</p>			
7.	<p>Beynəlxalq konfrans: 18-19 mart 2020-ci ildə Moskva Rabitə və İnformatika Texniki Universitetinin, Elektrotexnika və Elektronika üzrə Mühəndislər İnstitutu (IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers) və “Media Pablişer” Nəşriyyat Evinin təşkilatçılığı ilə keçirilən “İnformasiya cəmiyyətinin texnologiyaları 2020” adlı Beynəlxalq Sahə Elmi-Texniki Konfransı keçirilmiş və konfransın gedişində “Kvant veriliş sisteminin optik şüa siqnallarının veriliş effektivliyi” adlı on-layn məruzə ilə çıxış etmişəm və məruzə Konfrans materiallarında çap olunmuşdur.</p> <p>(http://media-publisher.ru/tehnologii-informacionnogo-obshhestva-2020/).</p>	beynəlxalq	dəvətli	1
8.	<p>Beynəlxalq konfrans: 22,23 oktyabr 2020-ci ildə Belarusiya Rabitə və İnformasiyalaşdırma Nazirliyinin “Belorus Dövlət Rabitə Akademiyası” Təhsil Müəssisəsinin, Rabitə sahəsində Regional Əməkdaşlıq qrupunun, Beynəlxalq Elektrik Rabitə İttifaqının təşkilatçılığı ilə keçirilmiş “Müasir rabitə vasitələri” adlı XXV Beynəlxalq Elmi-texniki konfrans keçirilmiş və konfransın gedişində “Kvant informasiya sistemlərinin optik razılaşıdırıcı qurğuları” adlı on-layn məruzə ilə çıxış etmişəm, məruzə materialı Konfrans materiallarında çap olunmuş və Sertifikat verilmişdir.</p> <p>http://bsac.by/sites/default/files/content/basic/Common/03_Science/conference/sss/Document_conference_SSS_2020_10_23.pdf</p>	beynəlxalq	plenar	1
9.	<p>Beynəlxalq konfrans: 26,27 noyabr 2020-ci ildə Azərbaycan Texniki Universiteti ilə AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun birgə təşkilatçılığı ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin 70 illik yubileyinə həsr olunmuş “Dördüncü sənaye inqilabının texnoloji perspektivləri: sənaye interneti, kiberfiziki sistemlər və intellektual texnologiyalar” mövzusunda Respublika Elmi-texniki konfrans keçirilmiş, konfransda “Kvant informasiya sisteminin optik-lifli şaxələdiricisi/aşiricisinin işlənməsi” adlı on-layn məruzə ilə çıxış etmişəm, məruzə materialı Konfrans materiallarında çap olunmuş və Sertifikat verilmişdir.</p>	ölkədaxili	dəvətli	1
10.	<p>Beynəlxalq konfrans:</p>	beynəlxalq	dəvətli	1

7,8 dekabr 2020-ci ildə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (ADNSU) ilə Fransanın Burgogne-Franche-Comté Universitetinin birgə təşkilatçılığı ilə ADNSU-nun 100 illiyinə həsr olunmuş “Müasir informasiya, Ölçmə və İdarəetmə Sistemləri: Problemlər və Perspektivlər” mövzusunda (MIMCS’2020”) Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfrans Konfrans keçirilmiş və konfransda “Şifrələmə açarlarının kvant paylanma prinsipləri” adlı on-layn məruzə ilə çıxış etmişəm və məruzə materialı Konfrans materiallarında çap olunmuşdur.

SİFARIŞÇI:
Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi
Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

“ ____ ” _____ 2021-ci il

İCRAÇI:
Layihə rəhbəri

Mansurov Tofiq Məhəmməd oğlu

(imza)

“ ____ ” _____ 2021-ci il