

OPTİK KANALLARDAKI MULTİPLİKATİV MANEƏLƏRİN TƏSİRİNİN AYIRICI PARAMETRLƏ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

R.A. ABDULLAYEV, M. YÜKSƏK

Qafqaz Universiteti, Qars, Türkiyə

Məqalədə informasiya daşıyan faydalı siqnalın optik kanalda meydana gələn multiplikativ (moduledici) maneələr tərəfindən əlavə bir amplituda modulyasiyasına uğradığı və bunun nəticəsində siqnalın ortimal qəbulunun pisləşdiyi göstərilir. Burada təklif edilən ayırıcı parametrlə vasitəsilə müxtəlif multiplikativ maneələr yaranan ortik kanalın effektivliyi hər bir hal üçün ayrıca statistik xarakteristikaları hesablamadan keyfiyyətcə qiymətləndirilə bilindiyi əsaslandırılır. Hesablamalar hər bir multiplikativ maneənin siqnalın qəbulunu çətinləşdirdiyini, bu təsirin siqnalın və maniyənin nisbi dispersiyasına bağlı olduğunu göstərir. Bu nöqtəyi-nəzərdən lazer şüalanmasına multiplikativ maneələrin təsiri daha az olduğundan informasiyanın ötürülməsi üçün daha yararlı olduğu nəticəsinə gəlirik.

Giriş

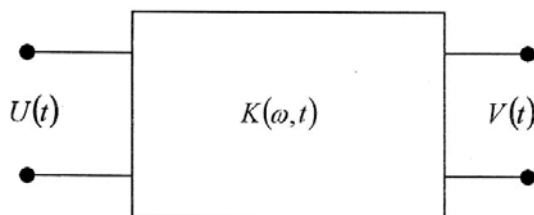
İnformasiyanın ortik diapozonda ötürülməsi zamanı bu diapozona bağlı olan yeni xüsusiyyətlər ortaya çıxarır. Optik siqnalın kiçik intensivliklərində siqnalın optimal qəbulunda kvant-say metodundan istifadə edilir, yəni hər bir informasiya simvoluna müəyyən bir T zaman müddətində qeyd olunan foton sayı uyğun gəlir. Məlum olduğu kimi optik kanalın informasiya tutumu buradakı daxili və xarici maneələrlə (küylərlə) bərabər siqnalın kvant təbiətiylə də məhdudlaşır [1]. Bu zaman optik kanalda yaranan multiplikativ (moduledici) küylərin təsiri daha da artır. Çünki bu maneələr faydalı siqnalın şəklini dəyişdirdiyi kimi, onun statistik xarakteristikalarını da dəyişdirir [2]. Bu işə siqnalın qəbulunun orta xətasının artmasına səbəb olur.

Alınan nəticələr

Optik kanalın riyazi araşdırılması zamanı ona dəyişən parametrlə xətti dördqütblü kimi (şəkil 1) baxılır və ötürmə funksiyası $K(\omega, t)$;

$$K(\omega, t) = A(\omega, t)e^{i\varphi(t)} \quad (1)$$

şəklində yazılır [3]. Burada $A(\omega, t)$ dördqütblünün amplituda, $\varphi(t)$ faza xarakteristikasıdır.



Şəkil 1. Dəyişən parametrlə xətti dördqütblü kanalın girişindəki $U(t)$ analitik sinyali;

$$U(t) = x(t) \cdot a(t) \exp\{i[\omega_0 t + \Psi(t)]\} \quad (2)$$

şəklində yazaraq çıxışındakı $V(t)$ analitik siqnalı Furiye inteqralının köməyiylə

$$V(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) K(\omega, t) e^{i\omega t} d\omega \quad (3)$$

şəklində yazıla bilər. Buradakı $S(\omega)$ giriş siqnalının spektral sıxlığıdır.

Əgər $A(\omega, t)$ və $\varphi(t)$ funksiyalarının ω_0 daşıyıcı tezlik ətrafında ω yə görə Teylor sırasına ayıraraq sıranın iki ilk həddi ilə məhdudlaşdırılacaq (kiçik dispersiyası olan kanalda dar zolaqlı siqnallar üçün bu mümkündür, çünki bu halda siqnalın tezlik təhriflərinə uğraması diqqətə alınmayacaq qədər kiçik olur).

Beləliklə ötürmə funksiyası

$$K(\omega, t) \cong K(\omega_0, t) e^{-i(\omega - \omega_0)\tau} \quad (4)$$

şəklində düşür. Bu ifadədə

$$\tau = - \left. \frac{\partial \varphi(\omega, t)}{\partial \omega} \right|_{\omega = \omega_0} \quad (5)$$

olaraq işarə edilmişdir. (2) ifadəsini (3) də yazaraq bəzi sadə çevirmələri aparıldıqdan sonra dördqütblünün çıxışında alınan analitik siqnalın

$$V(t) = A(\omega_0, t) \cdot a(t - \tau) \exp\{i[\omega_0 t + \Psi(t - \tau) + \varphi(\omega_0, t)]\} \quad (6)$$

şəklində olduğu görünür. Buradakı $a(t)e^{i\Psi(t)}$ göndərilən informasiyaya uyğun olan və dəyişməyə uğramamış faydalı siqnalın kompleks amplitudasıdır. Optik kanalın çıxışında alınan analitik siqnalın (5) ifadəsinin girişindəki (2) analitik siqnalı ilə müqayisə edək. Burada $a(t)$ və $\Psi(t)$ modulə edilməmiş prosesdə amplituda və faza, $x(t)$ işə amplituda

modulyasiyasını göstərən həddləridir. Müqayisə göstərir ki, optik kanaldan keçən dar zolaqlı siqnal $A(\omega, t)$ qanunıyla dəyişən amplituda, $\varphi(\omega, t)$ qanunu ilə dəyişən faza modulyasiyasına uğrayır. Faza modulyasiyası heterodin tipli qəbul edilərdə və holoqrafik sistemlərdə böyük əhəmiyyətə malikdir. Bizi maraqlandıran enerji həssasiyyətinə əsaslanan qəbul edilərdə faza modulyasiyasından istifadə olunmadığından

bu modulyasiyanı gələcəkdə diqqətə almayacağıq. (5) ifadəsi eyni zamanda optik kanalın çıxışdakı siqnalın girişindəkinə görə $\tau(t)$ gecikməsinə uğradığını göstərir. Bu hadisə faza-implus tipli optik sistemlərdə xüsusən çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Dördqütblünün amplituda xarakteris-

tikasının mailliyi az olduğu halda $a(t - \tau)$ ifadəsini $(t - \tau_0)$ nöqtəsi ətrafında (burada τ_0 orta gecikmə dəyəridir) Teylor sırasına ayıraraq, bu gecikmə hadisəsinin siqnalın amplitudasının əlavə bir küy modulyasiyasına gətirdiyini görürük. Doğrudan da

$$a(t - \tau) \approx a(t - \tau_0) + \frac{d[a(t - \tau_0)]}{dt} \delta\tau(t) = a(t - \tau_0)[1 + \xi(\tau)] \quad (7)$$

yazdığımız zaman

$$\xi(\tau) = \frac{d[a(t - \tau)]}{a(t - \tau_0)} \cdot \delta\tau(t) \quad (8)$$

həddinin əlavə küy modulyasiyasının ifadə etdiyi ortaya çıxır.

Beləliklə, dəyişən parametrlili optik kanaldan keçən faydalı siqnalın burada yaranan multiplikativ (və ya modulə edici) maneələr tərəfindən əlavə amplituda modulyasiyasına uğradığı görünür. Foton-say prinsipinə əsaslanan optik qəbuledicilərdə bu küylərin ilk növbədə verilən T müddətində qeyd olunan fotoelektronların n sayının $P(n)$ paylanma funksiyasının dəyişməsinə səbəb olur. Buna görə optik informasiya kanalını yaradarkən qabaqcadan burada ortaya çıxacaq multiplikativ maneələrin təsiri nəzərə alınmalıdır.

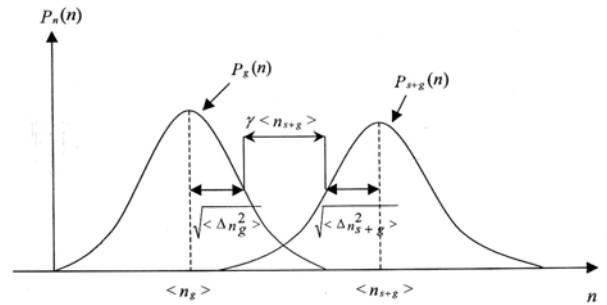
Optik rabitə və lokasiya sistemlərinin nəzəri araşdırılmasında və mühəndislik layihələndirilməsində optik sahələrin statistik xarakteristikaların bilinməsinə böyük ehtiyac vardır. Bunların içində ən əhəmiyyətli qəbuledicilərin çıxışında alınan fotoelektronların $P(n)$ paylanma funksiyasıdır. Statistik xarakteristikalar məlum olduğu zaman qəbuledici qurğuların optimal quruluşu seçilə bilər, optik siqnalın funksiyaları müəyyənləşdirilir və istifadə edilən elektron cihazların həsaslıyının sərhəd qiymətləri tapılır. Prinsipcə optik kanalda additiv və multiplikativ maneələr olduğu hər bir hal üçün $P(n, T)$ funksiyaları hesablanaraq qəbuledicinin buna uyğun olan optimal quruluşu seçilir [4].

Amma hər bir hal üçün bu xarakteristikalar xüsusi olaraq hesablandıqlarından mürəkkəb və vaxt alan bir prosesdir. Halbuki, aşağıda göstərəcəyimiz kimi qəbul edilən siqnalın flüktüasiya xassələrini nəzərə alan bir kəmiyyətdən istifadə edərək optik rabitə sisteminin effektivliyini tez və asan qiymətləndirmək mümkündür. Optik diapazonda qəbuledicinin girişindəki siqnalların intensivliyi kiçik olduğundan radiodiapozondakı siqnal maneə nisbətində əsaslanan qiymətləndirmə burada yetersiz olur. Bu halda siqnal və küy flük-

tüasiyalarının statistik xarakteristikalarının əhəmiyyəti daha da artacaqdır. Bu durumda optik qəbuledicinin effektivliyinin keyfiyyətcə qiymətləndirilməsi qəbul edilən siqnalın flüktüasiya xassələrini əhatə edən kəmiyyətlərə əsaslanmalıdır. Bu məqsədlə maneə prosesi ilə siqnal və maneə süperpozisiyasını prosesini bir-birindən ayrılmasına əsaslanan

$$\gamma = \frac{\left[\langle n_{s+g} \rangle - \sqrt{\langle \Delta n_{s+g}^2 \rangle} \right] - \left[\langle n_g \rangle + \sqrt{\langle \Delta n_g^2 \rangle} \right]}{\langle n_{s+g} \rangle} \quad (9)$$

kəmiyyəti seçilə bilər. Ayırıcı parametrlili adlandıracağımız bu kəmiyyətin (8) ifadəsindəki $\langle n \rangle$ və $\langle \Delta n^2 \rangle$ kəmiyyətləri indekslərinə uyğun olaraq maneə və siqnal + maneə proseslərinin orta dəyərləri və dispersiyalarıdır. Ayırıcı parametrlərin fiziki mənası şəkildən aydın olur.



Şəkil 2. Ayırıcı parametrlili göstərilməsi

Buradan görüldüyü kimi γ artdıqca küylərin və siqnal ilə maneələrin toplamının paylanma funksiyaları bir-birindən o qədər çox ayrılmış olur və bununla siqnalın ayırılma ehtimalı çoxalır. Multiplikativ maneələrin təsiri γ ayırıcı parametrlili, bu maneələrin olmadığı γ_0 qiymətindən olan fərqli qiymətləndirmək daha faydalıdır, çünki bu halda daha sadə ifadələr alınır. Doğrudan da bu zaman

$$\Delta\gamma = \gamma_0 - \gamma = \sigma^2 \left\{ \left[1 + \frac{\langle n_{s+g} \rangle^2}{\langle \Delta n_s^2 \rangle + \langle \Delta n_g^2 \rangle} \cdot \sigma_I^2 (1 + \sigma_w^2) \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \right\} \quad (10)$$

olur. Burada σ_w^2 , σ_I^2 , və σ^2 uyğun olaraq siqnalın, multiplikativ maneənin və modulə edici maneə olmadığı halda siqnal və additiv küylərin birgə fotosayı paylanmalarının nisbi dispersiyalarıdır. (10) dan görüldüyü kimi $\Delta\gamma \geq 0$ olur, yəni istənilən multiplikativ maneə siqnalın qəbulunu pisləşdirir və bu, siqnalın σ_w^2 , modul edici maneənin σ_I^2 nisbi dispersiyası ilə artır. Bununla birlikdə

informasiya daşıyan siqnalın flüktüasiyaları böyük olduğu durumda multiplikativ maneələrin təsiri daha çox olur. Bu nöqtəyi nəzərdən konkret şüalanma mənbələrinin istənilən multiplikativ maneə üçün daha çox optimal olduğunu görürük. Modulə edici maneələrin nisbi dispersiyasının kiçik olduğu halda, yəni $\sigma_I^2 \ll 1$ olduğundan (10) ifadəsini sıraya ayıraraq ilk iki həddə kifayətlənərək

$$\Delta\gamma \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_I^2(1 + \sigma_w^2)}{\sqrt{\sigma_I^2 + \sigma_w^2 + \sigma_I^2\sigma_w^2 + \frac{1}{\langle n_g \rangle \chi} \left(1 + \frac{1}{\chi}\right) + \frac{\sigma_w^2}{\chi^2}}} \quad (11)$$

yaza bilərik. Burada $\chi = \frac{\langle n_s \rangle}{\langle n_g \rangle}$ siqnal maneə nisbətidir.

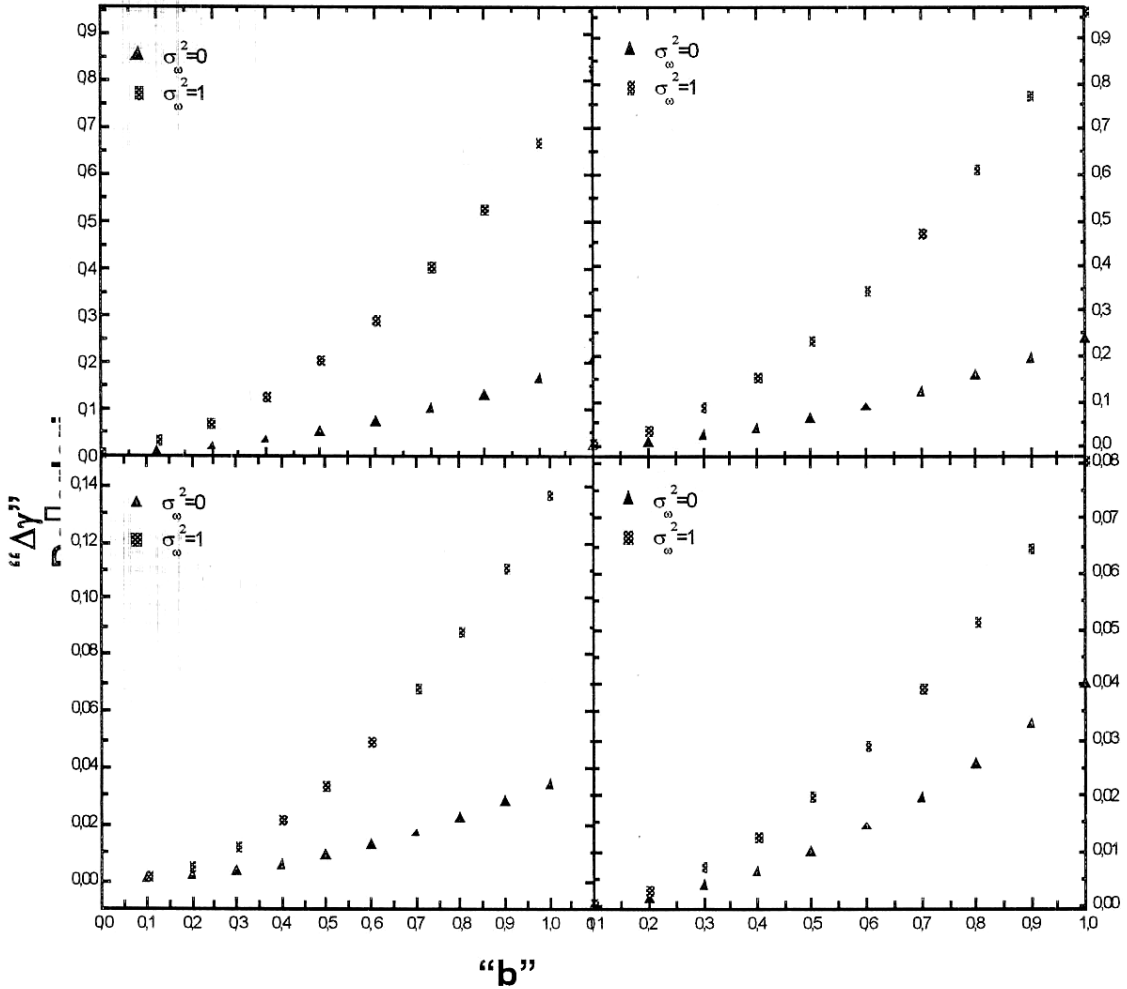
$\chi \gg 1$ olduğu halda bu ifadə daha çox sadələşərək

$$\Delta\gamma = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_I^2(1 + \sigma_w^2)}{\sqrt{\sigma_I^2 + \sigma_w^2 + \sigma_I^2\sigma_w^2}} \quad (12)$$

şəklinə düşər. Bu yaxınlaşmada $\Delta\gamma$ nın additiv küylərdən asılı olmadığı və σ_I^2 ve σ_w^2 kəmiyyətləri ilə mütənəsb artdığını görürük. Alınan nəticələri əyani olaraq göstərmək

üçün şəkil 3-də $\langle n_g \rangle = 0,1$, $\chi = 10$ ve $\chi = 50$ qiymətləri üçün (10) ifadəsi ilə hesablanmış qiymətlərinin multiplikativ maneələrin modulyasiyası əmsalı b ilə dəyişməsi verilir.

Siqnal mənbəyi olaraq lazer ($\sigma_w^2 = 0$) və darzolaqlı istilik mənbəyi ($\sigma_w^2 = 1$) görürülmüşdür[5]. Multiplikativ maneələr xətti dəyişən ($\sigma_I^2 = \frac{b^2}{12}$) və sinusoidal ($\sigma_I^2 = \frac{b^2}{2}$) siqnallarla appoksimə edilmişdir [6].



Şəkil 3. Ayrıcı parametrin işıq mənbəyinə, multiplikativ maneə növünə və modulyasiya əmsalına bağlılığı. Soldakı qrafiklərdə siqnal maneə nisbəti $\chi = 10$, sağdakılarda isə $\chi = 50$ 'dir. Kohərent mənbə üçün üçbucaq nöqtələr ($\sigma_w^2 = 0$), istilik mənbələri

üçün düzbucaq nöqtələr ($\sigma_w^2 = 1$) olaraq hesablanmışdır. Sinusoidal maneələrdə $\sigma_I^2 = \frac{b^2}{2}$; xətti dəyişən maneələrdə

$\sigma_I^2 = \frac{b^2}{12}$ olaraq götürülmüşdür.

Alınan nəticələrin müzakirəsi

Qrafiklərdən görüldüyü kimi $\Delta\gamma$ siqnal maneə nisbəti χ artdıqda artır. Beləliklə additiv küylərin olmadığı ideal sistemlərdə multiplikativ maneələrin təsiri daha çoxdur nəticəsinə gəlirik. Bununla bərabər yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi $\Delta\gamma$, istilik mənbələrini şüalanmasında koherent

mənbəyinə görə daha böyük alınır, çünki koherent mənbəyin fotosayı paylanması dispersiyası iki qat azdır. Qrafiklər eyni zamanda xətti dəyişən maneələrin təsirinin sünisoldal şəkildə dəyişən maneələrə görə daha az olduğunu göstərir. Alınan nəticələr binar kodlanmış kvant say sistemləri üçün aparılmış hesablamalara uyğun gəlir [7].

- | | |
|---|---|
| [1] <i>J. Arnaud</i> , Opt. Quant. Elektron. 2002, 34, №4, 393 s. | [5] <i>R. Ya. Abdullayev, M.I. Jenik</i> , Bakı Universitetinin kəberləri, fiz –mat.el.ser. 2003, №3, 143 s. |
| [2] <i>A.A.Eqorov</i> . Opt. Spekr., 2003, 95, №2, 276 s. | [6] <i>R.A. Abdullaev, I.A. Deryugin, B.N. Kurashov, V.N. Nastich</i> , Uchenie zapiski AGU, ser. fiz.- mat nauk, 1972, №4, 88 s. |
| [3] <i>I.E. Kremer, V.I. Vladimirov, B.I.Karpukhin</i> . Moduli- ruyushie pomekhi i priyom radiosiqnalov. M., 1972. | [7] <i>I.A. Deryugin, V.N. Kurashov, A.V. Mashenko</i> , Izv. VUZ, Radioelektron, 1980, №5, 98 s. |
| [4] <i>A.Q. Sheremetev</i> . Statisticheskaya teoriya lazernoy svyazi. M.,1971. | |

R.A. Abdullayev, M. Yuksek

THE ESTIMATION OF OPTICAL CHANNEL WITH MULTIPLICATIVE NOISE BY USING OF SEPARATING PARAMETER

It is shown that optical signal carrying information in optical channel with multiplicative (modulated) noise is exposed to additional modulation. The offered separation parameter allows to estimate the efficiency of optical channel in the presence of different multiplicative noise without calculation of statistical characteristics of accepted signal. Our calculations showed out that any modulating noise corrupts of signal acceptance and the corruption degree depends both on relative dispersions of optical signal and multiplicative noise. Thus the coherent signal of laser radiation undergoes to the influence of any multiplicative noise in less degree and because is more acceptional for the information delivery.

Р.А. Абдуллаев, М. Юксек

ОЦЕНКА ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА С МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫМИ ПОМЕХАМИ С ПОМОЩЬЮ ПАРАМЕТРА РАЗДЕЛЕНИЯ

В статье показано, что оптический сигнал, носящий информацию в оптическом канале с мультипликативными (модулирующими) помехами подвергается дополнительной амплитудной модуляции. Предложенный параметр разделения позволяет оценить эффективность оптического канала при наличии различных мультипликативных помех без вычисления статистических характеристик принимаемого сигнала. Вычисления показывают, что любая модулирующая помеха ухудшает условия приема, и это зависит от относительных дисперсий, как оптического сигнала, так и мультипликативной помехи. С этой точки зрения когерентный сигнал лазерного излучения подвергается меньшему влиянию любых мультипликативных помех, и он является наиболее оптимальным для передачи информации.

Received: 20.09.05