

RADİOELEKTRON SİSTEMLƏRİN İFRAT YÜKSƏKTEZLİKLİ ELEKTROMAQNİT ŞÜALANMADAN QORUNMASI PROBLEMLƏRİ

t.e.d., dosent İslam İslamov

Milli Müdafiə Universitetinin Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu

Bakı Mühəndislik Universiteti

isislamov@beu.edu.az

f.-r.ü.f.d., dosent Arzuman Həsənov

<https://orcid.org/0000-0002-3642-1689>

Milli Müdafiə Universitetinin Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu

gasqhapk@gmail.com

Aynurə Abdullayeva

Milli Müdafiə Universitetinin Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu

aynure-huseynova-2015@mail.ru

Xülasə. Məqalədə radioelektron sistemlərin ifrat yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanmadan qorunması problemlərinin işlənməsi məsələsinə baxılmış və radioelektron qurğuların normal fəaliyyət göstərməsi şərtləri, o cümlədən radioelektron qurğuların və elektromaqnit şüalanma mənbələrinin hal funksiyaları əldə olunmuşdur. Radioelektron qurğuların ehtimal olunan risklərdən qorunması üçün vasitələrin effektiv seçilməsi probleminin tədqiqi üçün oyunlar nəzəriyyəsinə istifadə etməklə alınmış məsələni Simpleks metodunun tətbiqi ilə həll etmək olar. Həmçinin radioelektron sistemlərin ifrat yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanmadan qorunması məsələsində onların optimal yerləşdirilməsi üçün riyazi model işlənməmişdir. Alınmış məsələnin həlli üçün Simpleks metodunun modifikasiya edilmiş variantı olan Qomori metodunu tətbiq etmək olar. Radioelektron qurğularda partlayış dalğasının təsviri üçün 3D Bianki tipli tənlik təklif olunmuş və bu tənliklər üçün sərhəd məsələsi tədqiq edilmişdir. 3D Bianki tənliyinin sərhəd məsələsi üçün ümumiləşmiş Riman funksiyası anlayışı verilmiş və həllin inteqral forması tapılmışdır. Bu zaman xüsusi törəməli diferensial tənliklər, inteqral və inteqro-diferensial tənliklər, Banax fəzalarında xətti operator tənliklər nəzəriyyəsinə və funksional analizin metodlarından istifadə edilmişdir.

Açar sözlər: elektromaqnit dalğalar, elektromaqnit şüalanma, radioelektron qurğular, ifrat yüksək tezlikli diapazon, vibrasiya

Giriş

Elmi-texniki tərəqqinin nəticəsi olaraq, son onilliklərdə müxtəlif tezlik diapazonlu elektromaqnit enerjisi məişətdə, elmdə, sənayedə və hərbi texnikada, yüksək və ifrat yüksək radiotezliklərin elektromaqnit enerjisi isə radiolokasiya, radionaviqasiya, radioastronomiya, radiospektroskopiya, nüvə fizikası, tibb, sənaye və məişətdə geniş istifadə olunur.

Müasir informasiya kommunikasiya sistemlərinin element və komponentlərinin güclü elektromaqnit şüalanmasından qorunmasının təmin edilməsi zərurəti bir çox obyektlərin layihələndirilməsi üçün ilkin şərtə çevrilmişdir. Bu tələbləri ultra güclü genişzolaqlı elektromaqnit sahələrinin yaradılması sahəsində ən son nailiyyətlərə, eləcə də bir çox mürəkkəb texniki sistemlərdə yer alan paylanmış kabel şəbəkələrinə də aid etmək olar. İnformasiya emalının yüksək sürətini təmin edən texnologiya müxtəlif təbii və süni mənşəli mənbələrdən elektromaqnit sahələrinin yaratdığı induksiya gərginliklərinə və cərəyanlara, o cümlədən məqsədli yaradılmış elektromaqnit təsirlərinə qarşı həssaslığı artırmışdır [1; 2]. Bu, əsasən də hərəkət edən obyektlərin nəzarət və monitorinq sistemlərində xüsusi yer tutan və getdikcə daha çox elektromaqnit təsirinə həssas olan elektron elementlərlə təchiz edilmiş ultraqısa elektromaqnit şüalanmasına məqsədli yaradılmış məruzqalma şəraitində işləyən müasir

rəqəmsal radioelektron cihazlara aiddir. Bununla əlaqədar olaraq bu gün radioelektron sistemlərin ultraqısa impulsu elektromaqnit şüalanmasının təsirdən qorunması vəzifəsi xüsusilə aktualdır.

Aparılmış təhlillər nəticəsində bu problemlə bağlı aşağıdakı tədqiqat sahələri müəyyənləşdirilmişdir:

- elektromaqnit sahəsinin parametrlərinin hesablanması üsullarının işlənilib hazırlanması;
- iş şəraiti və istifadə olduğu obyektin konstruktiv xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla, elektromaqnit impulsunun radioelektron sistemlərə təsirinin öyrənilməsi;
- elektromaqnit impulslarının radioelektron sistemlərə təsirinin qiymətləndirilməsi üçün xüsusi metodların işlənilib hazırlanması və elektromaqnit şüalanmasının zədələyici təsirini müəyyən edən parametrlər siyahısının yaradılması;
- radioelektron sistemlərin müəyyən edilmiş şüalanma təsirlərinə davamlılığını təmin etmək üçün üsul və vasitələrin işlənilib hazırlanması.

Qeyd olunanları nəzərə alaraq radioelektron sistemlərin ifrat yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanmadan qorunması üçün metodun işlənməsi və optimal idarə olunması elmi araşdırma məsələsi (obyekti) olmaqla yanaşı, çox aktualdır.

Radioelektron qurğuların və elektromaqnit şüalanma mənbələrinin hal funksiyaları

Fərz edək ki, müəyyən tezlik diapazonunda işləyən radioelektron qurğu növlərinin (tiplərinin) sayı N -dir. Bu qurğuların normal işləməsinə xarakterizə edən elektrik və maqnit sahələrinin intensivliyinin qiymətləri $E^n = (E_1^n, E_2^n, \dots, E_N^n)$ və $H^n = (H_1^n, H_2^n, \dots, H_N^n)$ verilib. Belə qurğuların işləməsinə xarakterizə edən hal funksiyaları məlumdur:

$$F_j(E, H, S), j = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

burada E – qurğuya təsir edən elektromaqnit dalğanın elektrik sahəsinin intensivliyi (V/m);

H – qurğuya təsir edən elektromaqnit dalğanın maqnit sahəsinin intensivliyi (A/m);

S – qurğunun elektron aparatının səth sahəsidir (m^2).

Həmçinin fərz edək ki, hal funksiyaları (1) tənliyi ilə verilmiş N növlü elektron cihazların işləməsinə maneə və növlərinin sayı M olan elektromaqnit şüalanma mənbələrinin gücünü xarakterizə edən funksiyaları verilib:

$$G_i(E, H, P_i), i = 1, 2, \dots, M, \quad (2)$$

burada E – cihaza təsir edən elektromaqnit dalğanın elektrik sahəsinin intensivliyi (V/m);

H – cihaza təsir edən elektromaqnit dalğanın maqnit sahəsinin intensivliyi (A/m);

P_i – elektromaqnit şüalanma mənbəyinin gücünü göstərən parametrdir (Vt).

Ümumi halda elektron cihazların sıradan çıxması, zədələnməsi, işinin pozulması və ya partlayışların baş verməsi səbəblərinin müəyyənləşdirilməsi aşağıdakı tənliklər sistemini həll etməklə mümkün ola bilər:

$$\frac{\partial F_j(E, H, S)}{\partial E} = 0, j = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$\frac{\partial F_j(E, H, S)}{\partial H} = 0, j = 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

Nəticədə (3) və (4) tənliklər sistemi həll edilərək $E^k = (E_1^k, E_2^k, \dots, E_N^k)$ və $H^k = (H_1^k, H_2^k, \dots, H_N^k)$ qiymətləri tapıla bilər və elektron cihazların normal işləməsi üçün uyğun qorunma vasitələri istifadə oluna bilər.

Elektron qurğularının ehtimal olunan risklərdən qorunma vasitələrinin effektiv seçilməsi

Fərz edək ki, N sayda elektromaqnit hücumları mümkündür. Müəyyən xüsusiyyətlərinə görə bu elektromaqnit hücumları k_1 sayda EH_1 növlü, k_2 sayda EH_2 növlü və s. k_n sayda EH_n növlü elektromaqnit hücumlarına bölünə bilər. Onda, şərtə görə,

$$k_1 + k_2 + \dots + k_n = N \quad (5)$$

və mümkün olan elektromaqnit hücumları sırasında EH_j növlü elektromaqnit hücumunun ehtimalı və ya payını

$$P_j = \frac{k_j}{N}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

düsturu ilə hesablamaq olar.

Fərz edək ki, M sayda elektromaqnit hücumlarından m növlü $EHQ_1, EHQ_2, \dots, EHQ_m$ qorunma vasitələrinin hər hansı EHQ_i ($i = 1, 2, \dots, m$) ilə j ($j = 1, 2, \dots, n$) növlü EH_j elektromaqnit hücumundan qorunmağı (neytrallaşmasını) xarakterizə edən a_{ij} matrisi verilmişdir (Cədvəl). Elektromaqnit hücumlarının müəyyən edilməsi və onların neytrallaşdırılması üçün ən yaxşı həllini təmin edən qorunma vasitələrinin effektiv seçilməsi üçün tövsiyələrin hazırlanması aktual məsələdir.

Oyunlar nəzəriyyəsi istifadə edərək məsələni həll edə bilərik [3; 4]. Bunun üçün, fərz edək ki, $EHQ_1, EHQ_2, \dots, EHQ_m$ qorunma vasitələri I tərəfin, EH_1, EH_2, \dots, EH_n elektromaqnit hücumları isə II tərəfin strategiyası olsun. Onda II tərəfin tətbiq etdiyi hər hansı $EH_j, j = 1, 2, \dots, n$ strategiyasına qarşı I tərəf $EHQ_i, i = 1, 2, \dots, m$ cavab strategiyasını tətbiq edir. Bu halda I tərəfin a_{ij} qorunmağı (uduşu), yəni elektromaqnit hücumundan qorunma vasitəsinin effektivliyinin, II tərəf üçün isə uduzduğunun kəmiyyət göstəricisidir. Bütün hallar üçün $a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m$ və $j = 1, 2, \dots, n$ $m \times n$ ölçülü matrisi I tərəfin qorunmasını xarakterizə edir (Cədvəl).

Cədvəl. Elektromaqnit hücumlarından qorunma və ya neytrallaşdırıcı vasitələrin effektivlik əmsalları

Sıra №-si	Qorunma vasitələrin növləri	Elektromaqnit hücumlarının növləri						$\alpha_i = \min_j a_{ij}$
		EH_1	EH_2	...	EH_j	...	EH_n	
1	EHQ_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1n}	α_1
2	EHQ_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2n}	α_2

i	EHQ_i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{in}	

m	EHQ_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mj}	...	a_{mn}	α_m
	$\beta_j = \max_i a_{ij}$	β_1	β_2	...	β_j	...	β_n	

I tərəf üçün tapılmış optimal strategiya elə EHQ_i strategiyasıdır ki, ona rəqib olan II tərəfin hər hansı EH_j strategiyasını seçməsindən asılı olmayaraq, mümkün maksimum qorunmasını təmin edir. I tərəf hesab edir ki, EHQ_i strategiyasını seçdikdə onun minimum qorunması i sayılı sətirdəki ən kiçik ədədə bərabərdir. Ona görə I tərəf elə strategiya tapmaq istəyir ki, mümkün minimum elektromaqnit hücumlarından qorunmanı maksimumlaşdırsın (maxmin strategiyası)

$$\alpha = \max_i \min_j a_{ij},$$

burada α oyunun aşağı qiyməti adlanır. I tərəfin qorunması α -dan aşağı olmayacaq.

II tərəf üçün optimal strategiya elə strategiyadır ki, I tərəfin mümkün maksimum qorunması ən az və minimum olsun və heç bir halda

$$\beta = \min_j \max_i a_{ij}$$

qiymətini aşmasın (minimax strategiyası). β ədədi oyunun yuxarı qiyməti adlanır.

I tərəfin maxmin, II tərəfin isə minimax strategiyası ən ehtiyatla seçilmiş tərəfləri sığortalayan strategiyalardır. II tərəfin təminatı var ki, I tərəfin qorunması heç vaxt minimaxdan çox olmayacaq, I tərəf isə bilir ki, ən az uduşu maxmin qədər olacaq.

Oyunlar nəzəriyyəsi minimax və ya maxmin strategiyalarını tətbiq etməyi həmişə tövsiyə etmir. Bu, ödəniş matrisinin yəhərvari nöqtəsinin olub-olmamasından asılıdır.

Fərz edək ki, əgər baxılan halda oyunun aşağı və yuxarı qiymətləri bərabərdirsə, yəni maxmin və minimax $\alpha = \beta$, onda a_{ij} elementinə elektromaqnit hücumlarından qorunma və ya neytrallaşdırıcı vasitələrin effektivlik əmsallarına matrisin yəhərvari nöqtəsi və ya elementi deyilir. Yəhərvari nöqtəsi olan oyunlarda hər iki tərəf maxmin (minimax) strategiyalarını seçməlidir. Bu, prinsipdən yayınan tərəf üçün məğlubiyyət deməkdir.

Əgər oyunda yəhərvari nöqtə yoxdursa, onda EHQ_i $i = 1, 2, \dots, m$ və EH_j $j = 1, 2, \dots, n$ təmiz strategiyalarından heç biri optimal həll olmayacaq və həllin dayanıqlılığını təmin etməyəcəkdir. Buna görə də fərz edək ki, EH_j , $j = 1, 2, \dots, n$ elektromaqnit hücumlarının baş verməsi ehtimalları, q_j^* , $j = 1, 2, \dots, n$ və EHQ_i , $i = 1, 2, \dots, m$ qorunma vasitələrinin bu hücumlara qarşı tətbiq olunma p_i^* , $i = 1, 2, \dots, m$ ehtimallarıdır.

$$q_j^*, j = 1, 2, \dots, n \text{ və } p_i^*, i = 1, 2, \dots, m$$

ehtimallarının qiymətləri məlum deyil və onların tapılması lazımdır.

Onda tələb olunur ki,

$$S_I^* = \begin{pmatrix} EQ_1 & EQ_2 & \dots & EQ_m \\ p_1^* & p_2^* & \dots & p_m^* \end{pmatrix} \text{ və } S_{II}^* = \begin{pmatrix} EH_1 & EH_2 & \dots & EH_n \\ q_1^* & q_2^* & \dots & q_n^* \end{pmatrix}$$

optimal strategiyaları tapılsın.

Burada S_I^* və S_{II}^* ilə uyğun olaraq $2 \times m$ və $2 \times n$ ölçülü matrislər olub I və II tərəfin optimal strategiyaları işarə olunub, p_i^* – I tərəfin təmiz EHQ_i strategiyasının və q_j^* isə II tərəfin təmiz EH_j strategiyasının tətbiq olunma ehtimallarıdır:

$$p_1^* + p_2^* + \dots + p_m^* = 1, \quad q_1^* + q_2^* + \dots + q_n^* = 1. \quad (7)$$

I tərəfin optimal S_I^* strategiyası o deməkdir ki, o, I tərəf və ya II tərəfin ixtiyari strategiyasında oyunun qiyməti v -dən az olmayan orta qorunmanı (uduşu) təmin edir. II tərəfin optimal strategiyasında qorunma (uduş) v -yə bərabər olur. Ümumiliyi pozmadan qəbul edə bilərik ki, $v > 0$. Ödəniş matrisinin bütün elementlərini mənfi olmayan ədəd etməklə buna nail olmaq olur.

Əgər I tərəf II tərəfin ixtiyari təmiz EH_j strategiyasına qarşı özünün qarışıq S_I^* strategiyasını istifadə edərsə, onda o, orta uduş (zərərsizləşdirilən elektromaqnit hücumlarının sayı) və ya uduşun (zərərsizləşdirilən elektromaqnit hücumlarının sayı) riyazi gözləməsi

$$a_{1j}p_1 + a_{2j}p_2 + \dots + a_{mj}p_m, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

olan uduş əldə edir. I tərəfin optimal S_I^* strategiyasında bütün orta uduşlar oyununun qiyməti v -dən az deyil:

Məhdudiyyət şərtləri

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (24)$$

olar.

Burada a_i – i -ci növ qorunma vasitələrinin sayıdır.

(22) şərti i -ci EHQ_i qorunma vasitəsilə bütün elektromaqnit hücumlarına tətbiq oluna bilər.

b_j isə j -ci növ elektromaqnit şüalanma cihazların sayıdır.

(23) şərti j -ci növ elektromaqnit şüalanma cihazına qarşı bütün elektromaqnit hücumundan müdafiə vasitələrinin tətbiq oluna bilər.

Fərz edək ki, $a_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ kəmiyyətlərinin qiymətləri, a_i – elektromaqnit hücumundan müdafiə vasitələrinin və b_j – elektromaqnit şüalanma cihazlarının sayı verilmişdir. Bu verilənlər əsasında (11), (14) və (15) məsələsini Simpleks metodunun modifikasiya olunmuş variantı olan Qomori metodu ilə Mathcad proqramının [5; 7] Minimize() və Maximize() funksiyaları vasitəsilə həll etməklə

$$x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

kəmiyyətlərinin və $MH(x)$ funksiyasının qiymətlərini tapmış olarıq. Yəni elektron hücumlardan qorunmuş obyektlərin sayının ən kiçik və ən böyük qiymətləri məlum olar [7].

Elektromaqnit şüalanmanın radioelektron qurğulara təsiri tənliyinin təsviri

Elektromaqnit dalğaların təsiri nəticəsində elektron cihazlarda titrəyişlər (vibrasiya) əmələ gəlir. Bununla bağlı məşhur fizik, mühəndis Nikola Tesla demişdir ki, vibrasiya, enerji və zərrəcikləri başa düşsək, təbiəti anlamış olarıq. XX əsrin əvvəllərində dahi fizik, Nobel mükafatı laureatı Albert Eynşteyn yuxarıdakı fikri daha da dəqiqləşdirərək belə qənaətə gəlmişdir ki, “*Hər şey enerjidir, hamısı bu qədər!*” Fizika qanunlarından məlumdur ki, “*enerji itmir və heç nədən yaranmur, o, bir şəkildən başqa şəkə çevrilir*”. Yəqin ki, təbaşirlə yazılan lövhəni sildikdən sonra yazı lövhəsinin aşağısına tozun yığıldığının şahidi olmuşuq. Kompüterdə və ya smartfonda yazılan informasiyanı silərkən, başqa sözlə desək, ləğv edərkən bəs o hara gedir? Əlbəttə ki, enerjinin saxlanma qanununa görə, ayrılan enerjiyə çevrilir. Kompüter və ya smartfonun monitor ekranının qızdığını hamı müşahidə edib. Birmənalı şəkildə hökm vermək olar ki, gözə görünən və görünməyən hər nə varsa, enerjidir. Bu fəlsəfi fikir deyil, müasir fizikanın qanunlarına görə belədir. Nikola Teslanın fikrinə görə, əgər, söhbət vibrasiyadan gedirsə, deməli, burada hərəkət vardır. Hərəkət edən cisim isə kinetik enerjiyə malikdir. Vibrasiya enerji ilə bağlıdır. Bəs zərrəciklərlə enerjinin nə əlaqəsi? Fizikanın elementar zərrəcikləri öyrənən bölmələrindən biri də nüvə fizikasındır. Nüvə fizikası bəşəriyyətin can atdığı tükənməz enerji mənbəyi olan nüvənin daxilində gedən prosesləri öyrənən bölmədir. İki növ nüvə reaksiyası vardır: idarə olunan və idarə olunmayan zəncirvari nüvə reaksiyaları. İdarə olunmayan nüvə reaksiyalarına atom və neytron bombalarını, idarə olunan nüvə reaksiyalarına isə nüvə reaktorlarını nümunə göstərə bilərik.

Vibrasiya prosesləri əsasən özünü radiodalğalarda göstərir. Təsadüfi deyil ki, radionu ixtira edən nə rus alimi Aleksandr Popov, nə də Markoni olmuşdur. Amerika Birləşmiş Ştatlarının patentlər idarəsi təsdiqləyir ki, Markonidən qabaq radionu kəşf edən elə Nikola Tesladır. Bu səbəbdən təsadüfi deyil ki, tənliyin adını daşdığı “Bianki” sözü məşhur İtalyan alimləri Luici Bianki və Oneratta Nikolettinin

tədqiqatları ilə bağlıdır. 1895-ci ildən vibrasiya prosesləri tədqiq olunmağa başlanmışdır. Belə prosesləri adekvat təsvir edən 3D Bianki tənliyidir və o partlayış dalğasını ifadə edir.

3D Bianki tənliyi elektromaqnit dalğalarının elektron cihazlara təsirini təsvir edir [12].

Məlumdur ki, istənilən diferensial tənliyin həlli mühitin xassələrini göstərir. Əgər tənliyin əmsalları kəsilməz və kəsilməz diferensiallandırsa, onda partlayış hamar mühitdə baş vermişdir. Yox, əgər, tənliyin əmsalları kəsiləndirsə, bu onu göstərir ki, partlayış zamanı mühitdə fəsadlar əmələ gəlmişdir.

Nəticə

Radioelektron qurğuların işləməsini və elektromaqnit şüalanma mənbələrinin gücünü xarakterizə edən hal funksiyaları vasitəsilə radioelektron sistemlərin ifrat yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanmadan qorunması üçün şərtlər tapıla bilər.

Radioelektron qurğuların ehtimal olunan risklərdən qorunması üçün vasitələri effektiv seçmək olar.

Həmçinin radioelektron sistemlərin ifrat yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanmadan qorunması üçün onların optimal planlaşdırılması mümkündür.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı

1. Саламатин, В.В. Распространение радиоволн. / В.В.Саламатин, И.Л.Афонин – Севастополь: Изда-во СевНТУ, – 2012. – 57 с.
2. Быстров, Р.П. Электромагнитные системы и средства преднамеренного воздействия на физические и биологические объекты. / Р.П.Быстров, В.Г.Дмитриев, А.А.Потапов [и др.] Радиоэлектроника, Rensit, – Москва: – 2014. № 6 (2), – с. 129-169.
3. Самаров, К.Л. Элементы теории игр / К.Л.Самаров. – Москва: ООО «Резольвента», – 2009. – 24 с.
4. Самарский, А.А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. / А. А. Самарский, А.П. Михайлов – Москва: Физматлит, – 2005. – 320 с.
5. Mathcad: [Electronic resource] / Wikipedia the free an encyclopedia / URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Mathcad>
6. Gasanov, A.G. Methodology for effective planning of means of destruction located in the cover and in the stern for various types of targets / A.G.Gasanov, Y.Sh.Karimov // Voenen Zhurnal, –Sofia, Bulgari: – 2024. vol. 131, № 2, – p. 207-213.
7. Gasanov, A.G. Optimal management of the application of a group of unmanned aerial vehicles (UAVs) of the same type to different targets / A.G.Gasanov, Y.Sh.Karimov // Journal of Defense Resources Management, – Brasov – Romania: – 2023. vol. 14, № 2 (27), – p.125-130.
8. Mamedov, I.G. Integral representations of a function in the S.L.Sobolev space and their application to boundary problems / I.G.Mamedov, A.J.Abdullayeva // American Journal of Applied Mathematics, – 2023. vol. 11, № 4, – p.58-70.: [Electronic resource] / URL: <http://www.applmath.org/article/10.11648.j.ajam.20231104.11>
9. Мамедов, И.Г. О корректной разрешимости краевой задачи в неклассической трактовке заданной на середине области для одного интегро-дифференциального уравнения 3D Бианки / И.Г.Мамедов, А.Дж.Абдуллаева // Journal Contemporary Applied Mathematics, – Баку: – 2018. vol. 8, №1, – p.69-80.: [Электронный ресурс] / URL: <http://journalcam.com/wp-content/uploads/2018/06/8.pdf>
10. Abdullayeva, A.J. Fundamental solution of the boundary value problem for a hyperbolic integro-differential equation of the 3D Bianchi type // – Baku: Proceedings of the Institute of Applied Mathematics, – 2022. vol. 11, № 2, – p. 159-190.: [Electronic resource] / URL: <http://www.iamj.az/Files/Contents%20V.11,%20N.2,%202022/8abdullayvastil.pdf>
11. Abdullayeva, A.J. Construction of a adjoint operator in the study of the problem designed in

the middle of the area for one integro-differential equation of 3D Bianchi // “Modern problems of innovative technologies in oil and gas production and applied mathematics” Proceedings of the International conference dedicated to the 90 th anniversary of academician A.K.Mirzajanzade, – Baku: – 13 –14 December, – 2018, – p. 105-106.: [Electronic resource] /

URL: <https://bit.ly/aynura-abdullayeva>

12. Mamedov, I.G. One 3D in the Geometrical Middle Problem in the Non-classical Treatment for one 3D Bianchi Integro-differential Equation with Non-smooth Coefficients / I.G.Mamedov, A.J.Abdullayeva // Caspian Journal of Applied Mathematics, – Baku: – 2018. vol. 6, – p. 73-81.: [Electronic resource] /

URL: <https://www.researchgate.net/publication/327797267>

Аннотация

Проблемы защиты радиоэлектронных систем от электромагнитного излучения сверх высокой частоты

Ислам Исламов, Арзуман Гасанов, Айнуро Абдуллаева

В статье рассмотрен вопрос разработки способа защиты радиоэлектронных систем от электромагнитного излучения крайне высокой частоты, а также условия, показывающие нормальную работу радиоэлектронных средств, в том числе были получены функции состояния радиоэлектронных устройств и источников электромагнитного излучения. С применением теории игр создана математическая модель задачи эффективного выбора средств защиты радиоэлектронных устройств от возможных рисков. Для решения задачи предложен симплексный метод. Также разработана математическая модель оптимального размещения радиоэлектронных систем в вопросах защиты от электромагнитного излучения сверх высокой частоты. Проблему можно решить, применив метод Гомори, который представляет собой модифицированную версию симплекс-метода. Предложено трехмерное уравнение типа Бьянки, описывающее взрывную волну в радиоэлектронных устройствах, и исследована краевая задача для этих уравнений. Для краевой задачи трехмерного уравнения Бьянки дано понятие обобщенной функции Римана и найдена интегральная форма решения. При этом использовались теория специальные дифференциальные уравнения, интегральные и интегрально-дифференциальные уравнения, линейные операторные уравнений и методы функционального анализа в банаховых пространствах.

Ключевые слова: электромагнитные волны, электромагнитное излучение, радиоэлектронные устройства, диапазон сверх высоких частот, вибрация

Abstract

Problems of protection of radio-electronic systems from electromagnetic radiation over high frequency

Islam Islamov, Arzuman Gasanov, Aynura Abdullayeva

The article considers the development of a method for protecting electronic systems from extremely high-frequency electromagnetic radiation, as well as the conditions that demonstrate normal operation of electronic equipment, including were obtained the state functions of electronic devices and electromagnetic radiation sources. Using game theory, a mathematical model of the problem of efficient selection of means of protecting electronic devices from possible risks was created. A simplex method was proposed to solve the problem. A mathematical model of optimal placement of electronic systems in matters of protection from ultra-high-frequency electromagnetic radiation was also developed. The problem can be solved using the Gomori method, which is a modified version of the simplex method. A three-dimensional Bianchi-type equation describing a blast wave in electronic devices was proposed, and a boundary value problem for these equations was investigated. For the boundary value problem of the three-dimensional Bianchi equation, the concept of a generalized Riemann function was given and

an integral form of the solution was found. In this case, theory special differential equations, integral and integral-differential equations and linear operations of equations and methods of functional analysis in Banach spaces were used.

Keywords: electromagnetic waves, electromagnetic radiation, radio electronic devices, ultra-high frequency range, vibration

Məqalə redaksiyaya daxil olmuşdur: 03.12.2024

Təkrar işlənməyə göndərilmişdir: 14.01.2025

Çapa qəbul edilmişdir: 19.02.2025