

Məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin foton kommutatorunun və onun parametrlərinin analitik hesabat üsulunun işlənməsi

İnformatika və avtomatika

Mansurov T.M., Mansurov E.T.
Azərbaycan Texniki Universiteti
E-mail: tofiq-mansurov@rambler.ru

Kommutasiya prosesinin dəqiqliyini artırmaq, yaranan nisbi xətanı azaltmaq, foton kommutatorun konstruktiv quruluşunu sadələşdirmək və funksional imkanlarını artırmaq üçün məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin foton kommutatoru, onun idarəetmə sxemi və parametrlərinin analitik hesabat üsulu işlənmişdir. İşlənmiş foton kommutatorunun parametrlərinin eksperimental tədqiqi aparılmış və foton kommutasiya prosesinin nisbi xətasının, eləcə də işçi orqanın düzbucaqlı koordinat sisteminin oxları üzrə yerdəyişməsinin xətti sürətinin qiymətinin pyzeoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsinin qiymətindən asılılığı çıxarılmışdır. Bundan başqa mürəkkəb formaya malik mexaniki element və qovşaqların sayının azaldılması işlənmiş foton kommutatorunun konstruktiv quruluşunu sadələşdirməyə, foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyini və istismar etibarlılığını artırmağa imkan verir. Foton kommutatoru işlənərək optoelektronikanın və foton kommutasiya prosesinin qanunauyğunluqlarından istifadə edilmişdir.

Açar sözlər: telekommunikasiya, kommutator, optik lif, pyzeoelement, işçi orqan, optoelektronika.

Giriş

Müasir telekommunikasiya şəbəkələrində informasiyanın məxfiliyini təmin etməklə onun yüksək sürət və dəqiqliklə effektiv verilişinə imkan verən kvant veriliş sistemlərindən (KVS) istifadə edilməsi məqsəduyğundur. Bununla yanaşı uzaq məsafəyə rabitə təşkil edilən zaman bu məsələnin həlli müəyyən problemlərlə üzləşir. KVS-lərinin komponentlərinin işlənməsi zamanı yaranan əsas problemlərdən biri optik signalın (OS) maksimal enerji potensialının optik kabelin (OK) optik liflərinə (OL) daxil edilməsi məqsədi ilə foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyinin artırılması, OS-nin OL-ə daxil edilməsi zamanı onun yayılma istiqamətinin və foton kommutasiya prosesinin idarə olunmasının əsas qanunauyğunluqlarının tədqiqi, fotoqəbuledicinin (FQ) həssaslığının artırılması və qəbul edilən OS-nin yüksəkhəssaslıqlı qeydedilmə üsullarından istifadə olunmasıdır. Telekommunikasiya şəbəkələrinin inkişaf istiqamətlərinin və müasir vəziyyətinin analizi yeni komponent və qovşaqların parametrlərini nəzərə almaqla optimallaşdırılan yeni komponent bazasının tətbiqi və müasir infokommunikasiya texnologiyalarından istifadə etməklə optik telekommunikasiya vasitələrinin işlənməsi problemini qarşıya qoyur [2,7,10]. Bu problem telekommunikasiya sistemlərinin təkmilləşdirilməsinin ilk növbədə həllini tələb edən məsələlər sırasında olduğunu ön plana çəkir ki, bunun da həlli onların komponentləri çoxluğu üzrə KVS-nin işləmə effektivliyini müqayisəolunacaq dərəcədə artırmağa imkan verəcəkdir.

OS-ların və ya OL-lərin kommutasiya prosesini yerinə yetirən foton kommutatorunun (FK) işləmə effektivliyi bir çox kriteriyalarla müəyyən olunur ki, bunlara da mövcud optik xətt qurğularının istifadə effektivliyinin artırılmasını, sönmənin, dispersiyanın, aralıq regenerasiya

məntəqələrinin sayının azaldılmasını, OS-ların və OL-lərin FK vasitəsilə yerinə yetirilən kommutasiya prosesinin tətbiqinin əsas qanunauyğunluqlarının tədqiqini və OS-ın maksimal enerji potensialının OK-nın OL-lərinə daxil edilməsini aid etmək olar. Bu qurğular parametrlər sistemi ilə, yəni OS-ların maksimal enerji potensialının OK-lərin OL-lərinə daxil edilməsi, daxil edilən sönmə, dalğa uzunluğu və ya işçi tezlik diapazonu, gücün buraxıla bilən qiyməti və s. ilə xarakterizə olunur. Bununla əlaqədar kommutasiya prosesinin dəqiq yerinə yetirilməsi məsələsi vacib tədqiqat məsələlərindəndir. OL-lərin qeyri-dəqiq kommutasiya prosesi əlavə itkilərə və OS-ın təhrif olunmasına gətirib çıxarır. Ona görə də, OS və OL-lərin FK-nın, onun parametrlərinin qiymətləndirilməsi üçün kriteriyalar sisteminin seçilməsi məsələsi həllini tələb edən məsələlərdəndir. Bu məsələlərin hər birinin həllini ayırı-ayrılıqda nəzərdən keçirmək lazımdır.

Məsələnin qoyuluşu

KVS-lərin komponentlərinin öz aralarında birləşdirilməsi üçün OL-ləri bir-biri ilə (OL-OL), şüalandırma mənbəyi (ŞM) ilə (ŞM-OL), FQ ilə (OL-FQ) birləşdirilməsi zamanı optik birləşdiricilərdən istifadə olunur. Optik birləşdiricilər optik-lifli rabitə xətlərinin (OLRX) ən geniş yayılmış passiv komponentlərindən biri olub, sistemlərin sədd imkanları və istismar müddətləri onların keyfiyyətindən bilavasitə asılıdır. Buna baxmayaraq bu zaman müəyyən problemlər də yaranır ki, bunlara da əsasən ŞM-in OS-ın enerjisi potensialının bir hissəsinin veriliş mühiti ilə birləşdirilmə nöqtələrində yaranan itkiləri aid etmək olar.

Aparılmış analizlərin nəticələri göstərir ki, məlum kommutasiya qurğuları mürəkkəb quruluşa malik olduqları üçün geniş hədd daxilində kommutasiya prosesinin yüksək dəqiqliklə yerinə yetirilməsini təmin etmir [2,4,5], çünki kommutasiya prosesində OL-in en kəsiyinin səthinə nəzərən üfüqi və şaquli istiqamətlərdə OS-nin istiqamətinin dəyişməsinin avtomatik tənzimlənməsi zəruriyyəti meydana çıxır.

Bir- və çoxmodlu OLRX-lərində ŞM kimi əsasən müstəvi şüalandırıcı işıq diodundan (İD) istifadə olunur ki, bu zaman da İD-nin şüalandırma p – sahəsində udulma çox olduğundan OS-ın şüalandırması n – sahəsindən həyata keçirilir [1,8]. OS-nin OL-ə daxil edilmə effektivliyinin artırılması ŞM-in OL-in en kəsiyinin aktiv səthinə yaxınlaşdırmaq məqsədi ilə paradaqlanmış yarım-kürənin və ya İD-nin kristalında oyuğun təşkil edilməsi ilə təmin edilir.

Məlum kommutasiya qurğularında İD-nin çıxışından OS-ın OL-ə daxil edilməsi zamanı itkilərin yaranmasının əsas səbəbi kristalda oyuğun dəqiq təşkil edilməsi texnologiyasının mürəkkəb olması ilə əlaqədar İD-nin səthinə nəzərən ŞM və OL-in oxlarının üst-üstə düşməməsidir [3,6,11].

Bununla əlaqədar əsas məqsəd OS-nin maksimal enerji potensialının ŞM-dən OL-ə və OL-dən FQ-yə daxil edilməsini minimal itkilərlərlə təmin edən FK-nın işlənməsidir. Qoyulan məqsəddə nail olmaq üçün FK-nın işini xarakterizə edən parametrlərin sistemləşdirilməsi, məqsəd funksiyasının formalaşdırılması, məxfi informasiyanın KVS-nin FK-nın işlənməsi, onun parametrlərinin analitik hesabat üsulunun işlənməsi və FK-nın parametrlərinin eksperimental tədqiqi məsələləri həll edilməlidir [2-4].

Məqsəd funksiyasının formalaşdırılması. FK-nın işlənməsi üçün məqsəd funksiyası formalaşdırılmalıdır ki, bu da özündə FK-nın parametrlərinin qiymətləndirməsi üçün meyarlar sistemi müəyyənləşdirilməlidir. FK-nın parametrlərinin optimal qiymətlərinin təyin olunması 2 əsas məsələnin həlli ilə bilavasitə bağlıdır [2,4,5]:

- məqsəd funksiyasının formalaşdırılması;
- FK-nın optimal iş rejimini təmin edən məqsəd funksiyasının parametrlərinin optimal qiymətlərinin təyin edilməsi.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq FK-nın parametrlərinin qiymətləndirilməsinin məqsəd funksiyası aşağıdakı kimi formalaşdırılmışdır:

$$E_{eff} = \{ \min[t_{fk}, \tau_{dis}, a_d], \max[v_{FK}, \lambda_i, N_k, K_d] \},$$

burada t_{fk} – foton kommutasiya prosesinin yerinə yetirilmə müddəti, τ_{dis} – optik siqnalın dispersiyası; a_d – foton kommutasiya prosesində FK tərəfindən daxil edilən zəifləmə; v_{FK} – FK-nın işləmə sürəti; λ_i – optik siqnalın dalğa uzunluğu; N_k – FK-nın tutumu (kommutasiya olunan kanalla-

rın və ya OL-lərin sayı); K_d – FK tərəfindən signalın enerji potensialının OL-ə daxilə dilmə əmsəlidir.

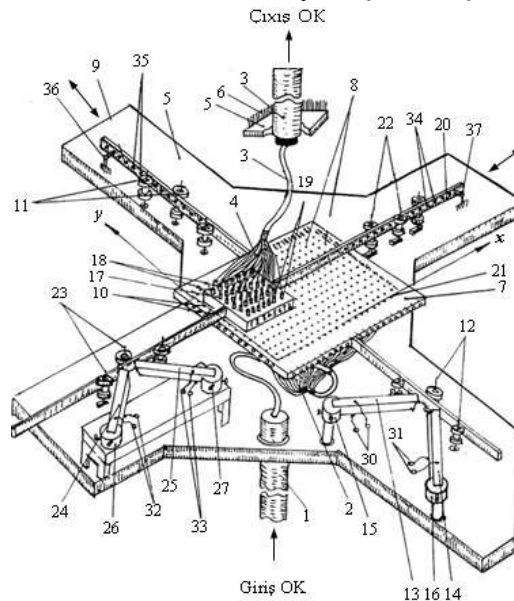
Beləliklə, KVS-nin FK-nın parametrlərinin qiymətləndirməsinin meyarlar sistemi FK-nın və onun elementlərinin, eləcə də FK-lı və müasir komponentli optik telekommunikasiya şəbəkələrinin nəzəri və eksperimental tədqiqat üsullarından, kompyuter modelləşdirilməsindən, müasir avtomatik layihələndirmə sistemlərindən istifadə etməklə yeni nəsil telekommunikasiya şəbəkələrinin optimallaşdırılmasına imkan verir.

Həll üsulları

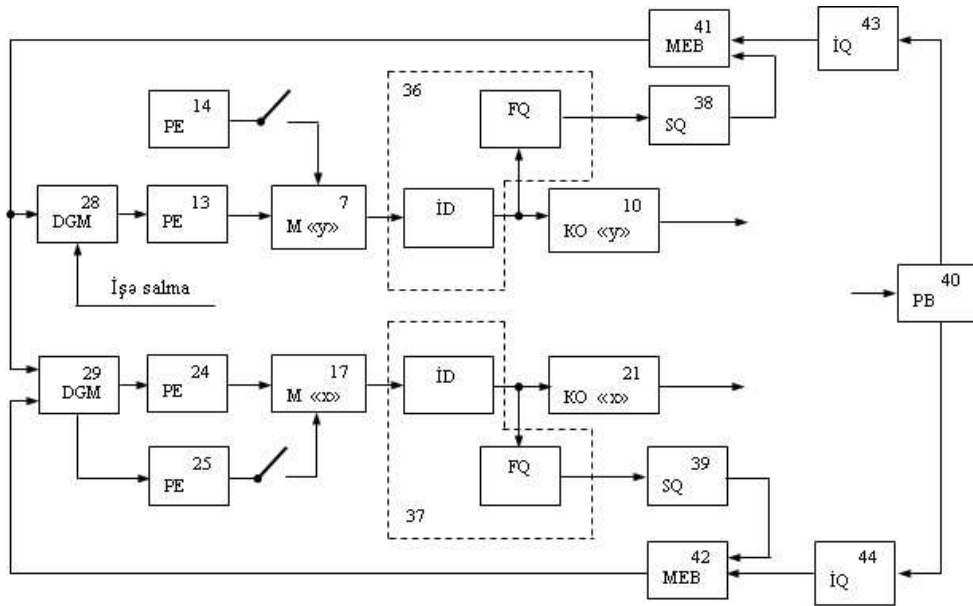
Problem həlli 3 istiqamətdə yerinə yetirilmişdir, belə ki, məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin foton kommutatoru və onun idarəetmə sxemi (məsələnin konstruktiv həlli), parametrlərinin analitik hesabət (məsələnin analitik həlli) və eksperimental tədqiqat üsulu (məsələnin eksperimental həlli) işlənmişdir.

Məxfi informasiyanın kvant veriliş sisteminin foton kommutatorunun işlənməsi (məsələnin konstruktiv həlli). Qoyulan məsələnin həlli üçün məxfi informasiyanın KVS-nin FK (şəkil 1) və onun idarəetmə sxemi (şəkil 2) işlənmişdir. FK bir-birinə nəzərən "x" və "y" koordinat oxları üzrə yerdəyişmə imkanına malik iki müstəvi kvadrat matris lövhə şəklində yerinə yetirilmiş və optik kabel OK-1 kommutasiya olunan OL-2-yə və optik kabel OK-3 kommutasiya edən OL-4-ə malikdir. OK-1 və OK-3 kommutatorun əsasına -6 bərkidilmiş gövdədə -5 yerləşdirilmişdir. FK-nın gövdəsində mövqeləşdirici bilavasitə perforasiya deşikli -8 birinci müstəvi kvadrat matris lövhə -7 yerləşdirilmiş, hansının ki aşağı əks tərəfində ucluqlar vasitəsi ilə kommutasiya olunan OL -2 bərkidilmişdir. Bu lövhə işçi orqana -9 bərkidilmiş və "y" koordinat oxuna (KO) -10 nəzərən mikroaddımlı xətti yerdəyişmə imkanına malik pyezoelementin -13,14 köməyi ilə hərəkətə gətirilən sıxıcı fırlanan diyircəklər -11,12 üzərində yerləşdirilmişdir. Pyezoelement -13,14 bərkidici qəlibdə -15,16 işçi orqanın enli tərəf müstəvisinə nəzərən 45^0 bucaq altında bir-birinə əks istiqamətdə quraşdırılmışdır [9].

KVS-nin FK-nın gövdəsində mövqeləşdirici birbaşa perforasiya deşikli -18 ön yuxarı tərəfində ucluqlar -19 vasitəsi ilə kommutasiya edən OL-4 bərkidilmiş müstəvi kvadrat lövhəli ikinci matrisa (M) -17 yerləşdirilmişdir. Analoji olaraq birinci və ikinci lövhəli matrisa işçi orqanın -20 üzərinə bərkidilmiş və "x" koordinat oxuna (KO) -21 nəzərən mikroaddımlı xətti yerdəyişmə imkanına malik bərkidici qəlibdə -26,27 işçi orqanın enli tərəfinin müstəvisinə nəzərən 45^0 bucaq altında bir-birinə əks istiqamətdə quraşdırılmış pyezoelementin -24,25 köməyi ilə hərəkətə gətirilən sıxıcı fırlanan diyircəklər -22,24 üzərində yerləşdirilmişdir (şəkil 1,2).



Şəkil 1. Foton kommutatorunun konstruktiv sxemi



Şəkil 2. Foton kommutatorunun idarəetmə sxemi

Dəyişən gərginlik mənbəyindən (DGM) -28,29 (şəkil 2) qida gərginliyi "x" və "y" koordinat oxları istiqamətində yerləşdirilmiş pyezoelementə 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 mövqələşdirici 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 2). FK-nın tərkibinə "x" və "y" koordinat oxlarından hər biri üzrə əlavə olaraq sayıcı qurğu (SQ) -38,39 və proqram bloku (PB) -40 daxil edilmişdir ki, bu halda fotoqəbuledicinin (FQ) -36,37 çıxışı sayıcı qurğunun (SQ) -38,39 girişinə, bunun da çıxışı məntiqi element blokunun (MEB) -41,42 birinci girişinə, onun da 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 2).

Foton kommutatorunun iş prinsipi aşağıdakı kimidir.

Emal olunduqdan sonra proqram blokundan (PB) -40 komanda şəklində idarəetmə qurğusuna (İQ) -44 (və ya 43) daxil olan informasiya əsasında FK-nın işi idarə olunur. Həmin komanda məntiqi element bloku (MEB) -42 (və ya 41) vasitəsi ilə dəyişən gərginlik mənbəyinin (DGM) -29 (və ya 28) gərginliyi pyezoelementin -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 sayıcı qurğu (SQ) -39 (və ya 38) vasitəsi ilə "x" oxu üzrə koordinatların verilmiş qiymətlərinə uyğun işçi orqanın vəziyyəti müəyyənləşdirilir. Sinyal formalaşdırılan kimi dəyişən gərginlik mənbəyinə (DGM) -29 (və ya 28) təsir edir və onu dövrədən açır. Bu da pyezoelementin -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 OL-4 və kommutasiya olunan OL -2 kommutasiya (üst-üstə düşmə) prosesi baş verir və buna uyğun olaraq verilmiş proqram əsasında zəruri informasiyanın ötürülməsi prosesi həyata keçirilir.

Foton kommutatorunun parametrlərinin analitik hesabat üsulunun işlənməsi (məsələnin analitik həlli). Kommutasiya prosesini yerinə yetirən FK iki müstəvi kvadrat matris lövhə şəklində yerinə yetirilmiş və bu halda əsas işçi orqan kimi pyezoelementdən istifadə olunmuşdur. Pyezoelementin seçilmiş həndəsi ölçülərinə görə uzununa yayılan dalğa halında buraxıla bilən

yükdə cərəyanın $10\text{mA}/\text{sm}^2$ qiyməti, cərəyanın verilmiş qiymətində uzununa rəqslərin $f_{rez} = 29,2\text{ Hs}$ əsas rezonans tezliyində və $U = 37,5\text{ V}$ həyəcanlandırma gərginliyində pyezoelementdən axan cərəyan $48 \cdot 10^{-3}\text{ A}$ qiymətini aşmamalıdır.

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:

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

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

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

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

Əgər konstruktiv itkiləri nəzərə almasaq, pyezoelementin sərbəst ucunun maksimal buraxıla bilən xətti yerdəyişmə sürəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$V_{maxbur} = \frac{4F_{sbur} \cdot V_{uz}}{\pi \cdot l_1 \cdot l_2 \cos \alpha \cdot E_y} = \frac{4F_{sbur}}{\pi \cos \alpha \cdot Z_0} = \frac{4F_{sbur} V_{uz}}{\pi \cos \alpha \cdot E_y} = 1,71 \text{ m}/\text{san},$$

burada $Z_0 = l_1 l_2 \sqrt{\rho \cdot E_y}$ – dalğa müqaviməti; $\rho = 7,2 \cdot 10^3\text{ kq}/\text{m}^3$ – STBQ-3 tipli pyezoelementin sıxlığıdır.

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

Yuklu pyezoelementin işçi ucunun sürəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

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

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

Mexaniki itki müqaviməti aşağıdakı kimi təyin olunur:

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

İşçi orqanın orta xətti yerdəyişmə sürəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

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

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 mikrpaddımlı xətti yerdəyişmə sürəti olub, eksperiment yolu ilə çıxarılmış qrafiki asılılıqdan təyin olunur (şəkil 5); V_{yio} – yüklü pyezoelementin işçi ucunun sürətidir.

Pyezoelementin işçi orqana daimi sıxılma qüvvəsinin təsiri altında yaranan konstruktiv itkiləri nəzərə alaraq yüklü pyezoelementin sərbəst ucunun işçi orqanının sürəti aşağıdakı kimi təyin olunur:

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

Foton kommutatorunun parametrlərinin eksperimental tədqiq üsulu (məsələnin eksperimental həlli). İşçi orqanın kommutasiya prosesini yerinə yetirmə dəqiqliyini təyin etmək

üçün təcrübi eksperimentlər aparılmışdır. Təcrübi eksperimentlərin aparılması zamanı nəzarət-ölçü başlığı işçi orqanın sərbəst ucuna bərkidilir və piezoelementə qida gərginliyi verdikdə işçi orqan xətti sürətli yerdəyişmə hərəkəti edir. İşıq diodu ilə fotoqəbuledicinin perforasiya deşikləri qarşı-qarşıya uyğun gəldikdə piezoelementə 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 1 və 2-də verilmişdir.

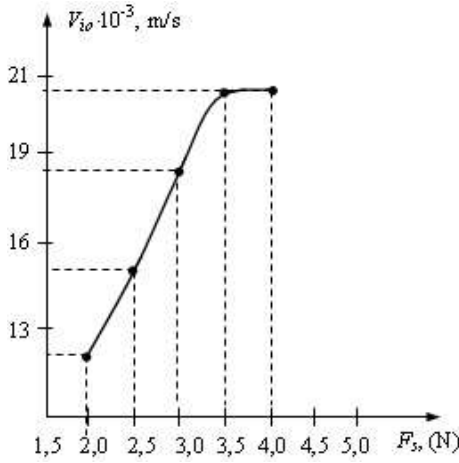
Cədvəl 1.

Eksperiment 100 mm uzunluqlu sahədə aparılmışdır					
Pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsi, F_s (N)	4,1	3,6	3,3	2,9	1,2
Foton kommutasiya prosesində yaranan xəta, δ , %	0,0013	0,0031	0,0054	0,0067	0,0071

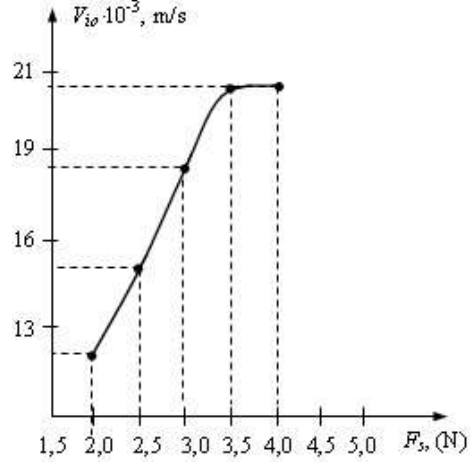
Cədvəl 2.

Eksperiment 100 mm uzunluqlu sahədə aparılmışdır					
Pyezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsi, F_s (N)	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
İşçi orqanın xətti yerdəyişmə sürəti, $V_{io} \cdot 10^{-3}$, m/s	10	15	18,5	20,7	20,7

Eksperiment yolu ilə alınmış nəticələr əsasında işçi orqanın foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyini təyin etmək üçün KVS-nin FK-nın nisbi xətasının piezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı $\delta = \varphi(F_s)$ (şəkil 3) və eləcə də x, y oxları üzrə işçi orqanın xətti yerdəyişmə sürətinin piezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı $V_{io} = \varphi(F_s)$ (şəkil 4) çıxarılmışdır.



Şəkil 3. Foton kommutasiya prosesində yaranan xətanın piezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı



Şəkil 4. İşçi orqanın xətti yerdəyişmə sürətinin piezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsindən asılılığı

Aparılmış eksperimentlərin nəticələri KVS-nin FK-nın əsas işçi parametrlərinin, yəni piezoelementin yerdəyişmə amplitudasının, piezoelementin işçi ucunun yerdəyişmə sürətinin, sıxılma qüvvəsinin, orta xətti sürətinin, foton kommutasiya prosesində yaranan xətanın qiymətləri ilə müqayisədə bir-birinə uyğun gəldiyini göstərir və eksperimentlə fərqi 0,067% təşkil edir.

Şəkil 3 və 4-dən görünür ki, piezoelementin işçi orqana sıxılma qüvvəsinin $F_s = 4,1$ N qiymətinə qədər artması ilə onun yerdəyişmə sürəti də artır, bu halda foton kommutasiya prosesində yaranan xəta minimal $\delta = 0,0013\%$ qiymətini alır və sıxılma qüvvəsinin növbəti artımı zamanı sürət birdən-birə azalır, foton kommutasiya prosesinin dəqiqliyi maksimal qiymət alır, belə ki

əyləcləmə və dayandırma rejimində pyezoelement tərəfindən işçi orqana təsir edən qüvvə maksimal qiymət alır.

Nəticə

Beləliklə, iki müstəvi kvadrat matris lövhə şəklində yerinə yetirilmiş foton kommutatoru işlənmiş, bu halda kommutasiya edən və kommutasiya olunan OL-lər 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" oxları üzrə işçi orqana 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 foton kommutasiya prosesinin yerinə yetirilməsini təmin edir. Pyezoelementin köməyi ilə kvadrat matris lövhələr mikroaddımlı xətti yerdəyişmə hərəkətinə gətirilir və OL-lərin verilmiş koordinatlarına uyğun gəldiyi halda idarəetmə, proqram bloku, hesabi qurğu vasitəsi ilə addım mühərriki dayandırılır ki, bu da foton kommutatorunun etibarlılığını və funksional imkanlarını artırmağa imkan verir. Digər tərəfdən optik-lifli rabitə xətti üzrə məxfi informasiyanın KVS-nin işlənmiş FK-nın nəzəri təyin olunan parametrləri, yəni pyezoelementin sərbəst ucunun sürüşmə amplitudasının, yerdəyişmə sürətinin, sığılma qüvvəsinin, orta xətti sürətinin, foton kommutasiya prosesində yaranan xətanın qiymətləri təcrübi eksperiment nəticəsində alınmış qiymətlərlə müqayisə olunmuş və onların bir-birindən fərqlənməsi təxminən 0,067% təşkil etmişdir.

Ədəbiyyat

1. 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. 378-382 (Konfransın materialları Beynəlxalq verilənlər bazası SKOPUS-da indeksləşdirilmişdir).
2. Гулаков И.Р., Зеневич А.О., Тимофеев А.М. Исследование скорости передачи информации по оптическому каналу связи с приемником на основе счетчика фотонов. // Автометрия. – 2011. – Т. 47, № 4. – С.31-40.
3. Зеневич А.О., Мансуров Т.М. Квантовые информационные системы. / Монография. – Минск: БГАС, 2019. – 280с.
4. Иванов А.Г. Волоконная оптика: Компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Компания Сайрус системс, 1999. – 327с.
5. 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, 2018, №2 (8). – С.44-48.
6. Оконечное устройство. АС СССР №1351416, кл. G 02 В - 6/02. – 1986.
7. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 486 с.
8. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. – М.: Техносфера, 2006. – 595 с.
9. Смажевская В.Г., Фельдман Н.В. Пьезоэлектрическая керамика. – М.: Сов. радио, 1971. – 200 с.
10. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2006. – 496 с.
11. Электромеханический переключатель оптических волокон. АС СССР №1322850 А1. МКИ G02В -6/38 от 22.04.85.

Резюме

Мансуров Т.М., Мансуров Э.Т.

Разработка фотонного коммутатора квантовой системы передачи конфиденциальной информации и аналитического метода расчета его параметров

Для повышения точности, уменьшения относительной погрешности процесса фотонной коммутации, упрощения конструкции и тем самым расширения функциональной возможности разработан фотонный коммутатор и схема его управления. Проведено экспериментальное исследование характеристик разработанного фотонного коммутатора и построена зависимость относительной погрешности процесса многоканальной коммутации от прижимной силы пьезоэлемента на рабочий орган, а также зависимость линейной скорости перемещения рабочего органа по осям прямоугольной координатной системы от величины прижимной силы пьезоэлемента на рабочий орган. Кроме того, сокращение общего количества механических элементов и узлов со сложной геометрической формой и конфигурацией позволяет упростить конструкцию разработанного фотонного коммутатора, повысить точности процесса фотонной коммутации и эксплуатационную надежность. В процессе разработки многоканального коммутатора использованы законы оптоэлектроники и закономерности процесса фотонной коммутации.

Ключевые слова: телекоммуникация, коммутатор, оптическое волокно, пьезоэлемент, рабочий орган, оптоэлектроника.

Summary

Mansurov T.M., Mansurov E.T.

Development of the photon switch of the quantum transmission system of confidential information and analytical method of calculation of its parameters

The photon switch of signals of optical radiation and the scheme of its management is developed for increase in accuracy, reduction of relative error of process of photon switching, construction simplification and by that expansions of functionality. The pilot study of characteristics of the developed photon switch is conducted and the dependence of relative error of process of multichannel switching on the clamping force of a piezoelement on an operating part and also dependence of line speed of movement of an operating part on axes of a rectangular coordinate system from the value of clamping force of a piezoelement on an operating part is constructed. Besides, reduction of a total quantity of mechanical elements and nodes with irregular geometrical shape and a configuration allows to simplify construction of the developed photon switch, to raise the accuracy of process of photon switching and operational reliability. In development process of the multichannel switch laws of optoelectronics and pattern of process of photon switching are used.

Key word: telecommunication, switch, optical fiber, piezoelement, operating part, optoelectronics.

Bu iş Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə yardımını ilə yerinə yetirilmişdir - **Qrant № EIF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/07/1.**