

Автоматизирана компютърна програма за синтез на периодични фазово манипулирани сигнали чрез модифициране на последователности на Gordon-Mills-Welch

Деница Великова

An Automated Computer Program for Synthesis of Periodic Phase Manipulated Signals by Modifying a Gordon-Mills-Welch sequences: In the paper the algorithm of computer program for synthesis of periodic phase manipulated signals is proposed. The algorithm is based on the modification of the Gordon-Mills-Welch 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

На съвременния етап скритостта на работа на радиокомуникационните системи, е фактор от първостепенно значение за ефективното използване на честотния спектър. Скритостта се класифицира като *енергетическа*, *структурна* и *информационна* (т.е. *криптоустойчивост*). *Енергетическата скритост* се характеризира със способността на системата да въздейства минимално върху работата на други радиокомуникационни системи. *Структурната скритост* характеризира способността на системата да затрудни максимално разкриването на принципите на модулация на сигнала, неговите честотни и временни параметри. *Информационната скритост* се характеризира със способността на системата да противостои на мерките, насочени към разкриване на смисъла на предаваната информация. Информационната скритост се нарича още *криптоустойчивост* [1]. Енергетическата и структурната скритост са много тясно свързани и взаимно обусловени, тъй като използваните шумоподобни сигнали имат ниска спектрална плътност, която осигурява висока енергетична скритост.

В статията се предлага алгоритъм на компютърна програма за синтез на периодични фазово манипулирани сигнали чрез модифициране на последователности на Gordon-Mills-Welch.

СТРУКТУРНА СЛОЖНОСТ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТИТЕ НА GORDON-MILLS-WELCH

Предвид на този извод естествено възниква проблемът за количествена оценка на структурната сложност на сигналите, използвани в радиокомуникационните системи. За неговото решаване основна роля има следното твърдение.

Твърдение 1: Степенната последователност на всеки периодичен равномерен ФМ сигнал може да се формира чрез линейна рекурентна последователност (ЛРП).

Доказателство: Нека

$$\{v_0, v_1, \dots, v_{N-1}, v_0, v_1, \dots, v_{N-1}, \dots\} \quad (1)$$

е степенната последователност на произволен периодичен равномерен ФМ сигнал с период N .

Очевидно елементите на последователността (1) удовлетворяват следното линейно рекурентно уравнение (ЛРУ)

$$v(i) = 0 \cdot v(i-1) + 0 \cdot v(i-2) + \dots + 1 \cdot v(i-N), \quad i = N, N+1, \dots \quad (2)$$

Оттук следва, че (1) е ЛРП с начални елементи $v(0), v(1), \dots, v(N-1)$.

На базата на така доказаното твърдение става възможна количествената оценка на структурната сложност на равномерните ФМ сигнали. Действително, елементите на ЛРП (1) могат да се изчисляват чрез деление на полинома $B(x) = v_0 + v_1 x + \dots + v_{N-1} x^{N-1}$ с полинома $D(x) = 1 - x^N$, т.е.

$$V(x) = \frac{v_0 + v_1 x + \dots + v_{N-1} x^{N-1}}{1 - x^N}, \quad (3)$$

като тук

$$V(x) = (v_0 + v_1 x + \dots + v_{N-1} x^{N-1}) + (v_0 + v_1 x + \dots + v_{N-1} x^{N-1}) x^N + (v_0 + v_1 x + \dots + v_{N-1} x^{N-1}) x^{2N} + \dots \quad (4)$$

е формалният степенен ред, съответстващ на последователността (1).

Всъщност полиномиалният рационален израз (3) може да се обоснове и чрез (4), защото от (4) се вижда, че $V(x)$ е безкрайна геометрична прогресия и може да се представи във вида

$$V(x)(1 - x^N) = v_0 + v_1 x + \dots + v_{N-1} x^{N-1} \quad (5)$$

От (3) следва, че ако числителят $B(x) = v_0 + v_1 x + \dots + v_{N-1} x^{N-1}$ и знаменателят $D(x) = 1 - x^N$ имат общ делител $C(x)$, т.е.

$$B(x) = C(x)B_0(x), \quad D(x) = C(x)D_0(x), \quad (6)$$

като тук полиномите $B_0(x)$ и $D_0(x)$ са взаимно прости и степента на $B_0(x)$ е строго по-малка от степента на $D_0(x)$

$$\deg(B_0(x)) < \deg(D_0(x)) = n < N, \quad (7)$$

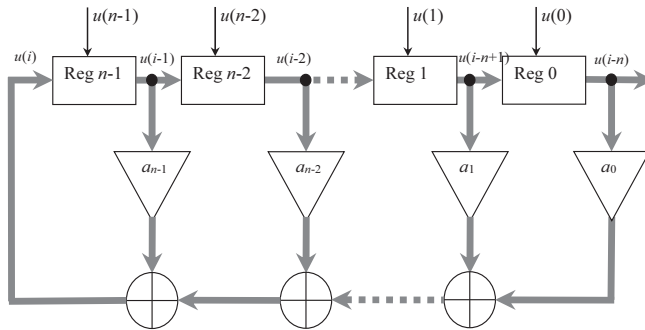
тогава (3) се опростява до

$$V(x) = \frac{B_0(x)}{D_0(x)} \quad (8)$$

Предвид на (8), се въвежда следното определение [2, 3, 4, 5].

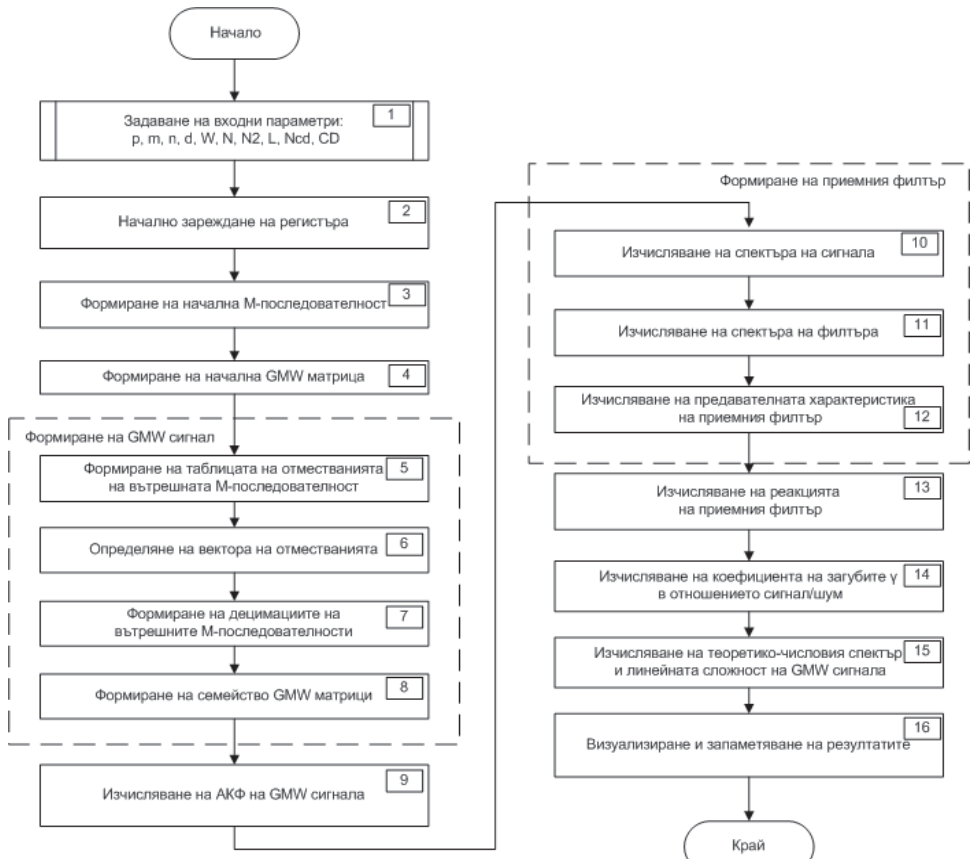
Определение 1: Степента на полинома в знаменателя на (8) се нарича *линейна сложност (linear complexity)* на периодичната последователност (1). Линейната сложност на последователностите се означава с \cdot .

Синоним на понятието *линейна сложност (linear complexity)* е изразът *линеен обхват (linear span)*.



Фиг. 1 – Обща структура на схеми, реализирани ЛРП, за генериране на последователности с висока линейна сложност

АВТОМАТИЗИРАНА КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА СИНТЕЗ НА ПЕРИОДИЧНИ ФАЗОВО МАНИПУЛИРАНИ СИГНАЛИ ЧРЕЗ МОДИФИЦИРАНЕ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТИ НА GORDON-MILLS-WELCH



Фиг. 2 – Блокова схема на алгоритъма на програмата

В блок 1 се задават стойности на входни параметри, като изследването е направено за последователности на Gordon-Mills-Welch.

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

В блок 4, се формира начална GMW матрица.

Блокове 5, 6, 7 и 8 формират коригирания GMW сигнал, като действието им е онагледено на фиг.3.

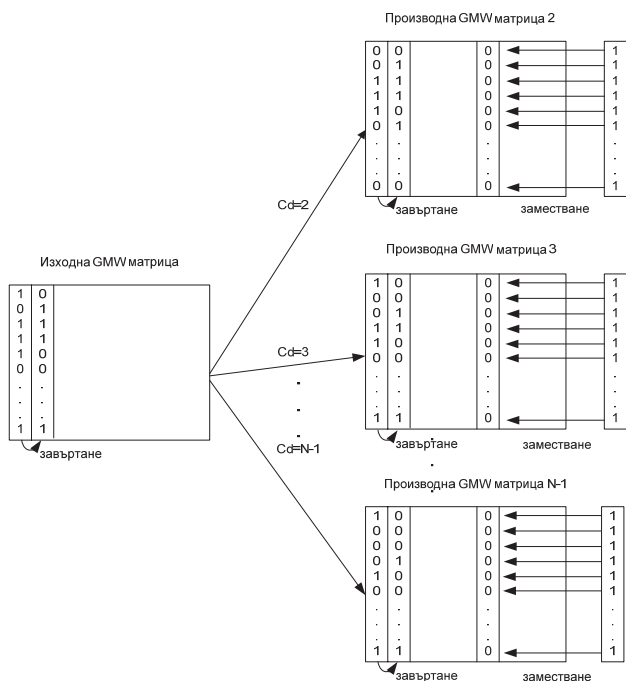
Блок 9 изчислява АКФ на сигнала.

Блокове 10, 11 и 12 формират приемния филтър, съответстващ на синтезирания сигнал, а блок 13 изчислява реакцията на филтъра при преминаване на сигнала през него.

В блок 14 се изчислява коефициента на загубите γ в отношението сигнал/шум.

В блок 15 се изчислява теоретико-числовият спектър и линейната сложност на коригираният GMW сигнал.

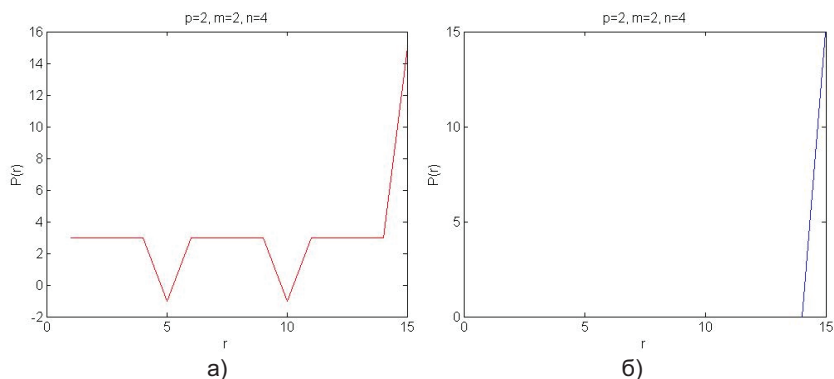
В блок 16 се запаметяват резултатите от изчисленията и визуализират получените характеристики.



Фиг. 3 – Формиране на семейство GMW матрици

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

Резултатите от работата на програмата са представени на следващите фигури. На фиг. 4 са показани визуално периодичните автокорелационни функции на начален и модифициран сигнал на Gordon-Mills-Welch.



Фиг. 4 – Периодични АКФ на начален а) и модифициран б) сигнал на Gordon-Mills-Welch

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Представен е метод за количествена оценка на структурната сложност на сигналите, използвани в радиокомуникационните системи
2. Предложен е алгоритъм за формиране на семейство GMW матрици.
3. Алгоритъмът позволява чрез модифициране, да бъдат отстранени страничните листа от ПАКФ на сигнали на Gordon-Mills-Welch.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беджев Б. Й., Цанков Цв. С., Станева Л. Ан., Свивац генератор на псевдослучайни последователности, формирани чрез нелинейни функции, Научна конференция на тема "Защитата на личните данни в контекста на информационната сигурност", 2013, Шумен
- [2] Берлекэмп Э., Алгебраическая теория кодирования, Пер. с англ. – М.: Мир, 1971. – 477 с.
- [3] Биркхоф Г., Барти Т., Съвременна приложна алгебра – С.: Техника, 1978. – 364 с.
- [4] Golomb S., Gong G., Signal design for good correlation, Cambridge University Press, 2005
- [5] Ipatov V. P., Spread Spectrum and CDMA. Principles and Applications, University of Turku and Saint Petersburg Electrotechnical University, 2005

За контакти:

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

Докладът е рецензиран.