

Автоматизирана компютърна програма за синтез на периодични фазово манипулирани сигнали чрез модифициране на последователности с максимална дължина при $p=3$ и $p=5$

Деница Великова, Живко Живков

An Automated Computer Program for Synthesis of Periodic Phase Manipulated Signals by Modifying the Maximal Length Sequences for $p=3$ and $p=5$: In the paper the algorithm of computer program for synthesis of periodic phase manipulated signals is proposed. The algorithm is based on the correction of the first element of M-sequence phase manipulated (PM) complex signal, and the result is the correction of the real periodic ACF (PACF) in an ideal PACF.

Key words: phase manipulated signals, autocorrelation function, computer algorithm.

ВЪВЕДЕНИЕ

Радиосигналите, които притежават т.н. идеална автокорелационна функция (АКФ), подобна на делта-функцията на Дирак, играят решаваща роля при безжичните комуникационни системи.

Поради тази причина, много усилия са насочени към откриване на радиосигнали с идеална АКФ. Въпреки това, към момента са открити много малко класове такива сигнали. [1, 2, 4]

По отношение на описаната по-горе ситуация в [3] са разгледани методите за синтезиране на фазово модулирани сигнали на основата на M-последователности.

В статията се предлага алгоритъм на компютърна програма за синтез на коригирани фазово модулирани (ФМ) сигнали. Определя се коефициентът на загубите γ при обработката на сигналите с несъгласувани приемни филтри.

Автоматизирана компютърна програма за синтез на периодични фазово манипулирани сигнали чрез модифициране на последователности с максимална дължина при $p=3$ и $p=5$

В [1] е предложен алгоритъм, при който се въвежда корекция на всичките елементи на известна M-последователност, която да бъде трансформирана в нова, която да притежава идеална АКФ. При него, заедно с нарастване на основата p , нараства прогресивно и сложността на изчисленията в алгоритъма, необходими за определяне на новите елементарни импулси, тъй като нараства броят на неизвестните в системата. Това на практика означава, че при пределно високи стойности на p съществува вероятност системата да бъде нерешима дори и с използване на специализирани програми за математическо пресмятане.

В тази връзка в доклада ще бъде представен алгоритъм, който позволява съществено намаляване на изчислителната сложност на метода на корекция. Алгоритъмът се основава на въвеждане на корекция само на първия елемент на M-последователността, който е с начална фаза 0. Това обаче става за сметка на запазването на странични листа с ниво „-1”, в определени точки от графиката на ПАКФ. По-долу ще бъде представено описание на алгоритъма, основан на следното твърдение:

Твърдение 1: Всяка M-последователност може да бъде трансформирана чрез фазово завъртане на първият от нейните елементарни импулси, така че за нейната ПАКФ да бъде в сила:

$$P_{\xi\xi}(r) = \sum_{i=0}^{N-1} \xi(i) \xi^*(i+r) =$$

$$= \begin{cases} N, & r=0, \\ -1, & r = s \frac{p^n - 1}{p - 1}, s = 1, \dots, p - 2 \\ 0, & r = \text{other wise.} \end{cases} \quad (1)$$

За доказателство на верността на твърдението ще бъде използвана теоремата на Zierler [7], от която за всяко отместване във времето

$$r \neq s \frac{p^n - 1}{p - 1}, s = 1, 2, \dots, p - 2 \quad (2)$$

е в сила следното равенство:

$$p^{(n-2)} \left(\sum_{i=0}^{p-1} w_i \right) \left(\sum_{i=0}^{p-1} w_i^{-1} \right) - 1 = 0. \quad (3)$$

Тук $\{w_0, w_1, \dots, w_{p-1}\}$ са елементарните импулси

$$w_i = \exp(j \frac{2\pi i}{p}), i = 0, \dots, p - 1. \quad (4)$$

Тъй като $w_0 = 1$ и

$$\sum_{i=0}^{p-1} w_i = \sum_{i=0}^{p-1} w_i^{-1} = \frac{e^{j \frac{2\pi}{p}} - 1}{e^{j \frac{2\pi}{p}} - 1} = 0, \quad (5)$$

след заместване на $w_0 = 1$ с v_0 , от (3) се получава:

$$p^{(n-2)} (-1 + v_0) (-1 + v_0^{-1}) - 1 = 0. \quad (6)$$

Отчитайки, че v_0 трябва да бъде комплексно число с модул равен на $v_0 = e^{j\psi}$, то е в сила:

$$v_0 + v_0^{-1} = 2 \cos \psi. \quad (7)$$

В заключение от (6) и (7) за ψ може да бъде изведена следната зависимост:

$$\psi = \arccos \frac{2 - \frac{1}{p^{n-2}}}{2}. \quad (8)$$

Следователно всяка M – последователност над произволно поле на Галоа

GF(p), чиито елемент w_0 е заменен с $v_0 = e^{j\psi}$, където ψ се определя от (8), притежава ПАКФ от вида (1) [2]. Както се вижда предложеният метод е приложим при неограничено висока стойност на p , и следователно е общовалиден за всяка M -последователност. Единствен недостатък в случая е запазването на някои странични листа. Въпреки това е налице съществено подобрене на АКФ спрямо тази при класическите M -последователности, тъй като страничните листа се

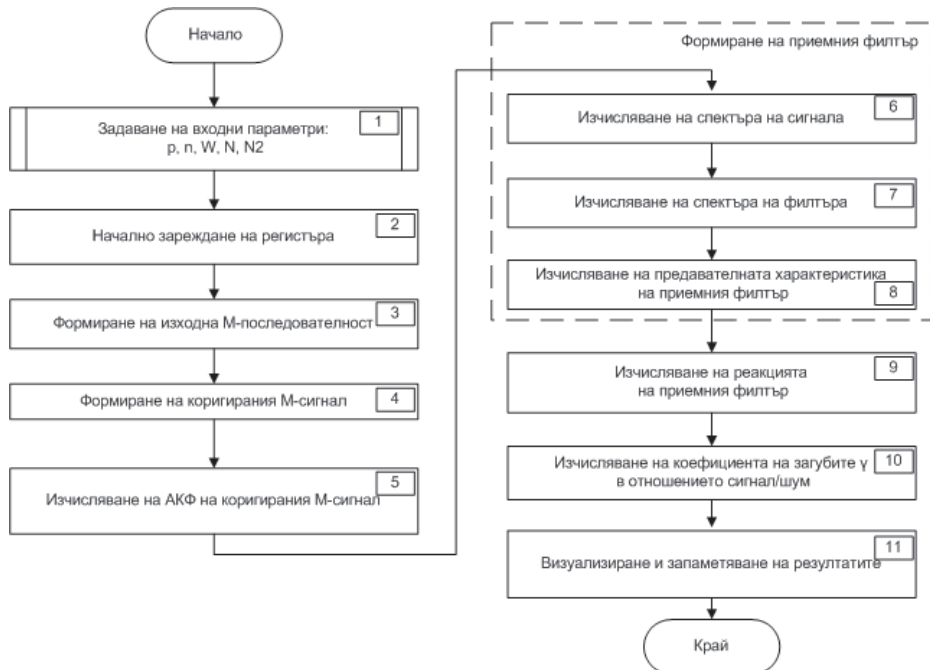
запазват само при времеви отмествания, кратни на $\frac{p^n - 1}{p - 1}$. В този смисъл тези поредици могат да бъдат определени като такива със зона на нулева корелация (ZCZ – zero correlation zone) [4, 5, 6], поради отсъствие на странични листа в близост

$$r = 0 \div \frac{p^n - 1}{p - 1}$$

до централния пик на ПАКФ в интервала

На основата на така направената теоретична обосновка е съставена компютърна програма за синтезиране на коригирани M -последователности, изследване на корелационите им свойства, обработка чрез несъгласуван приемен филтър и изчисляване на коефициента на загубите.

Алгоритъма на компютърната програма е показан на фиг.1.



Фиг. 1 – Алгоритъм на програма за синтез на периодични фазово манипулирани сигнали чрез модифициране на M -последователности

В блок 1 се задават стойности на входни параметри, като изследването е направено за $p=3$ и $p=5$.

В блок 2 се извършва начално зареждане на регистъра на линейно-рекурентната последователност, чрез която се формира изходната M -последователност в блок 3.

В блок 4, се изчислява стойността на корекцията за първия елемент и се формира коригирания М-сигнал.

Блок 5 изчислява АКФ на сигнала.

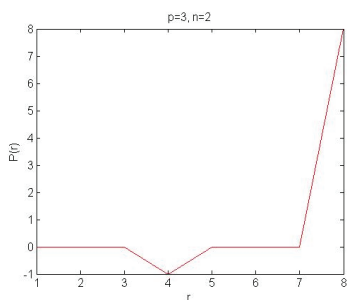
Блокове 6, 7 и 8 формират приемния филтър, съответстващ на синтезирания сигнал, а блок 9 изчислява реакцията на филтъра при преминаване на сигнала през него.

В блок 10 се изчислява коефициента на загубите γ в отношението сигнал/шум.

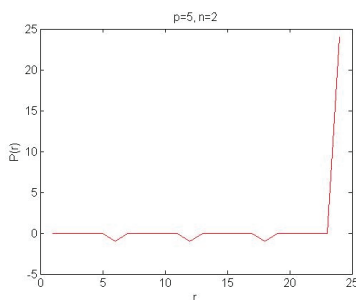
В блок 11 се запаметяват резултатите от изчисленията и визуализират получените характеристики.

Компютърната програма по предложения алгоритъм се изпълнява в средата на MATLAB.

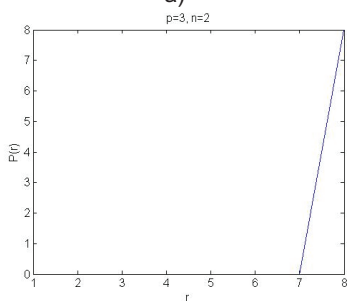
Резултатите от работата на програмата са представени на следващите фигури. На фиг. 2 са показани визуално периодичните автокорелационни функции на изходни и коригирани М-последователности, изчислени при $p=3$, а на фиг.3 при $p=5$.



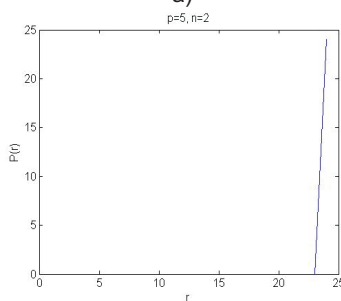
а)



а)



б)



б)

Фиг. 2 – ПАКФ на а) изходна и б) коригирана М-последователност при $p=3$.

Фиг. 3 – ПАКФ на а) изходна и б) коригирана М-последователност при $p=5$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От представените в доклада резултати, могат да се направят следните изводи:

1. Представен е общ метод за синтезиране на ФМ сигнали с почти идеална ПАКФ и наличие на обширни зони с нулева корелация (ZCZ).
2. Алгоритъмът позволява да бъдат отстранени страничните листа от ПАКФ на класическите М-последователности, включително и на страничните листа при

$$\frac{p^n - 1}{p - 1}$$

времево отместване r кратно на $p-1$. Методът е приложим за всяка M -последователност над произволно крайно алгебрично поле $GF(p)$.

3. Разработеният метод за синтез на коригирани ФМ сигнали може да намери приложение в прецизни системи за радиосинхронизация.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Йорданов С. С., Алгоритми за синтез на периодични шумоподобни фазово манипулирани сигнали с оптимални корелационни свойства, Дисертация за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“, Русенски Университет „А. Кънчев“ – гр. Русе, 2013 .г

[2] Bedzhev B. Y., Yordanov S. S., Tsankov Ts. S., A Method for Synthesis of Signals Possessing Almost Ideal Periodic Autocorrelation Function, 9th International Conference on Bionics and Prosthetic, Biomechanics and Mechanics, Mechatronics and Robotics, 2013, Riga, vol. 9, pp. 166 – 169.

[3] Bedzhev B. B., Denitsa D. Velikova, Zhivko V. Zhivkov, Analysis of the Conditions for Synthesis of Efficient Side-Lobes Suppression Filters for Phase Manipulated Signals, J. Aerospace Research in Bulgaria, Sofia, 2014 (под печат).

[4] Branislav M. Popovic, Oskar Mauritz, Generalized Chirp-Like Sequences with Zero Correlation Zone, IEEE Transactions on Information Theory, vol. 56, No. 6, June 2010.

[5] Hideyuki Torii, Makoto Nakamura, Naoki Suehiro, A New Class of Zero-Correlation Zone Sequences, IEEE Transactions on Information Theory, vol. 50, No. 3, March 2004.

[6] Takafumi Hayashi, Zero-Correlation Zone Sequence Set Construction Using an Even-Perfect Sequence and an Odd-Perfect Sequence, IEICE Trans. FUNDAMENTALS, vol. E90-A, No. 9, September 2007.

[7] 95 Zierler N., Linear recurring sequences, J. Soc. Ind. Appl. Math., 7 (1959), №1, pp. 31 – 48.

За контакти:

инж. Деница Димитрова Великова, докторант в катедра „Електроника“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: dvelikova@uni-ruse.bg

инж. Живко Василев Живков, гл. ас. в катедра „Комуникационна и компютърна техника“, Шуменски университет „Еп. Константин Преславски“, e-mail: j.v.j@abv.bg

Докладът е рецензиран.