

VIDEOİMPULSLAR DƏSTƏSİNİN OPTİMAL QƏBULU ÜÇÜN AKUSTOOPTİK QURĞU

Əhmədov R. Ə.

Milli Aviasiya Akademiyası

Tərkibində ixtiyari sayda düzbucaqlı formalı videoimpuls olan dəstə görünüşlü signal və onun avtokorrelyasiya funksiyası üçün Hevisayd funksiyasına əsaslanan riyazi modellər tərtib edilib. Bu modellərdən həmin signalın optimal qəbulu qurğusunun parametrlərinə tələblərin işlənməsi üçün zəruri olan hesabatlarda istifadə olunub. Akustooptik ləngitmə xəttinin xüsusiyyətləri işlənmiş tələblər kontekstində araşdırılmış və göstərilib ki, onun əsasında düzbucaqlı videoimpuls dəstəsinin optimal qəbulunu təmin edən qurğu yaratmaq mümkündür. Üç düzbucaqlı videoimpulsdan ibarət dəstənin optimal qəbulunu təmin edən akustooptik qurğunun sxemi verilmiş və onun işinin interpretasiyası qoyulan məsələnin həlli kontekstində təqdim olunub. Optimal qəbuledicinin çıxışında formalaşan gərginliyin hesablanması üçün düstur alınmış, onun əsasında məlum parametrlərə malik giriş təsirinin akustooptik qurğunun çıxışında yaratdığı reaksiya hesablanmış və uyğun qrafiklə təqdim olunub. Göstərilib ki, akustooptik optimal qəbuledicinin çıxışında alınan gərginlik formaca onun girişindəki signalın avtokorrelyasiya funksiyasını təkrarlayır. Nəzəri tədqiqatların nəticələrinə əsasən, formalaşdırılmış müddələrin yoxlanılması üçün eksperimental tədqiqatlar aparılmış və onların nəticələri müzakirə olunub. Məlum parametrlərə malik, düzbucaqlı impulsun zaman oxu üzərində müxtəlif sürüşmələrinin mümkünlüyünü təsdiq edən osilloqramlar təqdim olunub.

Açar sözlər: Hevisayd funksiyası, riyazi model, akustooptik qurğu, videoimpuls, optimal qəbul, avtokorrelyasiya funksiyası.

Videoimpuls dəstəsinin optimal qəbulu. Radiolokasiyanın ən önəmli məsələlərindən biri obyektə əks olunmuş zəif signalı radioqəbuledicinin girişində formalaşan signal-maneə toplusundan ayırmaqdır. Problemin həlli üçün iki istiqamətdə tədqiqatlar aparılır. Bunlardan birincisi daha “yaxşı” zondlayıcı signalın sintezi, ikincisi isə həmin signalın optimal qəbulunu təmin edən qurğunun yaradılmasıdır. Belə qurğulardan biri razılaşdırılmış süzgəc (RS) adlandırılır. RS məlum giriş signalı ilə uyğunlaşdırılan və müəyyən zaman anında çıxışda signalın mümkün olan maksimal qiymətini təmin edən xətti stasionar qurğudur [1]. RS-in əhəmiyyətli xüsusiyyəti aşkaretmənin signalın formasından deyil, enerjisindən asılı olmasıdır. Yəni, davam etmə müddəti artırılarsa, çox kiçik amplitudlu impuls signalını belə aşkarlamaq mümkündür. Lakin, tək impulsun davam etmə müddətinin artırılması hədəfin parametrlərinin (uzaqlıq, yerdəyişmə sürəti və s.) qiymətləndirilməsinin dəqiqliyini azaldır. Ona görə də, radiolokasiyada hədəf parametrlərinin qiymətləndirilmə dəqiqliyinin yüksəldilməsi üçün impuls dəstəsindən istifadə edilir [2]. Lakin bu, qəbuledici qurğunun əhəmiyyətli dərəcədə mürəkkəbləşməsi ilə müşayiət olunur.

Məqalənin müzakirə mövzusu impuls dəstəsinin optimal qəbulu üçün akustooptik effektin xüsusiyyətlərindən istifadə imkanlarının araşdırılmasıdır.

RS-in signal-küy cəmini işləməsi prosesini davam etmə müddəti τ_i , təkrarlanma periodu T olan N sayda eyni düzbucaqlı videoimpulsdan ibarət dəstə misalında aşağıdakı qaydada izah etmək olar. RS-in fiziki reallaşdırılma şərtinə uyğun olaraq, çıxışda signalın mümkün olan maksimal ani qiymətinin alınması üçün qurğu giriş signalını tam olaraq işləməlidir. Baxılan hal üçün RS-in çıxışında signalın mümkün olan maksimal ani qiyməti $(N - 1)T + \tau_i$ zaman anında yarana bilər.

Qəbul edilmiş ilkin və sərhəd şərtlərinə, həmçinin [3]-də verilən tövsiyələrə uyğun olaraq RS-in çıxış reaksiyası aşağıdakı kimi hesablanır:

$$u_{\text{çx}}(t) = k \cdot B\{\tau - [(N - 1) \cdot T + \tau_i]\}, \quad (1)$$

burada k - sabit vuruq, $B(\tau)$ - giriş signalının $u_{\text{gir}}(t)$ avtokorrelyasiya funksiyasıdır.

Təyininə əsasən $B(\tau)$ aşağıdakı kimi hesablanır:

$$B(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u_{gir}(t) \cdot u_{gir}(t - \tau) dt. \quad (2)$$

Tədqiq olunan signal müəyyən bir vaxt ərzində lokallaşdırıldığı üçün (2) inteqralı həmişə mövcuddur. Beləliklə RS-in çıxışında formalaşan signal sabit vuruğa qədər dəqiqliklə girişdəki signalın avtokorrelyasiya funksiyasının kopyasıdır. $\sigma(t)$ Hevisayd funksiyasından istifadə edərək N sayda düzbucaqlı videoimpulsdan ibarət signalın riyazi modelini aşağıdakı kimi tərtib edirik:

$$u_{gir}(t) = U_0 \cdot \sum_{n=1}^N \{ \sigma[t - (n-1)T - t_0] - \sigma[t - (n-1)T - \tau_i - t_0] \}, \quad (3)$$

burada U_0 - videoimpulsun amplitudu n - dəstədəki impulsun sıra nömrəsi, t_0 - dəstədəki ilk impulsun başlanğıc anıdır.

Düzbucaqlı videoimpuls dəstəsi üçün tərtib edilmiş (3) ifadəsini (2)-də yerinə qoyaraq onun avtokorrelyasiya funksiyası üçün tənlik alırıq

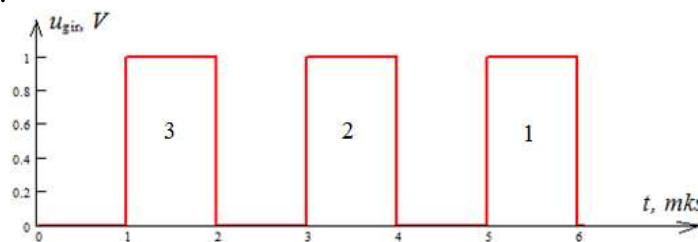
$$B(\tau) = \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \int_{T(n-1)+|\tau[t+(N-n-m+1)T-t_0+\tau_i]|}^{T(n-1)+\tau_i} U_0^2 dt \{ \sigma[t + (N-n-m+1)T - t_0 + \tau_i] - \sigma[t + (N-n-m+1)T - t_0 - \tau_i] \}. \quad (4)$$

Sonuncu ifadəni (1)-də nəzərə alaraq RS-in (3) düsturu ilə təsvir olunmuş giriş signalına uyğun olan çıxış reaksiyası üçün hesabat düsturu alırıq:

$$u_{çix}(t) = k \sum_{m=1}^N \sum_{n=1}^N \int_{T(n-1)+|\tau[t+(N-n-m+1)T-t_0+\tau_i]|}^{T(n-1)+\tau_i} U_0^2 dt \{ \sigma[t + (N-n-m+1)T - t_0 + \tau_i] - \sigma[t + (N-n-m+1)T - t_0 - \tau_i] \} \quad (5)$$

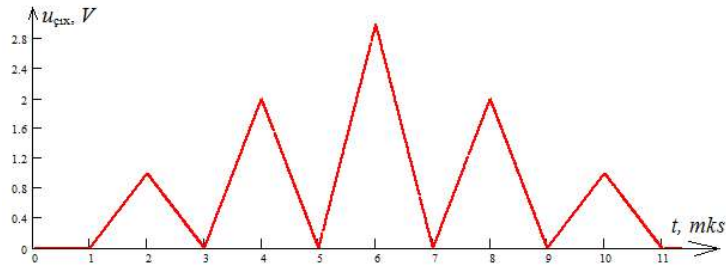
Hevisayd funksiyası əsasında N sayda düzbucaqlı videoimpulsdan ibarət signalın $u_{gir}(t)$ riyazi modeli və onun avtokorrelyasiya funksiyası üçün tərtib olunmuş (3), (4) və (5) universal ifadələrinin praktiki dəyərini, Mathcad mühitinə verilən məlumatı daxil etməklə yoxlamaq mümkündür. Burada videoimpulsun davam etmə müddəti $\tau_i = 1 \text{ mks}$, təkrarlanma periodu $T = 2 \text{ mks}$, dəstədəki impulsların sayı $N = 3$, videoimpulsun amplitudu $U_0 = 1 \text{ V}$, dəstədəki ilk impulsun başlanğıc anı $t_0 = 1 \text{ mks}$ və sabit vuruq $k = 1$ seçilib.

Hesabatların nəticələri uyğun olaraq şəkl. 1 və şəkl. 2-də qrafiklərlə təqdim olunur. Bu qrafiklərin birgə analizindən görünür ki, RS-in çıxış gərginliyinin maksimumu dəstədəki sonuncu videoimpulsun arxa cəbhəsi, yəni $(N-1)T + \tau_i + t_0$ zaman anı ilə üst-üstə düşür. Hesabat üçün ilkin verilənlərə əsasən bu qiymət 6 mks təşkil edir. Məhz $t = 6 \text{ mks}$ anında əsas ləçəyin amplitudu 3 V təşkil edir (şəkl. 2).



Şəkl. 1. Üç ədəd düzbucaqlı videoimpulsdan ibarət signalın Hevisayd funksiyası əsasında tərtib olunmuş universal riyazi model üzrə Mathcad mühitində qurulmuş qrafiki

Düzbucaqlı videoimpulslardan ibarət dəstə üçün RS-in sintezi məsələsi [4] sayılı işdə araşdırılmış və Matlab/Simulink mühitində dörd videoimpulsdan ibarət olan dəstə üçün RS modelləşdirilib. Göstərilib ki, bu qurğunun əsas funksional tərkib hissəsi çoxçıxışlı ləngitmə xəttidir. Alınmış nəticələrin analizi və ədəbiyyat icmal əsasında problemin həlli kontekstində akustooptik effektin yüksək potensiala malik olduğu müəyyənləşdirilib [5].



Şək. 2. Qrafiki şək. 1- də verilən siqnalın təsirindən RS-in çıxışında formalaşan gərginliyin Mathcad mühitində qurulmuş qrafiki

Akustooptik ləngitmə xətti. Bu qurğuda (şək. 3) giriş siqnalı $u_{gir}(t)$ yüksək tezlikli generatorun (YTG) rəqslərini impuls modulyatorunda (İM) modulyasiya edir [6]. Yüksək tezlikli impuls fotoelastik mühitin (FEM) ucuna bərkidilmiş elektroakustik çeviriciyə (EAÇ) ötürülür. EAÇ tərəfindən oyadılan akustik dalğa FEM-də v sürəti ilə yayılır. FEM onun ucuna bərkidilmiş EAÇ ilə birgə akustooptik modulyator (AOM) adlandırılır. İM və YTG videoimpulsun aşağı tezlikli spektrinin AOM-un işçi tezlik oblastına sürüşdürülməsini təmin edir.

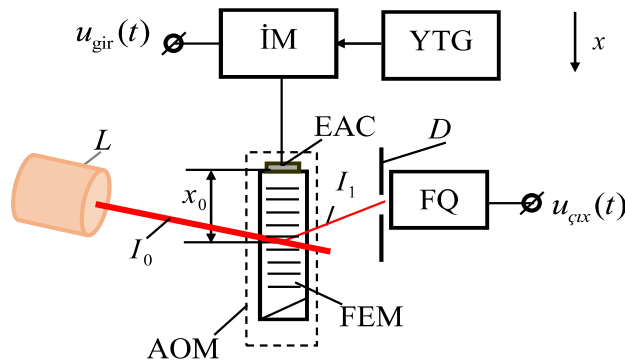
Akustooptik ləngitmə xəttinin şək. 3-də verilən sxemində Breqq difraksiyasından istifadə olunur. Bu halda lazerin (L) işıq dəstəsi FEM-in səthinə Breqq bucağı θ_B altında düşür və akustooptik qarşılıqlı təsir nəticəsində difraksiya olunur. Breqq bucağı $\theta_B = 0,5\lambda/\Lambda$ kimi təyin olunur, burada λ – optik dalğanın, Λ – akustik dalğanın uzunluqlarıdır.

Diafraqmanın (D) dəliyindən keçən difraksiya olunmuş işıq seli fotoqəbuledicinin (FQ) işıqəhəssas səthinə düşür.

Adətən, AOM-da zəif akustooptik qarşılıqlı təsirdən istifadə olunur. Ona görə də, sxemi şək. 3-də verilən akustooptik qurğu xətti stasionar sistem kimi qəbul edilə bilər. Bu sərhəd şərti lazerin işıq selinin intensivliyi I_0 ilə difraksiya tərtibindəki işıq selinin intensivliyi I_1 arasındakı əlaqəni aşağıdakı kimi yazmağa imkan verir [7]:

$$I_1 = \eta I_0 \quad (6)$$

burada η – AOM-un difraksiya effektivliyidir.



Şək. 3. Akustooptik ləngitmə xəttinin sxemi

Lazerin işıq seli ilə difraksiya tərtibindəki işıq selinin en kəsiklərinin təqribi bərabərliyini qəbul edərək onların gücləri arasındakı əlaqəni (6) bərabərliyinə əsasən aşağıdakı düsturla ifadə edirik:

$$P_1 = \eta P_0 \quad (7)$$

burada, P_0 – AOM-un səthinə düşən işıq selinin gücü, P_1 – difraksiya olunmuş işıq selinin gücüdür.

Qəbul edək ki, FQ kimi fotoelektron vurucudan (FEV) istifadə olunur. Gücü P_1 olan işıq selinin təsirindən FEV-in çıxışında yaranan cərəyan aşağıdakı kimi tapılır [8]:

$$i_{çix} = Ge\eta'P_1/(hv), \quad (8)$$

burada, G – FEV-in güclənmə əmsalı, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ – protonun yükü, η' - fotokatodun kvant çıxışı (bir fotonun təsirindən fotokatodun buraxdığı elektronların orta sayı), $P_1/(h\nu)$ – bir saniyədə FEV-in işıqəhəssas səthinə düşən fotonların sayı, $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Coul} \cdot \text{san}$ – Plank sabiti, ν – işığın tezliyidir.

FEV-in çıxış cərəyanının müqaviməti R_y olan yüklə yaratdığı gərginlik üçün ifadə:

$$u_{\text{çlx}}(t) = R_y \cdot i_{\text{çlx}}(t). \quad (9)$$

FQ-nin çıxışındakı gərginlik $u_{\text{çlx}}(t)$ sabit vuruğa qədər dəqiqliklə girişdəki gərginliyi $u_{\text{gır}}(t)$ təkrarlayır. Eyni zamanda çıxış gərginliyi giriş gərginliyinə nəzərən zamanca $\tau = x_0/\nu$ qədər ləngiyir, burada x_0 - EAÇ-dan lazer şüasına qədər olan məsafədir.

Yuxarıda verilən, (7) - (9) ifadələrinin birgə analizindən görünür ki, difraksiya tərtibindəki işıq selinin gücünü və ona uyğun çıxış gərginliyini yüksək dəqiqliklə (bir fotonun enerjisi tərtibdə) hesablamaq mümkündür. Lakin qoyulan məsələnin həlli üçün çıxış gərginliyinin formalaşma mexanizminin araşdırılması kifayətdir. Ona görə də, akustooptik ləngitmə xəttinin keçid xarakteristikası və onun çıxış gərginliyi üçün [8]-də alınmış ifadələrdən istifadə edək.

Akustooptik ləngitmə xəttinin keçid xarakteristikasının tənliyi:

$$g(t) = \frac{8 \int_{\tau}^t \sqrt{(d/\nu) \cdot (\xi - \tau) - (\xi - \tau)^2} d\xi}{\pi(d/\nu)^2}, \tau \leq t \leq \tau + \frac{d}{\nu}, \quad (10)$$

burada, d - işıq selinin diametridir.

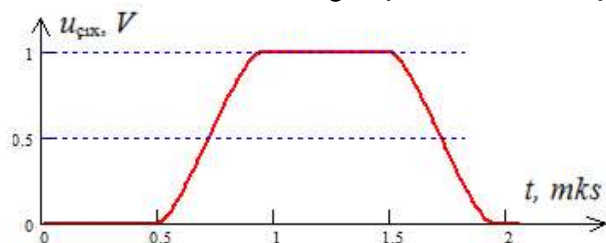
Məlum keçid xarakteristikasına əsasən, davamətmə müddəti τ_i olan videoimpulsun təsirindən akustooptik ləngitmə xəttinin çıxışında yaranan gərginliyi tapmaq üçün aşağıdakı hesabat düsturundan istifadə edirik:

$$u_{\text{çlx}}(t) = c \cdot \{g(t)[\sigma(t - \tau) - \sigma(t - \tau - d/\nu)] + [\sigma(t - \tau - d/\nu) - \sigma(t - \tau - \tau_i)] + [1 - g(t - \tau_i)][\sigma(t - \tau - \tau_i) - \sigma(t - \tau - \tau_i - d/\nu)]\}, \quad (11)$$

burada, c - qiyməti (7)-(9) ifadələrinin birgə analizindən tapılan sabit vuruqdur.

Parametrləri $\nu = 3630 \text{ m/s}$; $d = 1,6 \text{ mm}$; $\tau = 0,5 \text{ mks}$; $c = 1$ olan və girişinə davamətmə müddəti $\tau_i = 1$ olan düzbucaqlı impuls verilən akustooptik ləngitmə xəttinin çıxış gərginliyi (11) düsturu üzrə Mathcad mühitində hesablanır. Müvafiq olaraq, hesabatın nəticəsi şəkl. 4-də verilən qrafiklə təqdim olunur. Bu qrafikdə verilən impulsun davamətmə müddəti 1 mks təşkil edir ($0,5$ səviyyəsində təyin olunur), yəni girişə verilən impulsun davamətmə müddətinə bərabərdir. Lakin bu impuls düzbucaqlı formadan fərqlənir. Belə ki, impulsun ön və arxa cəbhələri elastik dalğa paketinin işıq selinə daxil olma və çıxma prosesləri ilə müəyyən müddət ərzində formalaşır. İmpulsun ön və arxa cəbhələrinin formalaşma müddəti d/ν kimi təyin olunur. Aydın ki, işıq selinin diametri azaldıqca akustooptik ləngitmə xəttinin düzbucaqlı impuls formalı giriş təsirinə reaksiyasının görünüşü də düzbucaqlı formaya yaxınlaşır.

Hesabat düsturlarının və şəkl. 4-də verilən qrafikin birgə analizindən aydın görünür ki, EAÇ-dan lazer şüasına qədər olan məsafəni x_0 dəyişməklə akustooptik ləngitmə xəttinin çıxışındakı impulsu girişdəki impulsa nəzərən zaman oxu üzrə geniş intervalda sürüşdürmək mümkündür.



Şəkl. 4. Parametrləri $\nu = 3630 \text{ m/s}$; $d = 1,6 \text{ mm}$; $\tau = 0,5 \text{ mks}$; $c = 1$ olan və girişinə davamətmə müddəti $\tau_i = 1 \text{ mks}$ düzbucaqlı impuls verilən akustooptik ləngitmə xəttinin çıxış gərginliyinin Mathcad mühitində hesablanmış qrafiki

Tərkibində üç videoimpuls olan signalın optimal qəbulu üçün akustooptik qurğu. Akustooptik ləngitmə xəttinin işinin analizindən və uyğun hesabatların nəticələrindən aydın olur ki,

eyni üsulla videoimpulslar dəstəsinin optimal qəbulunu reallaşdırmaq mümkündür. Bunun üçün lazerin işıq selini yarımsəffaf və qeyri-şəffaf güzgülər vasitəsi ilə videoimpulsların sayına bərabər sayda işıq dəstələrinə bölmək və onları AOM-un aperturasına Breqq bucağı altında istiamətləndirmək lazımdır (şək. 5). Bu halda difraksiya tərtiblərindəki işıq selləri böyük aperturalı FEV-in işığa həssas səthinə düşürlər. Qeyd edək ki, tələb olunduğu halda bu məqsəd üçün toplayıcı linzadan da istifadə etmək olar. Üç düzbucaqlı videoimpulsdan ibarət olan siqnalın optimal qəbulunu təmin edən akustooptik qurğunun sxemi şək. 5 - də verilir.

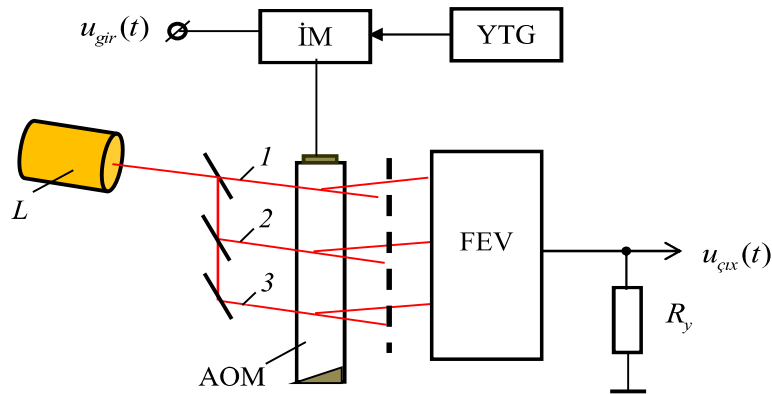
Qəbul edək ki, EAÇ-dan birinci şüaya qədər olan məsafə, birinci şüa ilə ikinci şüa arasındakı məsafə, ikinci şüa ilə üçüncü şüa arasındakı məsafə eynidir və onların hər biri τ qədər zamanca gecikmə verir. Akustooptik ləngitmə xəttinin keçid xarakteristikasının tənliyini (10) hər bir işıq dəstəsi üzrə ayrılıqda yazırıq

$$g_1(t) = \frac{8 \int_{\tau}^t \sqrt{(d/v) \cdot (\xi - \tau) - (\xi - \tau)^2} d\xi}{\pi(d/v)^2}, \tau \leq t \leq \tau + \frac{d}{v}, \quad (12)$$

$$g_2(t) = \frac{8 \int_{2\tau}^t \sqrt{(d/v) \cdot (\xi - 2\tau) - (\xi - 2\tau)^2} d\xi}{\pi(d/v)^2}, 2\tau \leq t \leq 2\tau + \frac{d}{v}, \quad (13)$$

$$g_3(t) = \frac{8 \int_{3\tau}^t \sqrt{(d/v) \cdot (\xi - 3\tau) - (\xi - 3\tau)^2} d\xi}{\pi(d/v)^2}, 3\tau \leq t \leq 3\tau + \frac{d}{v}. \quad (14)$$

Keçid xarakteristikalarının tənliklərinin (12) – (14) müqayisəsindən görünür ki, onlar bir-birinin eyni olub yalnız zamanca τ qədər sürüşməyə malikdirlər.



Şək. 5. Tərkibində üç videoimpuls olan siqnalın optimal qəbulu üçün akustooptik qurğunun sxemi

Birinci impulsun (şək.1) optimal qəbul üçün akustooptik qurğunun işıq dəstələrinin (şək.5) hər biri ilə ayrılıqda qarşılıqlı təsiri nəticəsində yük müqaviməti üzərində formalaşan gərginliklərin $u_{cix.11}(t)$, $u_{cix.12}(t)$, $u_{cix.13}(t)$ hesablanması üçün (11) düsturuna uyğun düsturlar tərtib edirik:

$$u_{cix.11}(t) = c \cdot \{g_1(t)[\sigma(t - \tau) - \sigma(t - \tau - d/v)] + [\sigma(t - \tau - d/v) - \sigma(t - \tau - \tau_i)] + [1 - g_1(t - \tau_i)][\sigma(t - \tau - \tau_i) - \sigma(t - \tau - \tau_i - d/v)]\}, \quad (15)$$

$$u_{cix.12}(t) = c \cdot \{g_2(t)[\sigma(t - 2\tau) - \sigma(t - 2\tau - d/v)] + [\sigma(t - 2\tau - d/v) - \sigma(t - 2\tau - \tau_i)] + [1 - g_2(t - \tau_i)][\sigma(t - 2\tau - \tau_i) - \sigma(t - 2\tau - \tau_i - d/v)]\}, \quad (16)$$

$$u_{cix.13}(t) = c \cdot \{g_3(t)[\sigma(t - 3\tau) - \sigma(t - 3\tau - d/v)] + [\sigma(t - 3\tau - d/v) - \sigma(t - 3\tau - \tau_i)] + [1 - g_3(t - \tau_i)][\sigma(t - 3\tau - \tau_i) - \sigma(t - 3\tau - \tau_i - d/v)]\}. \quad (17)$$

İkinci və üçüncü impulsların (şək. 1) akustooptik qurğunun işıq dəstələrinin (şək. 5) hər biri ilə ayrılıqda qarşılıqlı təsirləri birinci impuls ilə müqayisədə yalnız uyğun zaman sürüşmələri ilə fərqlənilirlər. İkinci və üçüncü impulsların (şək.1) işıq dəstələrinin (şək.5) hər biri ilə ayrılıqda

qarşılıqlı təsiri nəticəsində yük müqaviməti üzərində formalaşan gərginliklərin hesablanması üçün düsturlar tərtib edirik:

$$u_{\text{çix.21}}(t) = u_{\text{çix.11}}(t - \tau); u_{\text{çix.22}}(t) = u_{\text{çix.12}}(t - \tau); u_{\text{çix.23}}(t) = u_{\text{çix.13}}(t - \tau). \quad (18)$$

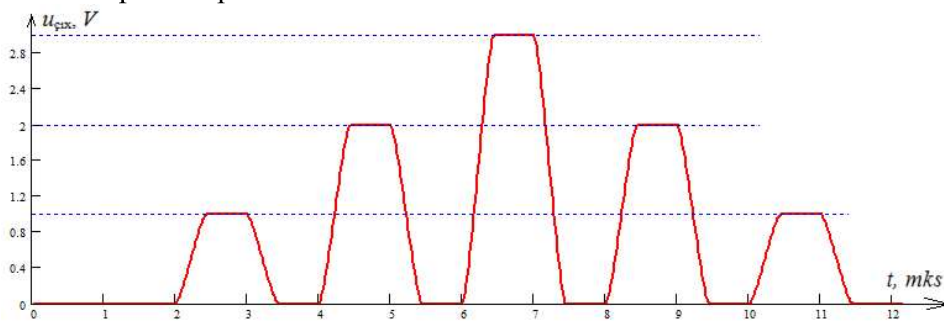
$$u_{\text{çix.31}}(t) = u_{\text{çix.11}}(t - 2\tau); u_{\text{çix.32}}(t) = u_{\text{çix.12}}(t - 2\tau); u_{\text{çix.33}}(t) = u_{\text{çix.13}}(t - 2\tau). \quad (19)$$

Hər üç impulsun (şək.1) hər üç işıq dəstəsi (şək.5) ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yük müqaviməti üzərində formalaşan ümumi gərginliyin hesablanması üçün düstur tərtib edirik:

$$u_{\text{çix}}(t) = u_{\text{çix.11}}(t) + u_{\text{çix.12}}(t) + u_{\text{çix.13}}(t) + u_{\text{çix.21}}(t) + u_{\text{çix.22}}(t) + u_{\text{çix.23}}(t) + \\ + u_{\text{çix.31}}(t) + u_{\text{çix.32}}(t) + u_{\text{çix.33}}(t) \quad (20)$$

Parametrləri $v = 3630 \text{ m/s}$, $d = 1,6 \text{ mm}$, $\tau = 0,5 \text{ mks}$, $c = 1$ olan və girişinə hər birinin davamətmə müddəti $\tau_i = 1 \text{ mks}$ olan üç düzbucaqlı impuls (şək. 1) verilən akustooptik optimal qəbul qurğusunun (şək. 5) çıxış gərginliyi (15)-(19) ifadələri üzrə Mathcad mühitində hesablanır.

Hesabatın nəticəsi şək. 6-da verilən qrafiklə təqdim olunur. Bu qrafikin şək. 2-də verilən qrafiklə müqayisəsindən aydın görünür ki, sxemi şək. 5-də göstərilən akustooptik qurğu düzbucaqlı impulsar dəstəsinin optimal qəbulunu təmin edir.



Şək. 6. Parametrləri $v = 3630 \text{ m/s}$, $d = 1,6 \text{ mm}$, $\tau = 0,5 \text{ mks}$, $c = 1$ olan və girişinə hər birinin davamətmə müddəti $\tau_i = 1 \text{ mks}$ üç düzbucaqlı impuls verilən optimal qəbuledicinin çıxış gərginliyinin Mathcad mühitində hesablanmış qrafiki

Eksperimental aprobasiya. Düzbucaqlı videoimpulslardan ibarət dəstə formalı siqnalın optimal qəbulu üçün akustooptik qurğunun parametr və xarakteristikalarının nəzəri tədqiqatlarının yuxarıda alınmış nəticələrinin yoxlanılması məqsədi ilə bir sıra eksperimental tədqiqatlar aparılıb.

Akustooptik ləngitmə xəttinin (şək.3) və optimal qəbul qurğusunun (şək.5) sxemlərinin, həmçinin onların çıxışlarında formalaşan gərginliklər üçün tərtib edilmiş (11) və (15)-(20) ifadələrinin birgə analizindən aydın görünür ki, optimal qəbul qurğusu yalnız eyni zamanda üç müxtəlif ləngimənin formalaşdırılmağı ilə fərqlənir. Bu imkanın təminatı üçün lazer şüalanmasından yarımşəffaf və qeyri-şəffaf güzgülərin köməyi ilə üç işıq dəstəsi formalaşdırılır, hansılar ki, AOM-un aperturasına EAÇ-dan müxtəlif məsafələrdə düşürlər. Nəticədə çıxış siqnalının üç müxtəlif zaman ləngiməsi alınır. Ona görə də, eksperimental tədqiqatlarda yalnız bir işıq şüasından istifadə etmək və çıxış siqnalının tələb olunan ləngiməsini EAÇ-dan işıq şüasına qədər olan məsafənin dəyişdirilməsi yolu ilə almaq kifayətdir. Bu halda eksperimental qurğunun reallaşdırılması və zəruri ölçmələrin aparılması əhəmiyyətli dərəcədə sadələşir.

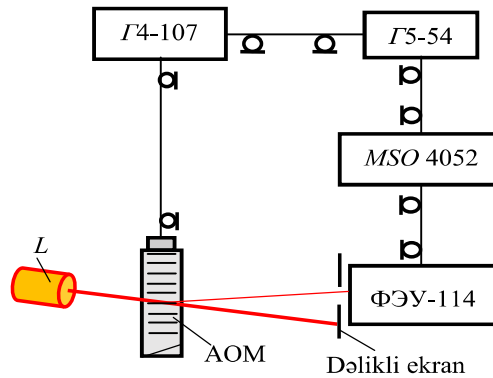
Eksperimental tədqiqatlar üçün istifadə olunan qurğunun sxemi şək.7-də verilib. Burada koherent işıq mənbəyi kimi şüalanmasının dalğa uzunluğu $\lambda = 0,63 \text{ mkm}$ olan yarımkeçirici lazerdən (L) istifadə olunur.

Şüşəvari fotoelastik material TФ-7 əsasında hazırlanmış AOM-un mərkəzi tezliyi 80 MHS təşkil edir. AOM-da EAÇ kimi ölçüləri $7 \times 4 \times 3 \text{ mm}^3$ olan TeO_2 (paratellurit) istifadə olunur.

Zəruri parametrlərə malik düzbucaqlı videoimpuls Г5-54 tipli impuls generatorunda formalaşdırılır. Bu impuls Г4-107 tipli generatorun yüksək tezlikli rəqslərinin modulyasiyası və MSO 4052 tipli osilloqrafın sinxronizasiyası üçün istifadə olunur.

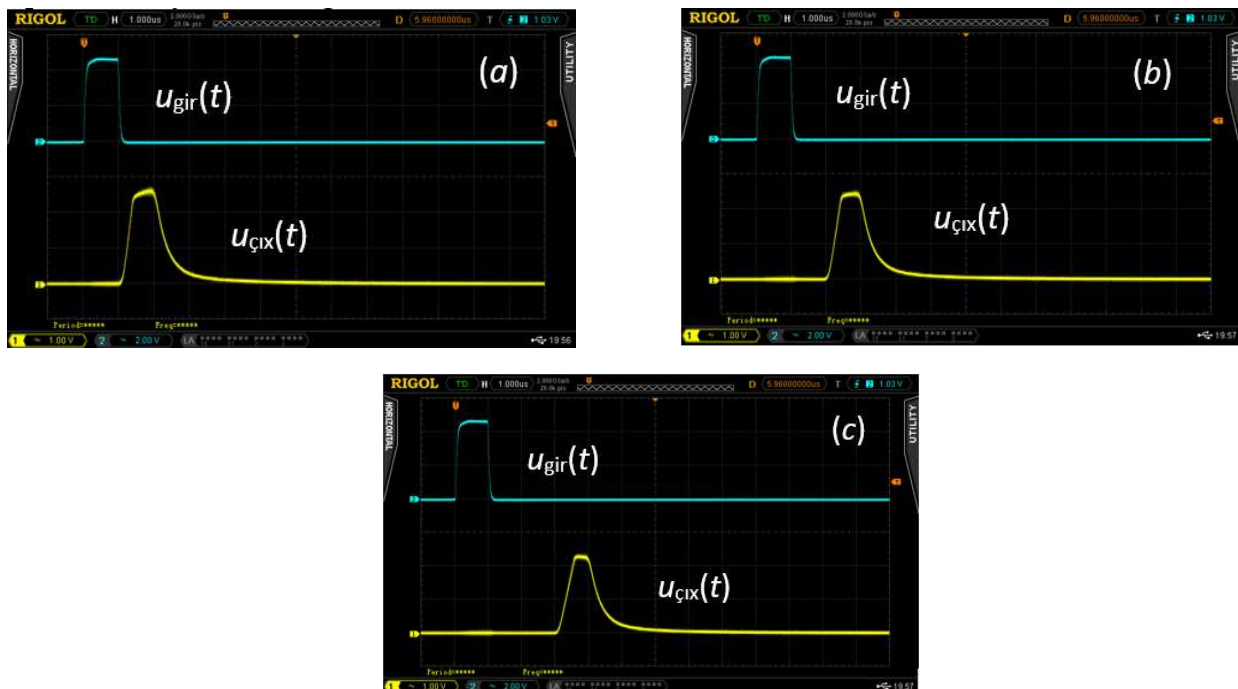
Eksperimental tədqiqatlar prosesində impuls generatorunda Г5-54 davamətmə müddəti 1 mks olan düzbucaqlı impuls $u_{\text{gir}}(t)$ formalaşdırılır (şək.8). Çıxış siqnalının tələb olunan zaman

sürüşməsinin τ qiyməti AOM-un işıq şüasına perpendikulyar istiqamətdə mexaniki yerdəyişməsi ilə təmin edilir.



Şək. 7. Eksperimental qurğunun sxemi

Çıxışdakı impulsun girişdəki impulsa nəzərən müxtəlif ləngimələrini nümayiş etdirən osilloqramlar şək.8-də təqdim olunur. Çıxışdakı impulsun $u_{\text{çix}}(t)$ girişdəki impulsa $u_{\text{gir}}(t)$ nəzərən 1 mks ləngiməsi şək.8 a-da, 2 mks ləngiməsi şək.8 b-də; 3 mks ləngiməsi isə şək. 8 c-də təqdim olunur. Göründüyü kimi bütün hallarda qurğunun çıxışında formalaşan impulsların davam etmə müddətləri (impulsun 0,5 səviyyəsində təyin olunur) 1 mks təşkil edir. Lakin onların görünüşləri düzbucaqlı formadan fərqlənirlər. Həmin impulsların ön və arxa cəbhələrinin parametrləri eynidirlər və şək. 4-də verilən hesabat qrafikinə tam uyğundurlar. Bu fakt, impulsun ön və arxa cəbhələrinin elastik dalğa paketinin işıq selinə daxil olma və çıxma prosesləri ilə müəyyən müddət ərzində formalaşdığının eksperimental sübutudur. Eksperimental tədqiqatlardan aydın görünür ki, AOM-un aperturasının artırılması və akustik dalğanın yayılma sürətinin az olduğu FEM-in istifadəsi yolu ilə çıxış signalının istənilən sayda ləngiməsini təmin etmək mümkündür. Bu da, öz növbəsində bir dəstədə olan impulsların sayını artırmağa imkan verir.



Şək. 8. Akustooptik qurğunun çıxışında formalaşan impulsun müxtəlif ləngimələrini nümayiş etdirən osilloqramlar: (a)-ləngimə 1 mks; (b)-ləngimə 2 mks; (c)-ləngimə 3 mks

Nəticə

İxtiyari sayda videoimpulsdan ibarət dəstə formalı signal və onun avtokorrelyasiya funksiyası üçün Hevisayd funksiyasına əsaslanan riyazi modellər analoji məsələlərin həlli üçün

layihələndirilən istənilən qurğunun istismar-texniki parametrlərinin optimallaşdırılması üçün istifadə oluna bilər. Çoxçıxışlı akustooptik ləngitmə xətti genişzolaqlı qurğu olduğuna görə onun əsasında yaradılan optimal qəbuledicinin sintezi yüksək elmi-texniki əhəmiyyət kəsb edir. Üç ədəd videoimpulsdan ibarət dəstənin optimal qəbulu üçün məqalədə təqdim olunan qurğunun sintezi metodikası asanlıqla ümumiləşdirilə və istənilən sayda videoimpulsdan ibarət dəstə formalı signalın optimal qəbulu üçün qurğunun sintezi üçün də istifadə oluna bilər. Eyni zamanda işıq mənbəyi və fotoqəbuledici kimi daha mükəmməl qurğulardan, məsələn lazer diodları matrisindən, fotodiodlar matrisindən istifadə etmək mümkündür.

ƏDƏBİYYAT

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высшая школа, 1988, 448 с.
2. <http://www.cplire.ru/joined/win/lecture7/1.html>
3. Дегтярев А.Н., Афонин И.Л., Поляков А.Л., Кожемякин А.С. Синтез согласованных фильтров. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2021. №4. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.4.9>
4. Ахмедов Р.А. К вопросу согласованной фильтрации пачки видеоимпульсов/ Материалы международной молодежной научной конференции. Казань, Т.2. 6-8 ноября, 2019, с. 323-327.
5. Shakin O.V., Nefedov V.G., Churkin P.A. Application of Acoustooptics in Electronic Devices // conference "Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems", St Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St Petersburg, RUSSIA, NOV 26-30, 2018, P. 340.
6. Гасанов А.Р., Гасанов Р.А. Акустооптические линии задержки низкочастотных и высокочастотных электрических сигналов // Специальная техника, 2013, №1, с.11÷21.
7. Lee J.N. and Van der Lugt A. Acousto-optic Signal Processing and Computing // Proc. IEEE. 1989. Vol. 77. № 10. P. 158-192.
8. Ахмедов Р.А., Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Гусейнов А.Г. Переходная характеристика акустооптической линии задержки и ее применения // Физические основы приборостроения, 2020, том 9, № 1(35), с. 71–78 (DOI: 10.25210/jfop-2001-071078)

REFERENCES

1. Baskakov S.I. Radiotekhnicheskie cipi i signaly. M.: Vysshaja shkola, 1988, 448 s.
2. <http://www.cplire.ru/joined/win/lecture7/1.html>
3. Degtyarev A.N., Afonin I.L., Poljakov A.L., Kozhemjakin A.S. Sintez soglasovannyh filtrov. Zhurnal radioelektroniki [elektronnyj zhurnal]. 2021. №4. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.4.9>
4. Ahmedov R.A. K voprosu soglasovannoj filtracii pachki videoimpulsov/ Materialy mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. Kazan, T.2. 6-8 nojabrja, 2019, s. 323-327.
5. Shakin O.V., Nefedov V.G., Churkin P.A. Application of Acoustooptics in Electronic Devices // conference "Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems", St Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St Petersburg, RUSSIA, NOV 26-30, 2018, P. 340.
6. Gasanov A.R., Gasanov R.A. Akustoopticheskie linii zaderzhki nizkochastotnih i vysokochastotnyh elektricheskix signalov // Specialnaja tehnika, 2013, №1, s.11÷21.
7. Lee J.N. and Van der Lugt A. Acousto-optic Signal Processing and Computing // Proc. IEEE. 1989. Vol. 77. № 10. R. 158-192.
8. Ahmedov R.A., Gasanov A.R., Gasanov R.A., Gusejnov A.G. Perehodnaja harakteristika akustoopticheskoy linii zaderzhki i ee primenenija // Fizicheskie osnovy priborostroeniya, 2020, tom 9, №1(35), s. 71–78 (DOI: 10.25210/jfop-2001-071078)

АКУСТООПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЕМА ПАЧКИ ВИДЕОИМПУЛЬСОВ

Ахмедов Р.А.

Национальная Академия Авиации Азербайджана

На основе функции Хевисайда составлены математические модели сигнала в виде пачки из произвольного числа видеоимпульсов прямоугольной формы и его автокорреляционной функции.

Составленные модели использованы в расчетах, необходимых для формулировки требований к параметрам устройства оптимального приема этого сигнала. Особенности акустооптической линии задержки обсуждены в контексте сформулированных требований и показано, что на ее основе можно создать устройство для оптимального приема пачки прямоугольных видеоимпульсов. Представлена схема акустооптического устройства для оптимального приема пачки из трех прямоугольных видеоимпульсов и интерпретирована его работа в контексте решаемой задачи. Получена формула для расчета сформированного на выходе оптимального приемника напряжения, на ее основе вычислена реакция акустооптического оптимального приемника на входное воздействие с известными параметрами и которая представлена соответствующим графиком. Показано, что полученное на выходе акустооптического оптимального приемника напряжение по форме повторяет автокорреляционную функцию сигнала на его входе. Для проверки положений, сформулированных на основе результатов теоретических исследований, проведены экспериментальные исследования и обсуждены их результаты. Представлены осциллограммы, подтверждающие возможность различных смещений прямоугольного импульса на оси времени.

Ключевые слова: функция Хевисайда, математическая модель, акустооптическое устройство, видеоимпульс, оптимальный прием, автокорреляционная функция

ACOUSTO-OPTIC DEVICE FOR OPTIMUM RECEPTION OF A VIDEO PULSES TRAIN

Ahmadov R.A.

Azerbaijan National Aviation Academy

Mathematical models based on the Heaviside function for a group-type signal with an arbitrary train of rectangular video pulses and their autocorrelation functions were developed. The complied models were used in the calculations are necessary in formulation of the requirements for the device parameters for the optimal reception of this signal. Features of the acousto-optic line delays were discussed in the context of formulated requirements and it was highlighted that it is possible to create a device for optimal reception of train of rectangular video pulses on its basis. The author presents a diagram of an acousto-optic device for optimal reception of a train of three rectangular video pulses and interprets its operation in the context of the current tasks. A formula is intended to calculate the voltage generated at the optimal receiver output; on its basis, the response of the acousto-optic optimal receiver to the input action with known parameters was calculated and represented by the corresponding graph. It is shown that the voltage obtained at the output of the acousto-optic optimal receiver repeats in shape the autocorrelation function of the signal at its input. To check the provisions formulated on the basis of the theoretical research results, experimental studies were carried out and their results were discussed. Oscillograms confirming the possibility of various displacements of a rectangular pulse on the time axis were presented, as well.

Keywords: Heaviside function, mathematical model, acousto-optic device, videopulse, optimal reception, autocorrelation function

Rəyçi: t.e.d., prof. X.İ. Abdullayev

Müəllif haqqında məlumat:

Soyadı, adı, atasının adı	İş yeri	Vəzifəsi, elmi dərəcəsi, elmi adı	Əlaqə
Əhmədov Rövşən Ərrahman oğlu	Milli Aviasiya Akademiyası	Radioelektronika kafedrası, müəllim	rovshan.ahmadov96@list.ru mob: (994) 055-350-40-26