

Zadanie nr 1 - Generacja sygnału i szumu

Cyfrowe Przetwarzanie Sygnałów

Dawid Jakubik, 224307 Hubert Gawłowski, 224298

08.04.2021

1 Cel zadania

Celem zadania było zapoznanie się z własnościami różnych sygnałów oraz poznanie i zastosowanie podstawowych działań na sygnałach. W wyniku zadania powstała aplikacja w technologii Java, która rysuje wykresy przebiegu oraz histogramy dla poszczególnych sygnałów oraz dla sygnałów powstałych w wyniku działań na dwóch sygnałach. Oblicza ona i pokazuje wartości dla sygnałów, a także zezwala na zapis i odczyt sygnału do/z pliku.

2 Wstęp teoretyczny

Sygnały użyte w zadaniu generowane są na podstawie wzorów znajdujących się w instrukcji do zadania [1]. W instrukcji [1] znajdują się także wzory użyte w celu obliczenia parametrów funkcji, czyli wartości średniej, bezwzględnej wartości średniej, wariancji, mocy średniej oraz wartości skutecznej. Aby przedstawić sygnały na wykresie, zostały one poddane próbkowaniu, czyli operacji w wyniku której powstał zbiór punktów, które po połączeniu utworzyły odpowiedni wykres.

3 Eksperymenty i wyniki

3.1 Eksperyment nr 1 : Szum impulsowy

Celem eksperymentu było wygenerowanie szumu impulsowego. Jest to sygnał dyskretny, którego amplituda przyjmuje dwie wartości, wartość 0 oraz wartość A różną od zera.

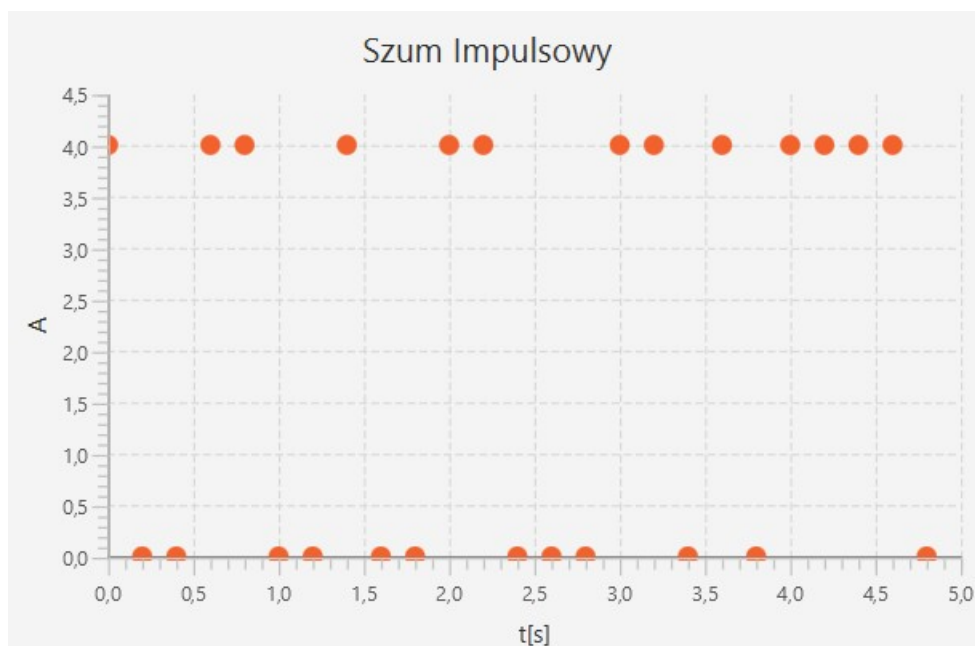
3.1.1 Założenia

Wartości parametrów, jakie zostały wprowadzone do wygenerowania sygnału:

- Amplituda = 4
- Czas początkowy = 0s
- Czas trwania sygnału = 5s
- Częstotliwość = 5Hz
- Prawdopodobieństwo = 50

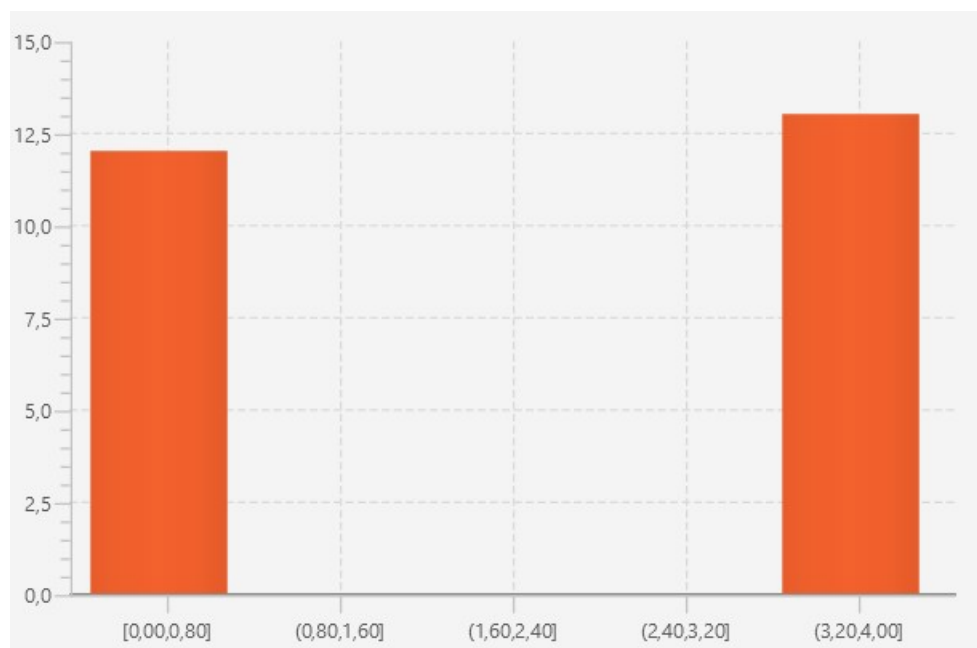
3.1.2 Przebieg

Wygenerowany został następujący sygnał:



Rysunek 1: Wykres szumu impulsowego dla parametrów: $A=4$, $t_1=0s$, $d=5s$, $f=5Hz$, $p=0.5$

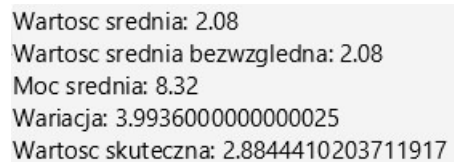
Histogram do wygenerowanego sygnału prezentuje się następująco:



Rysunek 2: Histogram dla szumu impulsowego o parametrach: $A=4$, $t_1=0s$, $d=5s$, $f=5Hz$, $p=0.5$

3.1.3 Rezultat

Obliczone parametry dla szumu impulsowego:

A screenshot of a text box containing five lines of calculated parameters for impulse noise. The text is as follows:
Wartosc srednia: 2.08
Wartosc srednia bezwzgledna: 2.08
Moc srednia: 8.32
Wariacja: 3.9936000000000025
Wartosc skuteczna: 2.8844410203711917

Wartosc srednia: 2.08
Wartosc srednia bezwzgledna: 2.08
Moc srednia: 8.32
Wariacja: 3.9936000000000025
Wartosc skuteczna: 2.8844410203711917

Rysunek 3: Obliczone wartości dla szumu impulsowego o parametrach: $A=4$, $t_1=0s$, $d=5s$, $f=5Hz$, $p=0.5$

3.2 Eksperyment nr 2 : Szum o rozkładzie jednostajnym

Eksperyment nr 2 polegał na wygenerowaniu szumu o rozkładzie jednostajnym. Jest to szum dla którego amplitudy są losowo wybierane z jednakowym prawdopodobieństwem z przedziału $< -A_{max}, A_{max} >$.

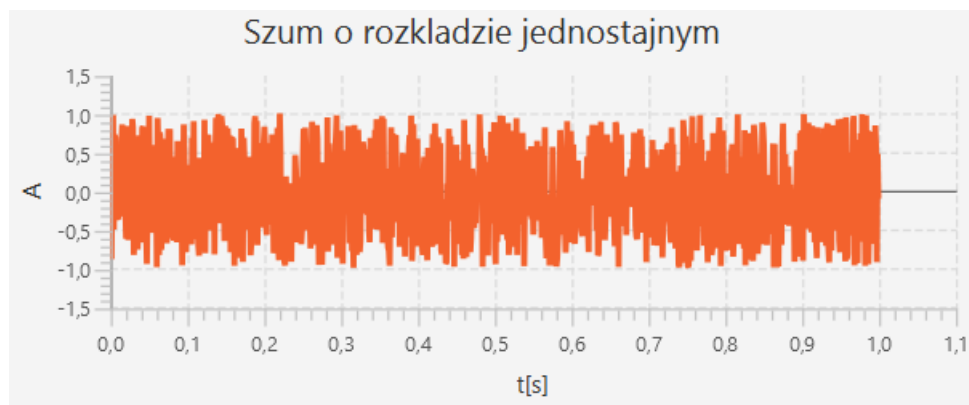
3.2.1 Założenia

W eksperymencie szum wygenerowany został dla następujących parametrów:

- Amplituda: 1
- Czas początkowy: 0s
- Czas trwania sygnału: 1s

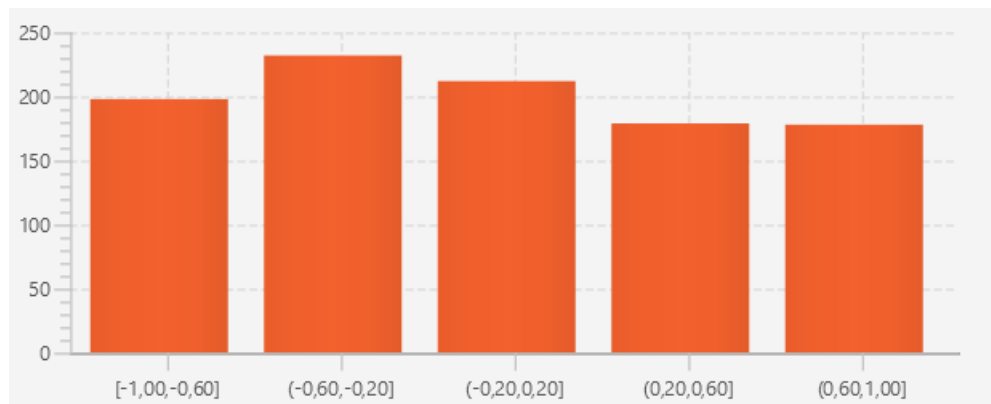
3.2.2 Przebieg

Wygenerowany sygnał prezentuje się następująco:



Rysunek 4: Wykres szumu o rozkładzie jednostajnym dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=1s$

Histogram dla powyższego szumu prezentuje się następująco:



Rysunek 5: Histogram dla szumu o rozkładzie jednostajnym dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=1s$

3.2.3 Rezultat

Obliczone parametry dla szumu o rozkładzie jednostajnym:

Wartosc srednia: -0.037813677075735005
Wartosc srednia bezwzgledna: 0.48766852650754167
Moc srednia: 0.31649125309961756
Wariacja: 0.5911929252083666
Wartosc skuteczna: 0.5625755532367342

Rysunek 6: Wartości obliczone dla szumu o rozkładzie jednostajnym dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=1s$

Wygenerowany szum widoczny na rysunku nr 4 posiada rozkład jednostajny co obrazują wartości zawarte w histogramie z rysunku nr 5

3.3 Eksperyment nr 3: Impuls jednostkowy

Eksperyment nr 3 polegał na wygenerowaniu impulsu jednostkowego. Impuls jednostkowy jest sygnałem dyskretnym który dla prawie wszystkich próbek przyjmuje wartości równe 0, jedynie dla jednej sprecyzowanej próbki przyjmuje wartość amplitudy.

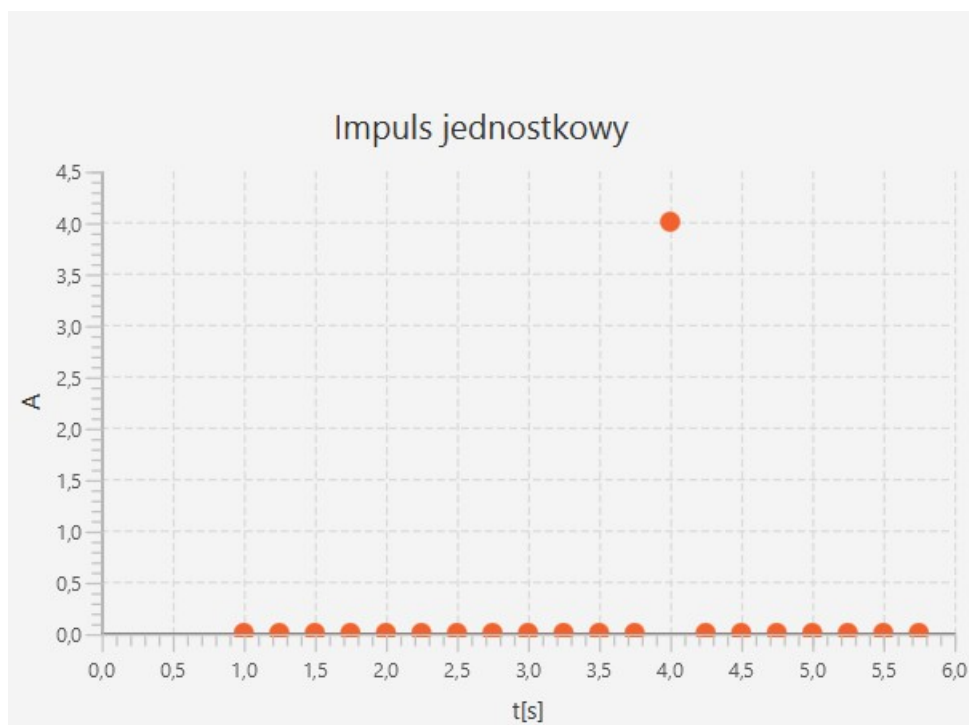
3.3.1 Założenia

W eksperymencie impuls jednostkowy został wygenerowany dla następujących parametrów:

- Amplituda 4
- Czas początkowy 1s
- Czas trwania 5s
- Częstotliwość 4 Hz
- Numer próbki, dla której następuje skok 12

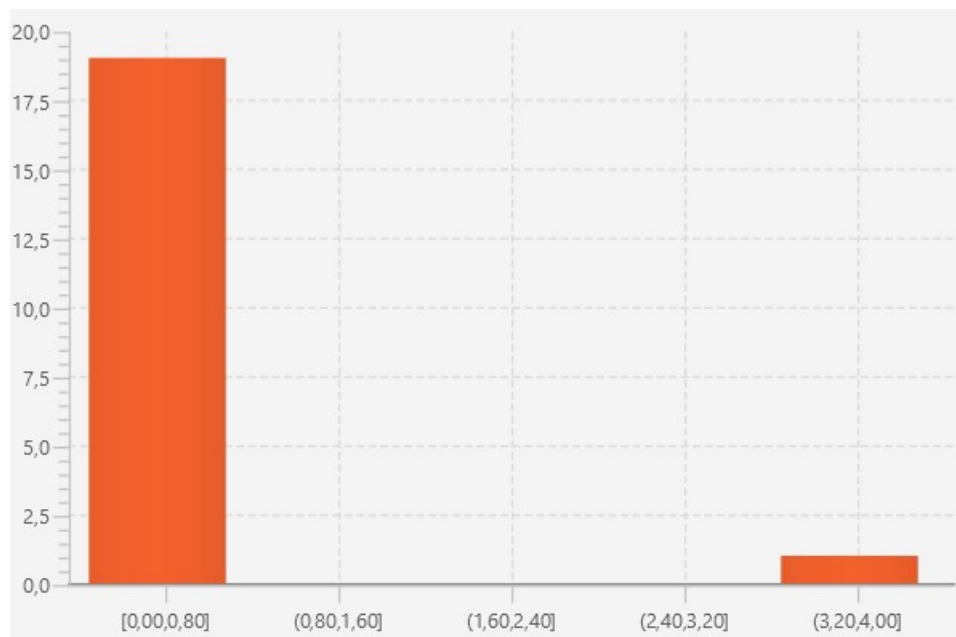
3.3.2 Przebieg

Wygenerowany sygnał prezentuje się następująco:



Rysunek 7: Wykres impulsu jednostkowego dla parametrów: $A=1$, $t_1=1s$, $d=5s$, $f=4Hz$, $ns=12$

Histogram dla powyższego impulsu wygląda następująco:



Rysunek 8: Histogram dla impulsu jednostkowego dla parametrów: $A=1$, $t_1=1s$, $d=5s$, $f=4Hz$, $ns=12$

3.3.3 Rezultat

Obliczone parametry dla impulsu jednostkowego:

Wartosc srednia: 0.2
 Wartosc srednia bezwzgledna: 0.2
 Moc srednia: 0.8
 Wariacja: 0.7599999999999997
 Wartosc skuteczna: 0.89442719099999159

Rysunek 9: Wartości obliczone dla impulsu jednostkowego dla parametrów: $A=1$, $t_1=1s$, $d=5s$, $f=4Hz$, $ns=12$

3.4 Eksperyment nr 4: Dodawanie szumu gaussowskiego oraz sygnału sinusoidalnego

Eksperyment nr 4 polegał na wygenerowaniu dwóch sygnałów (szumu gaussowskiego oraz sygnału sinusoidalnego) i dodaniu ich do siebie. Szum Gaussowski jest sygnałem którego amplituda przyjmuje losowe wartości z przedziału $< -A_{Gmax}, A_{Gmax} >$ których rozkład prawdopodobieństwa jest rozkładem normalnym. Sygnał sinusoidalny opisuje funkcja:

$$x(t) = A \sin(2\pi f T(t - t_1)) \quad (1)$$

3.4.1 Założenia

W eksperymencie szum został wygenerowany dla parametrów:

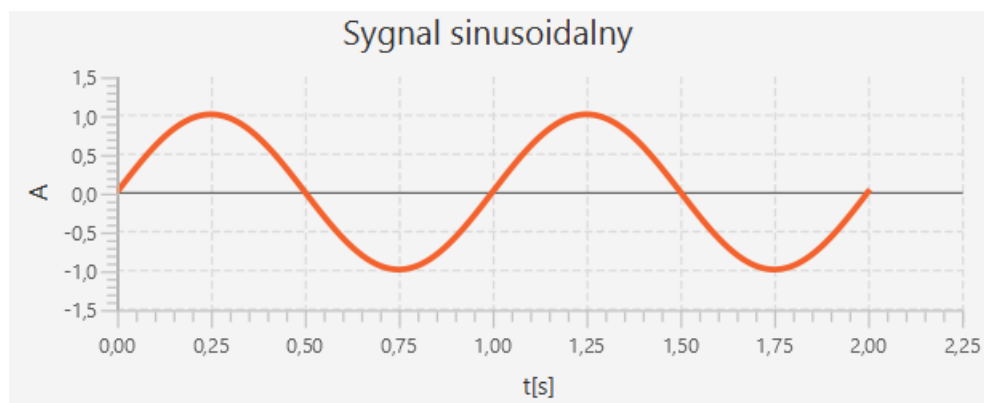
- Amplituda: 0.1
- Czas początkowy: 0s
- Czas trwania sygnału: 2s

Sygnał sinusoidalny został wygenerowany dla parametrów:

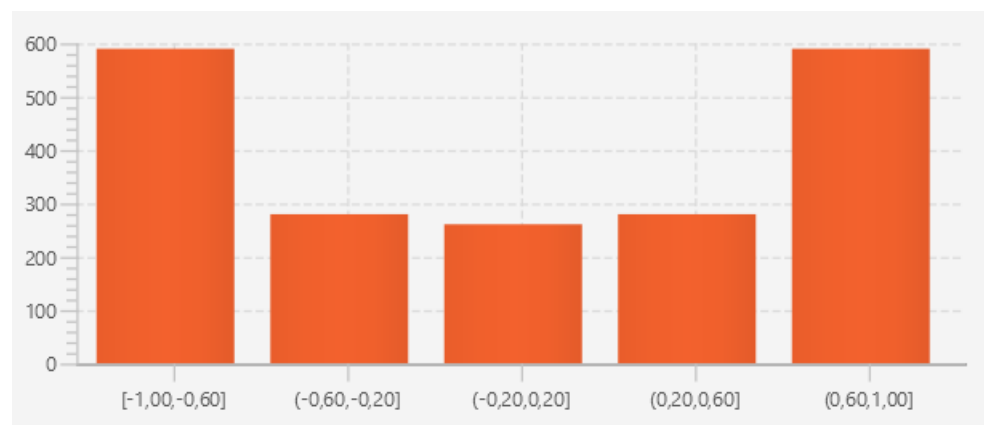
- Amplituda: 1
- Czas początkowy: 0s
- Czas trwania sygnału: 2s
- Okres: 1s

3.4.2 Przebieg

W trakcie tego eksperymentu jako składniki dodawania wygenerowane zostały sygnały których wykresy, histogramy oraz obliczone wartości zostały pokazane na rysunkach od 10 do 15



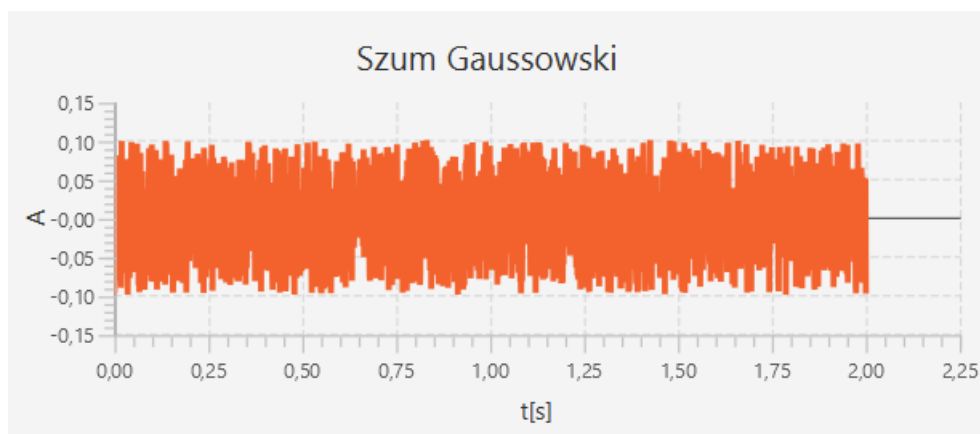
Rysunek 10: Wykres sygnału sinusoidalnego dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=1s$, $T=1s$



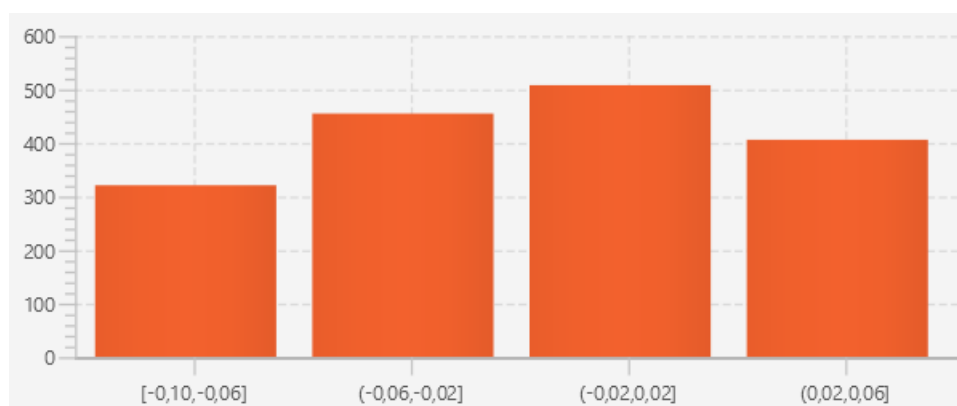
Rysunek 11: Histogram sygnału sinusoidalnego dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=1s$, $T=1s$

Wartosc srednia: 1.6516817754430104E-17
 -Wartosc srednia bezwzgledna: 0.6362995282069968
 Moc srednia: 0.4997501249375315
 Wariacja: 0.9046272145339774
 Wartosc skuteczna: 0.7069300707549026

Rysunek 12: Wartości obliczone dla sygnału sinusoidalnego dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=1s$, $T=1s$



Rysunek 13: Wykres dla szumu gaussowskiego dla parametrów: $A=0.1$, $t_1=0s$, $d=1s$



Rysunek 14: Histogram dla szumu gaussowskiego dla parametrów: $A=0.1$, $t_1=0s$, $d=1s$

Wartosc srednia: -0.0012446245870519432
Wartosc srednia bezwzgledna: 0.04371272836183306
Moc srednia: 0.002679531489908489
Wariacja: 0.004699145983716412
Wartosc skuteczna: 0.05176419119341564

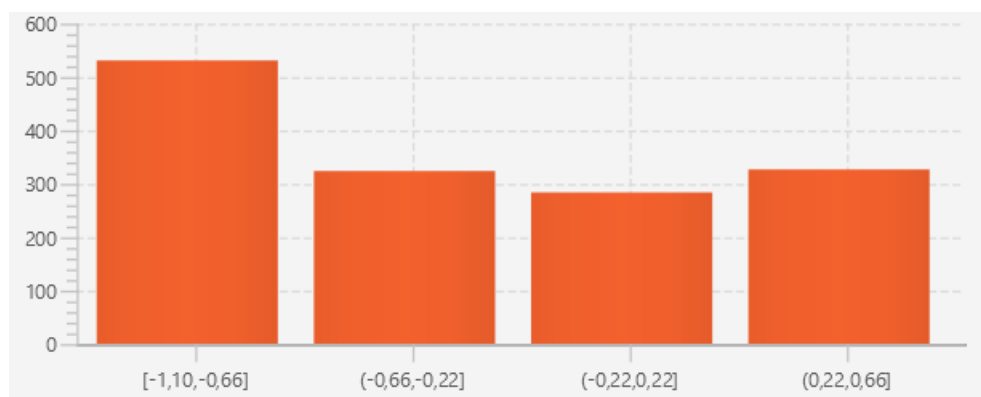
Rysunek 15: Wartości obliczone dla szumu gaussowskiego dla parametrów: $A=0.1$, $t_1=0s$, $d=1s$

3.4.3 Rezultat

W wyniku dodania do siebie szumu gaussowskiego oraz sygnału sinusoidalnego otrzymaliśmy następujące wyniki:



Rysunek 16: Wartości obliczone dla sumy powyższych dwóch sygnałów



Rysunek 17: Wartości obliczone dla sumy powyższych dwóch sygnałów

Wartosc srednia: -0.0012446245870518992
Wartosc srednia bezwzgledna: 0.6357304931130073
Moc srednia: 0.5007682773360864
Wariacja: 0.9065040288147278
Wartosc skuteczna: 0.7076498267759884

Rysunek 18: Wartości obliczone dla sumy powyższych dwóch sygnałów

3.5 Eksperyment nr 5: Odejmowanie od sygnału sinusoidalnego wyprostowanego jednopółwkowo sygnału prostokątnego

Eksperyment nr 5 polegał na wygenerowaniu dwóch sygnałów (sygnału sinusoidalnego wyprostowanego jednopółwkowo oraz sygnału prostokątnego) a następnie na obliczeniu różnicy tych sygnałów. Sygnał sinusoidalny wyprostowany jednopółwkowo posiada jedynie wartości nieujemne amplitudy i można opisać go funkcją:

$$x(t) = \frac{1}{2A[\sin(2T(t-t_1)) + |\sin(2T(t-t_1))|]}. \quad (2)$$

Dla sygnału prostokątnego amplituda przyjmuje wartość zero lub A_{max} i można go opisać wzorem:

$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t \in \langle kT + t_1, k_w T + kT + t_1 \rangle \\ 0 & \text{dla } t \in \langle k_w T - kT + t_1, T + kT + t_1 \rangle \end{cases} \quad (3)$$

3.5.1 Założenia

W eksperymencie sygnał sinusoidalny wyprostowany jednopółwkowo został wygenerowany dla parametrów:

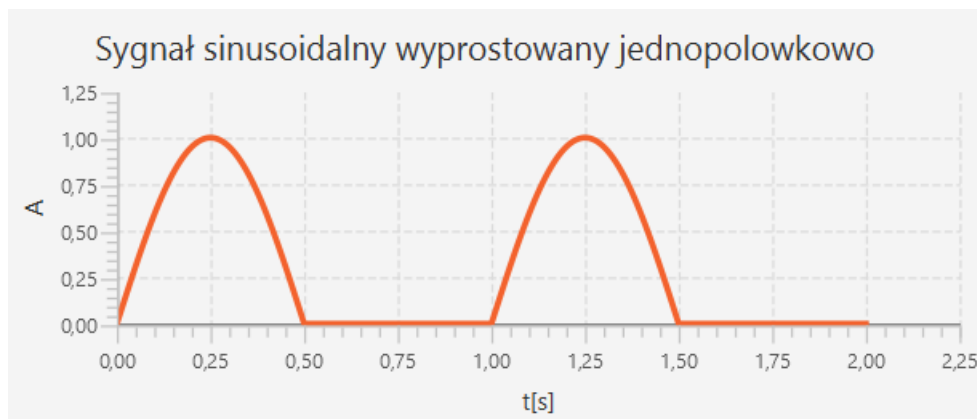
- Amplituda: 1
- Czas początkowy: 0s
- Czas trwania sygnału: 2s
- Okres: 1s

Sygnał prostokątny został wygenerowany dla parametrów:

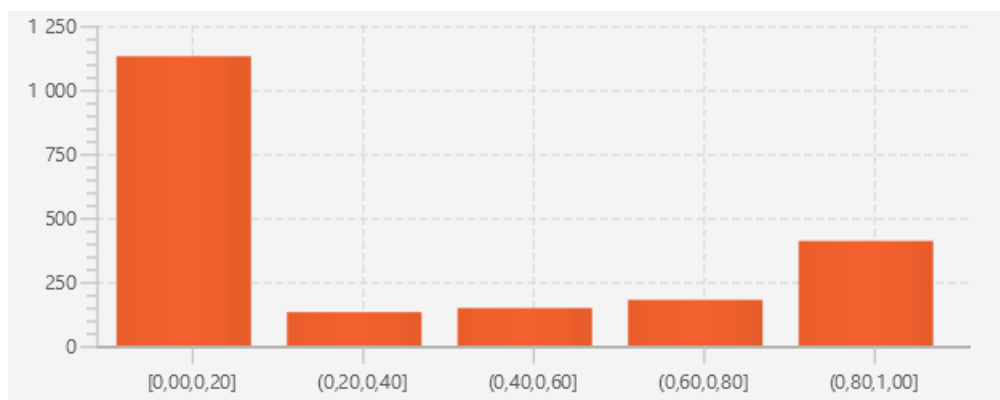
- Amplituda: 2
- Czas początkowy: 0s
- Czas trwania sygnału: 2s
- Okres: 1s
- Współczynnik wypełnienia: 0.5

3.5.2 Przebieg

W trakcie tego eksperymentu wygenerowane zostały sygnały których wykresy, histogramy oraz obliczone wartości zostały pokazane na rysunkach od 19 do 24



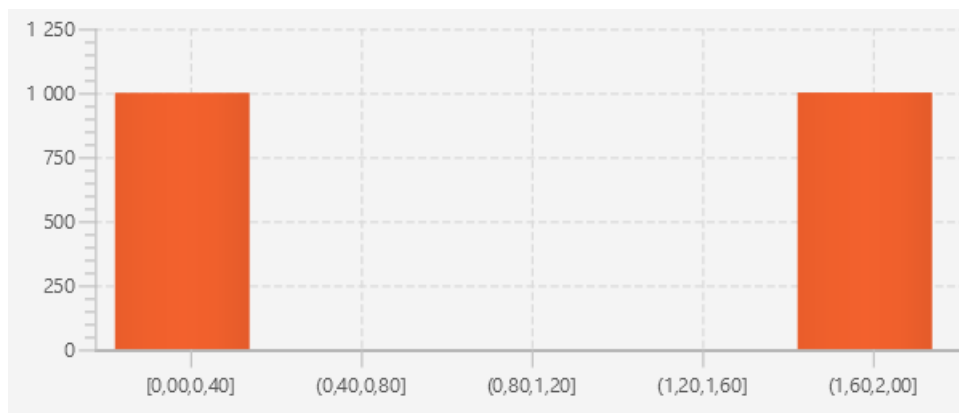
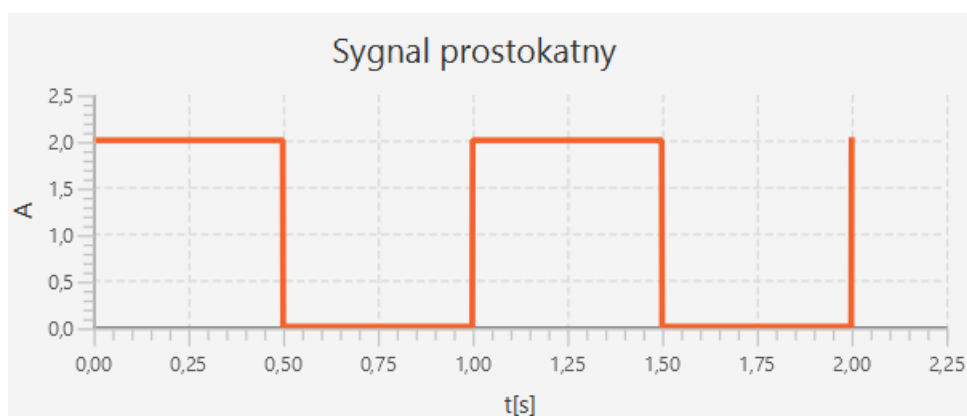
Rysunek 19: Wykres sygnału sinusoidalnego wyprostowanego jednopółkowo dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=2s$, $T=1s$



Rysunek 20: histogram sygnału sinusoidalnego wyprostowanego jednopółkowo dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=2s$, $T=1s$

Wartosc srednia: 0.3181497641034982
 Wartosc srednia bezwzgledna: 0.3181497641034982
 Moc srednia: 0.24987506246876556
 Wariacja: 0.14865579006965712
 Wartosc skuteczna: 0.49987504685547723

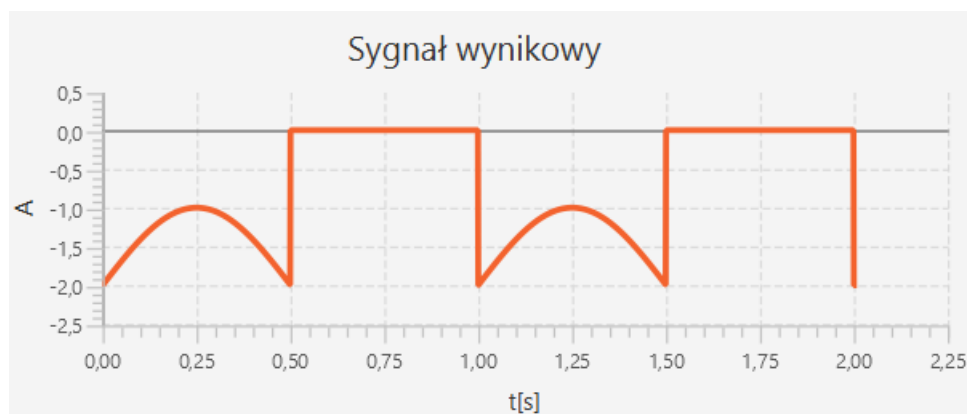
Rysunek 21: Wartości obliczone dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego jednopółkowo dla parametrów: $A=1$, $t_1=0s$, $d=2s$, $T=1s$



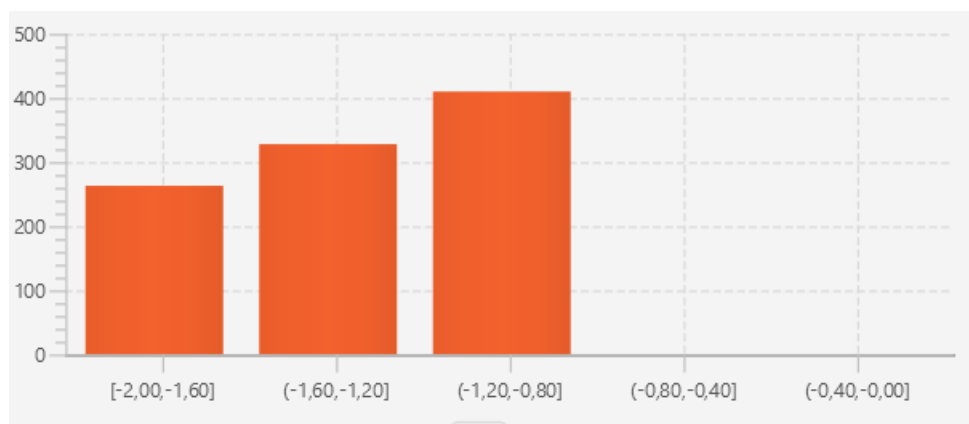
Wartosc srednia: 1.0004997501249375
 Wartosc srednia bezwzgledna: 1.0004997501249375
 Moc srednia: 2.000999500249875
 Wariacja: 0.9999997502498364
 Wartosc skuteczna: 1.414566894936353

3.5.3 Rezultat

W wyniku odjęcia od sygnału sinusoidalnego wyprostowanego jednopółkowo sygnału prostokątnego otrzymaliśmy widoczne poniżej wyniki.



Rysunek 25: Wykres sygnału wynikowego operacji odejmowania



Rysunek 26: Histogram sygnału wynikowego operacji odejmowania

Wartosc srednia: -0.6823499860214377
Wartosc srednia bezwzgledna: 0.6823499860214377
Moc srednia: 0.9782755063046482
Wariacja: 2.375080016574979
Wartosc skuteczna: 0.989078109304138

Rysunek 27: Wartości obliczone dla sygnału wynikowego operacji odejmowania

3.6 Eksperyment nr 6: Mnożenie sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo oraz sygnału symetrycznego prostokątnego

Eksperyment nr 6 polegał na pomnożeniu przez siebie sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo z sygnałem symetrycznym prostokątnego, w wyniku czego otrzymany został sygnał wynikowy.

Funkcja opisująca sygnał sinusoidalny wyprostowany dwupołówkowo wygląda tak:

$$x(t) = A \left| \sin\left(\frac{2\pi}{T}(t - t_1)\right) \right| \quad (4)$$

Natomiast funkcja opisująca sygnał prostokątny symetryczny prezentuje się następująco:

$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t \in \langle kT + t_1, k_w T + kT + t_1 \rangle \\ -A & \text{dla } t \in \langle k_2 T + t_1 + kT, T + kT + t_1 \rangle \end{cases} \text{ dla } k \in C \quad (5)$$

3.6.1 Założenia

W eksperymencie sygnały zostały wygenerowane dla następujących parametrów:

Dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołówkowo:

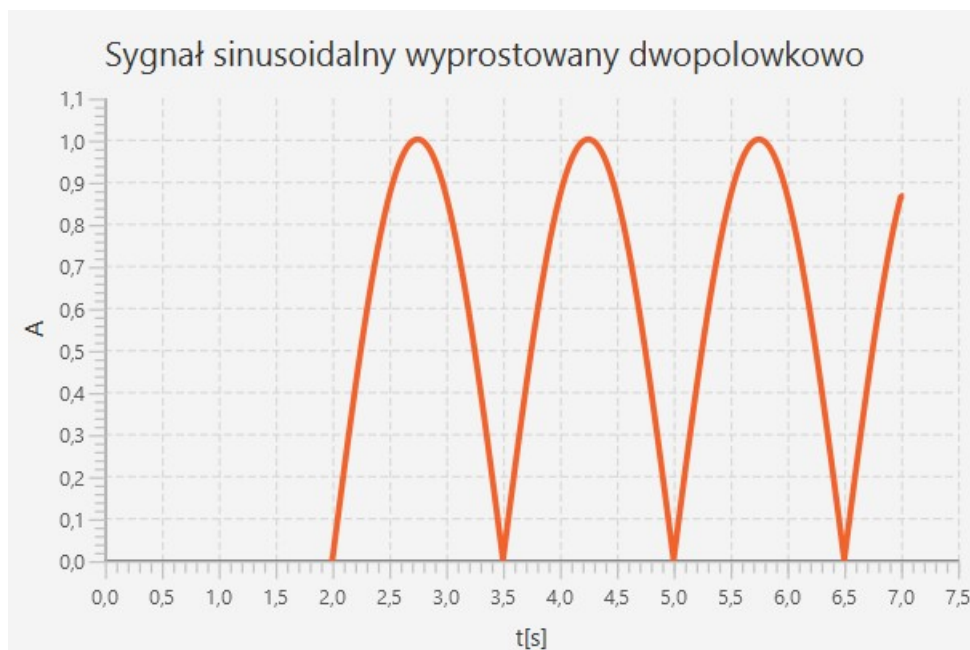
- Amplituda = 1
- Czas początkowy = 2s
- Czas trwania sygnału = 5s
- Okres podstawowy = 3s

Dla sygnału prostokątnego symetrycznego:

- Amplituda = 2
- Czas początkowy = 3s
- Czas trwania sygnału = 6s
- Okres podstawowy = 2s
- Współczynnik wypełnienia = 0.43

3.6.2 Przebieg

Wygenerowany wykres sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołwkowo wygląda następująco:



Rysunek 28: Wykres sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupołwkowo dla parametrów: $A=1$, $t_1=2s$, $d=5s$, $T=3s$.

Histogram dla powyższego wykresu prezentuje się następująco:



Rysunek 29: Histogram dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupółkowo dla parametrów: $A=1$, $t_1=2s$, $d=5s$, $T=3s$.

Natomiast obliczone wartości dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupółkowo są następujące:

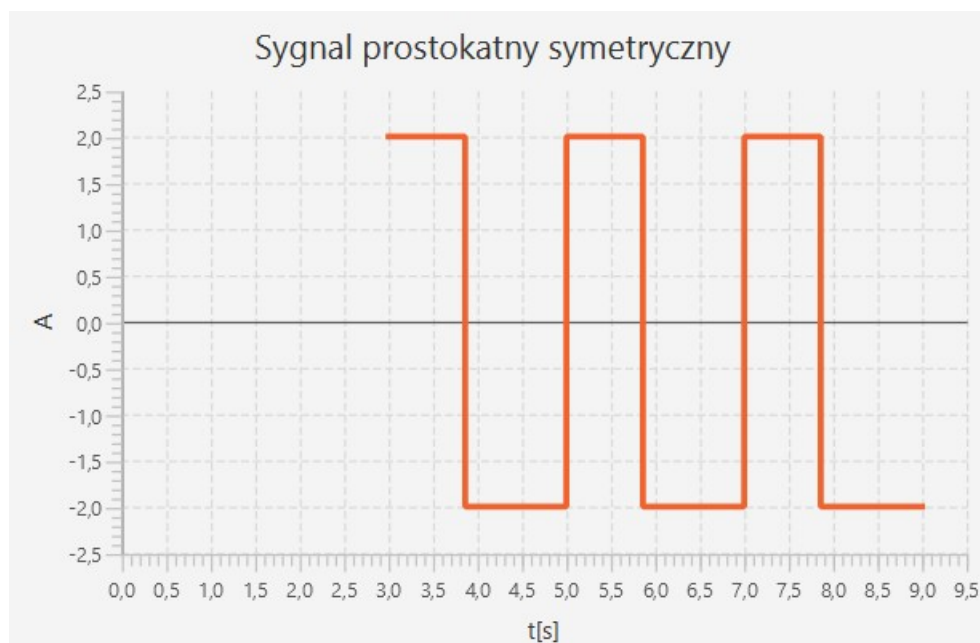
```

Wartosc srednia: 0.6206174486251936
Wartosc srednia bezwzgledna: 0.6206174486251936
Moc srednia: 0.47925019665168156
Wariacja: 0.09408417911363558
Wartosc skuteczna: 0.6922789875849776

```

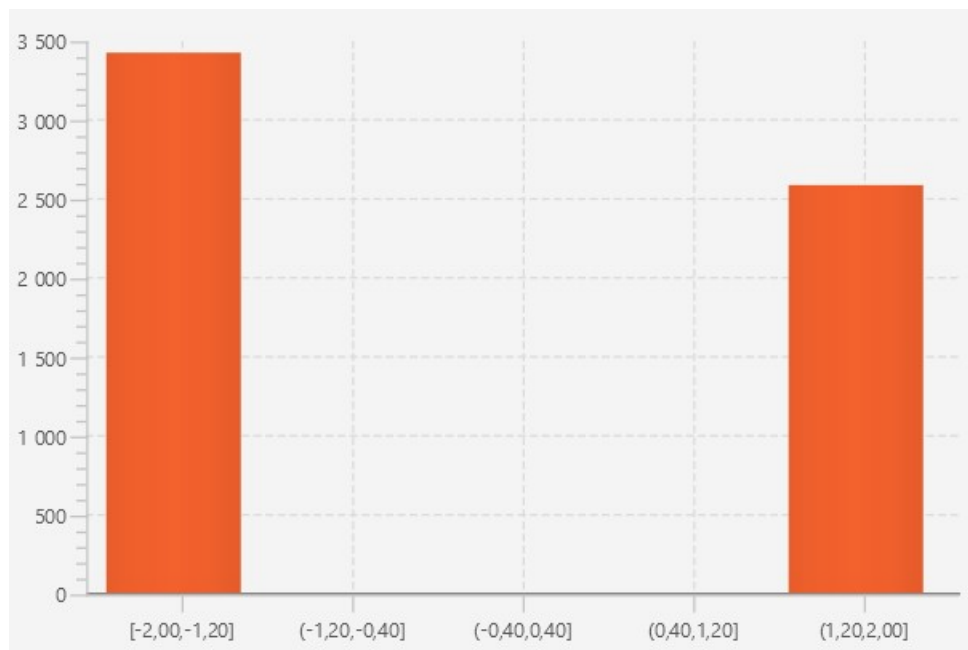
Rysunek 30: Wartości obliczone dla sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupółkowo dla parametrów: $A=1$, $t_1=2s$, $d=5s$, $T=3s$.

Dla drugiego sygnału, czyli sygnału protokątnego symetrycznego został uzyskany następujący wykres:



Rysunek 31: Wykres sygnału prostokątnego symetrycznego dla parametrów: $A=2$, $t_1=3s$, $d=6s$, $T=2s$, $k=0.43$.

Histogram dla powyższego wykresu wygląda następująco:



Rysunek 32: Histogram dla sygnału prostokątnego symetrycznego dla parametrów: $A=2$, $t_1=3s$, $d=6s$, $T=2s$, $k=0.43$.

Obliczone wartości dla sygnału prostokątnego symetrycznego prezentują się następująco:

```

Wartosc srednia: -0.2793333333333333
Wartosc srednia bezwzglezna: 2.0
Moc srednia: 4.0
Wariacja: 9.117333333333333
Wartosc skuteczna: 2.0

```

Rysunek 33: Wartości obliczone dla sygnału prostokątnego symetrycznego dla parametrów: $A=2$, $t_1=3s$, $d=6s$, $T=2s$, $k=0.43$.

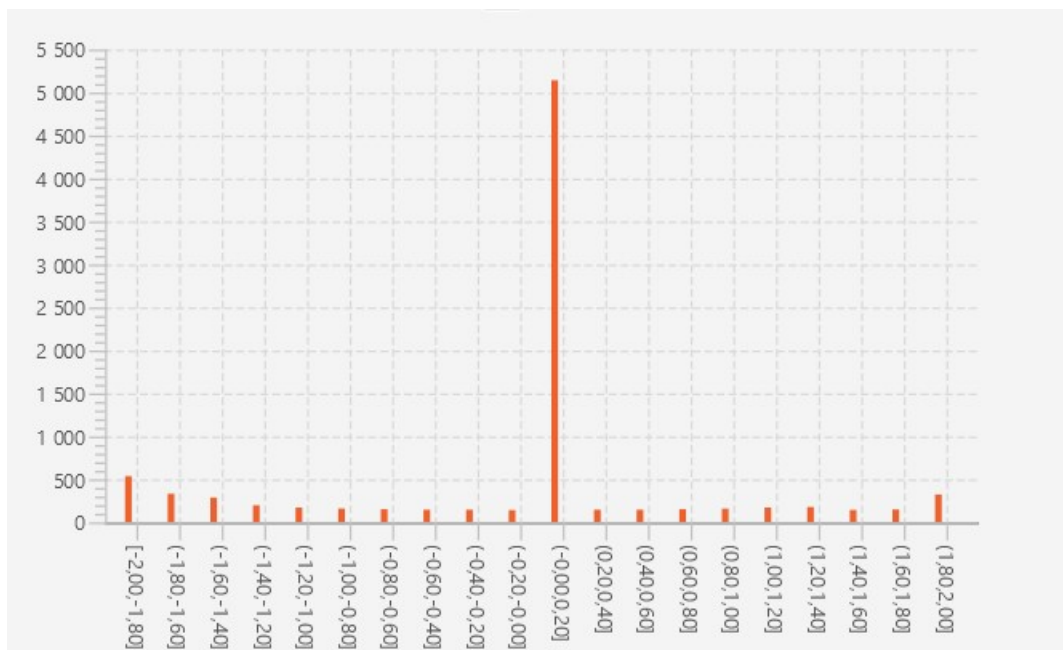
3.6.3 Rezultat

W wyniku przeprowadzonego eksperymentu powstał następujący sygnał wynikowy:



Rysunek 34: Wykres sygnału będącego wynikiem mnożenia sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupółkowo i sygnału prostokątnego symetrycznego.

Histogram dla powyższego wykresu wygląda tak:



Rysunek 35: Histogram dla sygnału będącego wynikiem mnożenia sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupółkowo i sygnału prostokątnego symetrycznego.

Natomiast obliczone wartości prezentują się w następujący sposób:

Wartosc srednia: -0.10611791881277903
Wartosc srednia bezwzgledna: 0.5305752358514628
Moc srednia: 0.7970894395007518
Wariacja: 1.1912066000045656
Wartosc skuteczna: 0.8927986556333695

Rysunek 36: Wartości obliczone sygnału będącego wynikiem mnożenia sygnału sinusoidalnego wyprostowanego dwupółkowo i sygnału prostokątnego symetrycznego.

3.7 Eksperyment nr 7: Dzielenie sygnału trójkątnego przez skok jednostkowy

Celem eksperymentu nr 7 było wygenerowanie sygnału będącego wynikiem dzielenia sygnału trójkątnego przez skok jednostkowy. Funkcja opisująca sygnał trójkątny prezentuje się następująco:

$$x(t) = \begin{cases} \frac{A}{k_w T}(t - kT - t_1) & \text{dla } t \in \langle kT + t_1, k_w T + kT + t_1 \rangle \\ \frac{-A}{T(1-k_w)}(t - kT - t_1) + \frac{A}{1-k_w} & \text{dla } t \in \langle k_w T + t_1 + kT, T + kT + t_1 \rangle \end{cases} \quad \text{dla } k \in C \quad (6)$$

Natomiast funkcja opisująca skok jednostkowy wygląda następująco:

$$x(t) = \begin{cases} A & \text{dla } t > t_s \\ \frac{1}{2} & \text{dla } t = t_s \\ 0 & \text{dla } t < t_s \end{cases} \quad (7)$$

3.7.1 Założenia

W eksperymencie sygnały zostały wygenerowane dla następujących parametrów:

Dla sygnału trójkątnego:

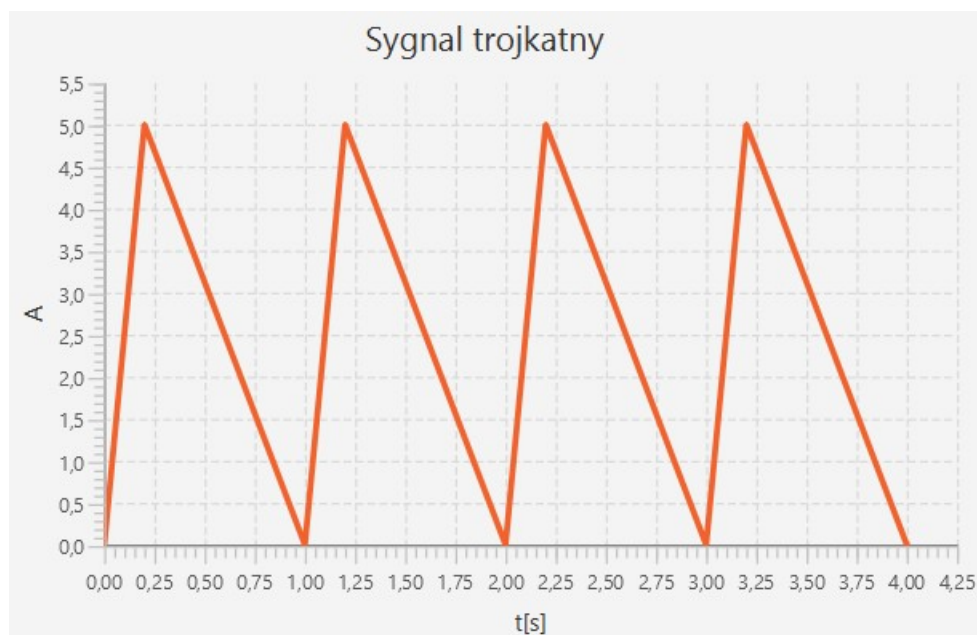
- Amplituda = 5
- Czas początkowy = 0s
- Czas trwania sygnału = 4s
- Okres podstawowy = 1s
- Współczynnik wypełnienia = 0.2

Dla skoku jednostkowego:

- Amplituda = 4
- Czas początkowy = 0s
- Czas trwania sygnału = 4s
- Czas skoku = 3s

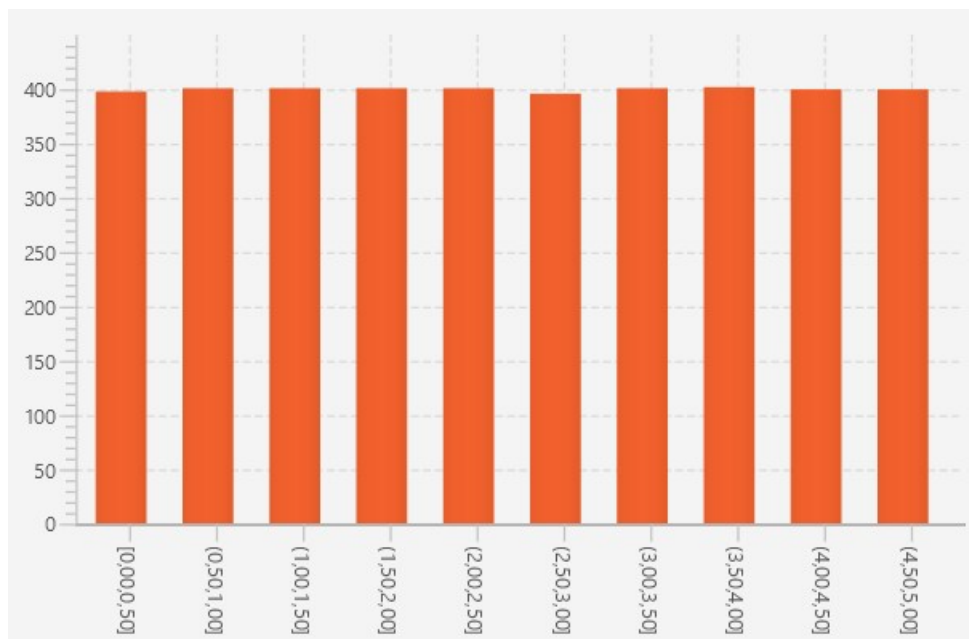
3.7.2 Przebieg

Wygenerowany sygnał trójkątny prezentuje się następująco:



Rysunek 37: Wykres sygnału trójkątnego dla parametrów: $A=5$, $t_1=0s$, $d=4s$, $T=1s$, $k=0.2$.

Histogram dla powyższego sygnału trójkątnego ma postać:



Rysunek 38: Histogram dla sygnału trójkątnego dla parametrów: $A=5$, $t_1=0s$, $d=4s$, $T=1s$, $k=0.2$.

Natomiast obliczone wartości dla sygnału trójkątnego są następujące:

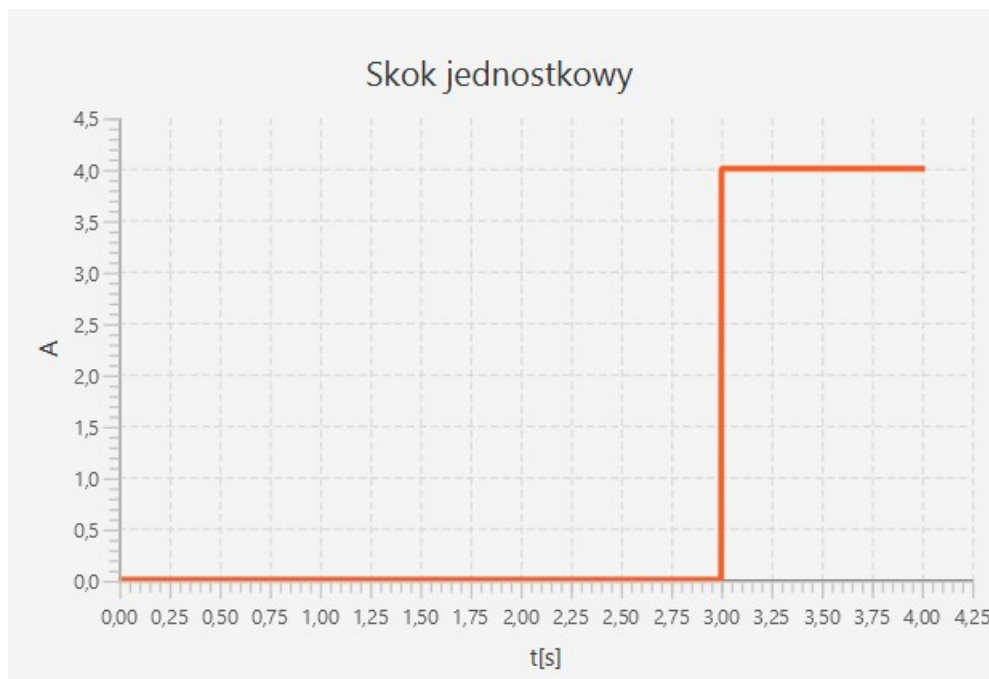
```

Wartosc srednia: 2.4993751562109474
Wartosc srednia bezwzgledna: 2.4993751562109474
Moc srednia: 8.331276555861034
Wariacja: 2.0844003843765377
Wartosc skuteczna: 2.8863950796557694

```

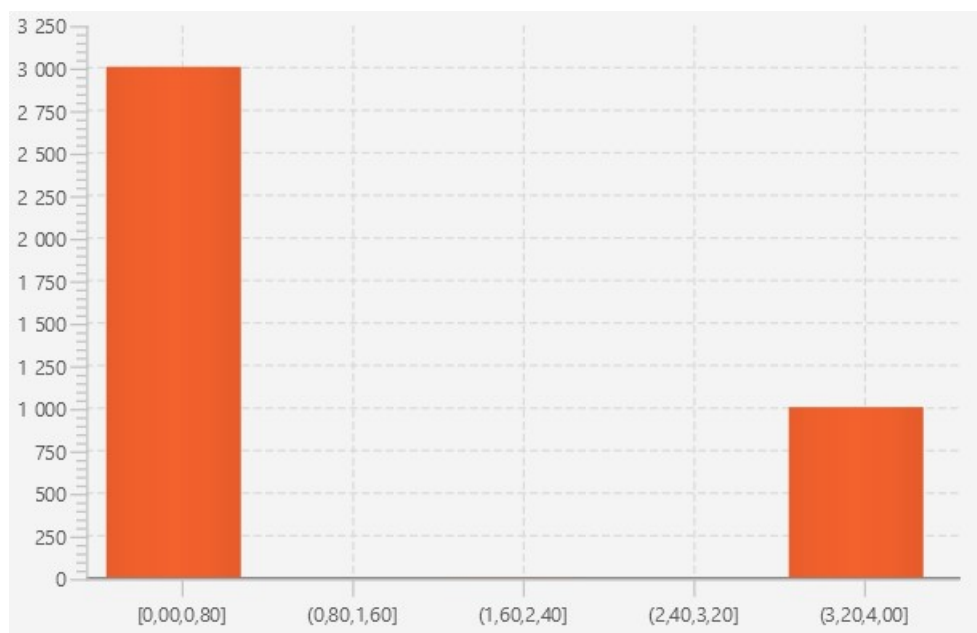
Rysunek 39: Wartości obliczone dla sygnału trójkątnego dla parametrów: $A=5$, $t_1=0s$, $d=4s$, $T=1s$, $k=0.2$.

Dla skoku jednostkowego, przez który dzieliliśmy sygnał trójkątny wykres wygląda następująco:



Rysunek 40: Wykres skoku jednostkowego dla parametrów: $A=4$, $t_1=0s$, $d=4s$, $t_s=3s$.

Histogram dla powyższego wykresu skoku jednostkowego ma postać:



Rysunek 41: Histogram dla jednostkowego dla parametrów: $A=4$, $t_1=0s$, $d=4s$, $t_s=3s$.

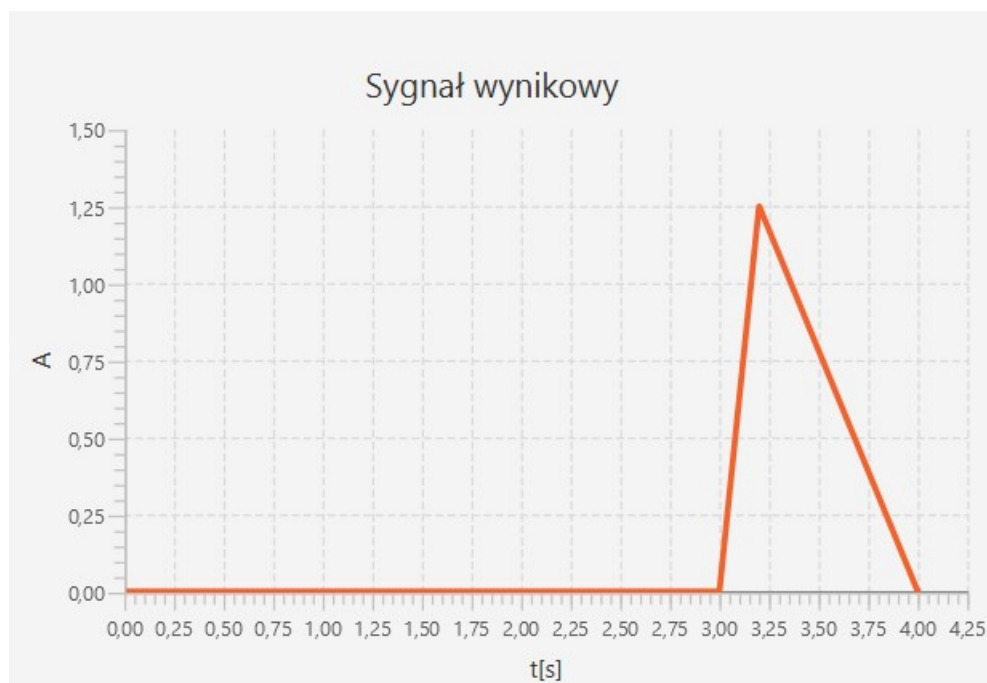
Obliczone wartości dla skoku jednostkowego są następujące:

Wartość średnia: 1.000249937515621
 Wartość średnia bezwzględna: 1.000249937515621
 Moc średnia: 4.0
 Wariancja: 2.9995000625000787
 Wartość skuteczna: 2.0

Rysunek 42: Wartości obliczone dla skoku jednostkowego dla parametrów: $A=4$, $t_1=0s$, $d=4s$, $t_s=3s$.

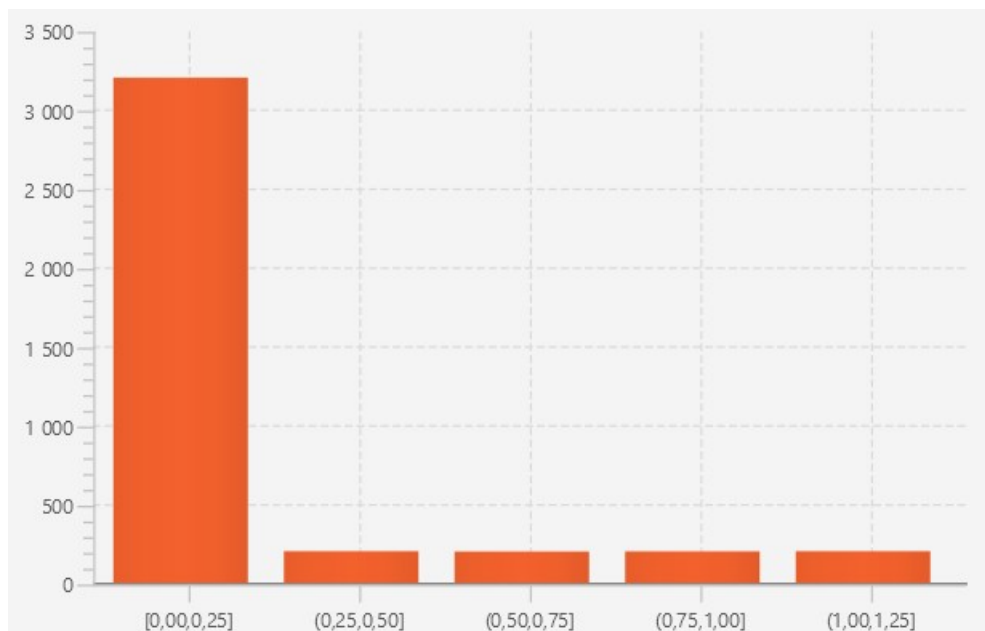
3.7.3 Rezultat

W wyniku przeprowadzonego eksperymentu powstał sygnał wynikowy, który wygląda następująco:



Rysunek 43: Wykres sygnału, będącego wynikiem dzielenia sygnału trójkątnego przez skok jednostkowy.

Histogram dla powyższego sygnału wynikowego wygląda tak:



Rysunek 44: Histogram dla sygnału, będącego wynikiem dzielenia sygnału trójkątnego przez skok jednostkowy.

Natomiast wartości, jakie otrzymaliśmy w ramach tej operacji prezentują się następująco:

Wartość średnia: 1.0213792705669735
 Wartość średnia bezwzględna: 1.0213792705669735
 Moc średnia: 1.2116366003150654
 Wariacja: 0.16842098597099328
 Wartość skuteczna: 1.100743657858207

Rysunek 45: Wartości obliczone dla dzielenia sygnału trójkątnego przez skok jednostkowy.

4 Wnioski

- Każdy sygnał ciągły można zdyskretyzować poprzez próbkowanie.
- Program poprawnie generuje zaimplementowane sygnały.
- Program pozwala na proste działania na sygnałach.
- Na podstawie histogramów w prosty sposób można dowiedzieć się o rozkładzie wartości.

Bibliografia

- [1] *Instrukcja do zadania 1 na stronie przedmiotu.*
https://ftims.edu.p.lodz.pl/file.php/154/zadanie1_0101011.pdf.