

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

КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕОА

Звіт
з лабораторної роботи №5
по курсу
«Цифрове оброблення сигналів»
на тему
«Згортка сигналів. Властивості згортки»

Лабораторна робота №5

Тема. Згортка сигналів. Властивості згортки.

Мета: навчитися обробляти сигнали, використовуючи операцію згортки.

Хід роботи

Взаємодія лінійної системи зі входним сигналом описується за допомогою математичної операції згортки:

$$X[n] * h[n] = y[n], \text{ де}$$

$X[n]$ - входний сигнал, $h[n]$ – імпульсна характеристика лінійної системи, $y[n]$ – вихідний сигнал. Властивості лінійної системи повністю визначаються її імпульсною характеристикою.

Перевірка будь-якої системи здійснюється шляхом подачі на неї тестового сигналу з подальшим аналізом реакції на цей сигнал.

Завдання

1. У середовищі MATLAB створіть тестовий сигнал, що містить низькочастотну (повільно змінюється трикутний імпульс) і високочастотну (синусоїдальний сигнал) складові. Тестовий сигнал складається з 81 відліку. Приклад програми, що формує такий сигнал, представлений нижче:

(task1.m)

```
a = zeros(1, 81);  
c = zeros(1, 81);  
for i = 10 : 70  
    a(i) = a(i - 1) + 0.05;  
end  
t = 0 : pi / 10 : 6 * pi;  
b = cos(t);  
for i = 10 : 70  
    c(i) = a(i) - b(i - 9);  
end  
plot(c);  
grid on
```

Результат роботи – на рисунку 1.

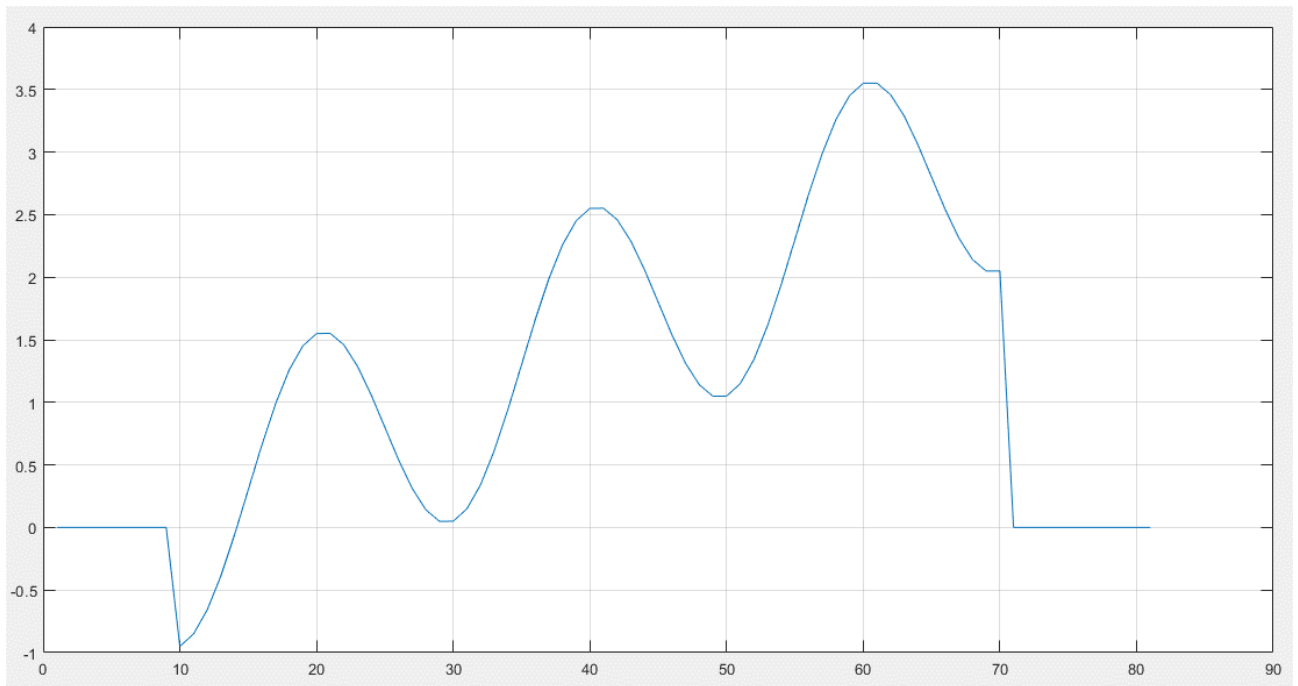


Рисунок 1. Тестовий сигнал.

2. Створіть М-файл, що описує роботу згорткової машини. Перевірте її роботу з тестовим сигналом, використовуючи такі імпульсні характеристики (побудуйте графіки імпульсної характеристики і вихідного сигналу):

$h1 = [0 \ 0.0055 \ 0.0109 \ 0.0162 \ 0.0214 \ 0.0262 \ 0.0309 \ 0.0351 \ 0.0390$
 $0.0425 \ 0.0455 \ 0.0480 \ 0.0499 \ 0.0514 \ 0.0522 \ 0.0525 \ 0.0522 \ 0.0514$
 $0.0499 \ 0.0480 \ 0.0455 \ 0.0425 \ 0.0390 \ 0.0351 \ 0.0309 \ 0.0262 \ 0.0214$
 $0.0162 \ 0.0109 \ 0.0055 \ 0.0000];$

$h2 = [0 \ -0.0055 \ -0.0109 \ -0.0162 \ -0.0214 \ -0.0262 \ -0.0309 \ -0.0351$
 $0.0390 \ -0.0425 \ -0.0455 \ -0.0480 \ -0.0499 \ -0.0514 \ -0.0522 \ 0.9475$
 $0.0522 \ -0.0514 \ -0.0499 \ -0.0480 \ -0.0455 \ -0.0425 \ -0.0390 \ -0.0351$
 $0.0309 \ -0.0262 \ -0.0214 \ -0.0162 \ -0.0109 \ -0.0055 \ -0.0000];$

$h3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -0.5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$
 $0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0];$

$h4 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0$
 $0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0];$

Який тип пристрою описує кожна імпульсна характеристика?
 Порівняйте результат роботи згорткової машини з вбудованою функцією conv.

(task2.m)

```
t = 0 : 1 / (5 * pi) : 4;
x = sin(2 * pi * t);
h1 = [0 0.0055 0.0109 0.0162 0.0214 0.0262 0.0309 0.0351 0.0390 0.0425...
      0.0455 0.0480 0.0499 0.0514 0.0522 0.0525 0.0522 0.0514 0.0499...
      0.0480 0.0455 0.0425 0.0390 0.0351 0.0309 0.0262 0.0214 0.0162...
      0.0109 0.0055 0.0000];
h2 = [0 -0.0055 -0.0109 -0.0162 -0.0214 -0.0262 -0.0309 -0.0351 -0.0390...
      -0.0425 -0.0455 -0.0480 -0.0499 -0.0514 -0.0522 0.9475 -0.0522...
      -0.0514 -0.0499 -0.0480 -0.0455 -0.0425 -0.0390 -0.0351 -0.0309...
      -0.0262 -0.0214 -0.0162 -0.0109 -0.0055 -0.0000];
h3 = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 -0.5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
h4 = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
N = size(x, 2);

%Signal h1
M1 = size(h1, 2);
y1 = zeros(1, N + M1 - 1);
for k = 1 : N + M1 - 1
    for i = max(1, k + 1 - N) : 1 : min(k, M1);
        y1(k) = y1(k) + (h1(i) * x(k - i + 1));
    end
end
subplot(4, 3, 1);
plot(x);
grid on
title('X');
subplot(4, 3, 2);
plot(h1);
grid on
title('H1');
subplot(4, 3, 3);
plot(y1);
grid on
title('Y1');

%Signal h2
M2 = size(h2, 2);
y2 = zeros(1, N + M2 - 1);
for k = 1 : N + M2 - 1
    for i = max(1, k + 1 - N) : 1 : min(k, M2);
        y2(k) = y2(k) + (h2(i) * x(k - i + 1));
    end
end
subplot(4, 3, 4);
plot(x);
grid on
title('X');
subplot(4, 3, 5);
plot(h2);
grid on
title('H2');
subplot(4, 3, 6);
plot(y2);
grid on
title('Y2');
```

```

%Signal h3
M3 = size(h3, 2);
y3 = zeros(1, N + M3 - 1);
for k = 1 : N + M3 - 1
    for i = max(1, k + 1 - N) : 1 : min(k, M3);
        y3(k) = y3(k) + (h3(i) * x(k - i + 1));
    end
end
subplot(4, 3, 7);
plot(x);
grid on
title('X');
subplot(4, 3, 8);
plot(h3);
grid on
title('H3');
subplot(4, 3, 9);
plot(y3);
grid on
title('Y3');

%Signal h4
M4 = size(h4, 2);
y4 = zeros(1, N + M4 - 1);
for k = 1 : N + M4 - 1
    for i = max(1, k + 1 - N) : 1 : min(k, M4);
        y4(k) = y4(k) + (h4(i) * x(k - i + 1));
    end
end
subplot(4, 3, 10);
plot(x);
grid on
title('X');
subplot(4, 3, 11);
plot(h4);
grid on
title('H4');
subplot(4, 3, 12);
plot(y4);
grid on
title('Y4');

```

Результат роботи програми:

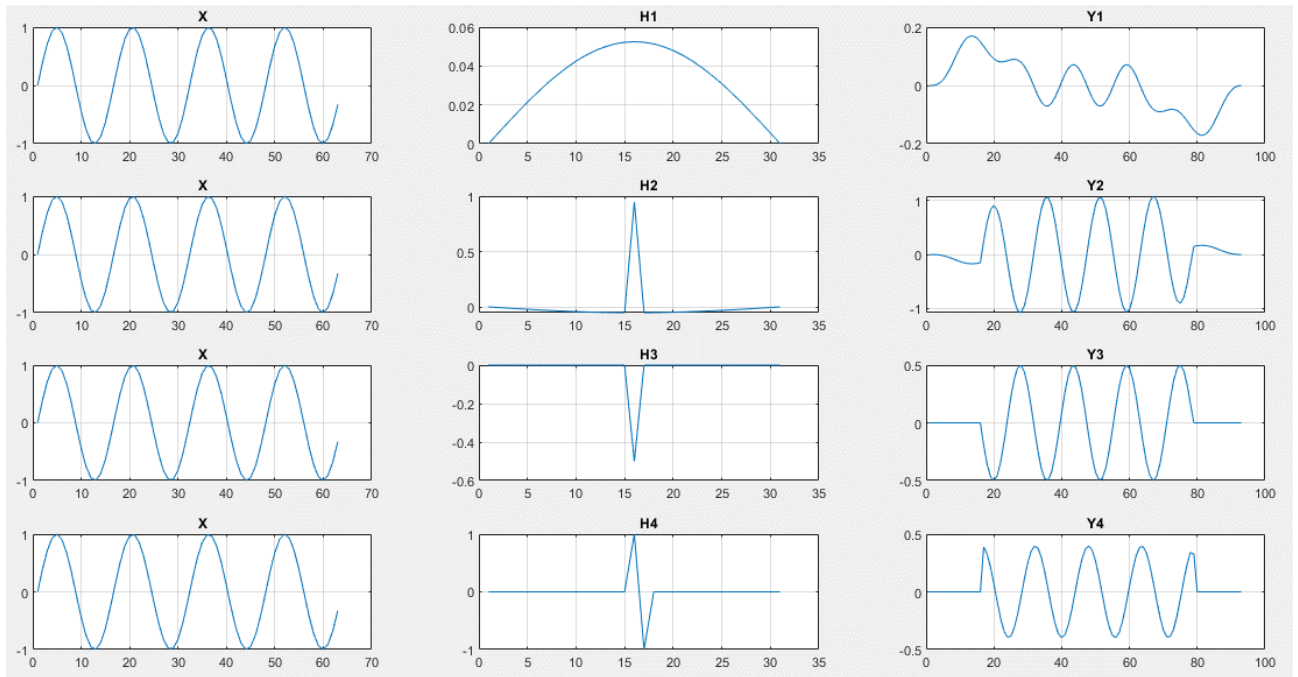


Рисунок 2

3. Створіть складний тестовий сигнал, що містить низькочастотні і високочастотні складові. Перевірте обробку сигналу лінійною системою з імпульсною характеристикою ФНЧ:

**$h1 = [0.2718 \ 0.1649 \ 0.1396 \ 0.1284 \ 0.1221 \ 0.1181 \ 0.1154 \ 0.1133$
 $0.1118 \ 0.1105 \ 0.1095 \ 0.1087 \ 0.1080 \ 0.1074 \ 0.1069 \ 0.1064 \ 0.1061$
 $0.1057 \ 0.1054 \ 0.1051 \ 0.1049];$**

$h2 = [0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0];$

**$h3 = [0.2000 \ 0.1920 \ 0.1691 \ 0.1345 \ 0.0932 \ 0.0506 \ 0.0121 \ -0.0178$
 $-0.0366 \ -0.0434 \ -0.0395 \ -0.0278 \ -0.0119 \ 0.0041 \ 0.0170 \ 0.0243 \ 0.0253$
 $0.0205 \ 0.0116 \ 0.0010 \ -0.0087].$**

(task3.m)

```
t = 0 : 1 / (2 * pi * 16) : 4 * pi;
x = sin(t) + sin(20 * t);
h1 = [0.2718 0.1649 0.1396 0.1284 0.1221 0.1181 0.1154 0.1133 0.1118...
      0.1105 0.1095 0.1087 0.1080 0.1074 0.1069 0.1064 0.1061 0.1057...
      0.1054 0.1051 0.1049];
h2 = [0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
h3 = [0.2000 0.1920 0.1691 0.1345 0.0932 0.0506 0.0121 -0.0178 -0.0366...
      -0.0434 -0.0395 -0.0278 -0.0119 0.0041 0.0170 0.0243 0.0253 0.0205...
      0.0116 0.0010 -0.0087];
N = size(x, 2);

%Signal h1
M1 = size(h1, 2);
y1 = zeros(1, N + M1 - 1);
for k = 1 : N + M1 - 1
    for i = max(1, k + 1 - N) : 1 : min(k, M1);
        y1(k) = y1(k) + (h1(i) * x(k - i + 1));
    end
end
subplot(3, 3, 1);
plot(x);
grid on
title('X');
subplot(3, 3, 2);
plot(h1);
grid on
title('H1');
subplot(3, 3, 3);
plot(y1);
grid on
title('Y1');

% Signal h2
M2 = size(h2, 2);
y2 = zeros(1, N + M2 - 1);
for k = 1 : N + M2 - 1
    for i = max(1, k + 1 - N) : 1 : min(k, M2);
        y2(k) = y2(k) + (h2(i) * x(k - i + 1));
    end
end
subplot(3, 3, 4);
plot(x);
grid on
title('X');
subplot(3, 3, 5);
plot(h2);
grid on
title('H2');
subplot(3, 3, 6);
plot(y2);
grid on
title('Y2');
```

```

% Signal h3
M3 = size(h3, 2);
y3 = zeros(1, N + M3 - 1);
for k = 1 : N + M3 - 1
    for i = max(1, k + 1 - N) : 1 : min(k, M3);
        y3(k) = y3(k) + (h3(i) * x(k - i + 1));
    end
end
subplot(3, 3, 7);
plot(x);
grid on
title('X');
subplot(3, 3, 8);
plot(h3);
grid on
title('H3');
subplot(3, 3, 9);
plot(y3);
grid on
title('Y3');

```

Результат роботи програми:

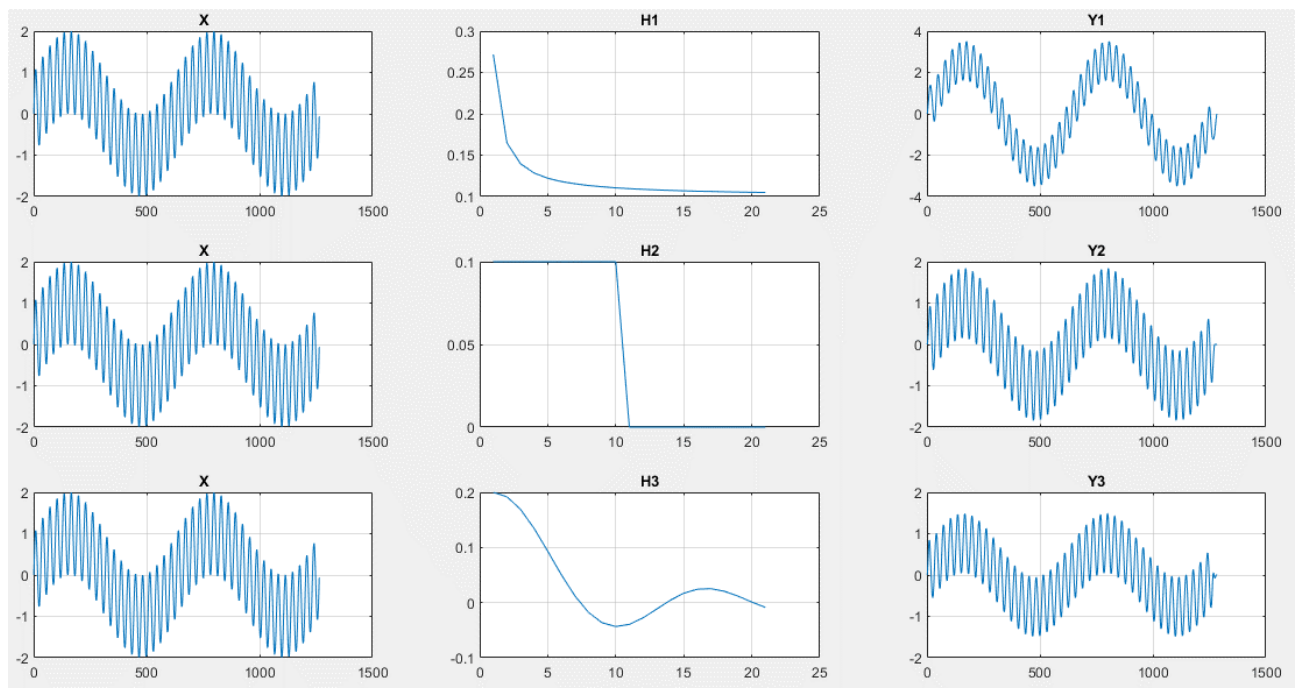


Рисунок 3

- 4. Змініть імпульсні характеристики системи таким чином, щоб вона працювала як ФВЧ. Перевірте її з тим же тестовим сигналом.**

Рядки коду, які додані до файлу (task3.m):

(task4.m)

```

h1 = d(1, M1) - h1;
h2 = d(1, M2) - h2;
h3 = d(1, M3) - h3;

```


(d.m)

```
function [y] = d(x, n)
for j = 1 : 1 : n;
    if j == x;
        y(j) = 1;
    else
        y(j) = 0;
    end
end
end
end
```

Результат роботи програми:

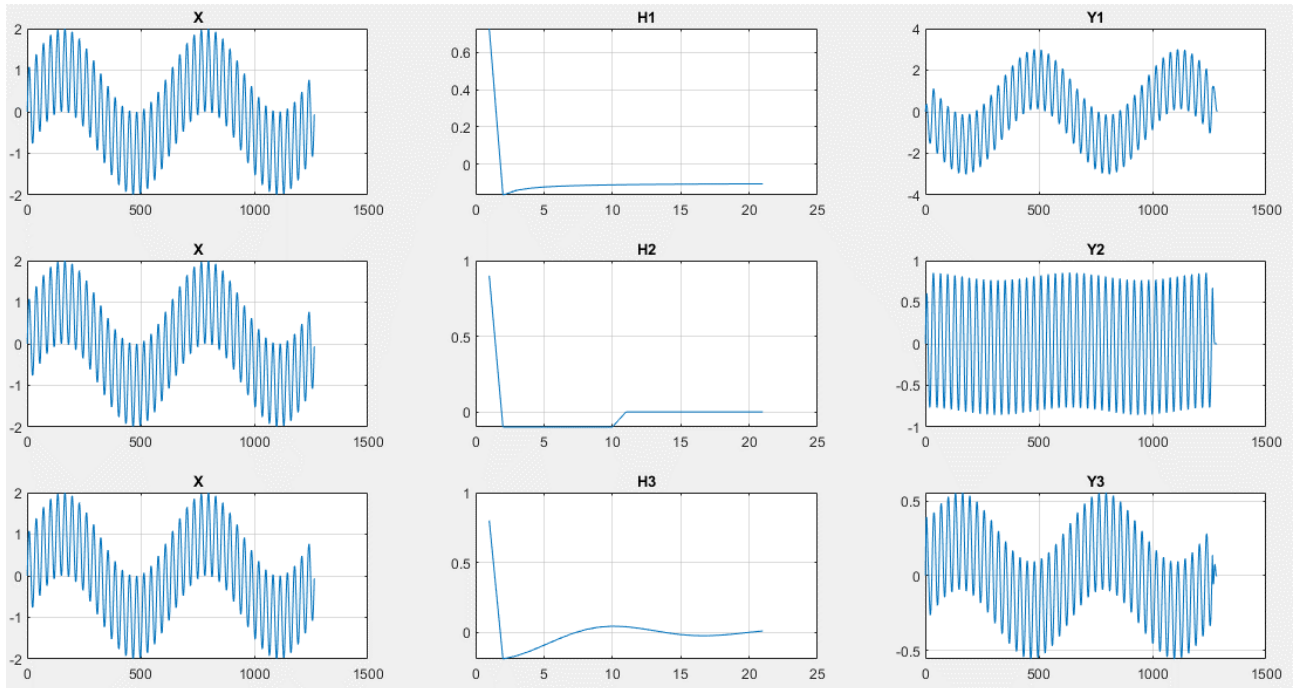


Рисунок 4

5. Доведіть експериментально властивості асоціативності і дистрибутивності згортки (на прикладі трьох довільних сигналів).

(task5.m)

```
t = 0 : pi / 32 : 10 * pi;
%Signals
x1 = sin(2 * pi * t);
x2 = cos(t);
x3 = tan(t);

subplot(2, 3, 1);
plot(t, x1);
title('X1');
subplot(2, 3, 2);
plot(t, x2);
title('X2');
subplot(2, 3, 3);
plot(t, x3);
title('X3');
```

```

%Associative property
subplot(4, 2, 5);
plot(conv(x1, conv(x2, x3)));
title('X1 * (X2 * X3)');
subplot(4, 2, 6);
plot(conv(conv(x1, x2), x3));
title('(X1 * X2) * X3');

%Distributive property
subplot(4, 2, 7);
plot(conv(x1, x2) + conv(x1, x3));
title('X1 * X2 + X1 * X3');
subplot(4, 2, 8);
plot(conv(x1, (x2 + x3)));
title('X1 * (X2 + X3)');

```

Результат роботи програми:

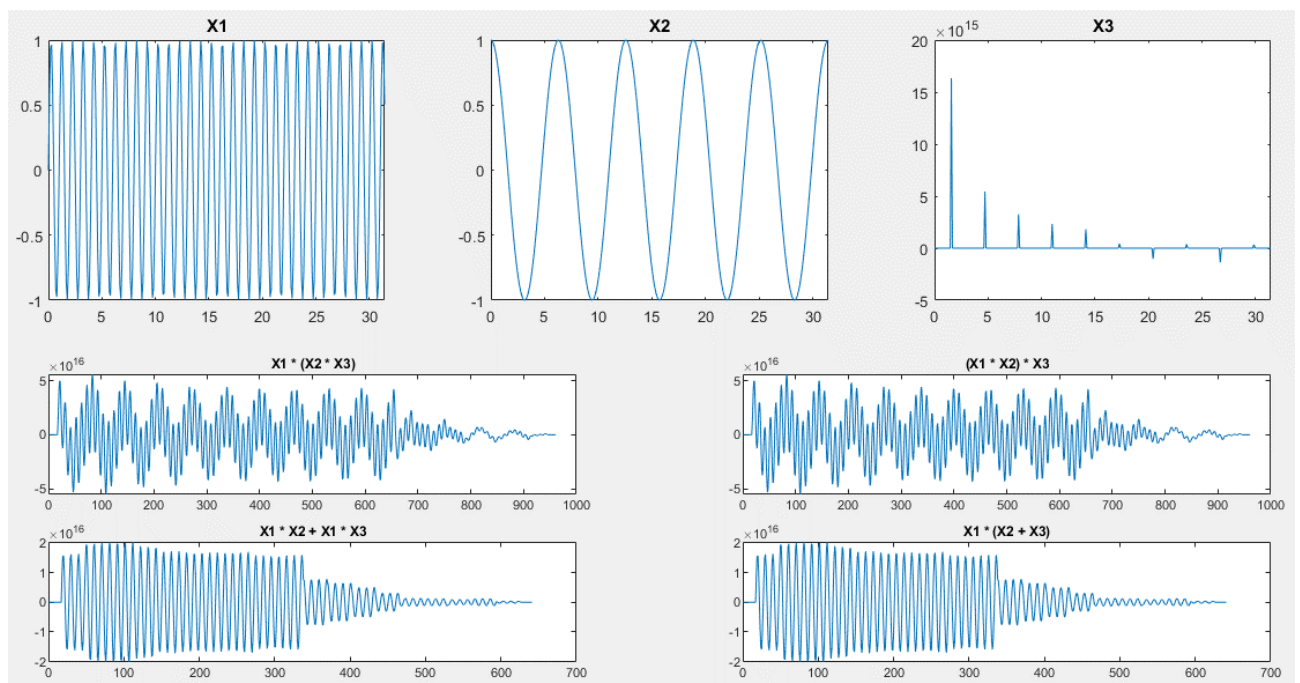


Рисунок 5

6. Створіть М-файл, що описує роботу кореляційної машини. Створіть для неї цільовий і тестовий сигнали. Додаючи до тестового сигналу шум, визначте взаємно-кореляційну функцію і поріг спрацьовування системи (коли кореляційна машина перестає визначати наявність сигналу).

(task6.m)

```
t = 0 : 1 / (2 * pi * 16) : 2 * pi;  
a = sin(t) + sin(20 * t);  
bb = zeros(1, 1200);  
  
for i = 251 : size(a, 2) + 250;  
    bb(i) = bb(i) + a(i - 250);  
end  
b = awgn(bb, 0.5, 'measured');  
ac = fliplr(a);  
  
Nac = size(ac, 2);  
Mb = size(bb, 2);  
c = zeros(1, Nac + Mb - 1);  
for k = 1 : Nac + Mb - 1  
    for j = max(1, k + 1 - Nac) : 1 : min(k, Mb);  
        c(k) = c(k) + (bb(j) * ac(k - j + 1));  
    end  
end  
subplot (1, 3, 1);  
plot(a);  
grid on;  
  
subplot (1, 3, 2);  
plot(b);  
grid on;  
  
subplot (1, 3, 3);  
plot(c);  
grid on;
```

Результат роботи програми:

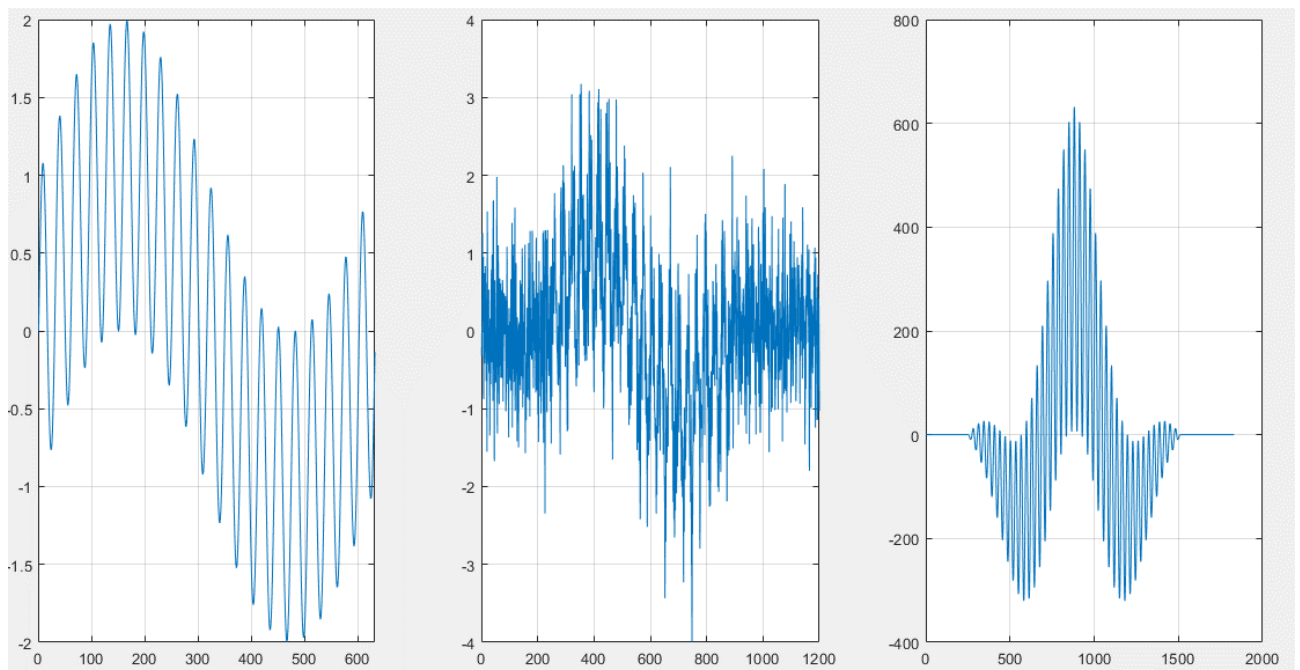


Рисунок 6