

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**ШИРОКОСМУГОВІ
СИГНАЛИ В СИСТЕМАХ
ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ
ІНФОРМАЦІЇ
КУРСОВА РОБОТА**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра
за спеціальністю 125 «Кібербезпека»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2018

Ширококуглові сигнали в системах технічного захисту інформації: Курсова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здоб. ступеня магістра за спеціальністю 125 «Кібербезпека» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. М. Куц, Д. О. Прогонов. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,79 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 44 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 2 від 18.10.2018 р.)
за поданням Вченої ради Фізико-технічного інституту
(протокол № 10/2018 від 26.09.2018 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

ШИРОКОКУГЛОВІ СИГНАЛИ В СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

КУРСОВА РОБОТА

Укладачі: *Куц Сергій Миколайович, канд. техн. наук, доц.
Прогонов Дмитро Олександрович, канд. техн. наук*

Відповідальний редактор *Прогонов Дмитро Олександрович, канд. техн. наук*

Курсова робота з дисципліни “Ширококуглові сигнали” складається з двох частин. Робота охоплює основні розділи теоретичного курсу. Виконання даного циклу робіт на ПК з використанням сучасного програмного забезпечення (пакетів Matlab, Mathcad), дозволить набути навички сучасних методів досліджень складних сигналів в умовах сильних завад, що допоможе кращому засвоєнню теоретичних положень, викладених в лекціях, навчальній та науковій літературі.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

ЗМІСТ

ПЕРЛІК СКОРОЧЕНЬ	4
ЗАВДАННЯ	5
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ.....	10
ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ.....	11
ЧАСТИНА 1	11
1.1. Побудова динамічної моделі заданого періодичного сигналу $S(t)$	11
1.2. Розрахунок і побудова спектру неперервного періодичного сигналу $S(t)$ в гармонічному базисі	14
1.3. Синтез сигналу по розрахованому спектру	17
1.4. АКФ заданого сигналу $S(t)$	17
1.5. Розрахунок спектру сигналу, використовуючи ДПФ	19
1.6. Синтез сигналу по розрахованому спектру ДПФ	23
1.7. Розрахувати нормовану АКФ дискретного сигналу	24
1.8. Розрахунок АКФ білого шуму	26
1.9. Складний сигнал	27
1.10. Розрахувати ВКФ дискретного сигналу	28
1.11. Суміші $XN(t)$ заданого сигналу $S(t)$	29
ЧАСТИНА 2.....	34
2.1. Побудова спектру сигналу $X1(t)$, використовуючи гармонічний базис, та визначення спектральної лінії гармонічної завади	34
2.2. Видалення гармонічної завади в $X1(t)$	35
2.3. Видалення гармонічної завади в $X4(t)$	36
2.4. Видалення імпульсної завади з сигналу $X2(t)$	37
2.5. Видалення імпульсної завади з сигналу $X4A(t)$	40
2.6. Визначення заданого сигналу	41
2.7. Кореляційний аналіз сигналу $X4(t)$	42
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	44

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СШ – ширококутовий;

ФУ – функція Уолша;

АКФ – автокореляційна функція;

ПАКФ – періодична автокореляційна функція;

ВКФ – взаємкореляційна функція;

ДПФ – дискретне перетворення Фур'є;

ПАКФ – періодична автокореляційна функція.

ЗАВДАННЯ

ЧАСТИНА 1

МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ СУМІШІ ШС ТА АДТИВНИХ ЗАВАД.

1. Побудувати динамічну модель заданого періодичного сигналу $S(t)$, або використати вбудовані функції Mathcad, MatLab або іншого програмного забезпечення. Вибір сигналу $S(t)$ проводиться студентами із таблиці А згідно з номером у списку групи.

Таблиця А. Варіанти параметрів суміші та завад

№ вар	Заданий періодичний сигнал $S(t)$	Три-валість імпульсу елементу сигналу, τI (мкс)	Завада, $-10\sin(2\pi t/T1+\varphi)$, де $T1$ (мкс)/ φ (рад/с)		Імпульсна завада, $5har(r,m,t)$	Імпульсна завада, $10(1(t+\Delta t)-1(t+\Delta t+\tau2))$		Функції для розрахунку ВКФ
			$T1$ (мкс)	φ (рад/с)		$\tau2$ (три-валість, мкс)	Δt (мкс)	
1	wal(14,t)* wal(2,t)	0,5	2 $\tau1$	$\pi/2$	har(2,3,t)			rad(3,t),wal(9,t)
2	wal(9,t)* wal(7,t)	0,4	$\tau1$	$\pi/4$		$\tau1$	5 $\tau1$	rad(4,t),wal(14,t)
3	wal(8,t)* wal(1,t)	0,2	0,5 $\tau1$	$\pi/9$	har(2,4,t)			rad(3,t),wal(13,t)
4	wal(12,t)* wal(7,t)	0,5	2 $\tau1$	$\pi/2$		2 $\tau1$	4 $\tau1$	rad(3,t),wal(8,t)
5	wal(14,t)* wal(4,t)	0,4	$\tau1$	$\pi/8$		$\tau1$	8 $\tau1$	rad(3,t),wal(12,t)
6	wal(10,t)* wal(7,t)	0,2	0,5 $\tau1$	$\pi/3$	har(2,3,t)			rad(4,t),wal(11,t)
7	wal(13,t)* wal(5,t)	0,5	2 $\tau1$	$\pi/2$	har(2,3,t)			rad(3,t),wal(10,t)
8	wal(4,t)* wal(12,t)	0,4	$\tau1$	$\pi/4$	har(2,4,t)			rad(4,t),wal(9,t)
9	wal(2,t)* wal(11,t)	0,2	0,5 $\tau1$	$\pi/12$	har(3,2,t)			rad(3,t),wal(14,t)
10	wal(10,t)* wal(5,t)	0,5	2 $\tau1$	$\pi/2$	har(2,3,t)			rad(4,t),wal(14,t)
11	wal(3,t)* wal(15,t)	0,4	$\tau1$	$\pi/3$		$\tau1$	6 $\tau1$	rad(4,t),wal(13,t)
12	wal(3,t)* wal(13,t)	0,2	0,5 $\tau1$	$\pi/16$	har(2,4,t)			rad(3,t),wal(12,t)
13	wal(9,t)* wal(4,t)	0,5	2 $\tau1$	$\pi/4$		$\tau1$	8 $\tau1$	rad(4,t),wal(11,t)
14	wal(10,t)* wal(3,t)	0,4	$\tau1$	$\pi/6$		0,4 $\tau1$	5 $\tau1$	rad(4,t),wal(14,t)
15	wal(11,t)* wal(2,t)	0,2	0,5 $\tau1$	$\pi/8$		$\tau1$	6 $\tau1$	rad(4,t),wal(12,t)
16	wal(12,t)* wal(4,t)	0,5	2 $\tau1$	$\pi/2$		0,5 $\tau1$	7 $\tau1$	rad(4,t),wal(10,t)
17	wal(15,t)* wal(0,t)	0,4	$\tau1$	$\pi/4$		$\tau1$	8 $\tau1$	rad(5,t),wal(15,t)

2.

А. Примітки:

В. При обробці суміші сигналу і завад необхідно враховувати випадок, коли у заданому сигналі відсутня постійна компонента;

С. При розрахунках по кожному пункту завдання необхідно привести детальний опис виконаних перетворень, привести формули і записати сигнали. Наприклад, при розрахунку ВКФ, необхідно привести дискретні функції та формули для розрахунку ВКФ;

- D. Всі результати повинні бути представлені на графіках;
- E. Для нормального білого шуму прийняти значення математичного очікування $m = 0$, а середньоквадратичне очікування $\sigma = 0,75$.
3. Розрахувати і побудувати спектр неперервного періодичного сигналу $S(t)$, використовуючи гармонічний базис (перейти до нормованого часу).
 4. Провести синтез сигналу по розрахованому спектру і побудувати одержаний сигнал на одному графіку із заданим.
 5. Розрахувати АКФ заданого сигналу $S(t)$.
 6. Використовуючи данні п.1, одержати дискретний сигнал $S_0(t)$.
 7. Розрахувати спектр сигналу, використовуючи ДПФ і порівняти одержані результати з даними п.2.
 8. Провести синтез сигналу по розрахованому у п.6 спектру, і побудувати одержаний сигнал на одному графіку із заданим.
 9. Розрахувати нормовану АКФ дискретного сигналу і порівняти одержані результати з даними п.4.
 10. Розрахувати АКФ білого шуму та побудувати графік.
 11. Одержати складний сигнал перемноживши код сигнал $S(t)$ (заданий у п.1) на породжуючий сигнал з табл.В.

Таблиця В.

Номер варіанту	Код породжуючої послідовності	
Для мП	1	1100000110010100
	2	1110111000010110
	3	1100010001001011
	4	1010110011000001
	5	1010010001000111
	6	1100000100101011
	7	1011101101000011
	8	1001011110001000
	9	1001010001111110
	10	1000111111011010
	11	1000011101110110
	12	1000001100101001
	13	1000000111010110
	14	1111100110010100
	15	1111001100101011

Розрахувати АКФ одержаного складного сигналу. Порівняти АКФ складного з АКФ сигналу, який одержали у п.6.

12. Розрахувати ВКФ дискретного сигналу $S_o(t)$ (з п.5). і сигналів, які задані у таблиці В для вашого варіанту.

13. Побудувати суміші $XN(t)$ заданого сигналу $S(t)$ та:

A. Гармонічної завади $x_2(t) - X1(t) = S(t) + x_2(t)$,

B. Імпульсної завади $x_i(t) - X2(t) = S(t) + x_i(t)$,

C. Білого шуму $\eta(t, m, \sigma) - X3(t) = S(t) + \eta(t, m, \sigma)$,

D. Гармонічної завади + Імпульсної завади + Білого шуму – $X4(t) = S(t) + x_2(t) + x_i(t) + \eta(t, m, \sigma)$. Представити всі ці суміші на окремих графіках.

ЧАСТИНА 2

ОБРОБКА СУМІШІ СИГНАЛУ З РІЗНИМИ ВИДАМИ АДИТИВНИХ ЗАВАД ПО АЛГОРИТМУ УЗАГАЛЬНЕНОЇ СПЕКТРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ.

1. Розрахувати і побудувати спектр сигналу $X1(t)$, використовуючи гармонічний базис.
2. Визначити спектральну лінію, яка відповідає гармонічній заваді.
3. Застосовуючи різні критерії оцінок виду спектру сигналу, видалити гармонічну заваду. Для оптимального критерію побудувати одержаний сигнал $X1a(t)$, на одному графіку з $S(t)$.
4. Розрахувати і побудувати спектр сигналу $X4(t)$, використовуючи гармонічний базис.
5. Застосовуючи оптимальний критерій оцінки виду спектру сигналу, видалити гармонічну заваду. Побудувати одержаний сигнал $X4a(t)$.
6. Розрахувати і побудувати спектр сигналу $X2(t)$, використовуючи базис прямокутних імпульсів (blo) або функцій Хаара.
7. По одержаним результатам розрахунку спектра у вибраному базисі визначити спектральні лінії, які відповідають імпульсній заваді.
8. Видалити імпульсну заваду із адитивної суміші сигналу та завад. Побудувати одержаний сигнал $X2a(t)$, на одному графіку з $S(t)$.
9. Розрахувати і побудувати спектр сигналу $X4a(t)$, використовуючи базис прямокутних імпульсів або функцій Хаара (в залежності від виду заданої імпульсної завади).
10. Видалити імпульсну заваду із адитивної суміші сигналу та завад. Побудувати одержаний сигнал $X4b(t)$.
11. Розрахувати і побудувати спектри сигналів $X4b(t)$ і $S(t)$, у базисі функцій сигналу $S(t)$ (Радемахера або Уолша – в залежності від виду заданої функції).
12. По одержаному спектру сигналу, визначити заданий сигнал.

13. Розрахувати і побудувати ВКФ $X_4(t)$ і функцій у класі функцій заданого сигналу (обов'язково розглянути ВКФ $X_4(t)$ і заданого сигналу $S(t)$), а також функцій, заданих у таблиці для вашого варіанту. Визначити заданий сигнал.

14. Обчислити суму АКФ для сигналу $S(t)$ і інвертованого до сигналу $S(t) - \{-S(t)\}$, а також для сигналу $X_4(t)$ і інвертованого сигналу $X_4(t) - \{-X_4(t)\}$.

15. Написати висновки до роботи.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Роботи повинна включати в себе:

- Титульний лист, оформлений у відповідності до вимог кафедри;
- Зміст (сторінки роботи повинні бути пронумеровані);
- Загальне завдання роботи;
- Дані варіанту з зазначенням його номеру;
- Результати виконання завдання по пунктам. Кожен пункт необхідно розпочинати з завдання, що необхідно виконати, а закінчувати висновками;
- Висновки повинні бути по кожній частині та по роботі в цілому;
- Перелік використаної літератури.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ

ЧАСТИНА 1

1.1. Побудова динамічної моделі заданого періодичного сигналу $S(t)$

1.1.1 Теоретичні відомості.

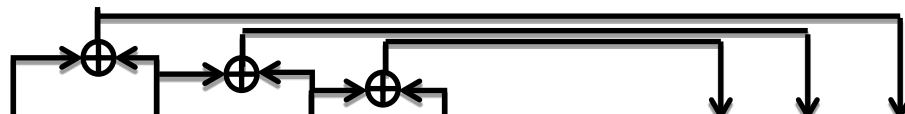
Функції Уолша складають повну систему ортонормованих прямокутних функцій. Існують різні способи упорядкування функцій Уолша – по Уолшу, Адамару, Кулі та ін. Для випадку упорядкування по Уолшу скористаємось способом формування функцій Уолша за допомогою функцій Радемахера.

$$wal(w, x) = \prod_{m=1}^n [rad(m, x)]^{w_{n-k+1} \oplus w_{n-k}}, \quad (1.1)$$

де $n = \log_2 N$ – число двійкових розрядів, $x = \frac{t}{T}$ – нормований час, \oplus – порозрядна сума по модулю 2, w – десяткове представлення номера функції, а w_i – двійкове представлення.

Більш наочно алгоритм одержання функцій Уолша за допомогою функцій Радемахера представлений в табл.1.1 (для $N = 8$).

Таблиця 1.1



w	w_0	w_1	w_2	w_3	$wal(w, \theta) = r_1(\theta) \times r_2(\theta) \times r_3(\theta)$
0	0	0	0	0	$wal(0, \theta) = r_1^0(\theta) \times r_2^0(\theta) \times r_3^0(\theta)$
1	0	0	0	1	$wal(1, \theta) = r_1^1(\theta) \times r_2^0(\theta) \times r_3^0(\theta)$
2	0	0	1	0	$wal(2, \theta) = r_1^1(\theta) \times r_2^1(\theta) \times r_3^0(\theta)$
3	0	0	1	1	$wal(3, \theta) = r_1^0(\theta) \times r_2^1(\theta) \times r_3^0(\theta)$
4	0	1	0	0	$wal(4, \theta) = r_1^0(\theta) \times r_2^1(\theta) \times r_3^1(\theta)$
5	0	1	0	1	$wal(5, \theta) = r_1^1(\theta) \times r_2^1(\theta) \times r_3^1(\theta)$
6	0	1	1	0	$wal(6, \theta) = r_1^1(\theta) \times r_2^0(\theta) \times r_3^1(\theta)$
7	0	1	1	1	$wal(7, \theta) = r_1^0(\theta) \times r_2^0(\theta) \times r_3^1(\theta)$

де \oplus – порозрядне додавання по модулю 2, а $r_i^0(\theta) = 1$; $r_i^2(\theta) = r_i(\theta) \dots$

Перші чотири неперервні функції Уолша, які визначені на інтервалах $[0; 1)$ та $[-0.5; 0.5)$, представлені на рис.1.1.

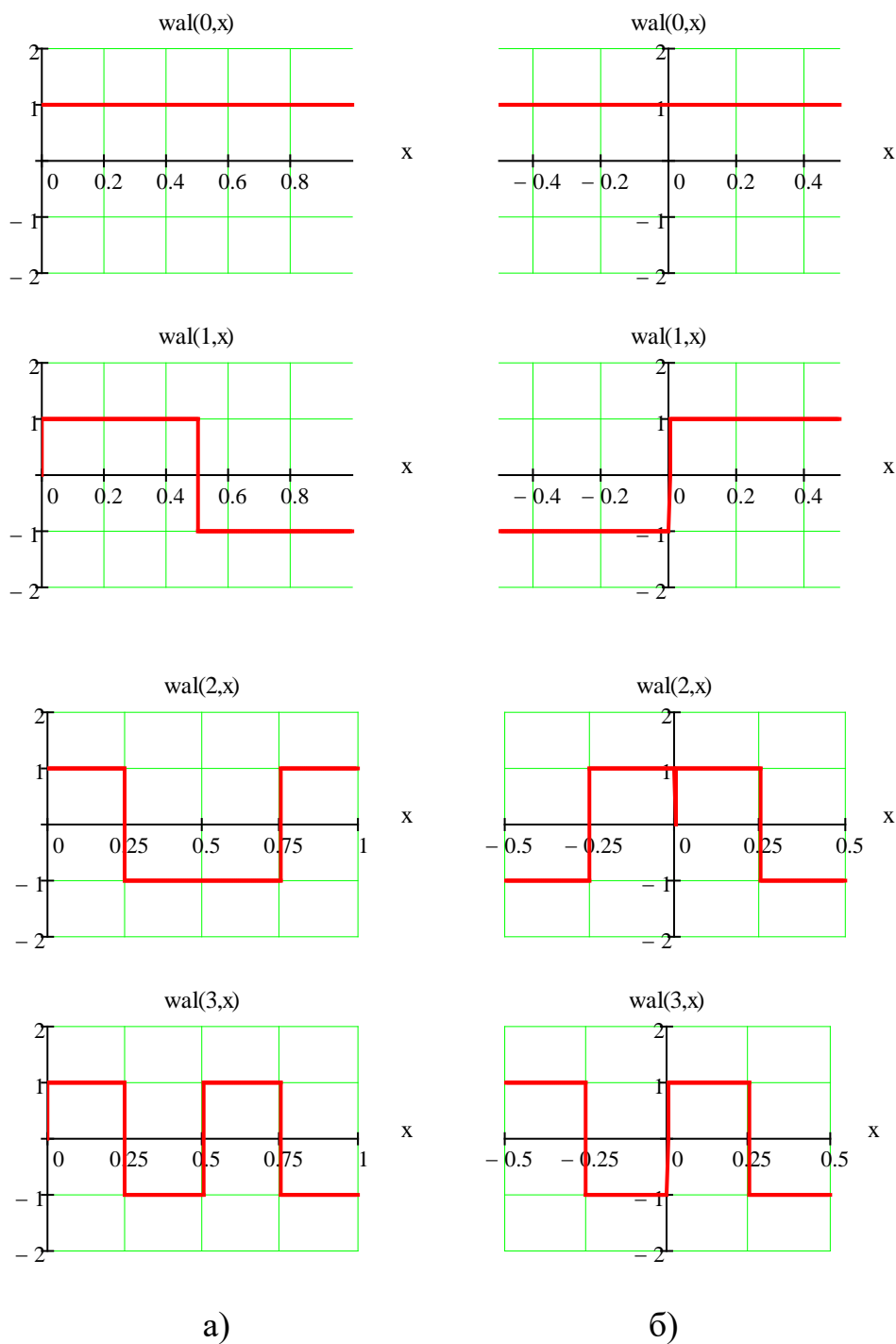


Рисунок 1.1. Перші чотири неперервні функції Уолша:
а) на інтервалі $[0; 1)$; б) на інтервалі $[-0.5; 0.5)$.

1.1.2 Приклад реалізації.

Для створення динамічної моделі в середовищі Matlab необхідно створити m-файл з ім'ям, що в точності відповідає назві функції (наприклад: для функції «`function W = wal(index, t)`» ім'я m-файлу повинно бути «`wal.m`»), та помістити його в робочу директорію середовища.

Приклад тексту коду m-файлу:

```
% Функція Уолша (ФУ)
% t      - змінна нормованого часу (вектор);
% index - номер функції;

function W = wal(index, t)
N = floor(log2(index))+1; %визначення діади ФУ;
temp1 = index;
temp2 = 0;
W = 1;          % ініціалізація ФУ;
for i = 1:N     % визначення двійкового коду;
    temp(N+1-i) = mod (temp1,2);
    temp1 = floor(temp1/2);
end
for i = 1:N     % реалізація формул (1.1)
    if (mod(temp(i)+temp2,2))
        W = W.*sign(sin(pi*(2^(N+1-i))*t));
    % аргумент синуса розділити на період для
    % ненормованого часу
    end
    temp2 = temp(i);
end
end
```

Для побудови графіку функції необхідно задати час в командному вікні рядком:

```
>> t=0:1e-4:1;
```

та побудувати графік за допомогою:

```
>> plot(t,wal(9,t)).
```

В результаті цієї команд буде відкрито вікно з побудованим графіком заданої функції. Користувачу доступні функції редагування та збереження графіку у вигляді зображення. Приклад побудови зображено на рис.1.2.

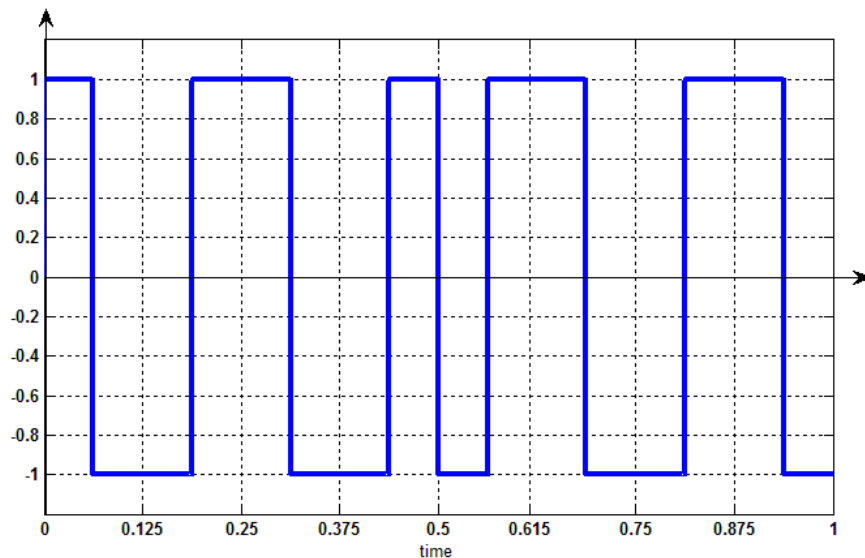


Рисунок 1.2. Функція Уолша ($wal(9,t)$).

Для побудови ФУ можливо використовувати і інші середовища.

1.1.3 Вимоги до змісту підрозділу.

В даному підрозділі необхідно:

- Записати функцію Уолша, як добуток функцій Радемахера у явному вигляді;
- Представити графіки в ненормованому та в нормованому часі. Для нормованого часу період функції дорівнює 1, а масштаб осі часу необхідно обрати від 0 до 1. Масштаб шкали осі часу необхідно обрати такий, щоб було можливо оцінити тривалість чіпу;
- Усі розрахунки повинні бути обґрунтовані у роботі.

1.2. Розрахунок і побудова спектру неперервного періодичного сигналу

$S(t)$ в гармонічному базисі

1.2.1 Приклад реалізації.

Для розрахунку спектру за допомогою програмного середовища Matlab необхідно створити m-файл з наступним вмістом:

```

function S = FT(func , M) % перетворення фурье
    % повертає перші M елементів ряду у
    % комплексній формі.
    N1 = length(func); % довжина вектора функції
    nn = 1:N1/2;
    if (M < N1/2)
        nn = 1:M+1;
    end
    temp = 2/N1*fft(func);
    temp(1) = temp(1)/2;
    S(nn) = temp(nn);
end

```

Для побудови графіку амплітудного спектру необхідно у командному вікні задати наступну команду:

```

>> t=0:1e-6:1;
>> M = 100;
>> n = 0:M;
>> A = abs(FT(wal(9,t),M));
>> fi = phase(FT(wal(9,t),M));
>> stem(n,A);
>> stem(n,fi/pi);

```

Після команди `stem(n,A)` буде побудовано амплітудний спектр (рис.1.3), а після `stem(n, fi)` фазовий спектр в долях числа π (рис.1.4).

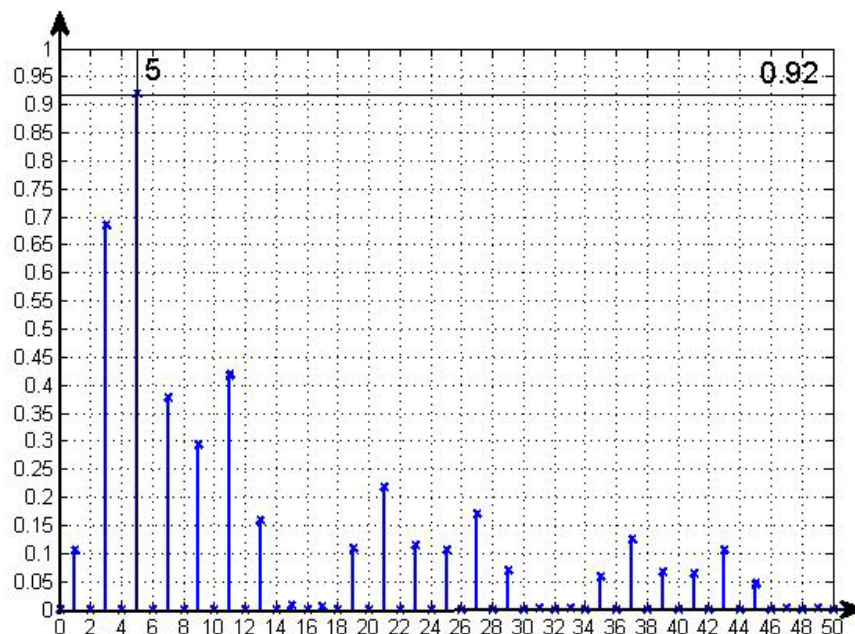


Рисунок 1.3. Амплітудний спектр сигналу.

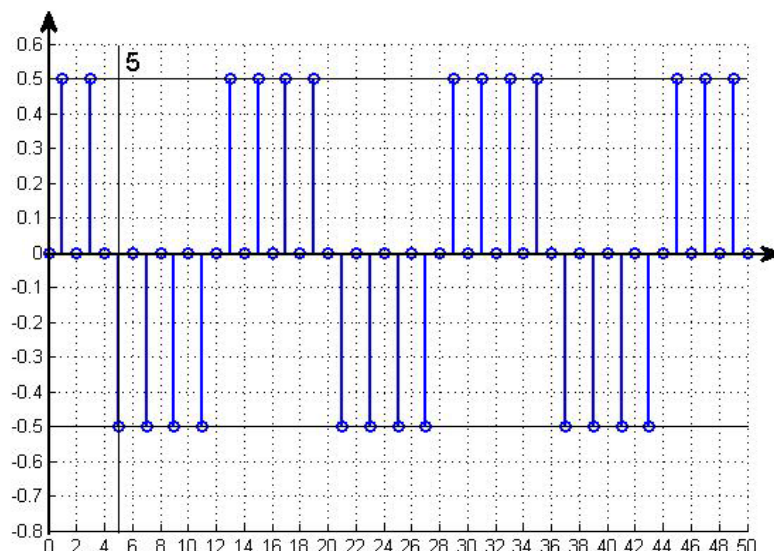


Рисунок 1.4. Фазовий спектр.

1.2.2 Вимоги до змісту підрозділу та критерії до виконання:

- При побудові спектрів, вибрати такий масштаб, щоб на графіку обов'язково була відмічена гармоніка, що відповідає секвентності заданого сигналу. Це є перевіркою правильності побудови спектру;
- Для побудови фазового спектру необхідно врахувати те, що при амплітуді гармоніки рівною нулю, фаза теж повинна бути рівна нулю. Також необхідно врахувати похибку комп'ютерного обчислення - „машинний нуль”;
- Якщо значення займають велику кількість місця:
 - В MathCAD: можливо транспонувати таблицю значень $[A_n]$ ($[A_n]^T$).
 - В Matlab: вивести в командний рядок значення $[A_n]$ (`>>A`, де A – матриця значень).

Аналогічно для фазового спектру.

1.3. Синтез сигналу по розрахованому спектру

1.3.1 Приклад реалізації.

Для синтезу сигналу за допомогою програмного середовища Matlab необхідно створити m-файл з наступним вмістом:

```
function x = sintez(S,M,t,wal) % синтез сигналу.  
    N = length(S); % довжина вектора спектру  
    if (M > N) % перевірка довжини  
        M = N;  
    end  
    n = 1 : M;  
    x = 0;  
    for n = 1:M % шаг вибору гармонік  
        x = x + (abs(S(n))*cos((n-1)* 2*pi*t + phase(S(n))));  
        % синтез  
    end  
    plot(t,[x;wal]); % Побудова синтезованого та заданого сигналу.  
end
```

Для побудови графіку необхідно в командному вікні задати наступні команди:

```
>> S =(FT(wal(9,t),M));  
>> sintez(S,50,t,wal(9,t));
```

В результаті виконання команд буде побудовано графіки синтезованого та заданого сигналів (рис.1.5).

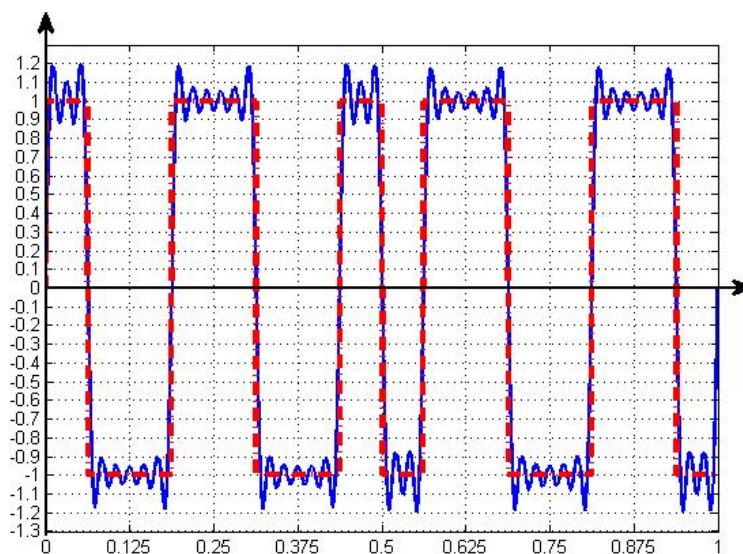


Рисунок 1.5. Синтезований з 50-ти гармонік та заданий сигнали.

1.3.2 Вимоги до змісту підрозділу.

При виконанні необхідно будувати заданий та синтезований сигнали на одному малюнку.

Необхідно провести синтез при трьох значеннях, наприклад, $n_{max}=50$, 70 , 100 . При $n_{max} = 100$ можливі великі осциляції. При виборі кількості гармонік для синтезу необхідно слідкувати, щоб при синтезі для кожного з значень n_{max} була різна кількість ненульових гармонік.

1.4. АКФ заданого сигналу $S(t)$

1.4.1 Приклад реалізації.

Для побудови нормованої АКФ необхідно задати час та зсуви:

```
>> t=0:1e-4:1;  
>> tau = -1:1e-4:1
```

та задати побудову АКФ за допомогою функції `xcorr`:

```
>> plot(tau,xcorr(wal(9,t),'biased'));
```

Необхідно пам'ятати, що для побудови неперервного сигналу $\Delta t \rightarrow 0$.

В результаті виконання команди буде побудовано графік рис.1.6.

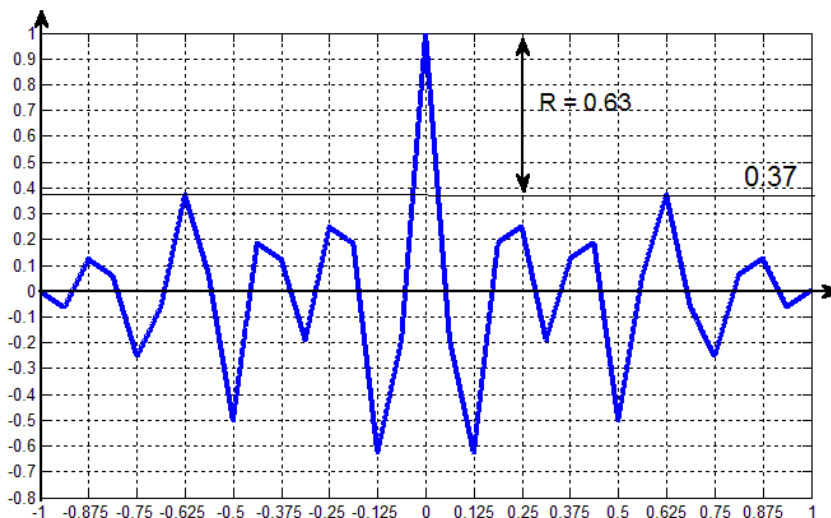


Рисунок 1.6. АКФ функції Уолша $wal(9,t)$.

1.4.2 Вимоги до змісту підрозділу.

- При виконанні даного завдання можливо будувати лише додатні зсуви, оскільки АКФ – симетрична функція.
- На нормованій АКФ необхідно зобразити рівень бокових пелюстків.
- Необхідно провести розрахунок коефіцієнта розрізненості та зробити висновки по підрозділу.

1.5. Розрахунок спектру сигналу, використовуючи ДПФ

1.5.1 Теоретичні відомості.

Розглянемо головні властивості дискретних сигналів. Значення дискретних сигналів визначені не для всіх моментів часу, а лише на скінченній множині N точок $(t_0, t_1, t_2, \dots, t_{k...}, t_{N-1})$. У випадку, коли математична модель аналогового сигналу $u(t)$ є гладкою функцією, то дискретний сигнал $U(k\Delta t)$ може бути описаний послідовністю $(U_0, U_1, U_2, \dots, U_{k...}, U_{N-1})$. Своїх відліків у відповідні моменти часу.

Спектральну щільність $S(w)$ дискретного сигналу $U(kT_a)$ можна представити виразом:

$$S(jw) = \sum_{k=0}^{\infty} U(kT_a) e^{-jwkT_a}, \quad (1.1)$$

де k – номер дискретного відліку неперервної функції; T_a – період (крок) дискретизації неперервної функції $u(t)$.

Відповідно до виразу (1.1), спектр дискретного сигналу є суцільним. Але таким він буває тільки у випадку нескінченного обсягу вибірки дискретного сигналу. На практиці вибірка відліків сигналу завжди скінчена. Крім того, перетворення Фур'є для реальних сигналів проводяться на комп'ютері. Це означає, що скінченою є не тільки вибірка дискретних відліків сигналу, але і відповідне цій вибірці число гармонік спектру дискретного сигналу.

Прийmemo, що сигнал $u(t)$ є сигналом з обмеженим спектром, верхня частот якого становить f_m . За теоремою відліків (Котельникова), для нашого сигналу виберемо частоту відліків $f_a \geq 2 \cdot f_m$. На інтервалі існування сигналу T , ми одержимо $N = T/T_a$ відліків. В області частот від $f = 0$ до $f = f_a$ можна побудувати N ліній для частот:

$$w_n = \frac{2\pi}{NT_a} n,$$

де $n = 0, 1, \dots, N-1$.

Якщо в рівнянні (1.1) замінити w на w_n , то одержимо рівняння дискретне як за часом, так і по частоті (пряме дискретне перетворення Фур'є). І тому зручне для обчислення на комп'ютерах:

$$S(jw_n) = S\left(j \frac{2\pi}{NT_a} n\right) = \sum_{k=0}^{N-1} U(kT_a) e^{-jw_n kT_a};$$

$$S(jw_n) = \sum_{k=0}^{N-1} U(kT_a) e^{-j2\pi kn/N},$$

де $n = 0, 1, \dots, N-1$.

Для обчислення $U(kT_a)$ застосовуються обернене дискретне перетворення Фур'є (ОДПФ), яке може бути представлене у формах:

$$U(kT_a) = U_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S(jw_n) \cdot e^{-j2\pi kn/N},$$

або

$$U_k = U_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} C_n \cdot W^{nk}, \quad (1.2)$$

де $k = 0, 1, \dots, N-1$, а комплексний множник (фазовий множник (ФМ))

$$W^{nk} = e^{-j2\pi kn/N}.$$

Пряме дискретне перетворення Фур'є:

$$C_n = \sum_{k=0}^{N-1} U_k \cdot W^{nk}, \quad (1.3)$$

дозволяє знайти апроксимацію спектру неперервного сигналу за скінченною кількістю його відліків.

Нижче приведені фрагменти лістингу для фазових множників $W4$ та $W8$ при $N=4$ та $N=8$:

$$\begin{aligned}
 W4 \rightarrow & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W & W^2 & W^3 \\ 1 & W^2 & W^4 & W^6 \\ 1 & W^3 & W^6 & W^9 \end{pmatrix} & W4 = & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1i & -1 & 1i \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1i & -1 & -1i \end{pmatrix} \\
 W8 \rightarrow & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W & W^2 & W^3 & W^4 & W^5 & W^6 & W^7 \\ 1 & W^2 & W^4 & W^6 & W^8 & W^{10} & W^{12} & W^{14} \\ 1 & W^3 & W^6 & W^9 & W^{12} & W^{15} & W^{18} & W^{21} \\ 1 & W^4 & W^8 & W^{12} & W^{16} & W^{20} & W^{24} & W^{28} \\ 1 & W^5 & W^{10} & W^{15} & W^{20} & W^{25} & W^{30} & W^{35} \\ 1 & W^6 & W^{12} & W^{18} & W^{24} & W^{30} & W^{36} & W^{42} \\ 1 & W^7 & W^{14} & W^{21} & W^{28} & W^{35} & W^{42} & W^{49} \end{pmatrix} & & (1.4) \\
 W8 = & \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0.707 - 0.707i & -i & -0.707 - 0.707i & -1 & -0.707 + 0.707i & i & 0.707 + 0.707i \\ 1 & -i & -1 & i & 1 & -i & -1 & i \\ 1 & -0.707 - 0.707i & i & 0.707 - 0.707i & -1 & 0.707 + 0.707i & -i & -0.707 + 0.707i \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -0.707 + 0.707i & -i & 0.707 + 0.707i & -1 & 0.707 - 0.707i & i & -0.707 - 0.707i \\ 1 & i & -1 & -i & 1 & i & -1 & -i \\ 1 & 0.707 + 0.707i & i & -0.707 + 0.707i & -1 & -0.707 - 0.707i & -i & 0.707 - 0.707i \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

У загальному вигляді при $N = 8$ коефіцієнти та вектори:

$$U^T \rightarrow (U_0 \ U_1 \ U_2 \ U_3 \ U_4 \ U_5 \ U_6 \ U_7)$$

коефіцієнти C_n визначаються наступним чином:

$$C \rightarrow \begin{pmatrix} U_0 + U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 + U_7 \\ U_0 + W \cdot U_1 + W^2 \cdot U_2 + W^3 \cdot U_3 + W^4 \cdot U_4 + W^5 \cdot U_5 + W^6 \cdot U_6 + W^7 \cdot U_7 \\ U_0 + W^2 \cdot U_1 + W^4 \cdot U_2 + W^6 \cdot U_3 + W^8 \cdot U_4 + W^{10} \cdot U_5 + W^{12} \cdot U_6 + W^{14} \cdot U_7 \\ U_0 + W^3 \cdot U_1 + W^6 \cdot U_2 + W^9 \cdot U_3 + W^{12} \cdot U_4 + W^{15} \cdot U_5 + W^{18} \cdot U_6 + W^{21} \cdot U_7 \\ U_0 + W^4 \cdot U_1 + W^8 \cdot U_2 + W^{12} \cdot U_3 + W^{16} \cdot U_4 + W^{20} \cdot U_5 + W^{24} \cdot U_6 + W^{28} \cdot U_7 \\ U_0 + W^5 \cdot U_1 + W^{10} \cdot U_2 + W^{15} \cdot U_3 + W^{20} \cdot U_4 + W^{25} \cdot U_5 + W^{30} \cdot U_6 + W^{35} \cdot U_7 \\ U_0 + W^6 \cdot U_1 + W^{12} \cdot U_2 + W^{18} \cdot U_3 + W^{24} \cdot U_4 + W^{30} \cdot U_5 + W^{36} \cdot U_6 + W^{42} \cdot U_7 \\ U_0 + W^7 \cdot U_1 + W^{14} \cdot U_2 + W^{21} \cdot U_3 + W^{28} \cdot U_4 + W^{35} \cdot U_5 + W^{42} \cdot U_6 + W^{49} \cdot U_7 \end{pmatrix}$$

1.5.2 Приклад реалізації.

Для отримання спектру за допомогою ДПФ в середовищі Matlab необхідно задати наступні команди:

```
>> Wal = wal(9,[0:M-1]/M);
>> S = 2/M * fft(Wal);
```

де M – кількість відліків функції.

Для побудови графіків необхідно скористатися функцією `stem()` аналогічно до п.1.2.2.

1.5.3 Вимоги до змісту підрозділу.

При виконання підрозділу необхідно:

- Звернути увагу на те, що кількість гармонік не може перевищувати кількості відліків;
- Необхідно обґрунтувати вивір кількості дискрет та функції перетворення.
- Провести порівняння спектрів отриманих в п.1.5. та в п.1.2;

1.6. Синтез сигналу по розрахованому спектру ДПФ

1.6.1 Теоретичні відомості.

Синтез сигналу проводиться за формулою:

$$S(t) = C_0 + 2 \sum_{n=1}^{\frac{N}{2}-1} C_n \cos(n \cdot \omega_n t + \psi_n) + C_{N/2} \cos\left(n \cdot \omega_{N/2} t + \psi_{N/2}\right)$$

1.6.2 Приклад реалізації.

Для синтезу сигналу за допомогою програмного середовища Matlab необхідно створити m-файл з наступним вмістом:

```
function x = sintez_DPF(S,M,t,wal) % синтез сигналу.
temp = 0;
N = length(S); % довжина вектора спектру
if (M > N/2)
    M = floor(N/2)+1;
    temp = 1;
end
n = 1 : M;
x = 0.5*(abs(S(1)));
for n = 2:M
    x = x + (abs(S(n))*cos((n-1)* 2*pi*t + phase(S(n))));
    % синтез
end
if (temp == 1)
    x = x - 0.5*(abs(S(M))*cos((M-1)* 2*pi*t + phase(S(M))));
end
plot(t,[x;wal]); % Побудова синтезованого та заданого сигналу.
end
```

В результаті використання функції `sintez_DPF(S,M,t,wal)` будуть побудовані графіки синтезованого та заданого сигналу (Рис.1.7).

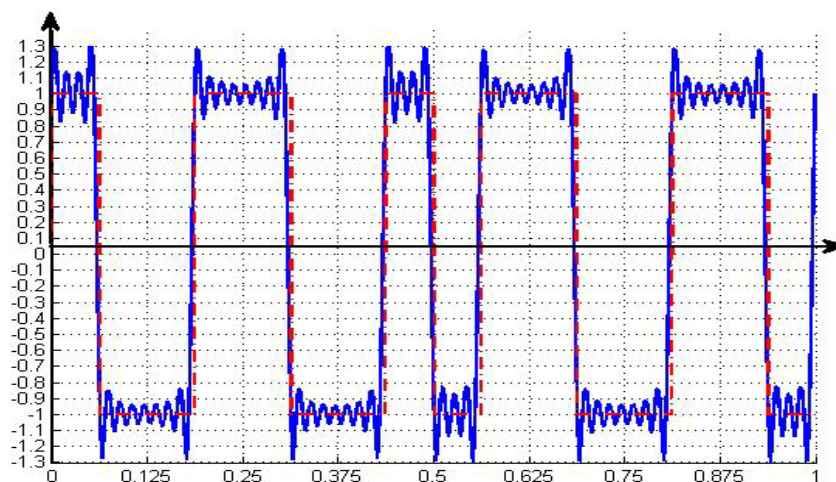


Рисунок 1.7. Синтезований та заданий сигнали.

1.6.3 Вимоги до змісту підрозділу.

Провести синтез для різних значеннях $n_{max}=50, 70, 10$, аналогічно до п.1.3. Синтезований сигнал побудувати на одному малюнку з заданим сигналом. При синтезі використовувати гармонічні функції та формулу:

$$S(t) = C_0 + 2 \sum_{n=1}^{\frac{N}{2}-1} C_n \cos(n \cdot \omega_n t + \psi_n) + C_{N/2} \cos(n \cdot \omega_{N/2} t + \psi_{N/2})$$

Необхідно провести порівняння отриманих результатів з результатами, отриманими в п.1.3.

1.7. Розрахувати нормовану АКФ дискретного сигналу

1.7.1 Приклад реалізації.

Для побудови нормованої АКФ дискретного сигналу, необхідно використати наступні команди:

```
>> M = 16;  
>> Wal9 = wal(9, [0.5:M]/M);  
>> ACF = xcorr(Wal, 'biased');
```

Для побудови на одній координатній сітці декількох графіків, необхідно прописати команду `hold on`.

АКФ будується за допомогою функції `stem()`. АКФ дискретного та неперервного сигналу в приведеному масштабі, зображено на рис.1.8.

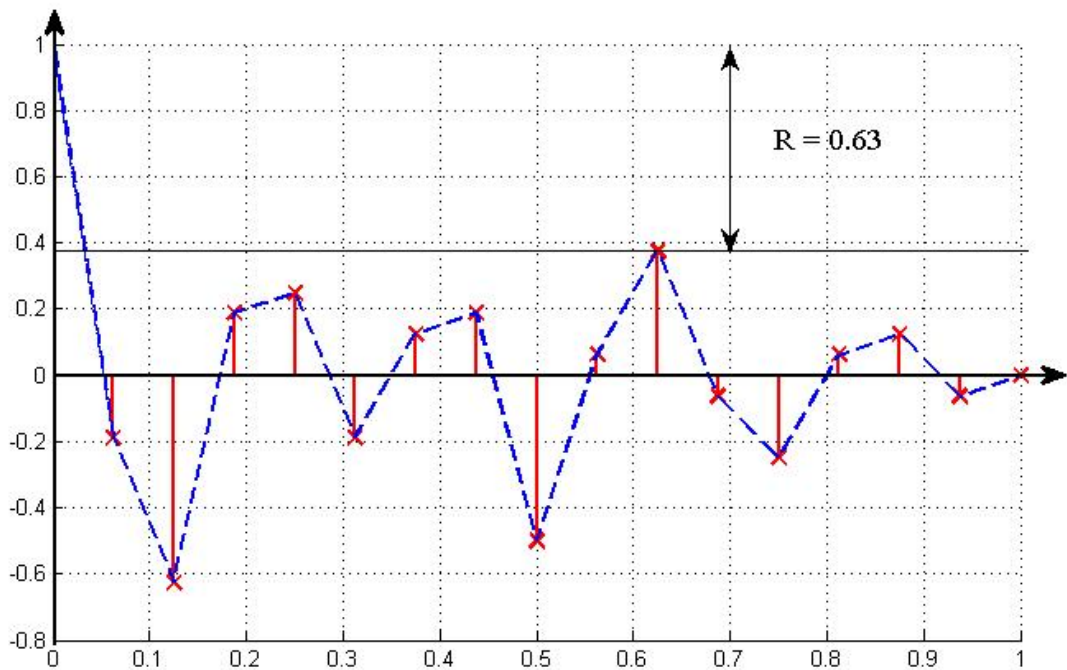


Рисунок 1.8. АКФ дискретного та неперервного сигналів в приведеному масштабі.

1.7.2 Вимоги до змісту підрозділу.

При виконанні даного пункту необхідно:

- На одному малюнку зобразити АКФ;
- Необхідно пам'ятати, що заданий сигнал (функція Уолша) формувалась за допомогою функцій Радемахера, що має вигляд: $rad(n,t) = \text{sign}(\sin(2^n \pi t))$. А функція $\text{sign}(0) = 0$;
- Пам'ятати те, що АКФ симетрична;
- Масштаби дискретного та неперервного сигналів не співпадають.

1.8. Розрахунок АКФ білого шуму

1.8.1 Приклад реалізації.

Побудова білого шуму здійснюється за допомогою наступних команд в середовищі Matlab. В результаті виконання цих команд буде побудовано осцилограму білого шуму (рис.1.9).

```
>> Noise = normrnd(0,1,[1 1e4]);  
>> t = 0:1e-4:1-1e-4;  
>> plot(t,Noise)
```

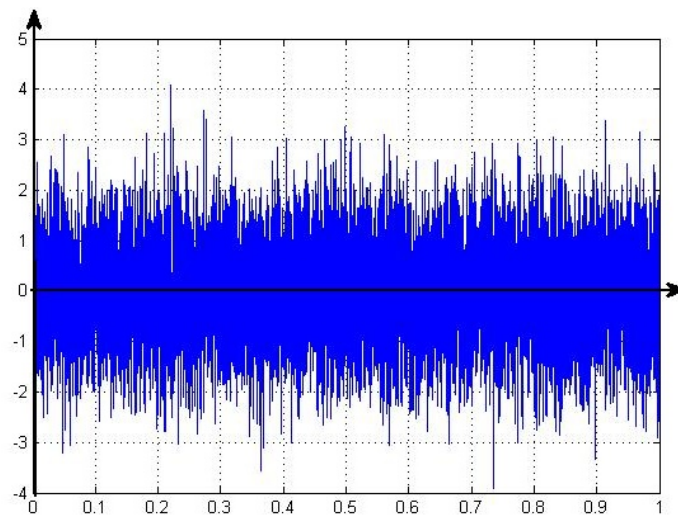


Рисунок 1.9. Білий шум.

АКФ білого шуму будується аналогічно до п.1.4.

```
>> tau=-(1-1e-4):1e-4:1-1e-4;  
>> plot(tau,xcorr(Noise,'coeff'));
```

Результат виконання таких команд зображено на рис.1.10.

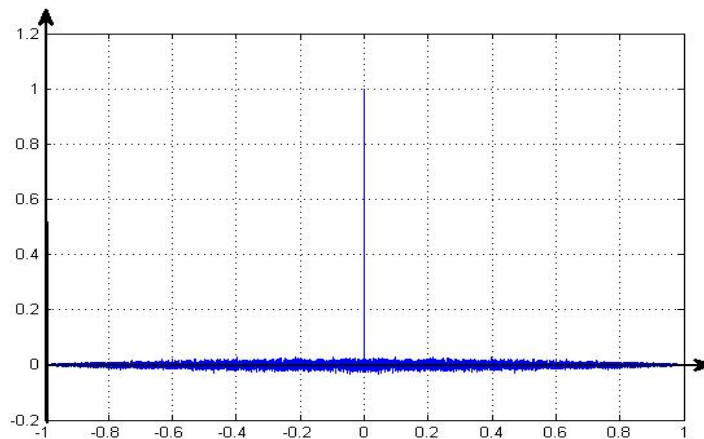


Рисунок 1.10. АКФ білого шуму.

1.9. Складний сигнал

1.9.1 Приклад реалізації.

Побудова складного сигналу здійснюється наступним чином. Спочатку задається породжуючи послідовність:

```
>> PS =[1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0];
```

Ставимо у відповідність код з «1» та «0» код з «1» та «-1»:

```
>> PS = PS*2-1;
```

Задається базовий сигнал аналогічно до п.1.7:

```
>> k = 0.5/32 : 1/32: 1;  
>> Wall6 = wal(16,k);
```

Нова послідовність є добутком базового та породжуючого сигналів:

```
>> New_Signal = PS.*Wall6;
```

АКФ складного та заданого сигналів (рис.1.11) отримується за допомогою команд:

```
>> n = -31:31;  
>> plot(n,[xcorr(Wall6,'coeff');xcorr(New_Signal,'coeff')]);
```

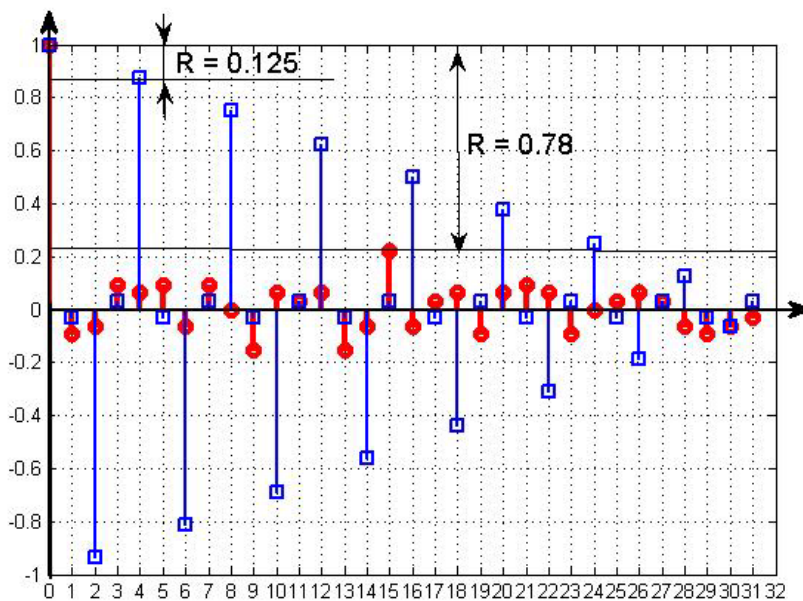


Рисунок 1.11. АКФ складного та заданого сигналів.

1.9.2 Вимоги до змісту підрозділу.

В підрозділі необхідно привести математичну модель для отримання складного сигналу. У явному вигляді провести формування складного сигналу.

При розрахунку АКФ, обрати вид сигналу (дискретний чи неперервний). Зобразити на одному малюнку АКФ заданого та складного сигналів.

Необхідно провести кількісну оцінку, та оцінку зміни показника розпізнання.

1.10. Розрахувати ВКФ дискретного сигналу

1.10.1 Приклад реалізації.

ВКФ двох сигналів розраховується за допомогою команд:

```
>> k = 0.5/32 : 1/32: 1;  
>> n = -31:31;  
>> Wal16 = wal(16,k);  
>> Wal9 = wal(9,k);  
>> plot(n,xcorr(Wal16,Wal9));
```

Результатом їх виконання є графік на рис.1.12.

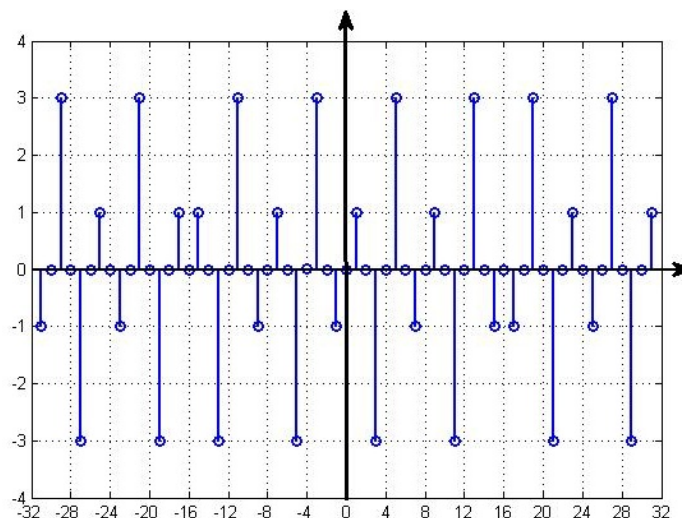


Рисунок 1.12. ВКФ функцій Уолша wal(9,t) та wal(16,t).

1.12. Суміші $XN(t)$ заданого сигналу $S(t)$

1.12.1 Приклад реалізації.

A. Гармонічної завади $x_2(t) - X1(t) = S(t) + x_2(t)$,

B. Імпульсної завади $x_i(t) - X2(t) = S(t) + x_i(t)$,

C. Білого шуму $\eta(t, m, \sigma) - X3(t) = S(t) + \eta(t, m, \sigma)$,

D. Гармонічної завади + Імпульсної завади + Білого шуму – $X4(t) = S(t) + x_2(t) + x_i(t) + \eta(t, m, \sigma)$. Представити всі ці суміші на окремих графіках.

Побудова суміші сигналу та гармонічної завади

При заданій гармонічній заваді необхідно врахувати те, що було здійснено перехід до нормованого часу.

```
>> t = 0 : 1e-4 : 1;  
>> tau = 0.5;  
>> T = 16 * tau;  
>> Ts = 2 * tau;  
>> Xs = - 10 * sin((2*pi/Ts)*(t*T));  
>> X1 = Xs+wai(9,t);  
>> plot(t,[X1;wai(9,t)])
```

Суміш сигналу та синусоїдальної завади наведена на рис.1.13.

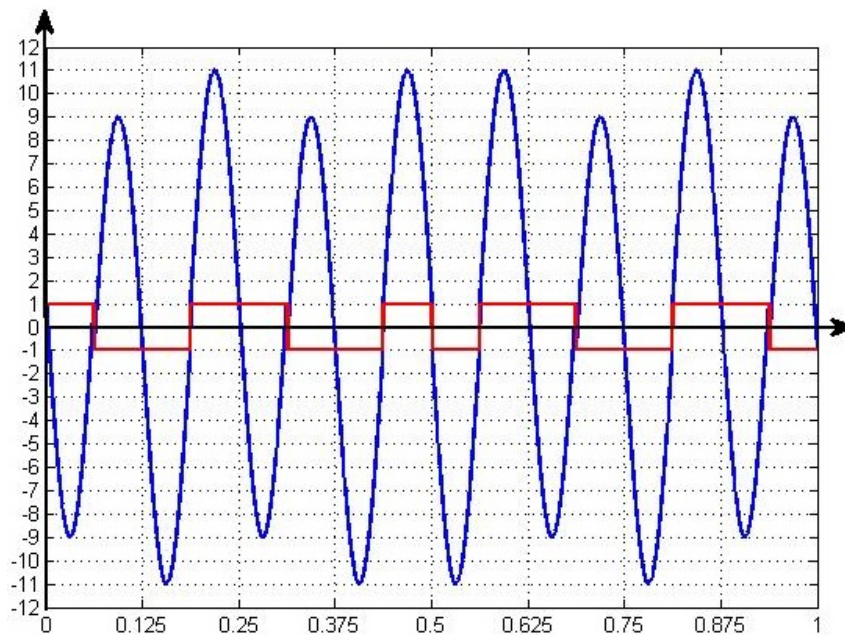


Рисунок 1.13. Суміш синусоїдальної завади та $wai(9,t)$.

Побудова суміші сигналу та імпульсної завади

При заданій імпульсній заваді необхідно врахувати те, що було здійснено перехід до нормованого часу. Для побудови динамічної моделі заданої імпульсної завади необхідно створити відповідний m -файл.

Функція Хаара задається за допомогою:

```
function H = har( r,m,x )  
N = length(x);  
H = zeros(1,N);  
if r == 0 && m == 0  
    H = ones(1,N);  
else  
    for i=1:N  
        if ((m-1)/(2^r)<=x(i) && x(i)<(m-1/2)/(2^r))  
            H(i) = 2^(r/2);  
        end  
    end
```

```

if (m-1/2)/(2^r)<=x(i) && x(i)<(m)/(2^r)
    H(i) = -2^(r/2);
end
end
end
end

```

Прямокутний імпульс будується за допомогою:

```

function P = pulse( t, tau, delay )
% будує прямокутний імпульс тривалістю - tau та з затримкою - delay
N = length(t);
P = zeros(1,N);
for i=1:N
    if (delay<=t(i) && t(i)<delay+tau)
        P(i) = 1;
    end
end
end

```

Такий m-файл задає функцію рис.1.14.

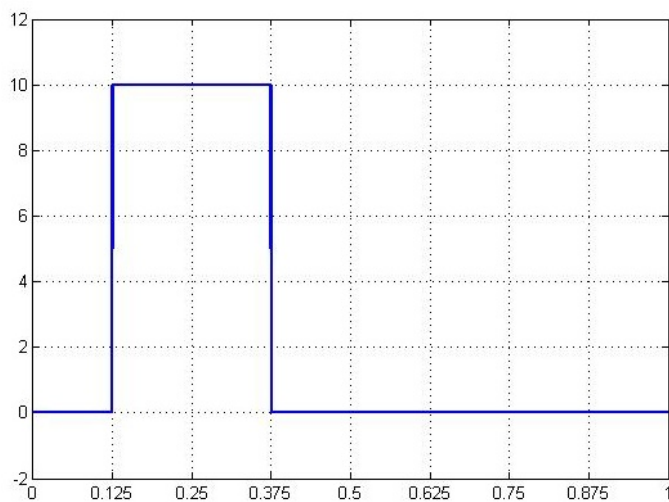


Рисунок 1.14. Імпульсна завада.

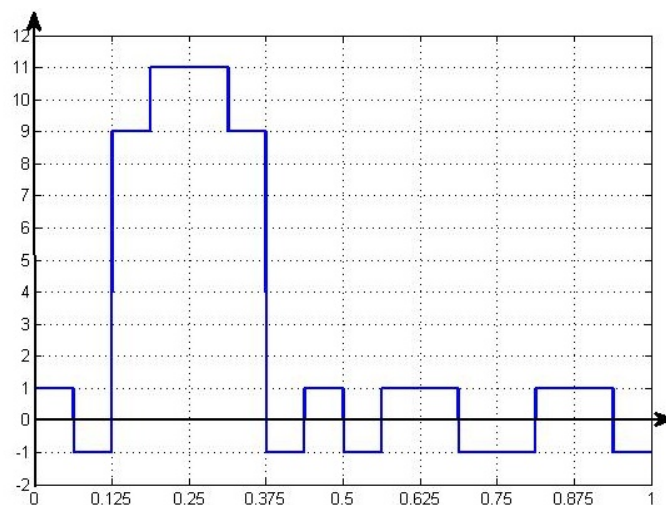


Рисунок 1.15. Суміш імпульсної завади та заданого сигналу.

Побудова суміші сигналу та білого шуму

Адитивну суміш заданого сигналу та білого шуму можливо змоделювати за допомогою наступних команд:

```
>> Noise = normrnd(0,0.75,[1 1e4+1]);  
>> X3 = Noise+wai(9,t);  
>>plot(t,[X3;wai(9,t)]);
```

В результаті виконання таких команд будуть побудовані графіки рис.1.16.

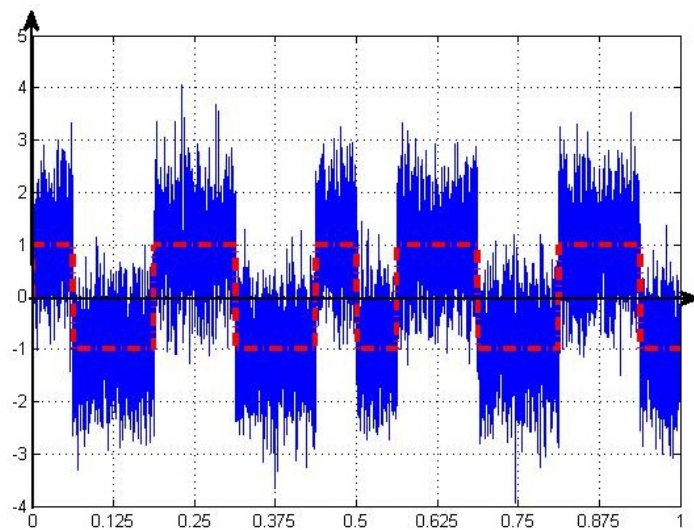


Рисунок 1.16. Суміш сигналу та білого шуму.

Побудова суміші сигналу та гармонічної завади + імпульсної завади + білого шуму

Для побудови такої суміші необхідно використати раніше введені функції та задати в командному вікні наступні команди:

```
>> X4 = wai(9,t) + Xs +Xi(t) +Noise;  
>> plot(t,[X4;wai(9,t)]);
```

Результатом буде побудований графік суміші сигналу, білого шуму, імпульсної та гармонічної завад (рис.1.17).

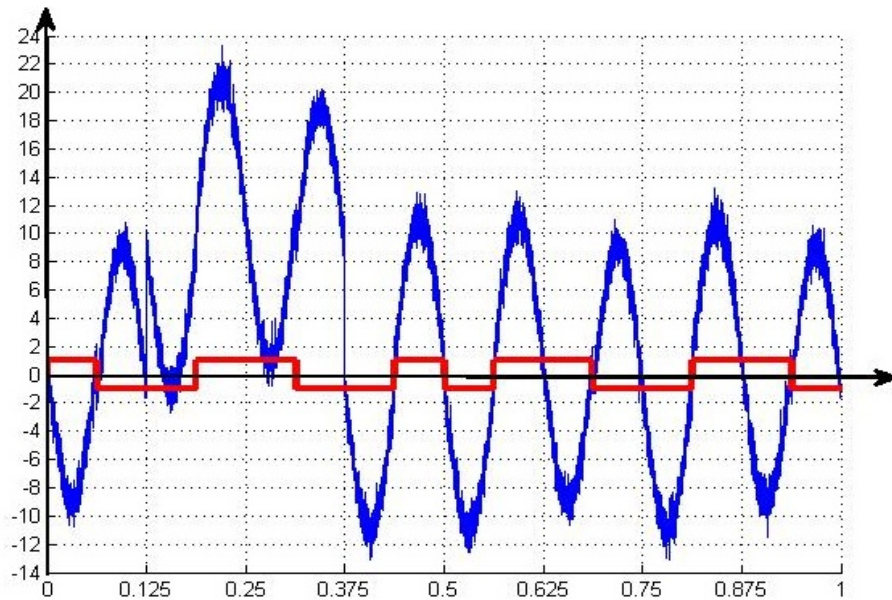


Рисунок 1.17. Графік суміші заданого сигналу, білого шуму, імпульсної та гармонічної завад.

1.12.3 Вимоги до змісту підрозділу.

- При оформленні роботи необхідно привести у явному вигляді вирази, за якими формуються сигнали та відповідні завади. Необхідно пам'ятати, що в більшій частині роботи виконано перехід до нормованого часу;
- Побудови графіків виконати для нормованого часу;
- В підрозділі необхідно обґрунтувати вибір функції для моделювання білого шуму.

ЧАСТИНА 2

2.1. Побудова спектру сигналу $XI(t)$, використовуючи гармонічний базис, та визначення спектральної лінії гармонічної завади

2.1.1 Приклад реалізації.

Побудова спектру сигналу $XI(t)$ виконується аналогічно до п.1.2.2.

В результаті побудови буде отримано рис.2.1:

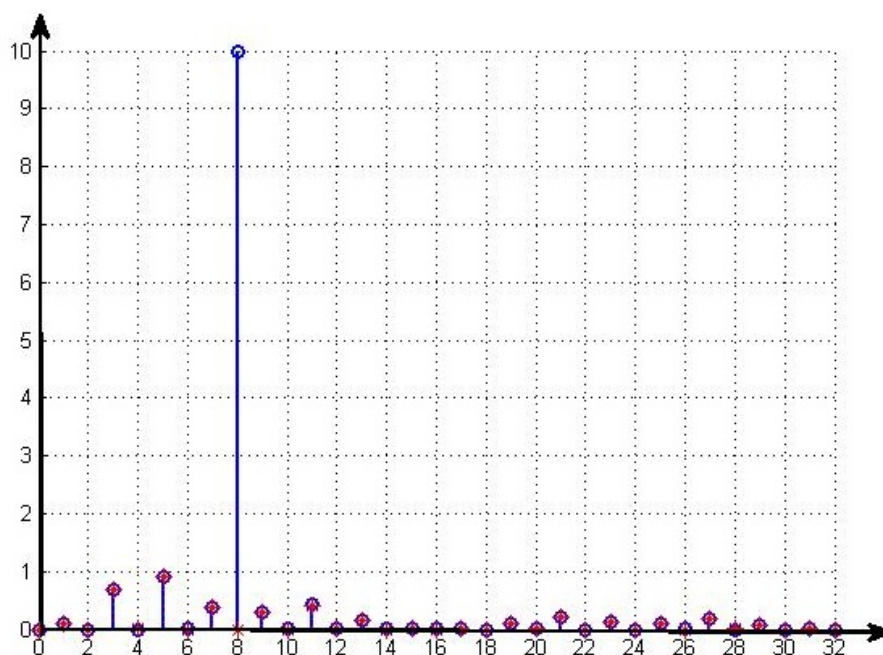


Рисунок 2.1. Спектри сигналів $XI(t)$ та $S(t)$.

2.1.2 Вимоги до змісту підрозділів.

При побудові спектру сигналу $XI(t)$, необхідно привести математичну модель сигналу у явному вигляді.

При визначення спектральної лінії, що відповідає гармонічній заваді, необхідно провести аналіз:

- Чи співпадає частота завади з однією з частот гармонік спектру заданого сигналу;
- Чи співпадає частота завади з секвентністю заданого сигналу.

2.2. Видалення гармонічної завади в $X1(t)$

2.2.1 Приклад реалізації.

Для правильного видалення гармонічної завади, необхідно правильно провести аналіз її спектральної лінії.

При умові випадку з рис.2.1, де частота гармонічної завади не відповідає частотам спектральних ліній, що входять до складу сигналу, видалення завади зводиться до її занулення.

```
S = wal(9,t);  
Spektr_X1 = FT(X1,50);  
Spektr_X1(9) = 0;  
X1a = sintez(Spektr_X1,50,t,S);
```

Необхідно пам'ятати, що нумерація масиву в середовищі Matlab починається з «1».

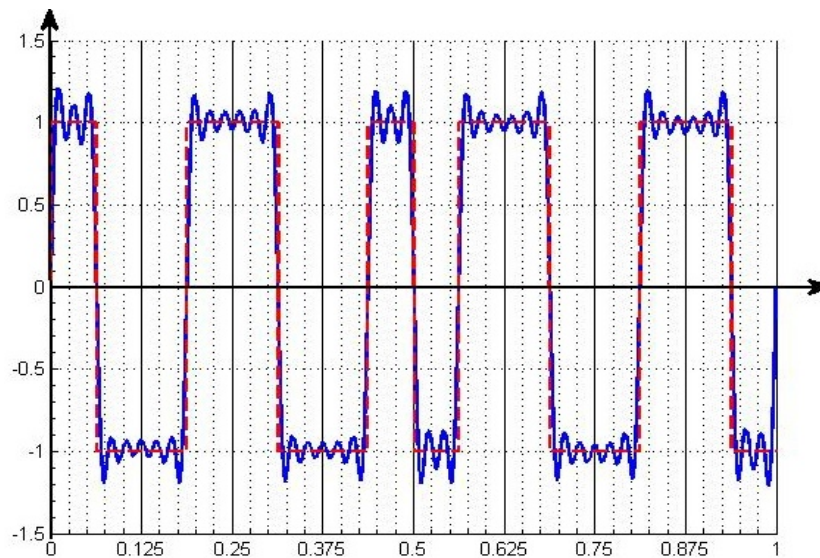


Рисунок 2.2. Синтезований сигнал.

2.2.2 Вимоги до змісту підрозділу.

В підрозділі необхідно обґрунтувати оптимальність вибору алгоритму. При виборі алгоритму необхідно пам'ятати, що при видаленні сигналу необхідно підібрати не лише амплітуду завади, але й фазу. Невелика розбіжність в фазі приведе до того, що гармонічна завада не буде повністю видалена.

2.3. Видалення гармонічної завади в $X4(t)$

2.3.1 Приклад реалізації.

Для видалення гармонічної завади необхідно розкласти сигнал в спектр. Побудова спектру аналогічна до п.1.5.2.

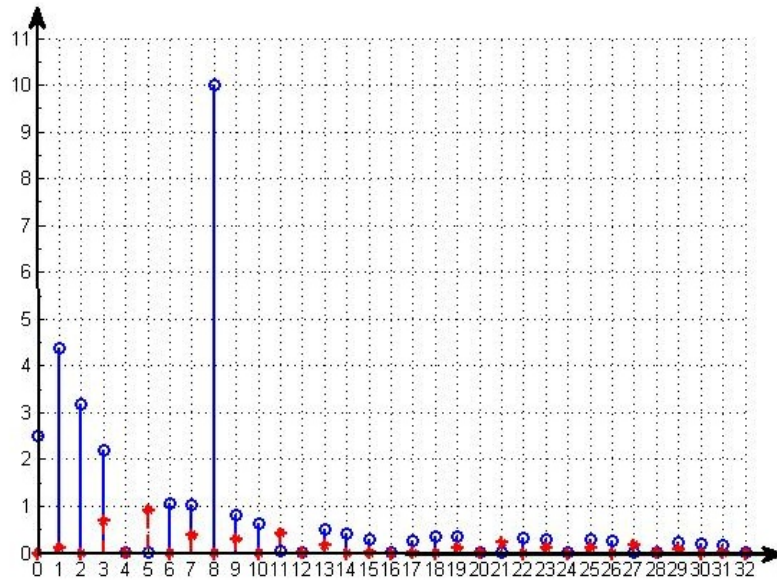


Рисунок 2.3. Спектри сигналів $X4(t)$ та $S(t)$.

Видалення гармонічної завади аналогічне до п.2.1 - 2.2.



Рисунок 2.4. Синтезований сигнал $X4a(t)$ та $X2(t)$.

2.3.2 Вимоги до змісту підрозділів:

- Розрахунок спектру сигналу доцільно проводити за допомогою ДПФ. В підрозділі необхідно привести формули для розрахунку спектру;
- Необхідно провести порівняння спектрів сигналів $X4(t)$ та $S(t)$;
- Визначити за теоремою про лінійність складові гармонічної та імпульсної завади. Провести аналіз аналогічний до п.2.1.3;
- Необхідно привести формулу, по якій здійснюється синтез сигналу;
- Якщо в синтезованому сигналі великі осциляції – алгоритм видалення завади не оптимальний.

2.4. Видалення імпульсної завади з сигналу $X2(t)$

2.4.1 Приклад реалізації.

Розрахунок спектру сигналу в базисі прямокутних функцій

Якщо завада біполярна, доцільно використовувати функції Хаара, а якщо уніполярна – функції $blo(n, \theta)$.

Для побудови функцій $blo(n, \theta)$ необхідно створити m-файл:

```
function X = blo( n , t ,M )
N = length(t);
for k = 1:N;
X(k) =0;
if ((t(k)>n/M)&(t(k)<(n+1)/M))
X(k) = 1;
end
end
end
```

Для побудови спектру в базисі функцій $blo(n, \theta)$ необхідно:

```
for index = [1:16] Blo(index,t) = blo(index-1,t,16); end
Blo16 = Blo';
Sp_blo_X2 = [ (Blo16*X2')/length(t)*16]';
plot([0:15],[Sblo_X4b ; Sp_blo_X4a]);
```

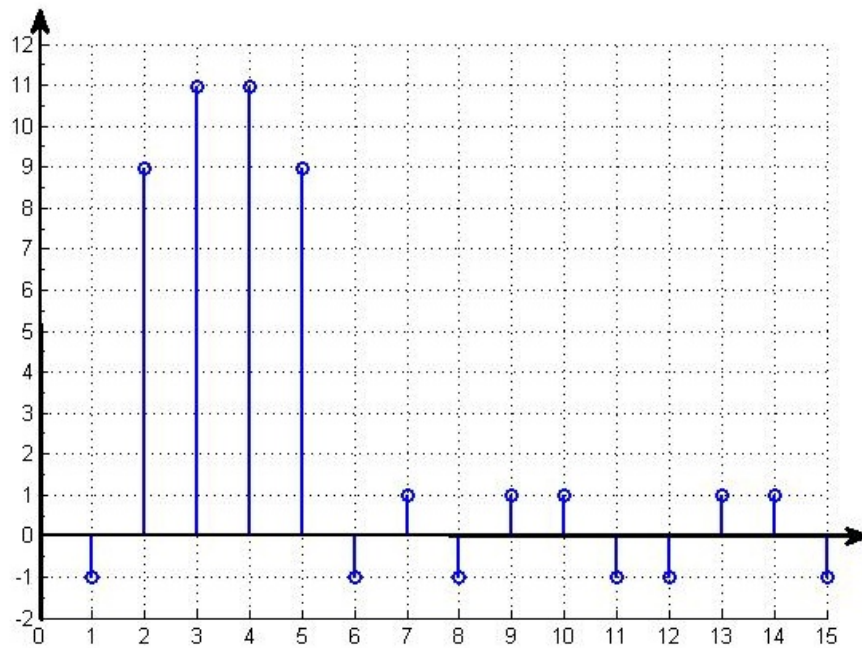



Рисунок 2.5. Спектр сигналу $X_2(t)$.

Визначення спектральних ліній, що відповідають імпульсній заваді

При використанні нормованих функцій $blo(n, \theta)$ спектральні компоненти функції Уолша по модулю повинні бути рівними «1». Відповідно до цього, гармоніки з 2-ї по 5-ту відповідають імпульсній заваді.

Видалення гармонічної завади

Для видалення завади необхідно створити m-файл:

```
function new_Sblo = dblofilter( Sblo , X )
new_Sblo =0;
N = length(Sblo);
for k = 1:N
if (Sblo(k) <= -X) new_Sblo(k) = -1;
else if (Sblo(k) >= X) new_Sblo(k) = 1;
else new_Sblo(k) = 0;
end
end
end
```

В командному вікні задати наступні команди для видалення завади:

```
Sblo_X2 = dblofilter(Sp_blo_X2,0.8);
plot([0:15],[Sblo_X2a ; Sp_blo_X2]);
```

В результаті виконання команд будуть побудовані спекти сигналів $X_2(t)$ та відфільтрованого $X_{2a}(t)$ (рис.2.6).

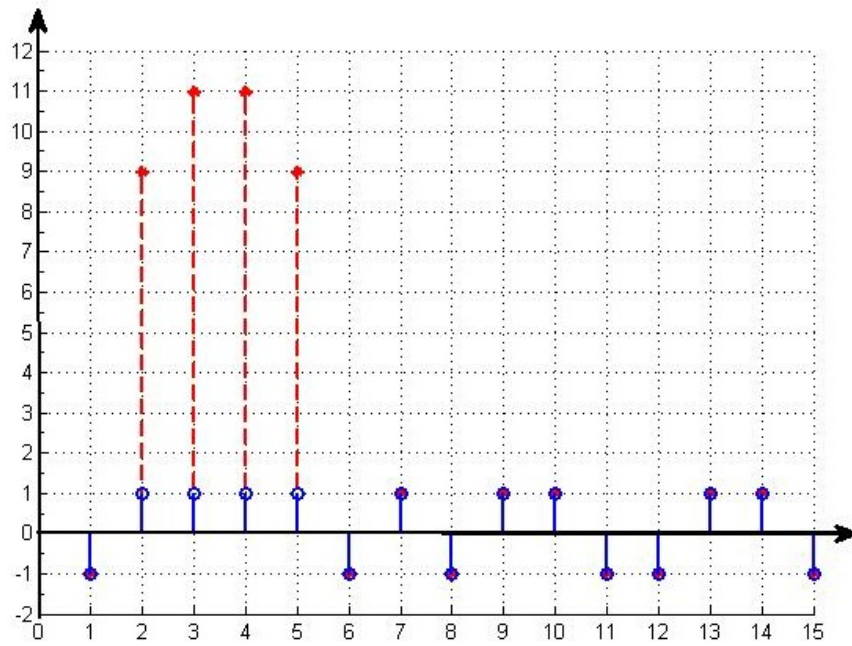


Рисунок 2.6. Спекти сигналів $X_2(t)$ та відфільтрованого $X_{2a}(t)$.

Для синтезу сигналу необхідно задати команди:

```
x2a = Sblo_X2a*Blo';
plot(t,[x2a;wal(9,t)]);
```

В результаті виконання команд буде побудовано сигнали $X_{2a}(t)$ та $S(t)$ (рис.2.7).

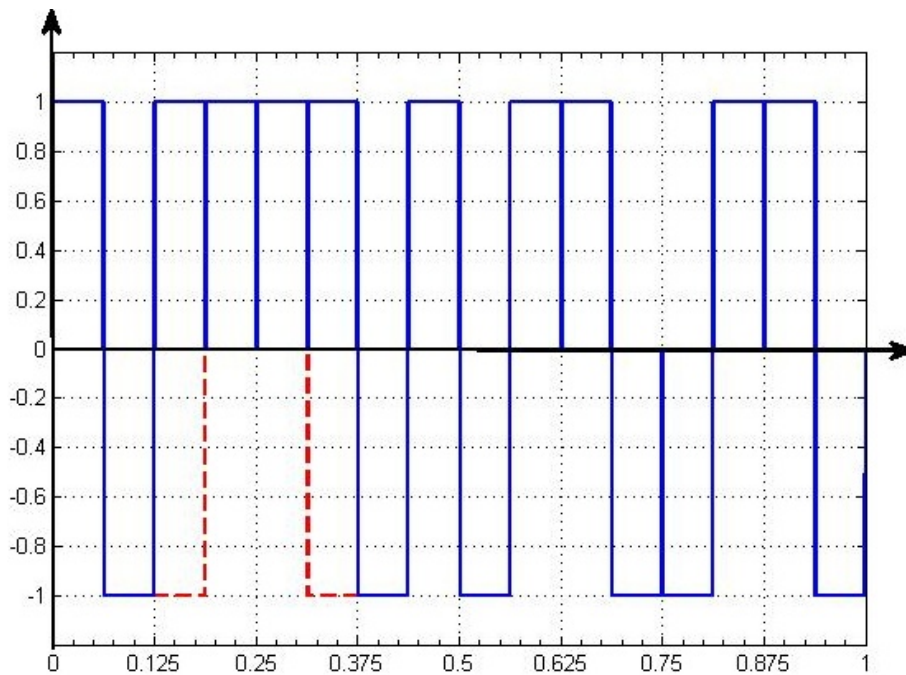


Рисунок 2.7. Сигнали $X_{2a}(t)$ та $S(t)$.

2.4.2 Вимоги до змісту підрозділів.

При виконанні цих підрозділів необхідно:

- Записати математичний вираз для сигналу $X2a(t)$;
- Обґрунтувати вибір базисних функцій;
- Записати математичний вираз для обраних базисних функцій;
- Привести формули для розрахунку спектру, і усі дані розрахунків;
- Відмітити амплітуди ФУ.

Для створення алгоритму видалення, необхідно використовувати дані структури заданого сигналу. Необхідно обґрунтувати вибраний алгоритм.

Необхідно привести алгоритм подавлення імпульсної завади.

2.5. Видалення імпульсної завади з сигналу $X4a(t)$

Видалення імпульсної завади з сигналу $X4a(t)$ проводиться аналогічно до п.2.4. При розкладі у спектр прямокутних функцій отримано рис.2.8.

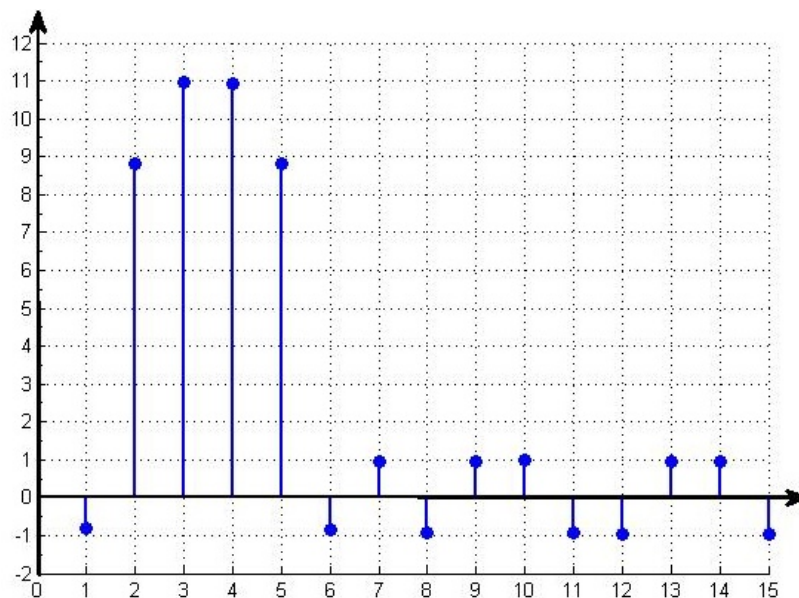


Рисунок 2.8. Спектр сигналу $X4a(t)$.

Сигнал після подавлення імпульсної завади зображений на рис.2.9.

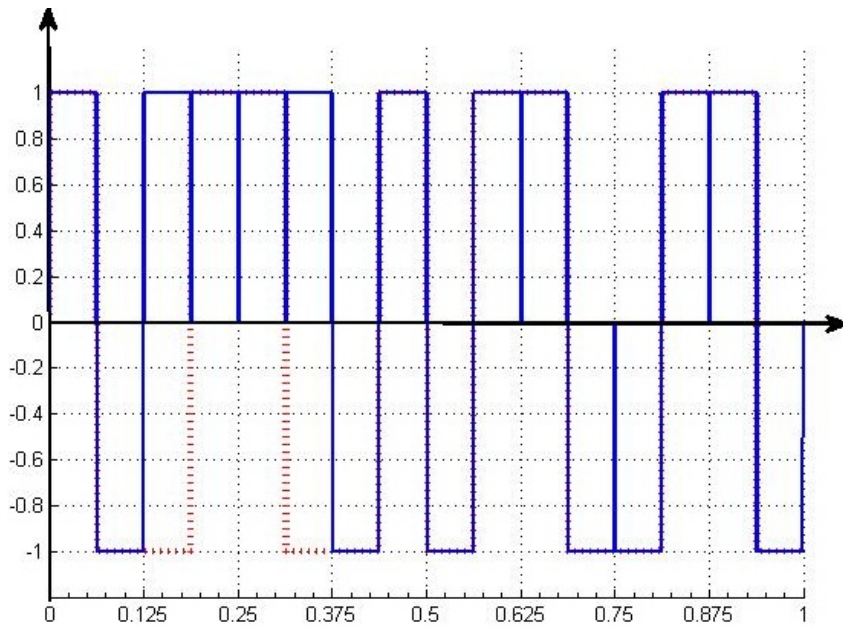


Рисунок 2.9. Сигнали $X4v(t)$ та $S(t)$.

В підрозділі необхідно виконати усі вимоги, що наведені в п.2.4.2.

2.6. Визначення заданого сигналу

Для розкладу заданого сигналу $S(t)$ у спектр у базисі ФУ необхідно задати наступні команди:

```
for index = [1:16] W(index,:)= wal(index,t); end
S = wal(9,t); % заданий сигнал;
Sw=W*S'/length(t);
```

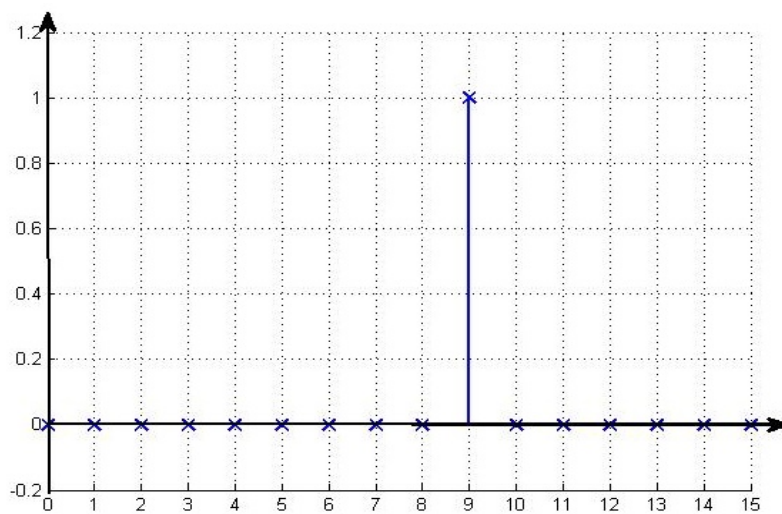


Рисунок 2.10. Спектр заданого сигналу у базисі функцій Уолша.

Аналогічно проводиться розклад сигналу $X4e(t)$ у спектр ФУ:

```
Sw1=W*X4b'/length(t);  
stem([0:15],Sw);
```

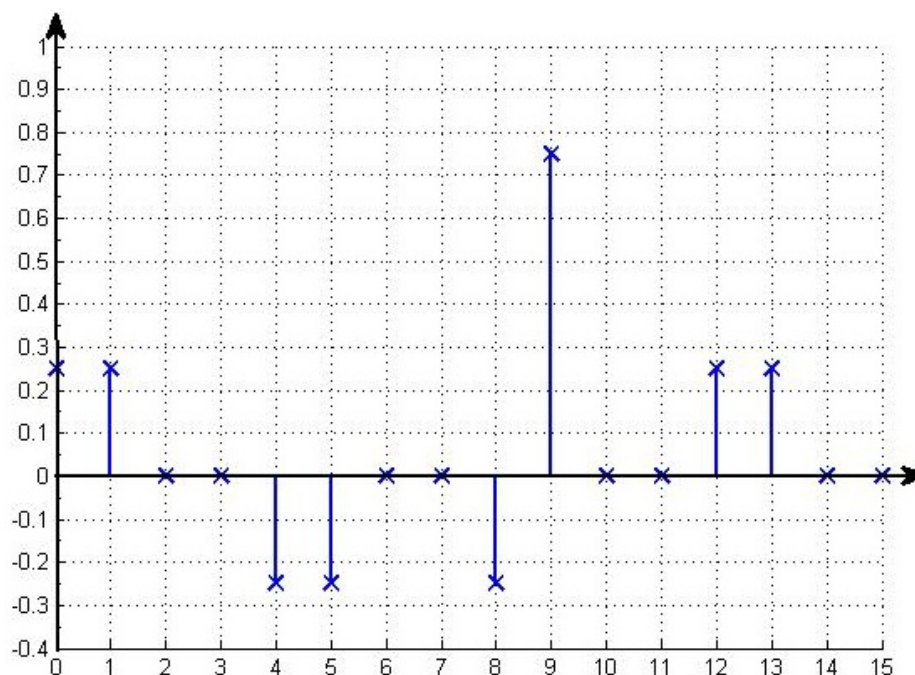


Рисунок 2.11. Спектр сигналу $X4e(t)$ у базисі ФУ.

При оформленні роботи необхідно привести та обґрунтувати формули для розрахунку спектру сигналу у базисі ФУ. У роботі необхідно оцінити ймовірність правильного розпізнавання сигналу. З'ясувати випадок, у якому можливе хибне спрацювання.

2.7. Кореляційний аналіз сигналу $X4(t)$

Побудова кореляційних функцій в Matlab виконується за допомогою команди:

```
C = XCORR(A,B, 'biased')
```

Для побудови ВКФ сигналів $X4(t)$ та $S(t)$ необхідно задати команди:

```
>> tau = -1:1e-4:1;  
>> plot(tau,xcorr(X4,S,'biased'))
```

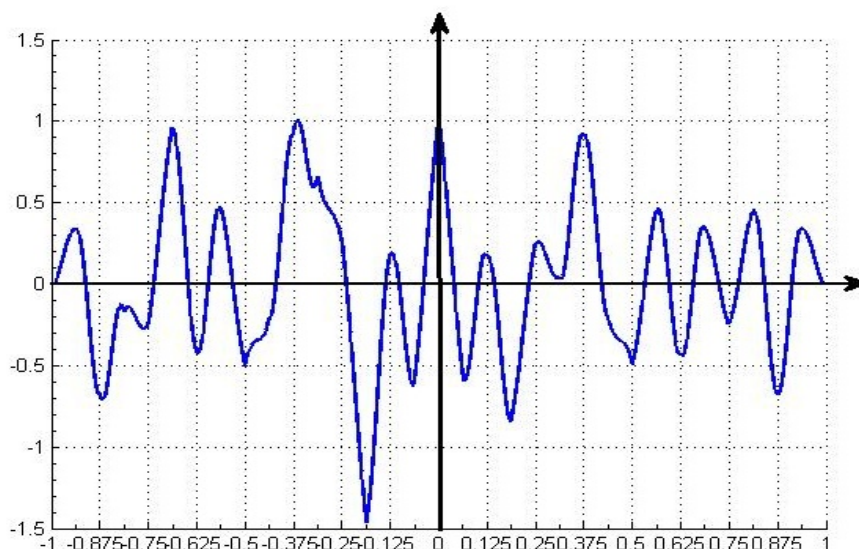


Рисунок 2.12. ВКФ сигналів $X4(t)$ та $S(t)$.

Для побудови АКФ необхідно задати лише одну функцію в XCORR:

```
>> plot(tau,xcorr(X4,'coeff'))
```

При такій побудові максимум функції буде нормовано на одиницю (рис.2.13).

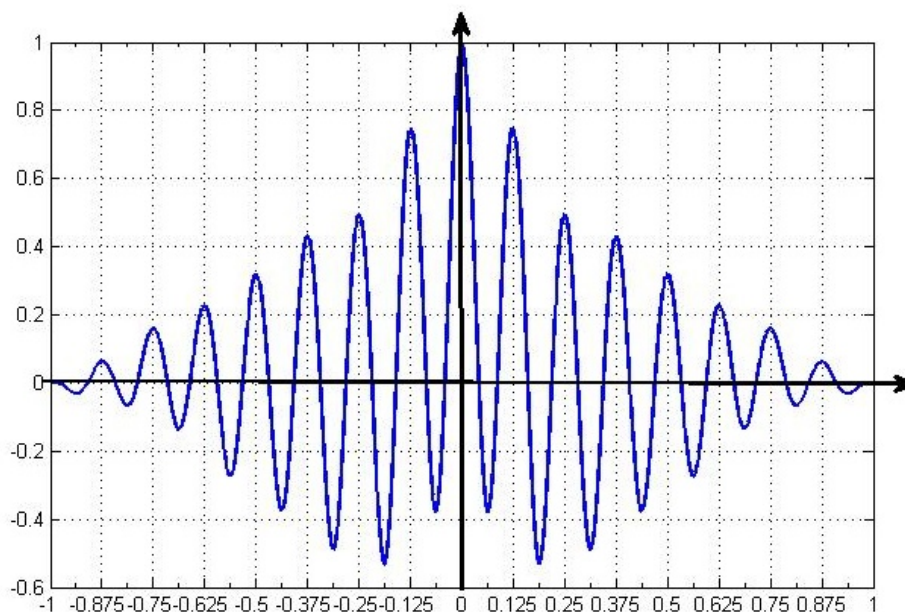


Рисунок 2.13. АКФ сигналу $X4(t)$.

При виконанні цих підрозділів, необхідно привести формули для розрахунку кореляційних функцій. Провести аналіз отриманих результатів (наскільки змінилися дані в характерних точках).

Необхідно привести математичні моделі сигналів, їх АКФ та суми АКФ.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Урядников Ю.Ф., Аджемов С.С. – Сверхширокополосная связь. Теория и применение. М.: СЛОН_ПРЕСС, 2005. – 368 с. – (Серия «Библиотека студента»).
2. Ипатов В. – Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения М.: Техносфера, 2007. – 488 с.
3. Васин В.А. и др. – Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 672.с
4. Бабак В.П., Белецкий А.Я., Гуржий А.Н. – Сигналы и спектры. Уч. пособие. Киев. НАУ. 2005. – 518 с.
5. Гепко И.А. – Комплементарные и спектрально – эффективные коды в радиотехнологиях четвертого поколения. – К.: «Звязок», 2008. – 224 с.
6. Складар Б. – Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2. испр. Пер с англ.. – М.: Изд. Дом. «Вильямс», 2004. – 1104 с.
7. Вишневецкий В.М. и др. – Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
8. Дьяконов В.П. – MATLAB 6.5 SP1/7+Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. – М.: СОЛОН – Пресс, 2005. – 576 с. (Серия «Библиотека профессионала»).