

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Electronică și Telecomunicații

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice

Admis la susținere

șef departament TSE:

Sava Lilia conf.univ., dr.

„_____” _____ 2021

**Analiza imunității la zgomot a sistemelor de
comunicare cu accesul multiplu cu divizare în
cod în baza studiului proprietăților derivatelor
funcțiilor Walsh (secvențe M și coduri Gold)**

Teza de master

Student: Zubcov Dorin, SISRC-201M

Coordonator: Șestacova T., Conf. univ., dr.

Consultant: Sorochin Gh., Conf. univ., dr.

Chișinău, 2021

REZUMAT

Autorul: Zubcov Dorin gr. SISRC-201M

Titlul tezei de master: “Analiza imunității la zgomot a sistemelor de comunicare cu accesul multiplu cu divizare în cod în baza studiului proprietăților derivatelor funcțiilor Walsh (secvențe M și coduri Gold)”

Structura lucrării: constă din pagini de titlu, aviz, rezumat, introducere, 3 capitoli, concluzii, bibliografie.

Cuvinte cheie: semnal asemănător zgomotului, răspândirea spectrului.

Problematika studiului: Analiza influenței asupra imunității la zgomot a sistemelor de transmisie a datelor în funcție de tipul și proprietățile codurilor de extensie.

Scopul lucrării: Analiza imunității la zgomot a sistemului de comunicații multicanal cu multiplexare prin diviziune de cod în baza studiului proprietăților derivatelor funcțiilor Walsh în funcție de funcția generatoare (secvențe M, coduri Gold), care au emisiile maxime ale lobului principal, nivelurile minime ale lobilor laterali și emisiile minime.

Obiectivele:

1. Analiza metodelor de divizare a canalelor de comunicare;
2. Studiarea proprietăților de autocorelare ale funcțiilor de generare - M secvențe;
3. Studiarea proprietăților de autocorelare ale funcțiilor de generare - Coduri Gold;
4. Studiarea proprietăților de corelație reciprocă ale derivatelor funcțiilor Walsh;
5. Analiza imunității la zgomot a sistemelor de comunicații multicanal;
6. Efectuarea modelării în mediul MatLab a derivaților considerați ai funcției Walsh pentru a determina codul care are lobii laterali minimi;
7. Efectuarea modelării în mediul MatLab a derivaților considerați ai funcției Walsh pentru a determina emisiile maxime;
8. Determinarea efectului științific.

Metode aplicate: SPA-urile studiate ale derivatelor funcțiilor Walsh au fost investigate analitic și simulate în mediul Matlab folosind biblioteca de blocuri Simulink.

Rezultatele obținute: Se observă că proprietățile de corelație ale derivatelor funcțiilor Walsh depind de tipul funcției generatoare. Trecerea de la un semnal de informații cu bandă îngustă la un semnal de bandă largă, asemănător zgomotului, mărește semnificativ imunitatea la zgomot a sistemului, protejează împotriva accesului neautorizat și îmbunătățește compatibilitatea electromagnetică a sistemului. Se arată că lucrarea de masterat finalizată are un efect economic. Rezultatele simulării au arătat că caracteristicile de corelație ale SPA studiate coincid cu cele specificate. Se fac recomandări cu privire la utilizarea ale SPA studiate în sistemele de transmisie a datelor.

SUMMARY

Author: Zubcov Dorin gr SISRC-201M

Title : Analysis of noise immunity of communication system with code division multiple access based on study of Walsh functions derivatives properties (M sequences and Gold codes)

Thesis structure: consists of title pages, Review, Summary, Introduction, Conclusions, Bibliography, Annexes

Keywords: noise-like signal, spectrum spreading.

Research problem: Analysis of the influence on noise immunity of data transmission systems according to the type and properties of extension codes.

Thesis purpose: Noise immunity analysis of a code division multiplexing multichannel communications system based on the study of the properties of the derivatives of the Walsh functions according to the generating function (M sequences, Gold codes), which have the maximum emissions of the main lobe, the minimum levels of the lateral lobes and minimum emissions.

Objectives:

1. Analysis of methods for dividing communication channels
2. Studying of the autocorrelation properties of generation functions - M sequences;
3. Studying of the autocorrelation properties of the generation functions - Gold Codes;
4. Studying of the reciprocal correlation properties of Walsh function derivatives;
5. Analysis of noise immunity of multichannel communication systems;
6. Modeling in the MatLab environment of the considered Walsh functions derivatives to determine the code that has the minimum lateral lobes;
7. Modeling in the MatLab environment of the considered Walsh functions derivative to determine the maximum emissions;
8. Determining of the scientific effect.

Applied methods: The studied PRSs of the derivatives of the Walsh functions were investigated analytically and simulated in the Matlab environment using the Simulink block library.

The obtained results: It is shown that the correlation properties of the derivatives of the Walsh functions depend on the type of the generating function. It is noted that the transition from a narrowband information signal to a wideband, noise-like signal significantly increases the system's noise immunity, protection against unauthorized access, and improves the electromagnetic compatibility of the system. The simulation results showed that the correlation characteristics of the studied PRSs correspond to the specified values. It is shown that the completed master's work has an economic effect. Recommendations are made for the use of the investigated PRSs in data transmission systems.

CUPRINS

| | |
|---|----|
| INTRODUCERE | 8 |
| 1 ANALIZA METODELOR DE DIVIZARE A CANALELOR | 9 |
| 1.1 Divizarea spațială a canalelor | 9 |
| 1.2 Divizarea diferențială a canalelor | 9 |
| 1.3 Divizarea de frecvență a canalelor | 10 |
| 1.4 Divizarea de timp a canalelor | 11 |
| 1.5 Divizarea de corelație | 12 |
| 1.6 Avantajele sistemelor cu divizarea de corelație a canalelor | 14 |
| 1.7 Scopul și obiectivele proiectului..... | 15 |
| 2 ANALIZA IMUNITĂȚII LA ZGOMOT A SISTEMELOR DE COMUNICARE CU ACCES MULTIPLU CU DIVIZARE ÎN COD ÎN BAZA STUDIULUI PROPRIETĂȚILOR DERIVATELOR FUNCȚIILOR WALSH(SECVENȚELE M ȘI CODURI GOLD)..... | 16 |
| 2.1 Analiza secvențelor cvasi-ortogonale | 16 |
| 2.2 Studiul proprietăților secvențelor M | 17 |
| 2.3 Studiul proprietăților codurilor Gold..... | 28 |
| 2.4 Studiul proprietăților de corelație a derivatelor funcțiilor Walsh. Analiza imunității la zgomot a derivatelor funcțiilor Walsh..... | 36 |
| 3 CERCETAREA CARACTERISTICILOR DE CORELAȚIE A DERIVATELOR FUNCȚIILOR WALSH ÎN MEDIUL MATLAB | 58 |
| 3.1 Modelarea generatoarelor de secvente pseudo-aleatorii ale derivatelor funcțiilor Walsh în mediul Matlab | 58 |
| 3.2 Analiza caracteristicilor de corelație a derivatelor funcțiilor Walsh programmatic | 62 |
| 3.3 Estimarea imunității la zgomot a derivatelor funcțiilor Walsh | 66 |
| 3.4 Determinarea efectului științific | 67 |
| CONCLUZII | 69 |
| BIBLIOGRAFIE | 71 |
| ANEXA | |

INTRODUCERE

Sistemele de transfer de informații (sisteme de comunicații) sunt utilizate la transferul mesajelor. Aceste informații pot fi continue sau discrete și sunt transmise pe liniile de comunicație în care acționează interferența. Calitatea transmiterii mesajului depinde și de starea liniei de comunicație. Calitatea sistemelor de transmitere a informațiilor, principiul construcției acestora, influențează suficient imunitatea la zgomot și capacitatea de producție. Aceste caracteristici principale sunt strâns legate între ele, deoarece îmbunătățirea uneia dintre ele se realizează prin reducerea celeilalte. În funcție de scopul sistemului de transmitere a informațiilor (STI), cerințele pentru acestea pot fi diferite: în unele sisteme, cel mai important este debitul, iar în altele - imunitatea la zgomot.

Imunitatea la zgomot, prin definiția sa, ar trebui să caracterizeze STI în ansamblu. Cu toate acestea, studiul sistemului în ansamblu și, cu atât mai mult, sinteza acestuia, este o sarcină dificilă. Prin urmare, este recomandabil să evaluăm imunitatea la zgomot a legăturilor individuale ale sistemului, de exemplu: coduri, tipuri de modulație, receptoare. În același timp, este suficient să lucrăm cu o imunitate relativă la zgomot, ceea ce face posibilă compararea diferitelor opțiuni pentru soluții tehnice.

Pentru a evalua imunitatea la zgomot a STI, se utilizează două criterii: probabilist, când imunitatea la zgomot este estimată prin probabilitatea recepției corecte a informațiilor și criteriul de eroare rădăcină-medie-pătrat, când imunitatea la zgomot este estimată prin medie pătrat al erorii în reproducerea mesajului transmis.

De regulă, cu criteriul probabil se evaluează transmiterea mesajelor discrete iar criteriul erorii pătrate medii evaluează transmiterea mesajelor continue.

În prezent, în STI multicanal, de regulă, acționează diferiți factori de interferență - caracteristici de frecvență nenormalizate și instabile în timp ale canalului de transmisie datorită propagării și reflectării multipath a undelor radio, interferențe aditive și multiplicative cu legi de distribuție necunoscute.

Din aceste motive, sistemele de transmisie a informațiilor extrem de eficiente trebuie să aibă o sensibilitate scăzută la caracteristicile de frecvență inegale ale canalului de comunicație și interferențe de impuls, precum și capacitatea de a redistribui adaptiv energia semnalului în banda de bază, în banda de frecvență a canalului pentru a elimina secțiunile de transmisie nefavorabile ale bandei de frecvență a canalului de comunicație utilizat. Aceste cerințe sunt îndeplinite cel mai bine de sistemele de transmisie a informațiilor multicanal cu separarea semnalelor (canalelor) prin formă (cod), folosind sisteme de semnal care trebuie să aibă anumite proprietăți de corelație - semnale asemănătoare zgomotului.

BIBLIOGRAFIE

1. ВАРАКИН, Л.Е. *Системы связи с шумоподобными сигналами.* – М.: Радио и связь, 1985. – 348с. УДК 321.39: 621.391.82.
2. МАЗУРКОВ, М.И. *Системы широкополосной радиосвязи.* – О.: Наука и техника, 2009. – 344с. ISBN: 978-966-8335-95-2.
3. SOLOMON, W.G. *Signal Design for Good Correlation,* Cambridge, Cambridge University Press, 2005, 458 p. ISBN: 978-0-51154-690-7.
4. ФЕЕР, К. *Беспроводная цифровая связь, методы модуляции и расширения спектра.,* 2000. ISBN: 5-256-01444-7.
5. ГАНТМАХЕР, В.Е., БЫСТРОВ, Н.Е., ЧЕБОТАРЕВ, Д.В. *Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез и обработка* —Спб.: Наука и техника, 2005. —400 с. ISBN: 5-94387-158-6.
6. ИПАТОВ, В. П. *Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения* 2007. 488 с. ISBN: 978-5-94836-128-4.
7. БЕССАРАБОВА, А.А., ВЕВЕДИКТОВ, М.Д., ЛЕДОВСКИХ, В.И. *Разделение каналов по форме в широкополосных системах передачи информации:* Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2006. 102 с. УДК 621.396.49.
8. ГАЛКИН, В.А. *Мобильные системы радиосвязи. Часть I. Радиоканал: Уч. Пособие.* – М.: МИЭТ, 2003. -300 с. ISBN: 5-7256-0333-4.
9. НИКИТИН, Г.И. *Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов.* - С – Петербург.: СПбГУАП, 2003. – 86 с. УДК 62.391.2.
10. БЕСПАЛОВ, М.С. *Функции Уолша и их приложения.* Изд-во ВлГУ, 2012. – 35 с. ISBN: 978-5-9984-0310-1.
11. POPOVIC, B. M. *Optimum sets of interference-free sequences with zero autocorrelation zones* // IEEE Transact. on Information Theory. 2018. Vol. 64, N 4. P. 2876—2882. DOI:10.1109 / TIT.2017.2780229
12. СЕНИН, А.И. *Корреляционные свойства последовательностей, построенных на основе M-последовательностей и последовательностей Уолша.* – М.: Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер.Приборостроение, №5, 2014, с.88-97. ISBN: 0236-3933.
13. РАХМАТУЛИН, А.Ф., СПЕРАНСКИЙ, В.С. *Сравнительный анализ кодовых последовательностей для СШП сигналов* // Т – Comm – Телекоммуникации и транспорт.2012. № 9. ISSN: 2072 - 8735.

14. РАДЧЕНКО, Ю.С., РАДЧЕНКО, Т.А. *Эффективность кодового разделения сигналов с неизвестным временем прихода*. Труды 5 междунар. конф. «Радиолокация, навигация, связь» - RLNC-99, Воронеж, 1999, т.1, с. 507-514. УДК. 621. 396.
15. ШЕСТАКОВА, Т., СОРОКИН, Г. *Особенности корреляционных свойств шумоподобных сигналов*, The 6thInternational Conference on Telecommunications, Electronics and Informatics. – Chisinau: Tehnica – UTM, 2018, pp. 194-199. ISBN: 978-9975 – 45 – 540 – 4.
16. POPA, Cristina. *Tehnici de modelare și simulare: Aplicații MATLAB* / Cristina POPA, Bogdan DOICIN. - Ploiești: Editura Universitatii PetrolGaze din Ploiești, 2018. - 161 p; fig., tab. - Bibliogr.: p. 161. ISBN: 978-973-719-729-0.
17. GANGAN, Silvia. *Analiza eficiențelor economice și științifice în tezele de licență și de master*. - Chisinau: Tehnica – UTM, 2019.