

(Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

## ЕКІЛІК ЖАЛҒАН КЕЗДЕЙСОҚ СИГНАЛДАРДЫ ТҮРЛЕНДІРУ ӘДІСТЕРІН ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Берілген мақалада екілік жалған кездейсоқ сигналдарды түрлендіру әдістерін және қасиеттерін зерттеу қарастырылған. Екілік рекурентті жалған кездейсоқ тізбекті түрлендіру ақпарат берудің әртүрлі жүйелеріндегі шуыл тәріздес сигналдардың қалыптасуының кең қолданылуына себеп болып отыр. Шуыл тәріздес сигналдарды жылдам іздестіру құрылғыларын зерттеу кезінде ең басты назар екілік сызықты рекурентті максималды периодқа негізделіп құрастырылған (М-тізбекті) шуыл тәріздес сигналдарға аударылды. Ұзын жалған кездейсоқ тізбектерді пайдаланатын ақпаратты беру жүйесінде синхронизацияны орнату уақытын азайту мақсатында арнайы кодтық тізбектер дайындалды.

**Тірек сөздер:** шуыл тәріздес сигналдар, екілік жалған кездейсоқ сигналдар.

**Ключевые слова:** шумоподобные сигналы, двоичные псевдослучайные сигналы.

**Keywords:** noise-like signals, pseudorandom binary signals.

**Кіріспе.** Қазіргі заманға сай ақпаратты беру жүйелерінде сигналдар спектрінің кеңейтуге ие жүйелерді қарқынды ендіру үрдісі қалыптасты. Ақпаратты беру және сигналды өңдеу әдістерін жүзеге асыруда сандық технологияларды құрастыру және пайдалануда үлкен жетістіктерге себепші болып отыр. Рұқсат етілген жиілік диапазондарында радиоэлектронды құрылғылардың типтері мен сандарының үздіксіз артуына байланысты, ақпаратты беру жүйелері күрделі бөгетті жағдайда, ақпаратты қабылдаудың сенімді жолдарымен қамтамасыз ету керек. Сондықтан берілетін ақпараттың бөгетке төзімділігі мен құпиялылығын жоғарылатуға, қызмет көрсетілетін абоненттер санын өсіруге септігін тигізетін ақпаратты күрделі кодтауды қолдануға мүмкіндік беретін шуыл тәріздес сигналдарды қолданатын ақпаратты беру жүйелері кең қолданысқа ие болып отыр [1].

Тар жолақты бөгеттермен күресудің ең кең таралған әдісі терең режекция болып саналады. Оның тиімділігі, жалпы жағдайда, кездейсоқ сипатқа ие тар жолақты бөгеттердің негізгі параметрлерін өлшеу дәлдігіне айтарлықтай дәрежеде тәуелді. Сондықтан тар жолақты бөгеттердің параметрлерін бағалау міндеті – қабылдағыштың кірісінде тар жолақты бөгеттер бар болғанда жұмыс істей беретін шуыл тәріздес сигналдарды жылдам іздеп табу құрылғыларының бөгетке төзімділігін

жоғарылатуда кілтті сәттердің бірі. Тар жолақты бөгеттің екі параметрінің бірлескен фильтрленуінен алынған теңдеулер: флуктуациялары кездейсоқ марковтық үрдістер деп тұспалданған амплитуда мен жиілік, сонымен қоса амплитуданың флуктуациясында – тар жолақты бөгеуіл реле үлестіріміне, ал жиіліктікі – гаустыққа ие. Алынған теңдеулер негізінде фильтрлеу құрылғылары синтезделген. Оларға тән ерекшелік фильтрациялау деңгейіне қарай көрсетілген параметрлерді өлшеудің дәлдігін жоғарылатуға жағдай жасайтын салмақтық өңдеуге ие амплитуда мен жиілікті өлшеу каналдары арасында тоғыспалы байланыстардың болуын көрсетеді [3].

Ақпаратты берудің кең жолақты жүйелерінде қолданылатын кеңейтілген спектрге ие сигналдар күрделі сигналдар санатына жатады және әдебиеттерде шуыл тәріздес сигналдар деп жиі аталады. Мұндай сигналдарда спектр ені мен шуыл тәріздес сигналдың ұзақтығының  $T_{\text{ШТС}}$  көбейтіндісі  $B_{\text{ШТС}}$  сигналдың базасы, бірден көп шамаға үлкен

$$B_{\text{ШТС}} = FT_{\text{ШТС}} \gg 1 \quad (1.1)$$

Дискретті кодталған гармоникалық сигнал жалпы түрде осылай жазылады:

$$s(t) = \begin{cases} \sum_{k=1}^L A_k \cdot \text{rect}[t - (k-1)T] \exp\{j[(\omega - \omega_k)t + \Theta_k]\} \\ 0 \end{cases},$$

$t$  өзге шамаларында мұндағы  $k \in \overline{1, L}$ ;  $L$  – жалған кездейсоқ тізбек;  $A_k, \Theta_k, \omega_k$  – манипуляция түрімен анықталатын сигналдардың амплитудалары, фазалары және жиіліктерінің дискретті мәндері;  $\text{rect}(\cdot)$  – бірлік амплитуда мен  $T$  ұзақтығының импульсі, сондықтан

$$\text{rect}[t - (k-1)T] = \begin{cases} 1, (k-1)T < t < kT \\ 0, (k-1)T > t > kT \end{cases} \quad (1.3)$$

Бинарлы фазалық манипуляция (ФМ) үшін (1.2) өрнегі үшін  $\omega_k = 0, A_k = \text{const}, \Theta_k = \text{var}$ , келесі түрге ие болады

$$s(t) = \sum_{k=0}^{L-1} A_C \text{rect}[t - kT - \tau(t)] \exp[j\omega_0 t + \Theta_k + \Theta_0], \quad (1.4)$$

мұндағы  $\Theta_k = \alpha_k \cdot \pi, \alpha \in \{0, 1\}$  жалған кездейсоқ тізбек кодымен басқарылады,  $\Theta_0$  – шуыл тәріздес сигналдың тасымалдаушы жиілігінің бастапқы фазасы.

Шуыл тәріздес сигналдардың бинарлы фазалық модуляциясы  $B_{\text{ШТС}} \approx L$  жуықталған теңдігімен расталу керек.

Көптеген екілік кодтаушы тізбектер белгілі: Баркера, Рид-Мюллер, Диджилок және Стиффлер, Лежандр, GMW, Холл, Якоби, Цирпер, Гаймюллер, Пейли-Ппоткин, Хаффмен соңғы төртеуі сызықты рекурентті тізбектерді қолдану арқылы қалыптасады.

Бинарлы шуыл тәріздес сигналдардың қасиеттерін бірнеше сипаттамалармен бағалауға болады. Олардың ішіндегі маңыздысы автокорреляция мен өзара корреляция функциялары. Көрсетілген сипаттамалар шуыл тәріздес сигналдардың кездейсоқтық дәрежесі мен ортогоналдылығын бағалауға мүмкіндік береді [2].

Ұзын жалған кездейсоқ тізбектерді пайдаланатын ақпаратты беру жүйесінде синхронизацияның орнатылу уақытын азайту мақсатында арнайы кодтық тізбектер құрастырылды. Шуыл тәріздес сигналдарды жылдам іздестіру үшін ең танымал тізбектерге қысқа кодтық тізбекшелерден пайда болған күрделі кодтық тізбектер жатады. Күрделі тізбектің ұзындығы тізбекшелер ұзындықтарының көбейтіндісіне тең, ал синхронизацияның орнатылу уақыты тізбекшелер элемент сандарының қосындысына тура пропорционал. Синхронизацияның жылдам орнатылуы барлық тізбек бойынша синхронизация жоқ кезіндегі коррелятордың шығысындағы сигнал-шуыл қатынасының азаюы салдарынан болып тұр. Д. Андерсонның жалған кездейсоқ тізбегі жақсы корреляционды қасиеттерге ие. Қысқа сегменттерін синхронизирлеуші комбинация ретінде қолданылуға болады.

Адамар, Рид-Мюллер, Диджилок және Стиффлер матрицалары негізіндегі сызықты емес екілік тізбектер тобы белгілі. Матрицалардың қалыптасуы әдетте сызықты емес кері байланыстарды жылжыту регистрлерімен жүзеге асады. Бірақ бұл тізбектердің ансамблі көп емес, өзара корре-

ляция функциясы тек уақыттық жылжу болмаған жағдайда ғана ортогоналдық болғанда, тізбектер бүйірлі шығарылудың жоғары деңгейіне ие.

Жылдам іздестірудің барлықтай дерлік тізбектерінің кемшілігіне, өзара корреляцияның бүйір жапырақшаларының жоғары деңгейі салдарынан жалған синхронизацияға әкелетін, шуыл тәріздес сигналдардың жалған анықталымдар санының өсуі жатады [1].

Автокорреляция мен өзара корреляцияның жақсы функциялары максималды периодты сызықты рекурентті тізбек негізінде қалыптасқан шуыл тәріздес сигналдарға ие. Сызықты рекурентті тізбекті  $\{a_j\} = a_1, a_2, \dots, a_j$  символдарының тізбегі деп атайды. Тізбектің әрбіреуі  $G = \{0, 1, \dots, g-1\}$  облысындағы мәндерді қабылдай алатын және келесі рекурентті ережені қанағаттандыратын мәндер:

$$c_0 a_j = c + c_1 a_{j-1} + \dots + c_m a_{j-m}, \quad (1.5)$$

Сонымен қоса  $c$  және  $c_i \in G$ , ал қосу және көбейту амалдары  $g$  модулі бойынша жүзеге асады.  $g$  модулі қарапайым сан деп болжанады. (1.5) қатынасын кодтау ережесі деп атайды, ал  $g$  санын жалған кездейсоқ тізбектің негізі дейді. Максималды периодты сызықты рекурентті тізбекті құру үшін  $m$  символдар  $(a_1, a_2, \dots, a_m)$  ішінен бастапқы ерікті комбинация беру қажет. Максималды периодты екілік сызықты рекурентті тізбектерді Хаффмен немесе M-тізбектер деп жиі атайды. Мұндай жалған кездейсоқ тізбектердегі әрбір келесі символдың мәні алдыңғы  $m$  мәнге тәуелді және келесі рекурентті ережемен анықталады:

$$a_{k+1} = \sum_{k=1}^m c_{m-k} a_k = c_{k-1} a_1 \oplus c_{k-2} a_2 \oplus \dots \oplus c_{k-m} a_m, \quad (1.6)$$

мұндағы  $a_k$  және  $c_k$  0 немесе 1 мәндерін қабылдай алады;  $\oplus$  – екі модулі бойынша қосу белгісі.

Сызықты рекурентті максималды периодты тізбек негізіндегі екілік жалған кездейсоқ тізбектерді қалыптастырушы қарапайым құрылғы бұралымдары бар  $m$  – разрядты жылжытушы регистр болып саналады. Жылжытушы регистрлермен түрлендірілетін мүмкін болатын әртүрлі екілік жалған кездейсоқ тізбектердің жалпы саны  $L=2^m-1$  ( $m$  – тудырушы полиномның дәрежесі) тең болатын сигналдар ансамблін (класын) анықтайды. [2]

Максималды периодты сызықты рекурентті тізбек негізіндегі екілік жалған кездейсоқ тізбек келесі қасиеттерге ие:

- $L=2^m-1$  периодқа ие периодты болып есептеледі, мұндағы  $m$ -регистр ұзындығы, жалған кездейсоқ тізбек осы шама көмегімен қалыптасады;
- $1/L$  тең болатын автокорреляцияның периодты функциясы бүйір шыңдарға ие;
- периодтағы барлық импульстер біркелкі таралған;
- бір-біріне қатысты жылжытылған екі M-тізбектің қосындысы M-тізбек болып саналады;
- периодта  $L$  жалған кездейсоқ тізбекте екілік символдардың нөлден басқа  $m$ -таңбалы комбинациялары;
- $L$  периодтағы бірліктердің жалпы саны нөлдердің жалпы санынан кем дегенде бірге өзгеше;
- өзара корреляцияның аперидотты функциясының максималды шығарылымы  $5\sqrt{L}$  шамасынан аспайды, ал периодты функциянікі  $6\sqrt{L}$  шамасынан аспайды;

Екілік рекурентті жалған кездейсоқ тізбектерді өңдеудің және түрлендірудің қарапайым әдістері ақпаратты берудің түрлі жүйелерінде шуыл тәріздес сигналдардың қалыптасуына кең қолдану себеп болды. Берілген мақалада шуыл тәріздес сигналды жылдам іздестіру құрылғысын зерттеу барысында басты назар максималды периодты екілік сызықты рекурентті тізбекте құрастырылған шуыл тәріздес сигналдарға аударылды. [4]

**Қорытынды.** Шуыл тәріздес сигналдардың корреляционды және энергетикалық қасиеттерінің талдауы шуыл тәріздес сигналы бар ақпарат беруші жүйелер осы сигналдарды түрлендірудің қарапайымдылық, ортогоналдылық және жоғары бөгетке төзімділік талаптарын қанағаттандырады. Әсіресе екілік рекурентті жалған кездейсоқ максималды периодқа ие тізбектер негізінде құрастырылса. Шуыл тәріздес сигналдары бар ақпарат беруші жүйелердің алуан түрлілігі мен санының өсуіне байланысты жалған кездейсоқ ұзын тізбектерге негізделіп құрастырылған шуыл тәріздес сигналдарды қолдану үрдісі байқалады. Бірақ шуыл тәріздес тізбек ұзындығының өсуімен қатар қабылдағыштың жалған кездейсоқ тізбегінің бастапқы шуыл тәріздес сигналдың жалған кездейсоқ

тізбегімен кодтық синхронизация мәселесі туындайды. Оның орнатылу уақыты бастапқы шуыл тәріздес сигналдың жалған кездейсоқ тізбегінің ұзындығының өсуімен қатар ұзарады. Бұл өз алдында ұзын және өте ұзын жалған кездейсоқ тізбектері бар ақпарат беруші жүйелердің қолдану аясын шектейді.

#### ӘДЕБИЕТ

- 1 Петрович Н.Т., Размахин М.К. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Сов. радио, 1969.
- 2 Пестряков В.Б., Афанасьев В.П. и др. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации / Под ред. В. Б. Пестрякова. – М.: Сов. радио, 1973.
- 3 Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985.
- 4 Тузов Г.И., Сивов В.А., Прытков В.И. и др.; Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами / Под ред. Г. И. Тузова. – М.: Радио и связь, 1985.

#### REFERENCES

- 1 Petrovich N.T., Razmahin M.K. Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami. M.: Sov. radio, 1969.
- 2 Pestyakov V.B., Afanasiev V.P. i dr. Shumopodobnye signaly v sistemah peredachi informacii. Pod red. V. B. Pestyakova. M.: Sov. radio, 1973.
- 3 Varakin L.E. Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami. M.: Radio i svyaz', 1985.
- 4 Tuzov G.I., Sivov V.A., Prytkov V.I. i dr.; Pomehozaschischnost' radiosistem so slozhnymi signalami. Pod red. G. I. Tuzova. M.: Radio i svyaz', 1985.

#### Резюме

*А. К. Бейсетаева, К. Н. Тайсариева*

(Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ДВОИЧНЫХ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ И ИХ СВОЙСТВА

В данной статье рассматривается исследование методы генерирования двоичных рекуррентных псевдослучайная последовательность стали причиной их широкого использования для формирования шумоподобные сигналы в различного рода система передачи информации. При исследовании устройств быстрого поиска шумоподобные сигналы основное внимание уделяется шумоподобные сигналы, построенным на двоичных линейная рекуррентная последовательность максимального периода (М-последовательностях). С целью уменьшения времени установления синхронизации в система передачи информации, использующих длинные псевдослучайная последовательность, были разработаны специальные кодовые последовательности.

**Ключевые слова:** шумоподобные сигналы, двоичные псевдослучайные сигналы.

#### Summary

*A. Beisetaeva, K. Taissariyeva*

(Kazakh National Technical University after K. I. Satpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan)

#### INVESTIGATION OF METHODS FOR GENERATING PSEUDO-RANDOM BINARY SIGNALS AND THEIR PROPERTIES

This article Input a word study methods for generating pseudo-random sequence of binary recurrence caused their widespread use for the formation of noise-like signals in different kinds of data transmission system. In the study of devices quick search noise-like signals focuses on noise-like signals, built on binary linear recurring sequence of maximal period (M-sequences). To reduce the time required to establish synchronization in a data transmission system using a long pseudo-random sequence, were designed specific code sequence.

**Keywords:** noise-like signals, pseudorandom binary signals.

*Поступила 14.01.2014 г.*