**Zadanie nr 2 - Próbkowanie i kwantyzacja**

Cyfrowe Przetwarzanie Sygnałów

Paweł Pomarański 210297, Bartosz Kacperski 210210

16.04.2019

1. Cel zadania

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z praktycznymi aspektami procesu konwersji

analogowo-cyfrowej (A/C) i cyfrowo-analogowej (C/A) sygnałów.

1. Wstęp teoretyczny

**Próbkowanie** to proces tworzenia sygnału dyskretnego, reprezentującego sygnał ciągły za pomocą ciągu wartości nazywanych próbkami. W naszym przypadku zaimplementowano próbkowanie równomierne tj. takie, które pobiera próbki z określoną częstotliwością.

Proces kwantyzacji

**Kwantyzacja** to nieodwracalne nieliniowe odwzorowanie statyczne zmniejszające dokładność danych przez ograniczenie ich zbioru wartości. Rodzaj kwantyzacji, który wybraliśmy to kwantyzacja równomierna z zaokrągleniem. Wynikiem tego procesu są punkty o zmienionej wartości współrzędnej Y względem punktów uzyskanych w procesie próbkowania. Wartość współrzędnej Y jest modyfikowana zgodnie ze wzorem:

,

gdzie

,

floor jest funkcją zwracająca część całkowitą liczby rzeczywistej a b parametrem konwersji określający ilość bitów konwersji.

Rekonstrukcje sygnału uzyskaliśmy w oparciu o funkcje sinc. Wzór interpolacyjny, oparty właśnie o tą funkcje ma następująca postać:

,

gdzie

,

a każda z wartości została ustalona w procesie próbkowania sygnału. Wartość n w przypadku naszej implementacji jest ograniczona przez parametr funkcji.

Aby skutecznie ocenić skutki konwersji użyte zostały następujące miary podobieństwa sygnału, gdzie x jest sygnałem wejściowym a sygnałem zrekonstruowanym.

Błąd średniokwadratowy:

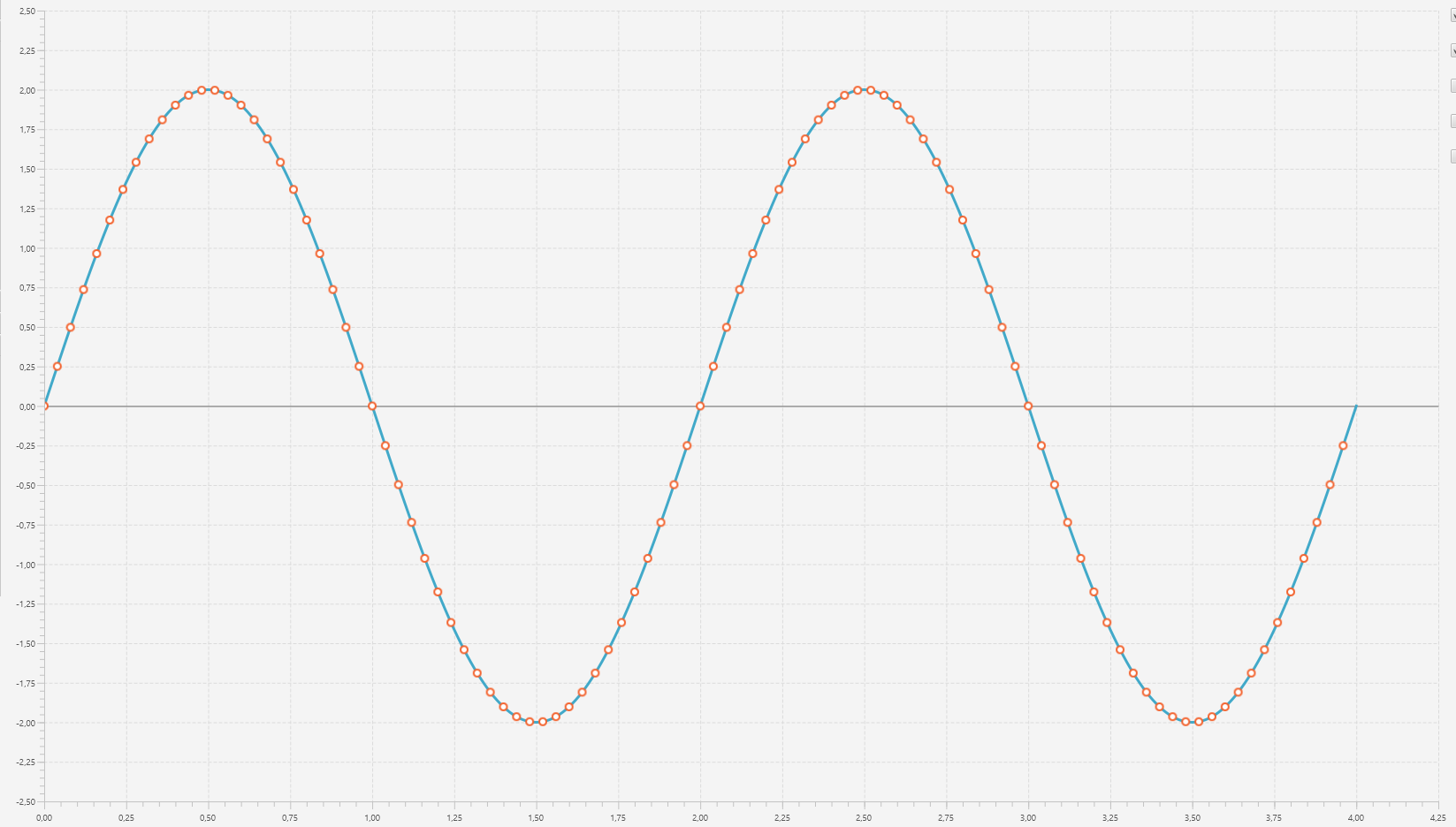
Stosunek sygnał-szum:

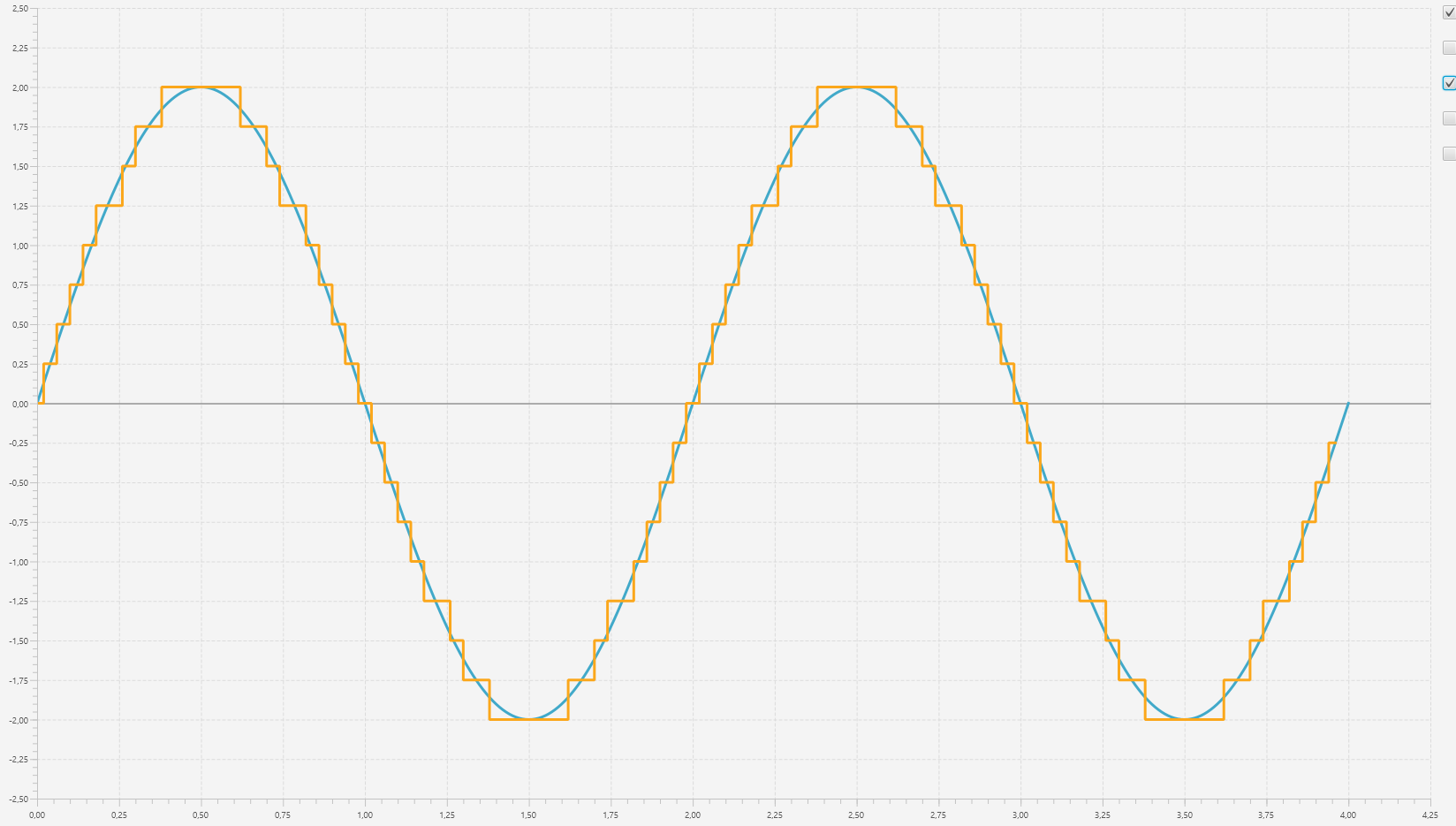
Szczytowy stosunek sygnał-szum:

Maksymalna różnica:

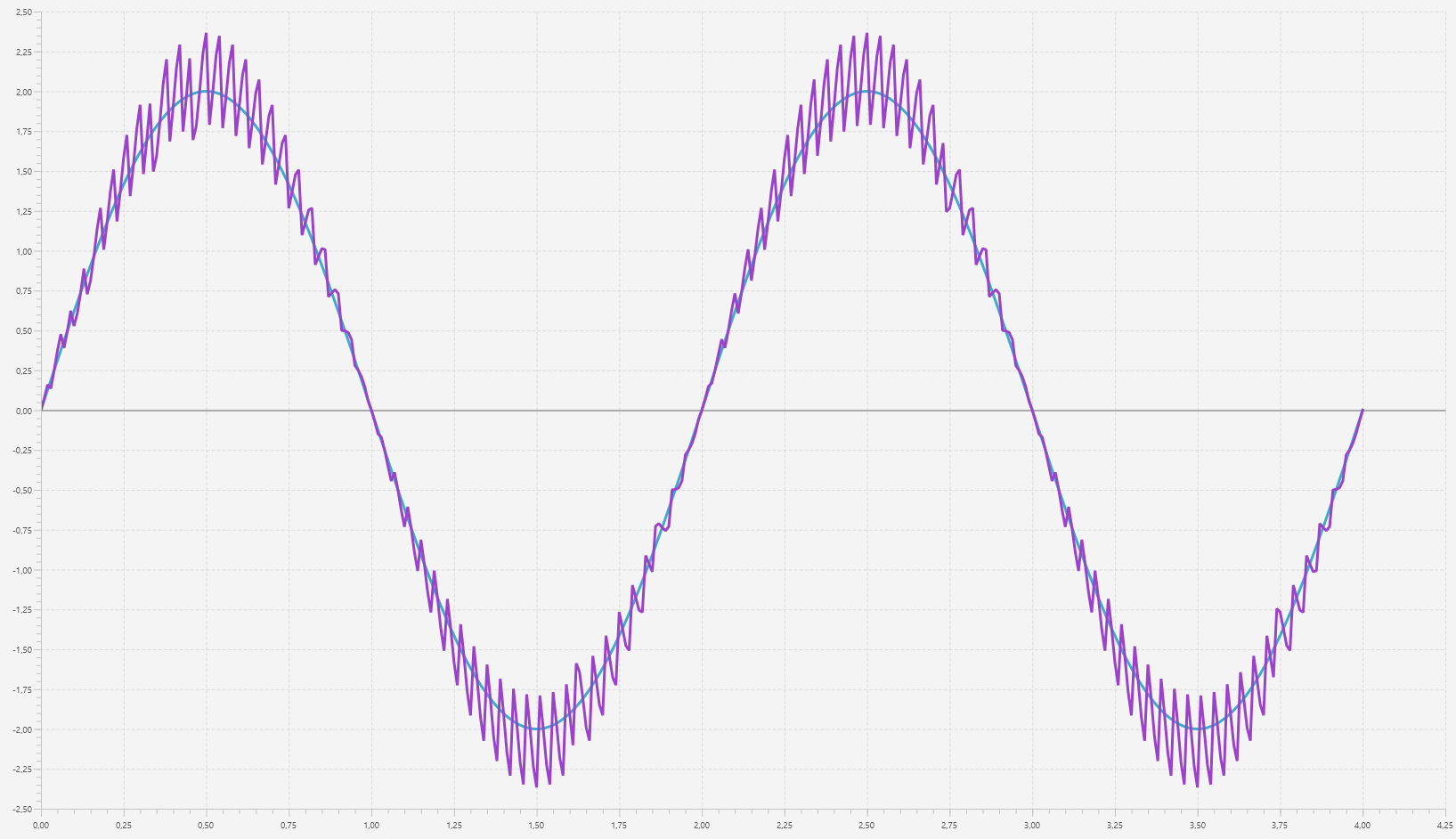
1. Eksperymenty i wyniki

Eksperyment polegał na przetestowaniu różnych wartości granic sumowania oraz różnych częstotliwościach próbkowania dla rekonstrukcji sygnału w oparciu funkcji sinc.

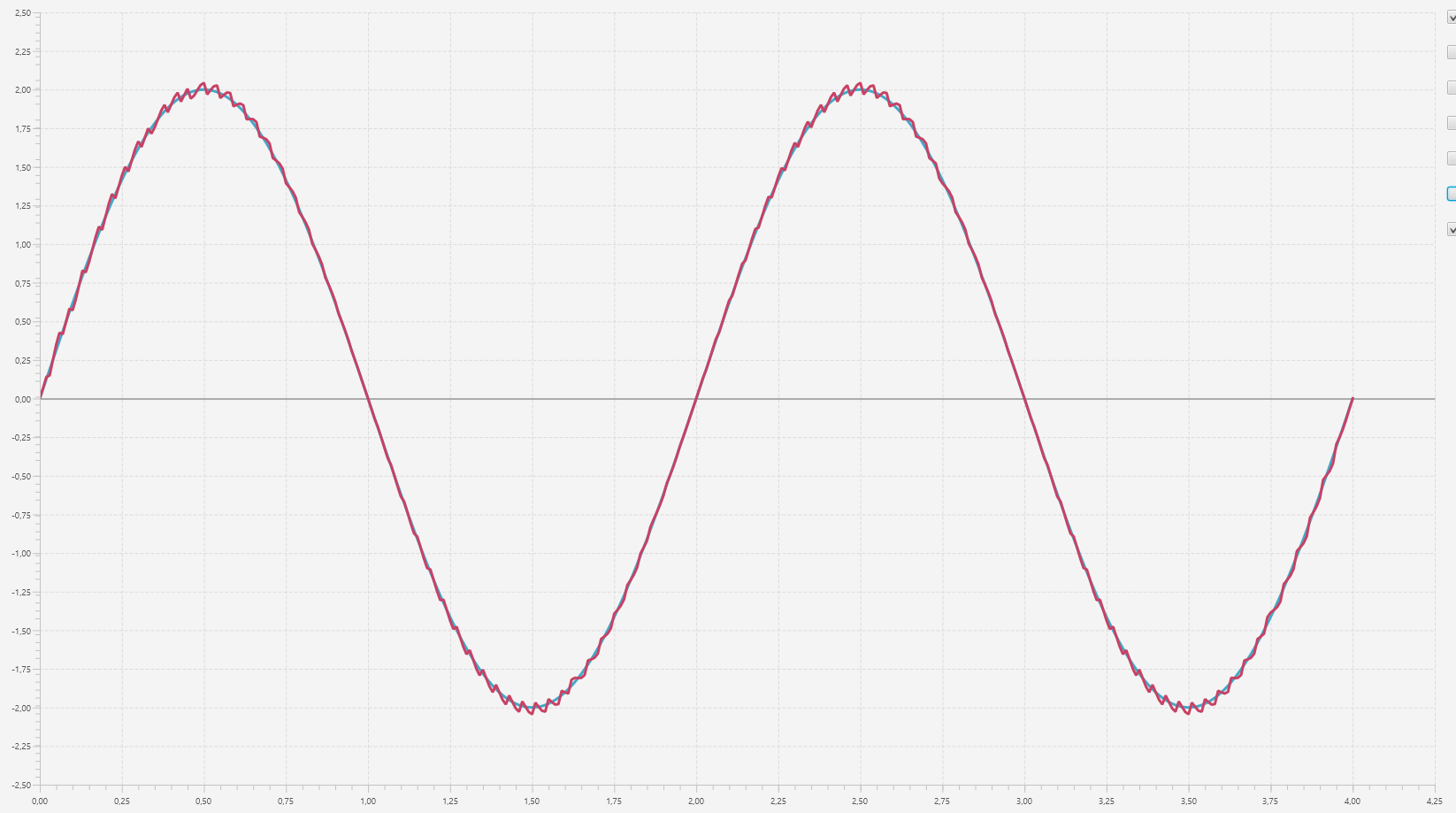
Testy zostały przeprowadzone dla sygnału sinosuidalnego o parametrach: okres = 2s, amplituda = 2, czas początkowy = 0s, czas trwania = 4s.

Rys. 1. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz próbkowaniem z częstotliwością 25Hz.

Rys. 2. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz z kwantyzacja na 3 bitach.

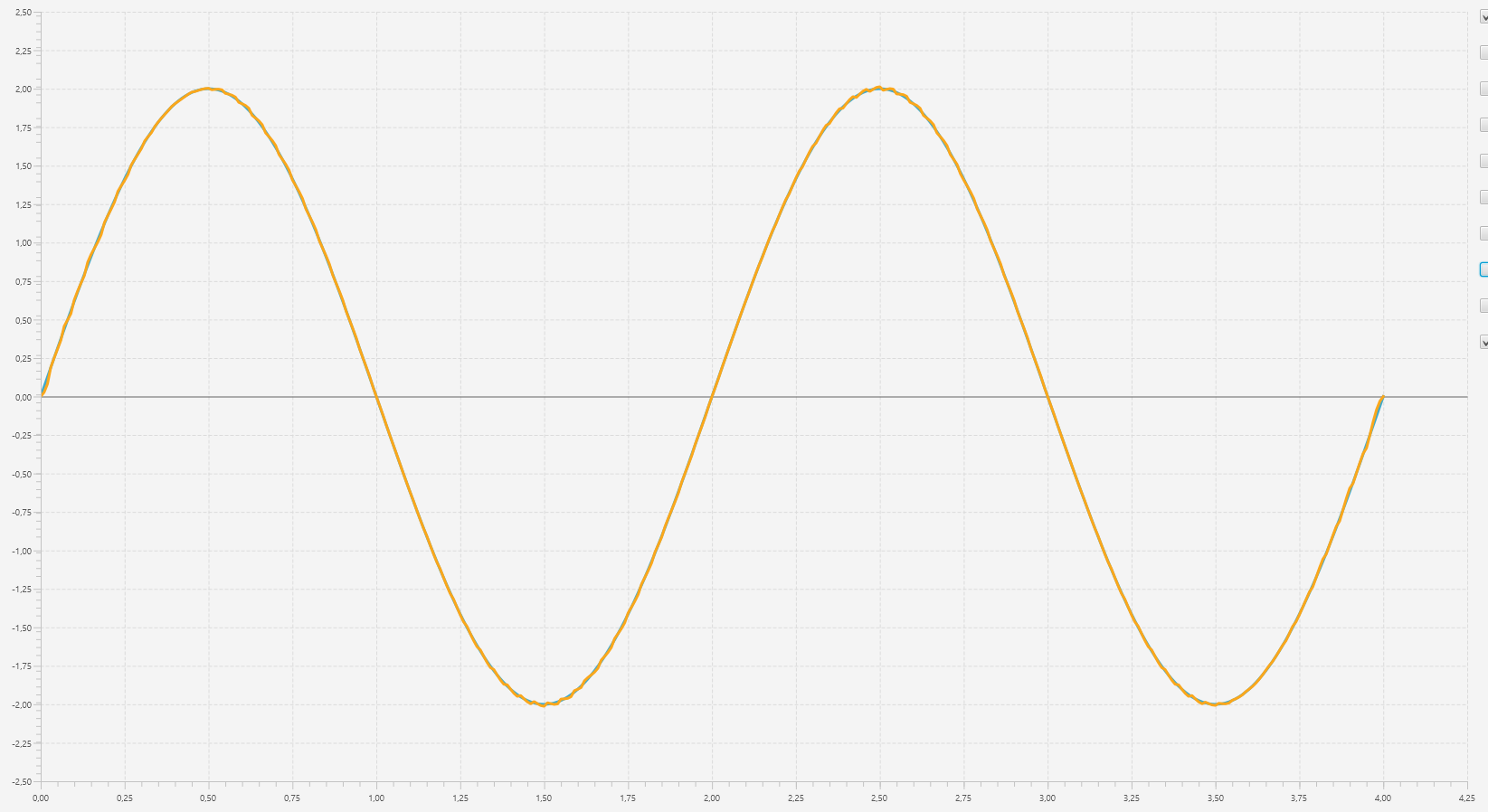
Rys. 3. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz z rekonstrukcja opartej o 4 sąsiadujące punkty i próbkowanie z częstotliwością 25Hz.

|  |  |
| --- | --- |
| Błąd | Wartość |
| MSE | 0.028 |
| SNR | 18.43 |
| PSNR | 19.45 |
| MD | 0.36 |

Tabela. 2. Wartość metryk porównujących sygnały dla rekonstrukcji opartej o 4 sąsiadujące punkty i próbkowanie z częstotliwością 25Hz.

Rys. 3. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz z rekonstrukcja opartej o 16 sąsiadujących punktów i próbkowanie z częstotliwością 25Hz.

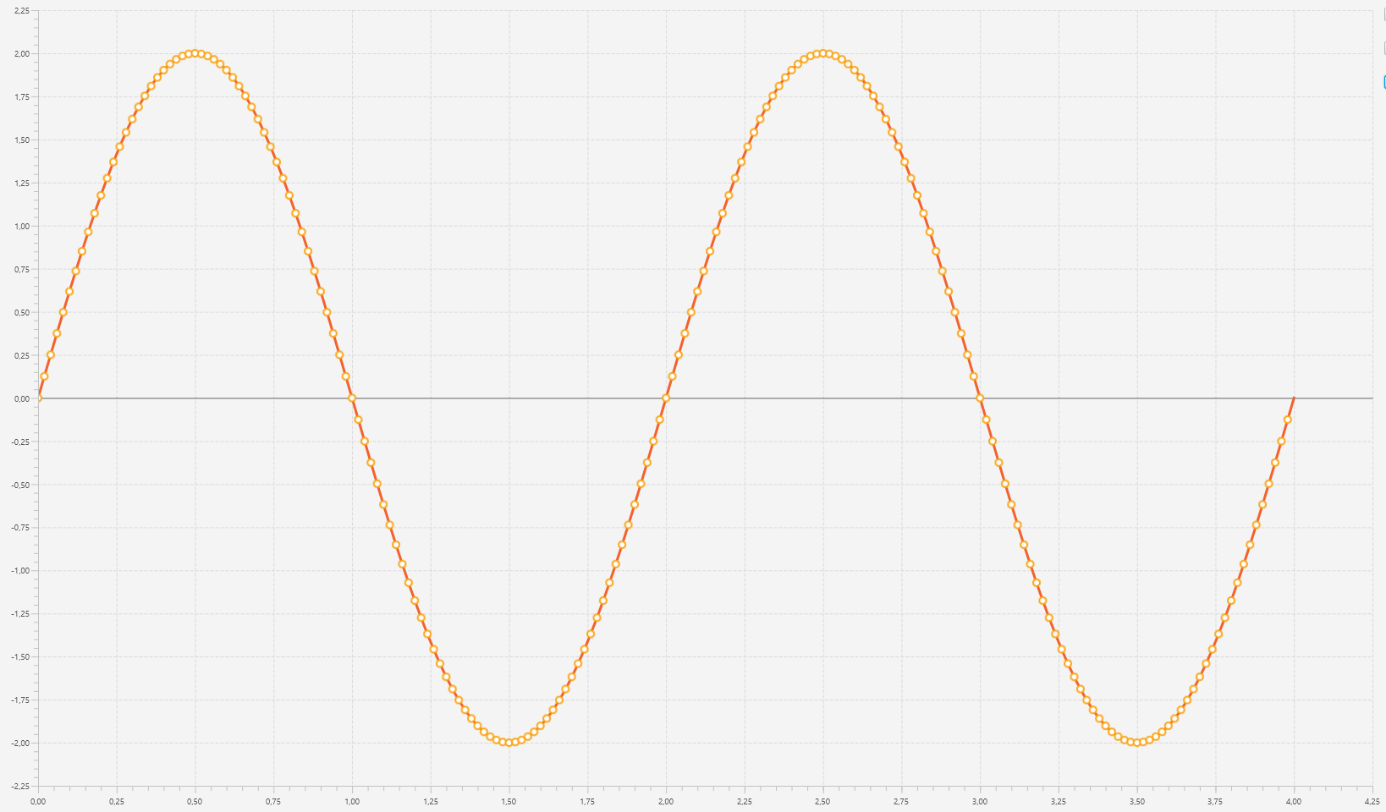
|  |  |
| --- | --- |
| Błąd | Wartość |
| MSE | 0.000054 |
| SNR | 35.65 |
| PSNR | 35.66 |
| MD | 0.0513 |

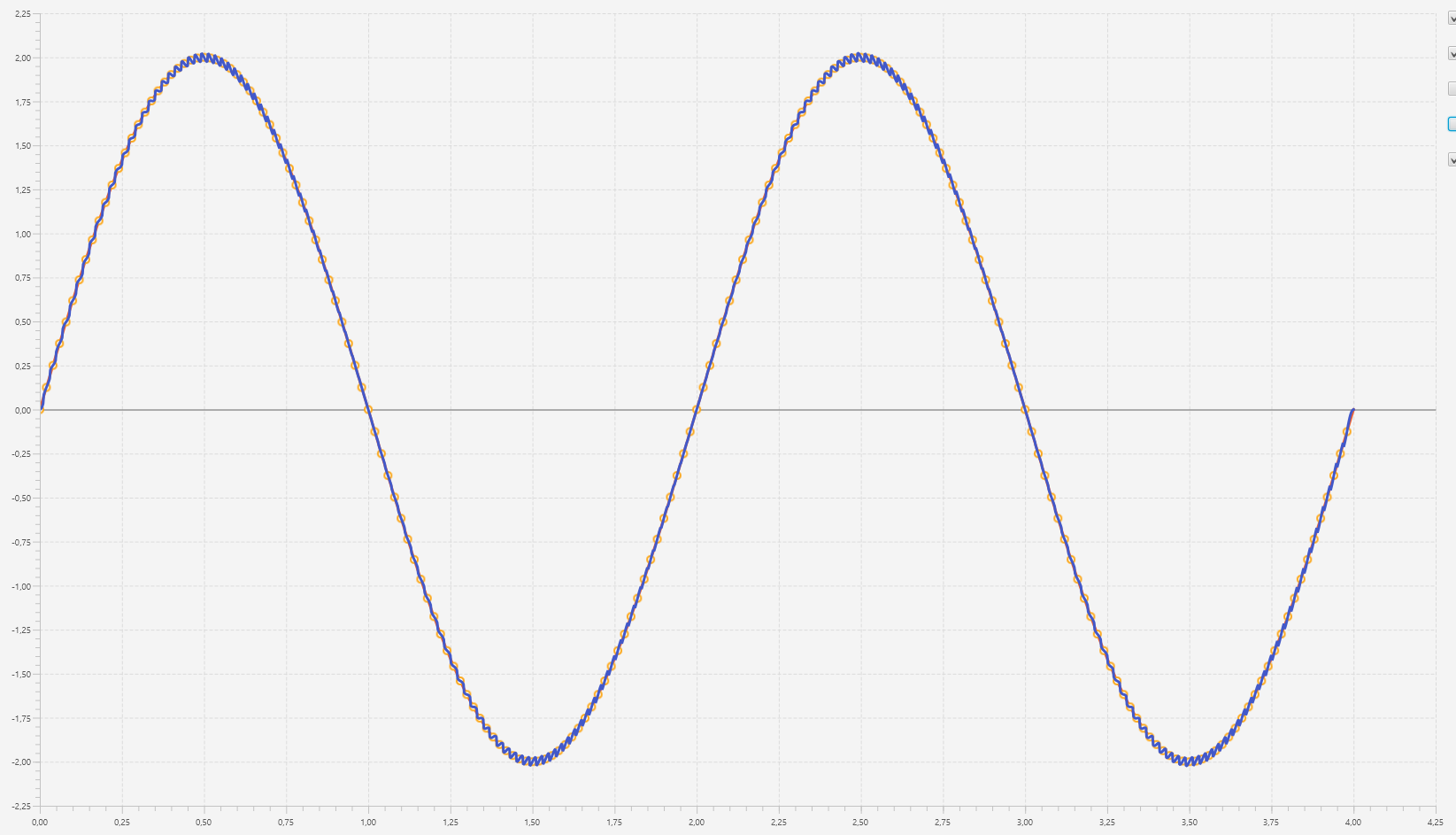
Tabela. 2. Wartość metryk porównujących sygnały dla rekonstrukcji opartej o 16 sąsiadujących punktów i próbkowanie z częstotliwością 25Hz.

Rys. 4. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz z rekonstrukcja opartej o 30 sąsiadujących punktów i próbkowanie z częstotliwością 25Hz.

|  |  |
| --- | --- |
| Błąd | Wartość |
| MSE | 0.000006 |
| SNR | 45.016 |
| PSNR | 45.027 |
| MD | 0.044 |

Tabela. 3. Wartość metryk porównujących sygnały dla rekonstrukcji opartej o 30 sąsiadujących punktów przy częstotliwości próbkowania 25Hz.

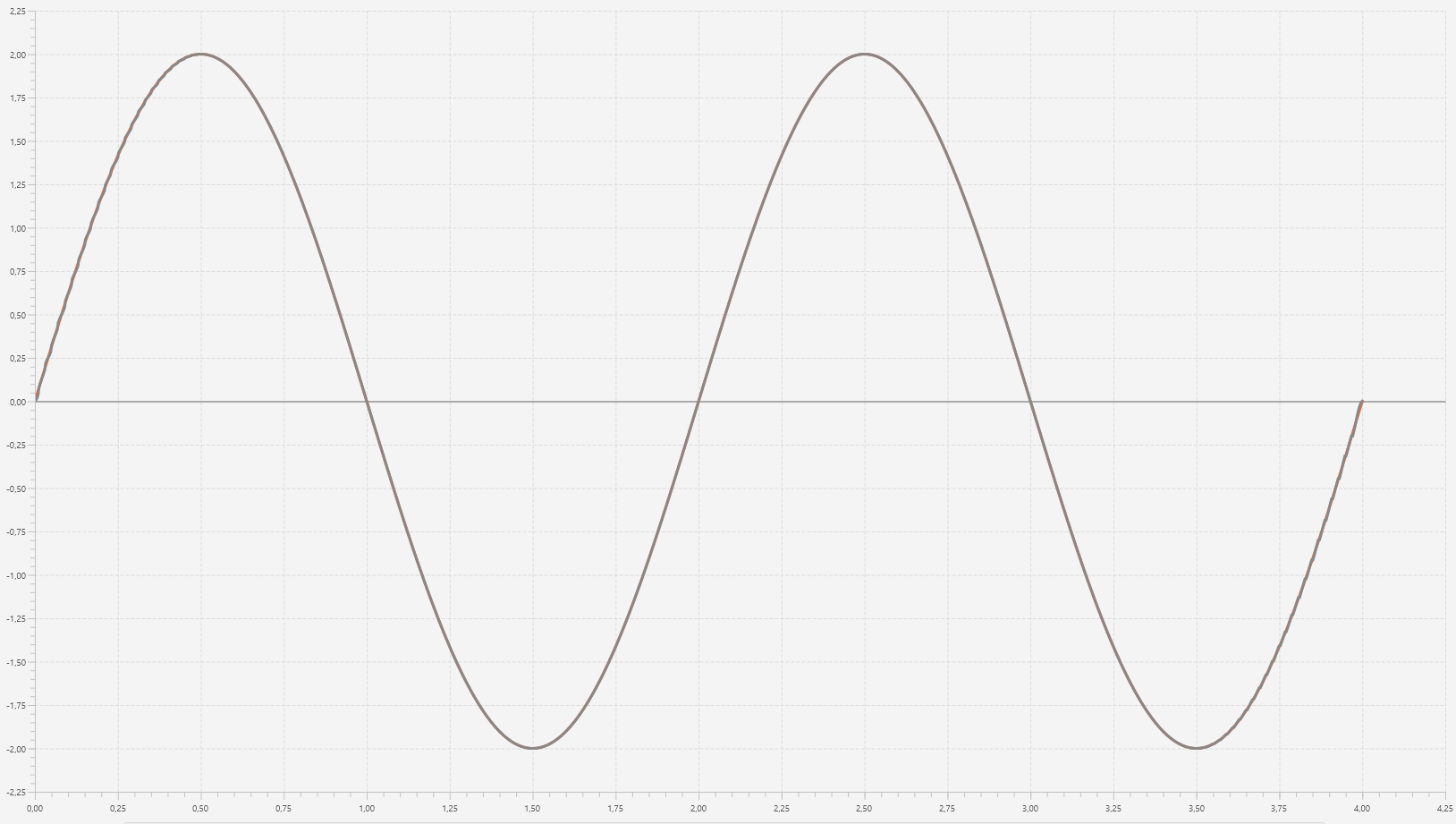
Rys. 5. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz próbkowaniem z częstotliwością 50Hz.



Rys. 6. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz z rekonstrukcja opartej o 30 sąsiadujących punktów i próbkowanie z częstotliwością 50Hz.

|  |  |
| --- | --- |
| Błąd | Wartość |
| MSE | 0.000017 |
| SNR | 40.512 |
| PSNR | 40.518 |
| MD | 0.0293 |

Tabela. 4. Wartość metryk porównujących sygnały dla rekonstrukcji opartej o 30 sąsiadujących punktów przy częstotliwości próbkowania 50Hz.

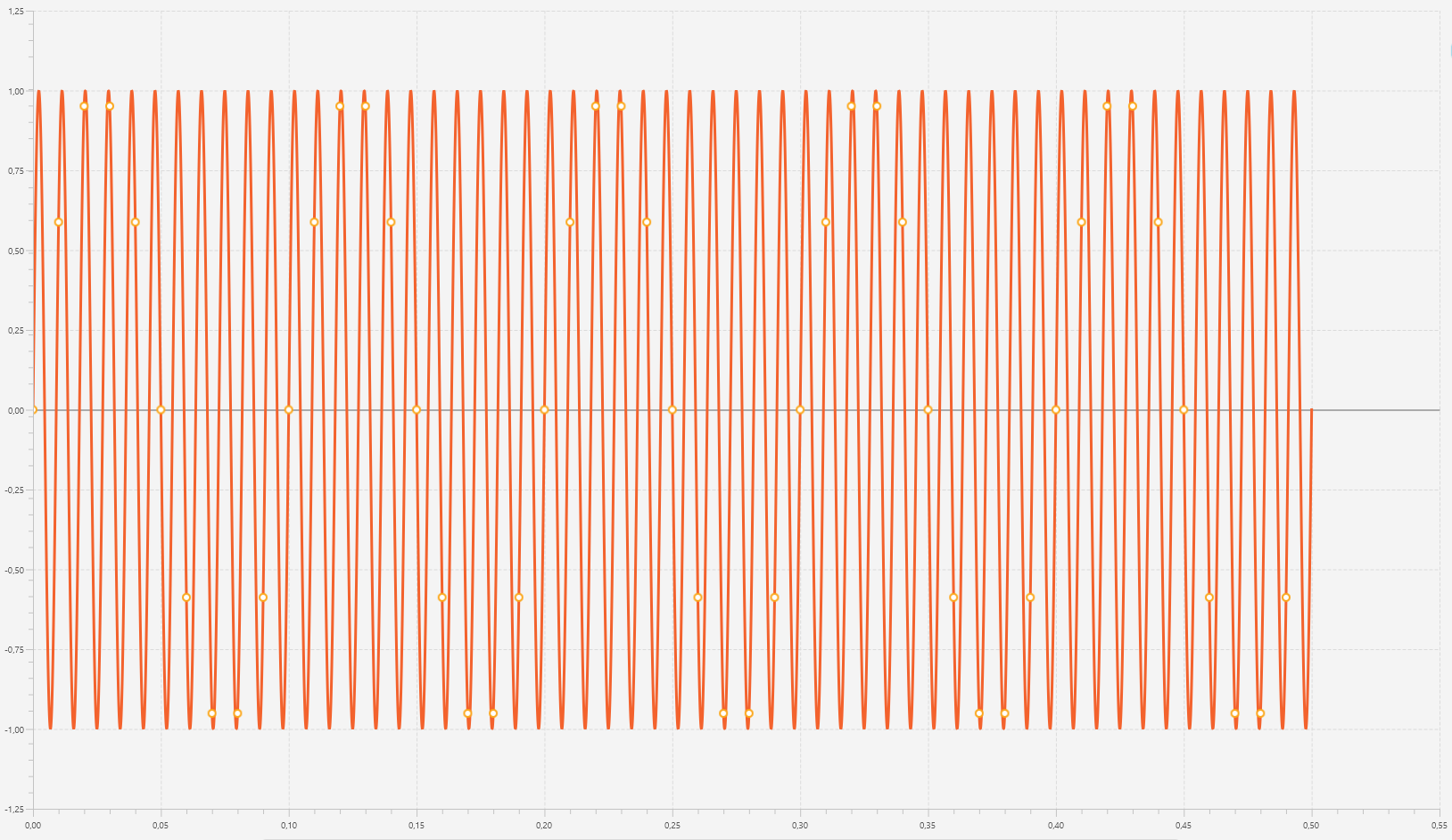


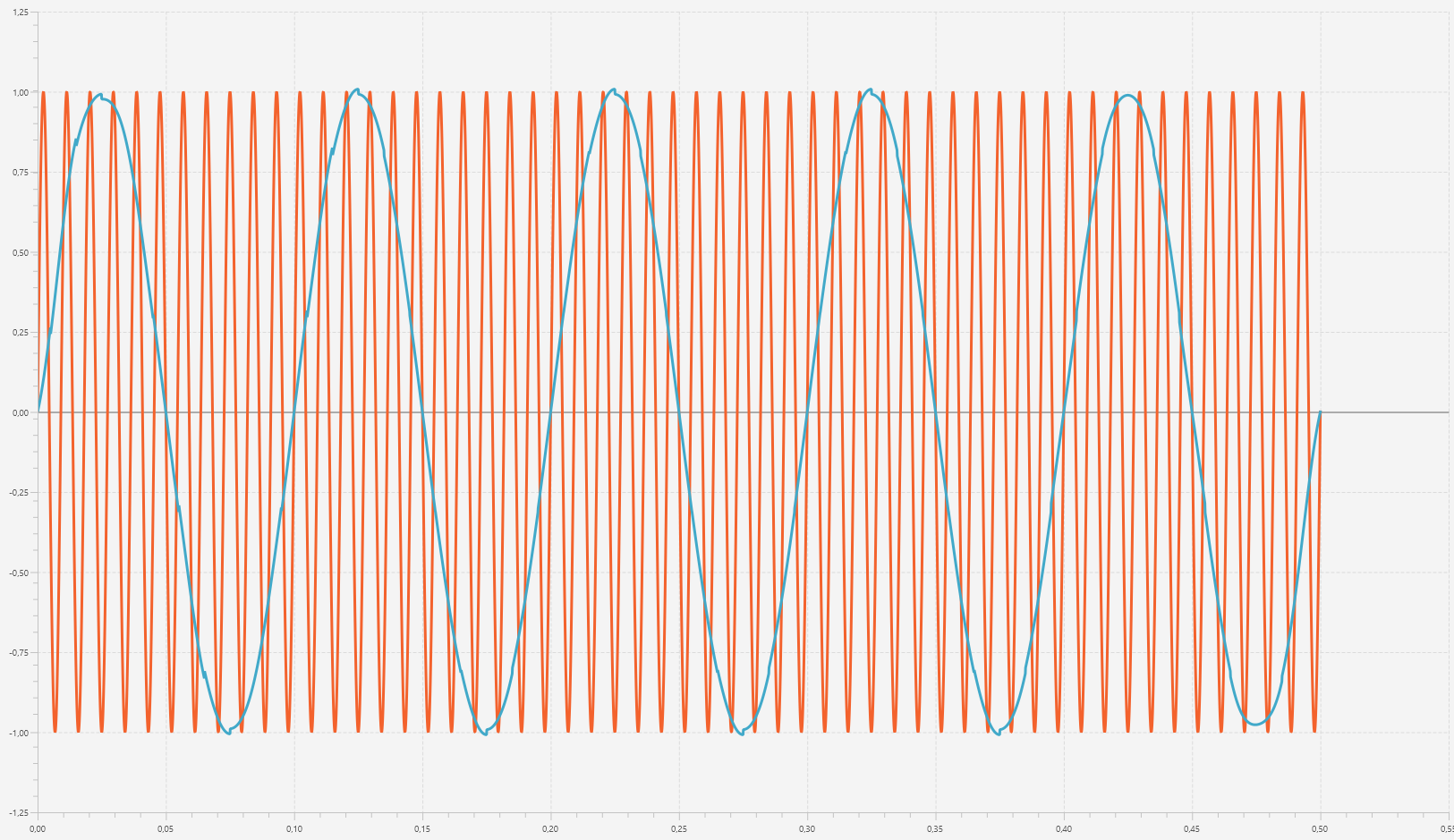
Rys. 7. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz z rekonstrukcja opartej o 50 sąsiadujących punktów i próbkowanie z częstotliwością 50Hz.

|  |  |
| --- | --- |
| Błąd | Wartość |
| MSE | 0.0000012 |
| SNR | 52.096 |
| PSNR | 40.518 |
| MD | 0.0246 |

Tabela. 5. Wartość metryk porównujących sygnały dla rekonstrukcji opartej o 50 sąsiadujących punktów przy częstotliwości próbkowania 50Hz.

Dodatkowo zademonstrowano zjawisko aliasingu, na początek wygenerowano sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1110Hz i amplitudzie 1, następnie próbkowano ten sygnał z częstotliwością 1000Hz i zrekonstruowano go w oparciu o funkcje sinc.



Rys. 8. Wykres sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 1100Hz oraz próbki otrzymane przy próbkowaniu o częstotliwości 100Hz.

Rys. 9. Wykres sygnału sinusoidalnego wraz z rekonstrukcja opartej o 25 sąsiadujących punktów.

|  |  |
| --- | --- |
| Błąd | Wartość |
| MSE | 1.0 |
| SNR | -3.01 |
| PSNR | -0.0014 |
| MD | 2.008 |

Tabela. 6. Wartość metryk porównujących sygnały dla zjawiska aliasingu

1. Wnioski

* Dokładność rekonstrukcji opartej na funkcji sinc jest zależna od liczby sąsiadujących próbek, im wyższa tym rekonstrukcja sygnału jest dokładniejsza.
* Im większa częstotliwość próbkowania tym więcej sąsiadujących próbek jest potrzebnych do rekonstrukcji sygnału.
* Zjawisko aliasingu powoduje, że rekonstrukcja próbkowanego sygnału jest nieprawidłowa

1. Bibliografia
   * Instrukcja do ćwiczenia drugiego https://ftims.edu.p.lodz.pl/pluginfile.php/13449/mod\_resource/content/0/zadanie2.pdf