

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ

ISSN 2311-7249 (Print)

ISSN 2410-7336 (Online)

№ 1(31)
2018

Науковий журнал

Засновник і видавець

Національний університет оборони України
імені Івана Черняхівського
Журнал заснований у 2008 році

Адреса редакції

Національний університет оборони України
імені Івана Черняхівського
Інститут інформаційних технологій

Повітрофлотський проспект, 28,
Київ, 03049

sitnuou@ukr.net

http://www.sit.nuou.org.ua

телефон: (044)-271-07-31, (098)-273-48-62

факс: (044)-271-07-31

Журнал зареєстровано в Державній реєстраційній
службі України
(свідоцтво КВ №20490-10290ПР)

Журнал видається
українською, російською та англійською мовами

Журнал виходить 3 рази на рік

Наказом Міністерства освіти і науки України
від 29 грудня 2014 р. №1528 журнал включено до
Переліку наукових фахових видань України
в галузях “технічні науки” та “військові науки”

Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного університету оборони України
імені Івана Черняхівського
(протокол № 7 від 31 травня 2018 р.)

При використанні матеріалів посилання на журнал
“Сучасні інформаційні технології
у сфері безпеки та оборони” обов’язкове

Редакція може не поділяти точку зору авторів
Відповідальність за зміст поданих матеріалів
несуть автори

Журнал індексується у наукометричних базах:
Citefactor, Google Academy, Index Copernicus,
The Journal Impact Factor.
Directory of Research Journals Indexing (DRJI)

Журнал представлений у базах даних:
Bielefeld Academic Search Engine (BASE),
Directory of Open Access Journals (DOAJ),
Research Bible, WorldCat.

Журнал внесений до каталогів бібліотек:
Vernadsky National Library of Ukraine.

В номері:

Теоретичні основи створення і використання інформаційних технологій

Слово головного редактора	5
<i>Богданович В.Ю., Сиротенко А.М., Комаров В.С.</i> Метод оцінювання ефективності комплексного використання військових і невійськових сил та засобів в системі забезпечення воєнної безпеки України	7
<i>Боровик О.В., Боровик Л.В., Красовський М.В.</i> Метод пошуку раціонального компромісу в одному класі задач багатокритеріальної оптимізації при розкритті невизначеності цілей, що задаються функціями однієї змінної	13
<i>Даник О.В., Трофименко І.В., Коломієць О. М.</i> Особливості розроблення моделі оцінювання ефективності систем навігації та управління рухом судна	21
<i>Живило Є.О.</i> Метод підвищення завадозахисту високошвидкісних каналів передачі даних безекіпажних малорозмірних суден	26
<i>Запара Д.М., Бровко М.Б., Бортиновський С.А., Опенько П.В.</i> Формалізація процедури прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ в перспективній автоматизованій системі управління матеріально-технічним забезпеченням	31
<i>Ковбасюк С.В., Андрєєв Ф.М., Статкус А.В.</i> Оцінка можливості покращення точнісних показників алгоритмів уточнення кутових швидкостей балістичних і космічних об’єктів у РЛС надгоризонтного виявлення	37
<i>Козубцов І.М., Козубцова Л.М., Куцаєв В.В., Терещенко Т.П.</i> Методика оцінки кібернетичної захищеності системи зв’язку організації	43
<i>Kravchenko Y.V., Starkova O.V., Mykolaichuk R.A., Mykus S.A.</i> OSI-interlayer consistency problem	47
<i>Литвиненко М.І., Мазжаров В.С., Антоненко С.І.</i> Модель внутрішньої мови системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом	53
<i>Масєсов Н.А., Бондаренко Л.А., Ефанова Е. А., Садыков О.И.</i> Оцінка живучості ієрархічних телекомунікаційних мереж воєнного призначення	61
<i>Мельник Я.В., Кравчук А.А., Єфімова Р.Г., Бобилєв В.С.</i> Пропозиції щодо концепції створення тренажерної бази для забезпечення заходів бойової та оперативної підготовки у Збройних Силах України	68
<i>Нікулін М.Б., Ромашко І.В.</i> Оцінка за пікфактором широкосмугових сигналів в базисі функцій Лягера	73
<i>Оберемок С.О., Поліщук С.В.</i> Математична модель процесу передачі даних в режимі виявлення помилок отримувачем з урахуванням відмов на вузлах комунації в мережах автоматизованих систем управління повітряним рухом	77
<i>Останчук В.М., Фараон С.І., Бондаренко Л.О.</i> Методика оцінки пропускну здатності як характеристики системи військового зв’язку	81
<i>Приймєв Ю.Б.</i> Модель контрольно-випробувальної станції з заданими технічними характеристиками	85
<i>Рижков О.В., Геращенко М.О., Барвінок Р.Д., Єрмоленко Ф.В.</i> Використання стандартів SQuaRE при проведенні випробувань програмного забезпечення у Збройних Силах України	89
<i>Сакович Л.М., Романенко В.П., Гнатюк С.Є., Розум І.Ю.</i> Комплексність підходу до оцінювання ефективності функціонування системи зв’язку за відповідними показниками якості	95
<i>Slusar V. I., Zinchenko A. O., Danyuk Y. H.</i> Accuracy estimation of method for parameters measurement of pulse signals and OFDM (N-OFDM) signals	103
<i>Стейскал А.Б.</i> Результати моделювання схеми визначення середньої частоти лінійно-частотно-модульованого сигналу з низькою спектральною щільністю потужності	109
<i>Ясинецький В.П., Якобінчук О.В., Борозенець І.О., Мазжаров В.С.</i> Формалізована модель діяльності оператора управління повітряним рухом	115

Сучасні військово-теоретичні проблеми

<i>Дудуш А.С., Тютюнник В.О., Резніченко О.А., Гогозянц С.Ю.</i> Сучасний стан та проблеми протидії маловисотним, низькошвидкісним та малорозмірним БПЛА	121
<i>Кубаль Р.В.</i> Методика обґрунтування вимог до системи забезпечення військ (сил) пальним	132
<i>Мазур В.Ю., Боровик О.В.</i> Концепція розбудови єдиної системи висвітлення надводної обстановки на морській (річковій) ділянці в контексті забезпечення прикордонної безпеки	137
<i>Сіборовський О.А., Братко А.В.</i> Методичні рекомендації з організації застосування підрозділів складу бойового резерву для посилення охорони державного кордону	143
<i>Чернега В.М., Кацалан В.О., Войтко О.В.</i> Методика оцінки загроз інформаційній безпеці України у воєнній сфері	149
<i>Штонда Р.М., Черниш Ю.О., Процюк Ю.О., Мальцева І.Р.</i> Стратегічні комунікації: досвід партнерів забезпечення	155
<i>Даник Ю.Г., Пермяков О.Ю.</i> Сучасні інформаційні технології в забезпеченні національної безпеки і оборони: реалії та тенденції розвитку	159

Редакційна колегія

Головний редактор

Пермяков Олександр Юрійович,
доктор технічних наук, професор

Заступник головного редактора

полковник Ракушев Михайло Юрійович,
доктор технічних наук, старший науковий співробітник

Члени редколегії:

Бутвін Борис Леонідович,
доктор технічних наук, професор

генерал-майор Даник Юрій Григорович,
доктор технічних наук, професор

Дробаха Григорій Андрійович,
доктор військових наук, професор

Жук Сергій Якович,
доктор технічних наук, професор

Загорка Олексій Миколайович,
доктор військових наук, професор

полковник Катеринчук Іван Степанович,
доктор технічних наук, професор

Компанцева Лариса Феліксівна,
доктор філологічних наук, професор

Косевцов В'ячеслав Олександрович,
доктор військових наук, професор

Кравченко Юрій Васильович,
доктор технічних наук, професор

Репіло Юрій Євгенович,
доктор військових наук, професор

Савченко Віталій Анатолійович,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

полковник Лобанов Анатолій Анатолійович,
доктор військових наук, професор

Шиміч Горан, доктор філософії

Пресналл Аарон, доктор філософії

Флурі Філіпп, доктор філософії

Романченко Ігор Сергійович,
доктор військових наук, професор

Рубан Ігор Вікторович,
доктор технічних наук, професор

Рябцев Вячеслав Віталійович,
кандидат технічних наук, доцент

Сбітнєв Анатолій Іванович,
доктор технічних наук, професор

Семон Богдан Йосипович,
доктор технічних наук, професор

Серватюк Василь Миколайович,
доктор військових наук, професор

Солонніков Владислав Григорович,
доктор технічних наук, професор

Телелим Василь Максимович,
доктор військових наук, професор

Шемаєв Володимир Миколайович,
доктор військових наук, професор

Потій Олександр Володимирович,
доктор технічних наук, професор

Ковбасюк Сергій Валентинович,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

Шевченко Віктор Леонідович,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

генерал-майор Риспаєв Асхат Науризбайович,
кандидат військових наук

Гавлічек Пьотр, доцент

Відповідальний секретар

полковник Войтко Олександр Володимирович
кандидат військових наук

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE SPHERE OF SECURITY AND DEFENCE

ISSN 2311-7249 (Print)

ISSN 2410-7336 (Online)

№ 1(31)
2018

Scientific journal

Founder and Publisher

National Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovsky
The journal was founded in 2008

Address:

National Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovsky,
Information Technology Institute

Povitroflotskiy ave. 28, Kyiv, 03049
sitnuou@ukr.net
http://www.sit.nuou.org.ua

Telephone: (044)-271-07-31, (098)-273-48-62
Fax: (044)-271-07-31

The journal is registered
in the State Registration Service of Ukraine
(certificate KB №20490-10290IIP)

The journal is published
in Russian, Ukrainian and English

The journal is published thrice a year

According to the Document of the Ministry of
Education and Science of Ukraine
issued on December 29, 2014 (№ 1528) the journal
was included into the Ukrainian list of specialized
scientific publications in engineering sciences and
military sciences

*Recommended to publication
by the Scientific Council of the National
Defence University of Ukraine
named after Ivan Cherniakhovsky
(Protocol No. 7, 31 May 2018)*

When using the materials, the reference to the journal
“Modern Information Technologies
in the Sphere of Security and Defence” is mandatory

The editorial board can have a different viewpoint
than that of the authors
The content of the materials is the authors' responsibility

The journal is indexed in the scientometric bases:
*Citefactor, Google Academy, Index Copernicus,
The Journal Impact Factor,
Directory of Research Journals Indexing (DRJI)*

The journal is presented in the databases:
*Bielefeld Academic Search Engine (BASE),
Directory of Open Access Journals (DOAJ),
Research Bible, WorldCat.*
The journal is added to the libraries:
Vernadsky National Library of Ukraine.

Contents:

Theoretical Foundations of Information Technologies Creation and Use

Message from the chief editor.....	5
<i>Bohdanovych V.Y., Sirotenko A.M., Komarov V.S.</i> The method of the mean efficiency of the complex use military and non-military power and facilities in system of the provision to Ukraine's military security.....	7
<i>Borovyk O.V., Borovyk L.V., Krasovsky M.V.</i> Rational compromise searching method in one class of multiobjective optimization problem in evaluation of indeterminate objectives set by the functions of one variable.....	13
<i>Danick O.V., Trofimenko I.V., Kolomiets O.M.</i> Peculiarities of model development for estimation of efficiency of navigation and ship control systems.....	21
<i>Zhivilo E.A.</i> Methods of increasing the interference of high-speed channels of data transmission of unmanned surface vehicle.....	26
<i>Zapara D. M., Brovko M.B., Bortnovskiy S.A., Openko P.V.</i> Formalization of the forecasting procedure for damage to armament and military equipment of air defence troops in perspective logistic support automatic control system.....	31
<i>Kovbasjuk S.V., Andreev F.M., Statkus A.V.</i> Evaluation of possibilities to improve accuracy characteristics for algorithms of refinement angular velocity of ballistic and space objects in early warning radars.....	37
<i>Kozubtsov I.M., Kozubtsova L.M., Kutsayev V.V., Tereshchenko T.P.</i> Method of assessment of the cybernetic protection of the organization communication system.....	43
<i>Kravchenko Y.V., Starkova O.V., Mykolaichuk R.A., Mykus S.A.</i> OSI-interlayer consistency problem.....	47
<i>Litvinenko M.I., Mazharov V.S., Antonenko S.I.</i> Internal language engineering system for supporting solutions of automated air traffic control system.....	53
<i>Masesov N.A., Bondarenko L.A., Efanova K.A., Sadykov O.I.</i> Evaluation of living hierarchical telecommunication networks of military purpose.....	61
<i>Melnyk Y.V., Kravchuk A.A., Yefimova R.G., Bohylov V.Y.</i> Proposals on the concept of the development of a simulator base for the provision of combat and operational training in the Armed Forces of Ukraine.....	68
<i>Nikulin N.B., Romashko I.V.</i> Estimation by the pick factor of broadband signals in the basis of the funny Legger.....	73
<i>Oberemok S.A., Polishchuk S.V.</i> Mathematical model of transmission of data in the mode of detecting the errors of the recipient with account of failures at the commutation networks in networks of automated air traffic control systems.....	77
<i>Ostapchuk V.M., Pharaon S.L., Bondarenko L.O.</i> Methodology of estimation of capacity above as the characteristics of the military communication system.....	81
<i>Pribyliev Y.</i> Model of the control and test station with the given characteristics.....	85
<i>Ryzhkov A.V., Gerashchenko M.A., Barvinok R.D., Yermolenko F.V.</i> Using SQuaRE standards with testing software provision in the armed forces of Ukraine.....	89
<i>Sakovich L.N., Romanenko V.P., Gnatyuk S.E., Rozum I.Y.</i> A complexity of going is near evaluation of efficiency of functioning the communication networks are on corresponding indexes of quality.....	95
<i>Slusar V. I., Zinchenko A. O., Danyk Y. H.</i> Accuracy estimation of method for parameters measurement of pulse signals and OFDM (N-OFDM) signals.....	103
<i>Steiskal A.B.</i> The results of scheme's design of detecting middle frequency of energy-hidden chirp signals.....	109
<i>Yasyunetskiy V.P., Yakobinchuk O.V., Borozenec I.O., Mazharov V.S.</i> Formalized model activity of operators of air traffic control.....	115

Modern Military Theoretical Problems

<i>Dudush A.S., Tyutyunnik V.A., Reznichenko A.A., Hohoniants S.U.</i> State of the art and problems of defeat of low, slow and small unmanned aerial vehicles.....	121
<i>Kubal R.V.</i> Methodology of substantiations of requirements for supply system of the troops (force) by fuel.....	132
<i>Mazur V.Y., Borovyk O.V.</i> The concept of development of a unified system of the sea (river) sector surface picture display in the context of border security ensuring.....	137
<i>Sciborovsky A.A., Bratko A.V.</i> Methodical recommendations on organizing applications of departments from the composition of military reserves for strengthening the state border protection.....	143
<i>Cherneha V.M., Katsalap V.O., Voitko O.V.</i> Methodology of estimation of threats of information security of Ukraine in the military field.....	149
<i>Shtonda R.M., Chernish Y.A., Protsiuk Y.O., Maltseva I.R.</i> Strategic communications, experience of partners.....	155
<i>Danyk Y. H. Permiakov O.Y.</i> Modern information technologies in providing national security and defence: current state and development trends.....	159

Editorial Board

Chief Editor

Permiakov Oleksandr Yuriiiovych
doctor of technical sciences, professor

Deputy Chief Editor

colonel *Rakushev Mykhailo Yuriiiovych*,
doctor of technical sciences, senior research fellow

Editorial Board members:

Butvin Borys Leonidovych,
doctor of technical sciences, professor

major general, *Danyk Yurii Hryhorovych*,
doctor of technical sciences, professor

Drobakha Hryhorii Andriiovych,
doctor of military sciences, professor

Zhuk Serhii Yakovych,
doctor of technical sciences, professor

Zahorka Oleksii Mykolaiovych,
doctor of military sciences, professor

colonel *Katerynychuk Ivan Stepanovych*,
doctor of technical sciences, professor

Kompantseva Larysa Feliksivna,
doctor of philological sciences, professor

Kosevtsov Viacheslav Oleksandrovych,
doctor of military sciences, professor

Kravchenko Yurii Vasylovych,
doctor of technical sciences, professor

Repilo Yurii Yevhenovych,
doctor of military sciences, professor

Savchenko Vitalii Anatoliiovych,
doctor of technical sciences,
senior research fellow

colonel *Lobanov Anatolii Anatoliiovych*,
doctor of military sciences, professor

Shimic Goran, doctor of philosophy

Presnall Aaron, doctor of philosophy

Fluri Philip, doctor of philosophy

Romanchenko Ihor Serhiiiovych,
doctor of military sciences, professor

Ruban Ihor Viktorovych,
doctor of technical sciences, professor

Riabtsev Viacheslav Vitaliiiovych,
candidate of technical sciences,
associate professor

Sbitniev Anatolii Ivanovych,
doctor of technical sciences, professor

Semon Bohdan Yosypovych,
doctor of technical sciences, professor

Servatiuk Vasyl Mykolaiovych,
doctor of military sciences, professor

Solonnikov Vladyslav Hryhorovych,
doctor of technical sciences, professor

Telelym Vasyl Maksymovych,
doctor of military sciences, professor

Shemaiev Volodymyr Mykolaiovych,
doctor of military sciences, professor

Potii Oleksandr Volodymyrovych,
doctor of technical sciences, professor

Kovbasjuk Serhii Valentinovych,
doctor of technical sciences,
senior research fellow

Shevchenko Viktor Leonidovych,
doctor of technical sciences,
senior research fellow

major general *Ryspaiev Askhat Nauryzbaiovych*,
candidate of military sciences

Gawliczek Piotr, associate professor

Executive Secretary

colonel *Vojtko Oleksandr Volodymyrovych*
candidate of military sciences

Микола Борисович Нікулін (канд. техн. наук, доцент)

Ігор Володимирович Ромашко

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

ОЦІНКА ЗА ПІКФАКТОРОМ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ В БАЗИСІ ФУНКЦІЙ ЛЯГГЕРА

У ряді робіт, присвячених питанням синтезу і обробки складних сигналів, разом з тригонометричним базисом використовуються і інші ортогональні базиси. Проте, в даних роботах, часто, не дається оцінка таких сигналів за пікфактором, а також має місце застосування ортогональних базисів не на кінцевому інтервалі, що приводить до різного роду труднощів під час рішення задач формування і обробки сигналів.

Метою даної статті є розгляд питання синтезу складних сигналів в ортогональних базисах Ляггера для класу складних сигналів. Зазначений синтез широкосмугових сигналів представляє інтерес для систем радіозв'язку.

Ключові слова: базис функцій Ляггера, пікфактор, сигнал, модуляція.

Вступ

Сучасні системи радіозв'язку використовують широкосмугові сигнали враховуючи їх значні переваги на вузькосмуговими, що визначає необхідність синтезу зазначених сигналів.

Постановка проблеми.

Якщо при проведенні синтезу складних сигналів разом з тригонометричним базисом використовується і інші базиси, необхідно давати оцінку таких сигналів, враховуючи пікфактор та застосовуючи ортогональний базис на кінцевому інтервалі.

Аналіз остатніх досліджень і публікацій

Останнім часом для синтезу широкосмугових сигналів використовувався тригонометричний базис, де апаратна платформа використовувала класичну елементну базу. Синтез смугових сигналів в базисі функцій Ляггера забезпечує побудову пристроїв модуляції на основі RC-елементів, що значно спрощує апаратну реалізацію модуляторів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Якщо в якості несущого коливання як і раніше використовувати відрізок гармоніки, а огинаючи формувати в ортонормованому на інтервалі $[0, T]$ базисі, відмінному від тригонометричного, тоді при баланській модуляції гармонійну несучу функцію визначаємо наступним співвідношенням

$$E_r(t) = \sum_{k=k_{r1}}^{k_{r2}} A_{rk} \varphi_{rk}(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1)$$

r – й варіант передаваного складного сигналу представляється у формі :

$$U_r(t) = \sum_{k=k_{r1}}^{k_{r2}} A_{rk} \varphi_{rk}(t) \cos(\omega_n t + \varphi_0), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (2)$$

де $\{\varphi_{rk}(t)\}$ – координатні функції, належні ортонормованому на інтервалі $[0, T]$ базису, відмінному від тригонометричного;

A_{rk} – амплітуда k -ї координатної функції;

φ_0 – початкова фаза високочастотного заповнення сигналу.

У разі синтезу ортогональних сигналів (2.2), координатні функції r і ℓ варіантів повинні задовольняти умові.

$$\int_0^T \varphi_{rk}(t) \varphi_{\ell k}(t) dt = 0 \quad \text{при } r \neq \ell \quad (3)$$

Розглянемо формування широкосмугових сигналів в базисі функцій Ляггера з точки зору ортогональності і ортонормованості.

Практичний інтерес до функцій Ляггера під час рішення задач синтезу і обробки сигналів обумовлений тим, що вони можуть бути реалізовані як імпульсні реакції порівняно простих фізичних ланцюгів кінцевого порядку. Функції Ляггера визначаються рівнянням:

$$\ell_k(t) = \frac{1}{k!} \ell^{-t/2} L_k(t) \quad (4)$$

де L_k – k -ий поліном Ляггера отриманий в результаті рішення лінійного диференціального рівняння другого порядку:

$$xy + (1-t)y' + ky = 0$$

і можуть бути визначені на підставі наступного виразу:

$$L_k(t) = (-1)^k \ell^t \frac{d^{(k)}}{dt^k} (t^k \ell^{-t}) \quad (5)$$

Під час рішення задач синтезу ортогональних фільтрів широко використовуються функції Ляггера виду:

$$\varphi_k(t) = \frac{\ell^{-\beta t}}{k!} L_k(2\beta t) \quad (6)$$

що допускають за рахунок речовинного позитивного параметра β зручне тимчасове масштабування.

З врахуванням (2.6) вираз для $\varphi_k(t)$ перетвориться до наступної форми:

$$\varphi_k(t) = \sqrt{2\beta} e^{-\beta t} \left[\frac{(2\beta)^k}{k!} t^k - \frac{k(2\beta)^{k-1}}{(k-1)!} t^{k-1} + \frac{k(k-1)(2\beta)^{k-2}}{2!(k-2)!} t^{k-2} - \dots - \frac{k(k-1)(k-2)(2\beta)^{k-3}}{3!(k-3)!} t^{k-3} \dots (-1)^k \right] \quad (7)$$

Дані функції $\{\varphi_k(t)\}$ утворюють ортонормовану систему на інтервалі $t \in [0, \infty]$, тобто

$$\int_0^{\infty} \varphi_k(t) \varphi_n(t) dt = \begin{cases} 1 & \text{при } k = n \\ 0 & \text{при } k \neq n \end{cases} \quad (2.8)$$

Декілька перших функцій Ляггера згідно (7) рівні:

$$\begin{aligned} \varphi_1(t) &= \sqrt{2\beta} e^{-\beta t} (2\beta t - 1), \\ \varphi_2(t) &= \sqrt{2\beta} e^{-\beta t} (2\beta^2 t^2 - 4\beta t + 1), \\ \varphi_3(t) &= \sqrt{2\beta} e^{-\beta t} \left(\frac{4}{3} \beta^3 t^3 - 6\beta^2 t^2 + 6\beta t - 1 \right). \end{aligned}$$

Розглянемо синтез складних сигналів паралельної структури в базисі функцій Ляггера.

Відповідно до (1) модулююча функція, використана для формування r -го варіанту сигналу, визначається співвідношенням:

$$E_r(t) = \sum_{k=k_{r1}}^{k_{r2}} A_{rk} \varphi_{rk}(t), \quad 0 \leq t \leq T \quad (9)$$

Під час безпосереднього підставлення функції Ляггера (7) в (9), унаслідок неузгодженості їх інтервалу ортогональності з кінцевою тривалістю сигналу виникають шуми неортогональності:

$$\int_0^T \varphi_k(t) \varphi_n(t) dt \neq 0 \quad \text{при } n \neq k \quad (10)$$

Також необхідно відзначити, що і норма $\varphi_k(t)$ на кінцевому інтервалі є відмінною від 1.

$$\int_0^T \varphi_k(t) \varphi_n(t) dt \neq 1 \quad \text{при } n = k \quad (11)$$

внаслідок чого виникають помилки неортонормальності.

Отже, під час синтезу сигналів в базисі функцій Ляггера необхідна мінімізація шумів не ортогональності і помилок неортонормальності.

Проаналізуємо залежність шумів неортогональності, визначених відповідно до (10) і шумів неортонормальності рівних

$$C_{kk} = 1 - \left| \int_0^T \varphi_k^2(t) dt \right| \quad (12)$$

від параметра β .

Таким чином, вибором величини параметра β рівні даних шумів і помилок можуть бути приведені до допустимих значень.

Відповідно демодулятора шуми неортогональності спільно з помилками

неортонормальності представляють перехідну перешкоду вигляду:

$$\begin{aligned} Q_n &= \sum_{i,j=k_{r1}}^{k_{r2}} \int_0^T \varphi_i(t) \varphi_j(t) dt + \sum_{i,j=k_{\ell 1}}^{k_{\ell 2}} \int_0^T \varphi_i(t) \varphi_j(t) dt + \\ &+ \sum_{k=k_{r1}}^{k_{r2}} \left\{ 1 - \left| \int_0^T \varphi_{kr}^2(t) dt \right| \right\} + \sum_{k=k_{\ell 1}}^{k_{\ell 2}} \left\{ 1 - \left| \int_0^T \varphi_{k\ell}(t) dt \right| \right\} + \\ &+ 2 \sum_{k=k_{r1}}^{k_{r2}} \sum_{k=k_{\ell 1}}^{k_{\ell 2}} \int_0^T \varphi_{kr}(t) \varphi_{k\ell}(t) dt. \quad (13) \end{aligned}$$

При виконанні умови:

$$Q_n^2 \leq 0.01 (K_{r2} - K_{r1} + 1)^2 \quad (14)$$

для вірогідності помилки $P \geq 10^{-6}$, порушеннями неортогональності неортонормальності можна знехтувати.

Отже, на підставі (14), може бути визначений допустимий рівень перехідної перешкоди $Q_{n, доп}$, а з обліком (13) при відомих координатних функціях $\{\varphi_k(t)\}_{k_{r1}}^{k_{r2}}$, використовуваних для формування r -го і ℓ -го варіантів сигналу і необхідна величина параметра β . При цьому шуми неортогональності C_{nk} для $n + k \leq 10$ можуть бути розраховані за наступною формулою:

$$\begin{aligned} C_{nk} &= l^{-2\beta T} \left\{ \frac{2^{k+n}}{k!n!} (\beta T)^{n+k} + \frac{n(n-1)+k(k-1)}{k!n!} (2\beta T)^{n+k-1} + \right. \\ &\frac{k^2(k-1)^2(k-2)^2 + n^2(n-1)^2(n-2)^2 + 3k^2[k(k-1)^2 + (n-1)^2]}{6k!n!} + \\ &\frac{6(k^2+n^2)(k+n-1)(n+k-2) - 6(n+k)(n+k-1)(n+k-2)}{6k!n!} - \\ &\left. \frac{3[n^2(n-1)^2 + k^2(k-1)^2 + 2n^2k^2](k+n-2)}{6k!n!} \right\} (\beta T)^{n+k-3} \quad (15) \end{aligned}$$

отриманою в результаті обчислення (10).

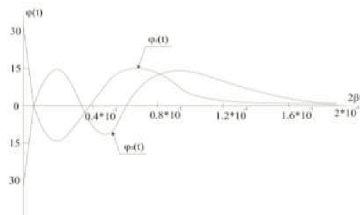
Даний вираз при $n = k$ може бути використано і для обчислення помилок неортонормальності C_{nn} .

Відомо, що під час формування складних сигналів велике значення має забезпечення на інтервалі тривалості сигналу $[0, T]$ рівномірною мінімальною пікфактора. Це диктується необхідністю раціонального використання потужності передавача і запасу лінійності тракту приймача.

Вочевидь, для складних сигналів паралельної структури (2) рівномірною мінімальний пікфактор може бути забезпечений відповідним вибором форми моделюючої функції $E_r(t)$. Також необхідно відзначити, що разом з балансною

модуляцією може здійснюватися і амплітудна модуляція несучої. Отже, необхідно здійснити не тільки вибір форми $E_r(t)$, але і найбільш переважний, з погляду забезпечення мінімального пікфактора, від модуляції.

Форма $E_r(t)$ залежить від бази, рівної $B = k_{r2} - k_{r1} + 1$ і конкретних координатних функцій, використаних під час формування. На рис 1 побудовані графіки функцій Ляггера другого і третього порядку.



Функція Ляггера

Рис 1

З графіків видно, що дані функції мають екстремуми при $t = 0$. Причому, величина екстремуму для парної функції складає $+\sqrt{2\beta}$, а для непарної функції складає $-\sqrt{2\beta}$. На підставі цього, неважко побачити, що якщо під час формування $E_r(t)$ число функцій Ляггера парного порядку не буде рівне числу функцій непарного порядку, то екстремальне значення $E_r(t)$ також складатиме величину, рівну $\pm\sqrt{2\beta}$. За невиконанням даної умови абсолютна величина екстремального значення модулюючої функції складає величину менше $|\sqrt{2\beta}|$.

Отже, для забезпечення мінімального пікфактора сигналів (2.2) необхідно забезпечити рівність числа парних і непарних функцій Ляггера, використуваних під час формування $E_r(t)$.

Пікфактор сигналів при амплітудній і баланській модуляціях, відповідно, рівний

$$\Pi_{AM} = \frac{[U_{mn} + \max_{t \in [0, T]} |E_r(t)|] \sqrt{2}}{\sqrt{U_{mn}^2 + \gamma + \frac{B}{T}}} \quad (16)$$

$$\Pi_{BM} = \frac{\max |E_r(t)| \sqrt{2}}{\sqrt{\frac{B}{T}}} \quad (17)$$

Література

1. Семенов А. М., Сикарев А. А. Широкополосная радиосвязь //Радиосвязь, -1985г. ,278с.. 2. Сикарев А. А., Лебедев О.Н. Микроэлектронные устройства формирования и обработки сложных сигналов

де U_{mn} - амплітуда несучої $\gamma = \frac{U_{mn}}{T} \int_0^T E_r(t) dt$.

Результати розрахунку, відповідно до (16) і (17), при $\beta = 500$ і $a = 10$, приведені в таблиці 1., де $\Pi_{E_r(t)}$ - пікфактор $E_r(t)$.

Таблиця 1 – Результати розрахунку пікфактора амплітудної і балансної модуляції

$E_r(t)$		Π	Γ
$\varphi_2(t) + \varphi_3(t)$	.4 4	.46	.74
$\varphi_2(t) + \varphi_3(t) + \varphi_4(t)$	.3 5	.65	.58
$\varphi_2(t) + \varphi_3(t) + \varphi_4(t) + \varphi_5(t)$	.1 9	.08	.47
$\varphi_1(t) + \varphi_2(t) + \varphi_3(t) + \varphi_4(t) + \varphi_5(t) + \varphi_6(t)$	.9 2	.72	.216

Аналіз набутих значень ще раз підтверджує необхідність рівності числа функцій Ляггера парного і непарного порядку при формуванні $E_r(t)$, а також указує, що при малих значеннях $\Pi_{E_r(t)}$ пікфактора моделюючої функції ($\Pi_{E_r(t)} < \sqrt{3}$) найбільш переважним видом модуляції є балансна.

Таким чином, за умови відповідного вибору параметра β , на основі функцій Ляггера може бути здійснений синтез складних сигналів паралельної структури із задовільним пікфактором.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Отже, для забезпечення мінімального пікфактора необхідно забезпечити рівність числа парних і непарних функцій Ляггера. При малих значеннях пікфактора моделюючої функції найбільш переважним видом модуляції є балансна. Таким чином, за умови відповідного вибору параметра β , на основі функцій Ляггера може бути здійснений синтез складних сигналів паралельної структури із задовільним пікфактором.

//Радиосвязь, 1988, 239с. 3. Довгий С.О. Телекоммуникації України //Техніка, -2001р., 533с. 4. Янке Е.М., Эмде Ф.С., Леш Ф.В. Специальные функции //Наука, -1964г., 343с.

ОЦЕНКА ПО ПИКФАКТОРУ ШИРОКОПОЛОСОВИХ СИГНАЛОВ В БАЗИСЕ ФУНКЦИЙ ЛЯГГЕРА

Николай Борисович Никулин (канд. техн. наук, доцент)

Игорь Владимирович Ромашко

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина

В последнее время в ряде работ, посвященных вопросам синтеза и обработки сложных сигналов, вместе с тригонометрическим базисом используются и другие ортогональные базисы. Однако, в данных работах, часто, не дается оценка таких сигналов по пикфактору, а также имеет место применение ортогональных базисов не в конечном интервале, что приводит к различным рода трудностям при решении задач формирования и обработки сигналов.

Целью данной статьи является рассмотрение вопроса синтеза сложных сигналов в ортогональных базисах Ляггера для класса сложных сигналов. Указанный синтез широкополосных сигналов представляет интерес для систем радиосвязи.

Ключевые слова: базис функций Ляггера, пикфактор, сигнал, модуляция

ESTIMATION BY THE PICK FACTOR OF BROADBAND SIGNALS IN THE BASIS OF THE FUNNY LEGGER

Nikolai B. Nikulin (candidate of technical sciences, associate professor)

Igor V. Romashko

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, Poltava, Ukraine

Recently, in a number of works devoted to the synthesis and processing of complex signals, along with the trigonometric basis, other orthogonal bases are also used. However, in these works, often, such signals are not evaluated by the peak factor, and also the use of orthogonal bases does not occur in the finite interval, which leads to a variety of difficulties in solving the problems of signal generation and processing.

The purpose of this article is to consider the synthesis of complex signals in orthogonal Laguerre bases for a class of complex signals. This synthesis of broadband signals is of interest for radio communication systems..

Keywords: basis of Laguerre functions, peakfactor, signal, modulation.

References

1. Semenov AM, Sikarev AA Broadband radio communication // Radiocommunication, -1985. ,Pp. 278.
2. Sikarev AA, Lebedev ON Microelectronic devices for the formation and processing of complex signals // Radiocommunication, 1988, Pp. 239.
3. Dovgy S.O. Telecommunications of Ukraine // Tehnika, -2001., Pp. 533.
4. Yanke EM, Emde FS, Lesch F.V. Specialfunctions//Science,-1964, Pp.343