**Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych**

**Politechnika Warszawska**

**Modelowanie i identyfikacja**

**Sprawozdanie z projektu I, zadanie 43**

**Analiza dynamicznego modelu ciągłego opisanego w przestrzeni stanu**

**Konrad Winnicki**

Warszawa, 23 kwietnia 2018

Obiekt dynamiczny opisany jest ciągłym modelem w przestrzeni stanu

d*x*1(*t*)

d*t*

= *−*

*T*1 + *T*2

*T*1*T*2

*x*1(*t*) + *x*2(*t*)

d*x*2(*t*)

d*t*

= *−*

1

*T*1*T*2

*x*1(*t*) +

*K*

*T*1*T*2

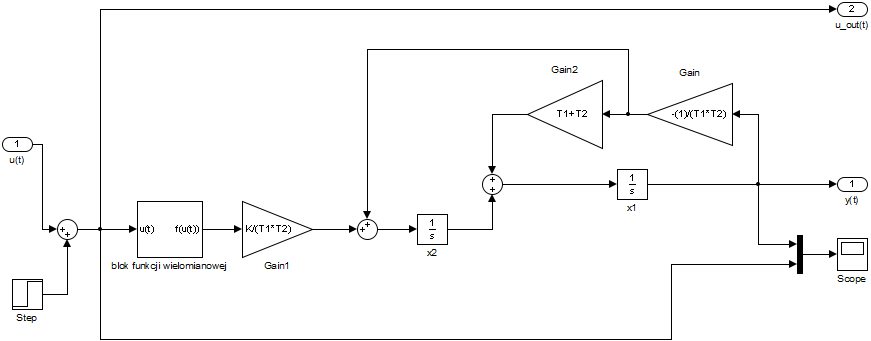
(*\_*1*u*(*t*) + *\_*2*u*2(*t*) + *\_*3*u*3(*t*) + *\_*4*u*4(*t*))

*y*(*t*) = *x*1(*t*)

gdzie: *K* = 3*,*5, *T*1 = 5, *T*2 = 9, *\_*1 = 0*,*39, *\_*2 = 0*,*45, *\_*3 = *−*2*,*91, *\_*4 = 0*,*25, sygnał sterujacy

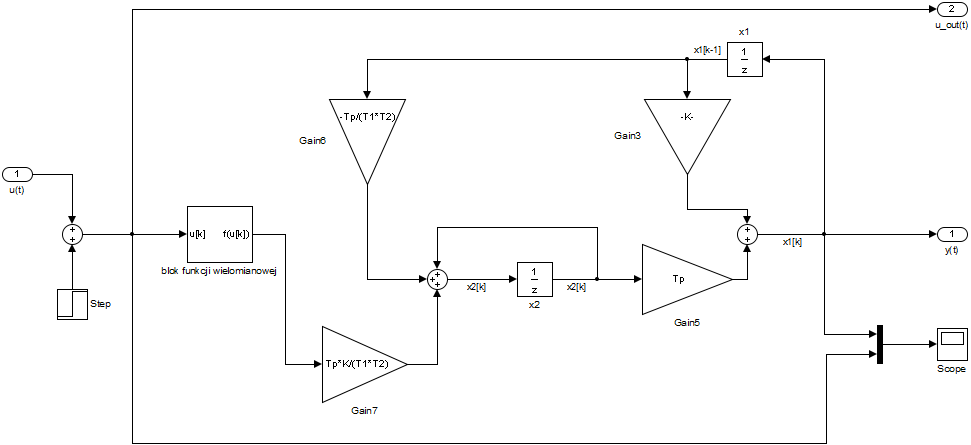
spełnia warunek *−*1 *¬ u ¬* 1.

1. **Reprezentacja graficzna dynamicznego modelu ciągłego**

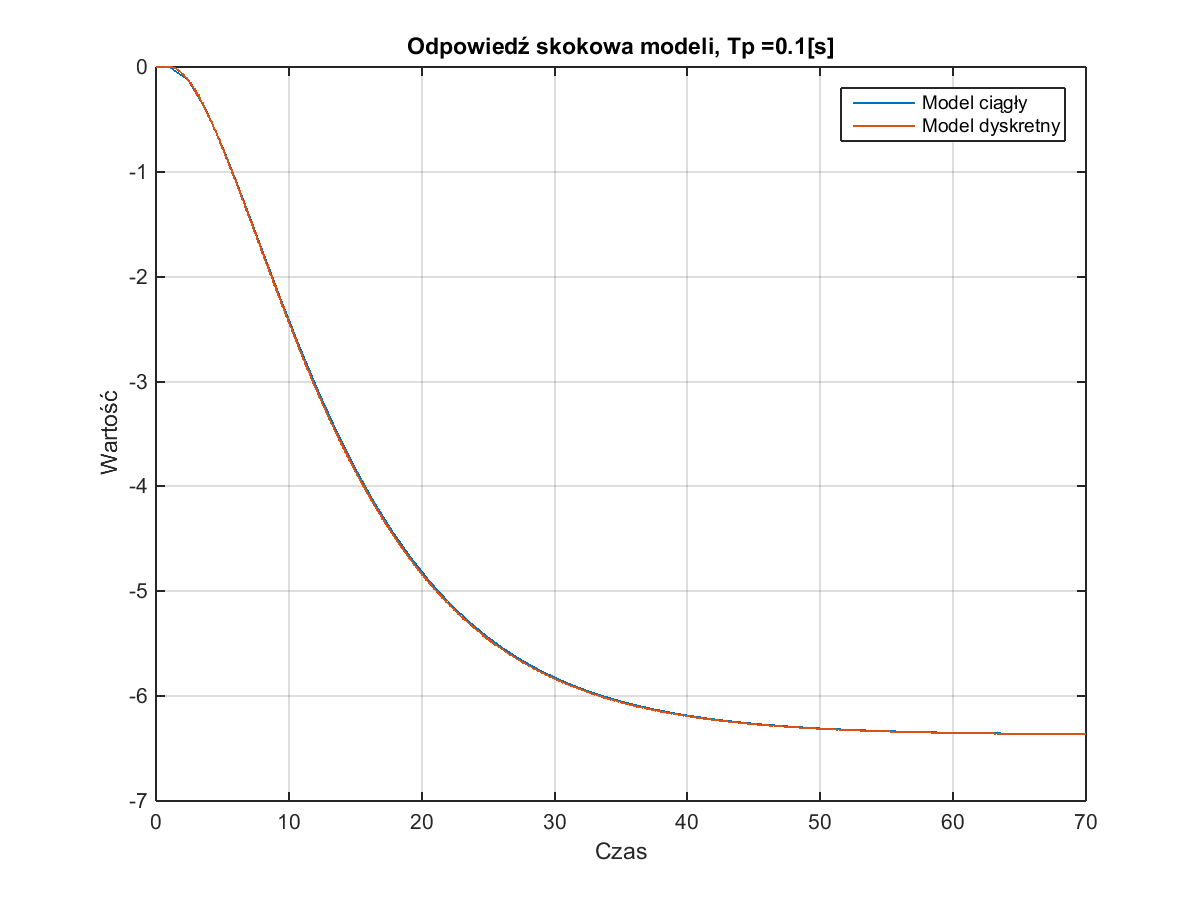


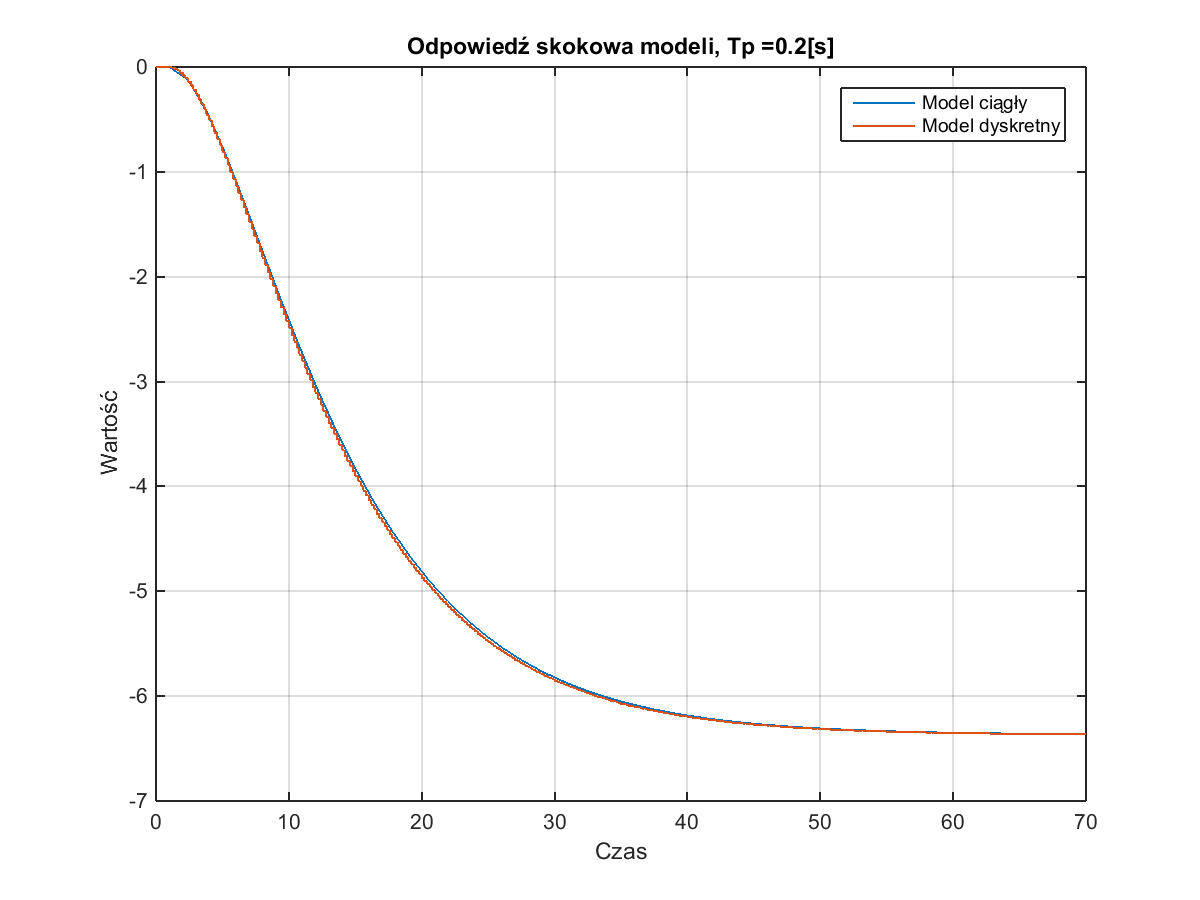
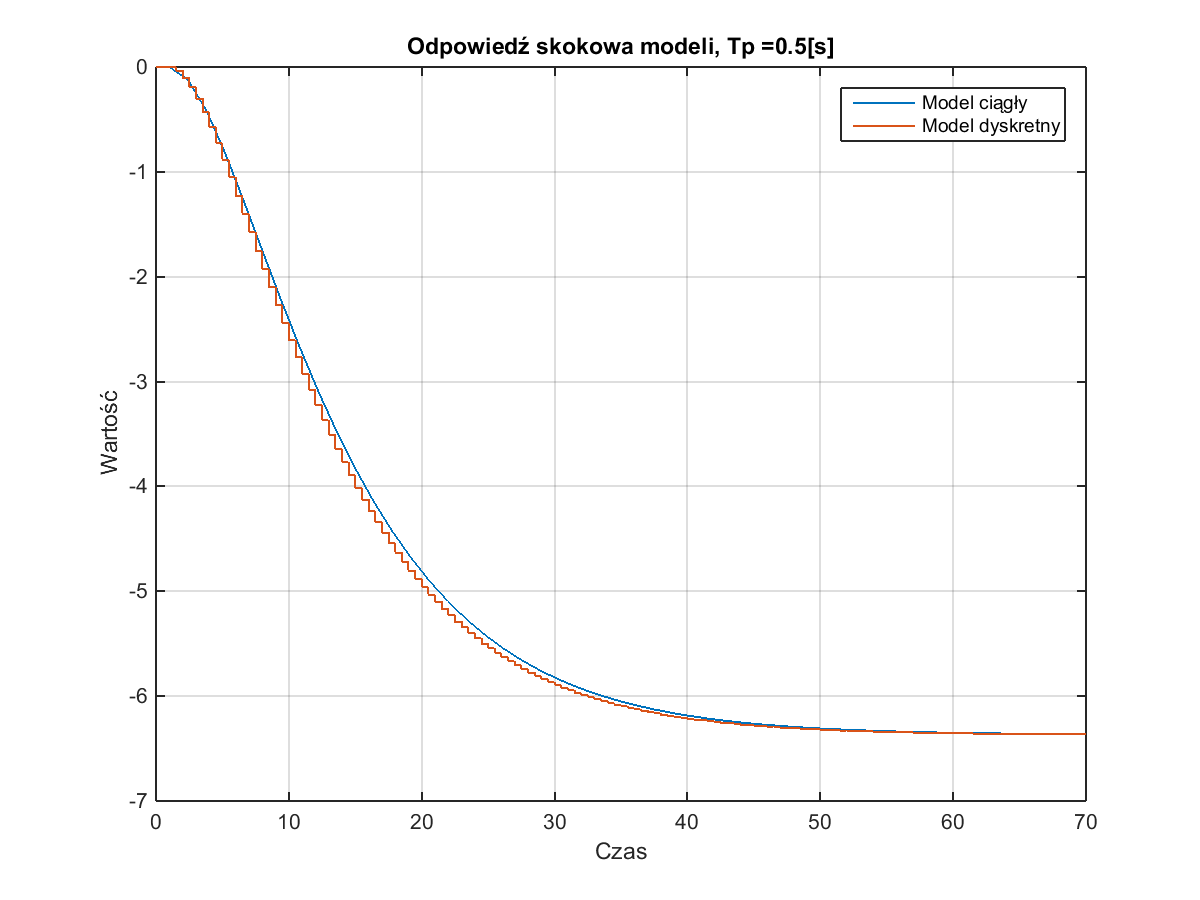
Rys. 1 - Reprezentacja graficzna dynamicznego modelu ciągłego

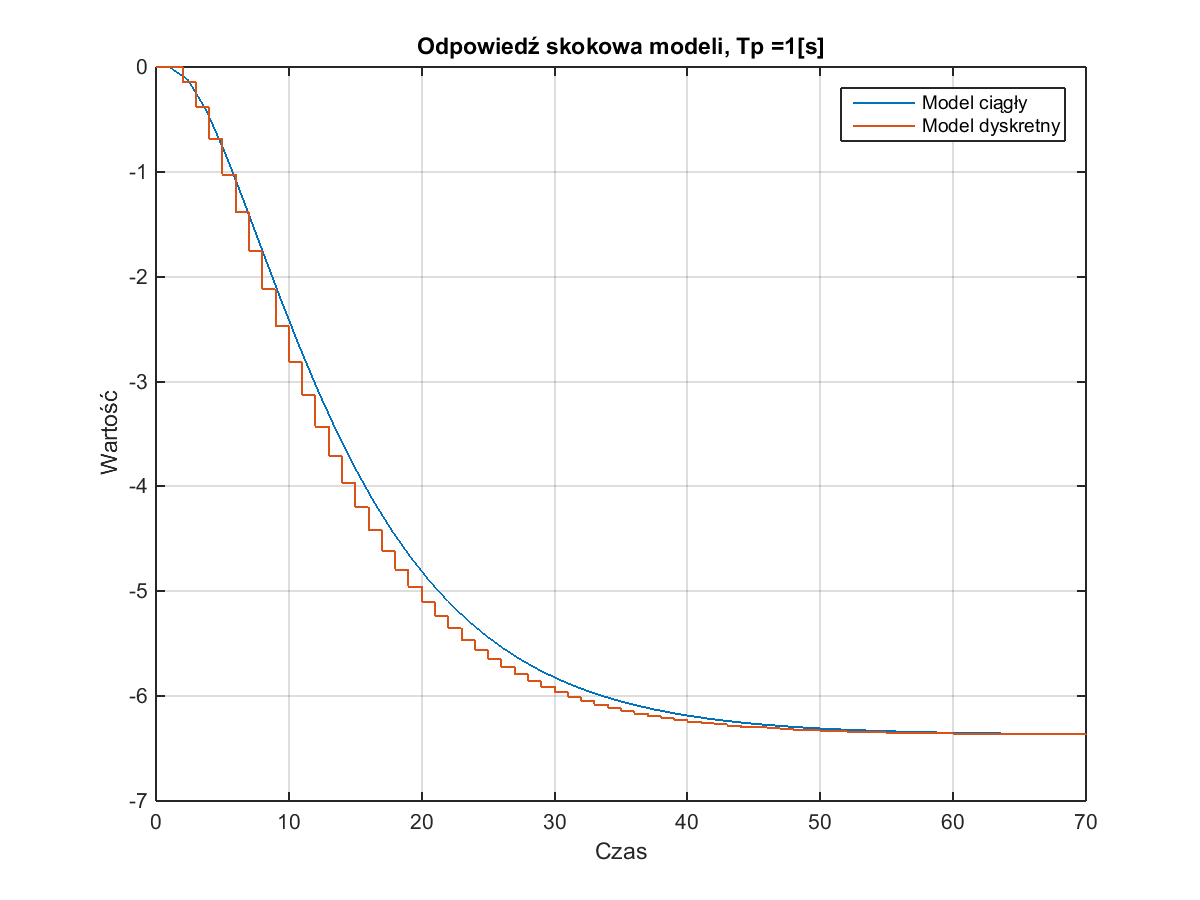
1. **Wyprowadzenie dynamicznego modelu dyskretnego oraz jego reprezentacja graficzna**
   * W celu dyskretyzacji modelu ciągłego zastosowałem metodę dyskretyzacji Eulera w tył
   * Metoda ta polega na obliczaniu różnicy przyrostowej w okresie pomiędzy próbką bieżącą - x[k], a poprzednią - x[k-1]. Przy czym okres próbkowania jest oznaczany jako . Metodę opisuje wzór:
     + x(t) = x[k]-x[k-1] /
   * x1
   * x2
   * y
   * x1
   * x2
   * y
   * Reprezentacja graficzna wyznaczonego modelu:

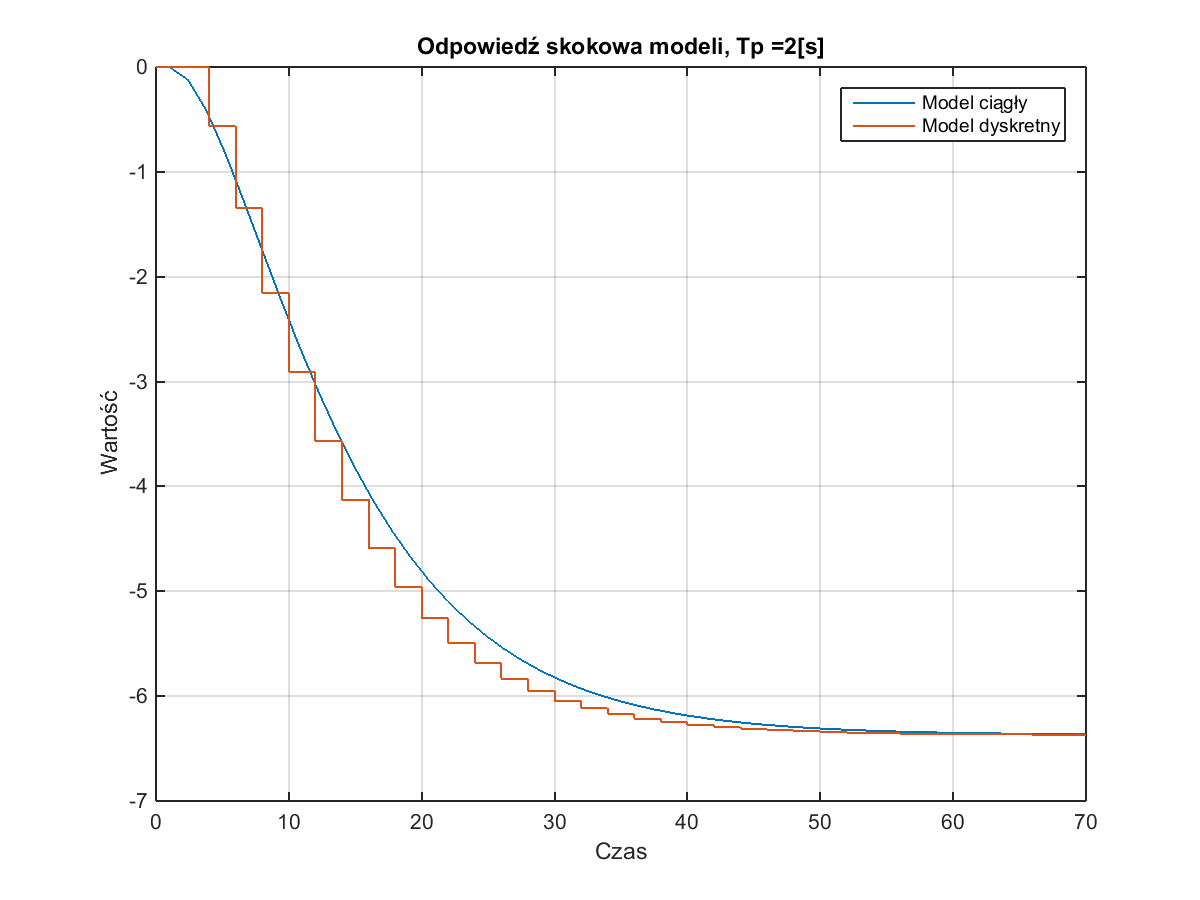
Rys. 2 – Reprezentacja graficzna dynamicznego modelu ciągłego

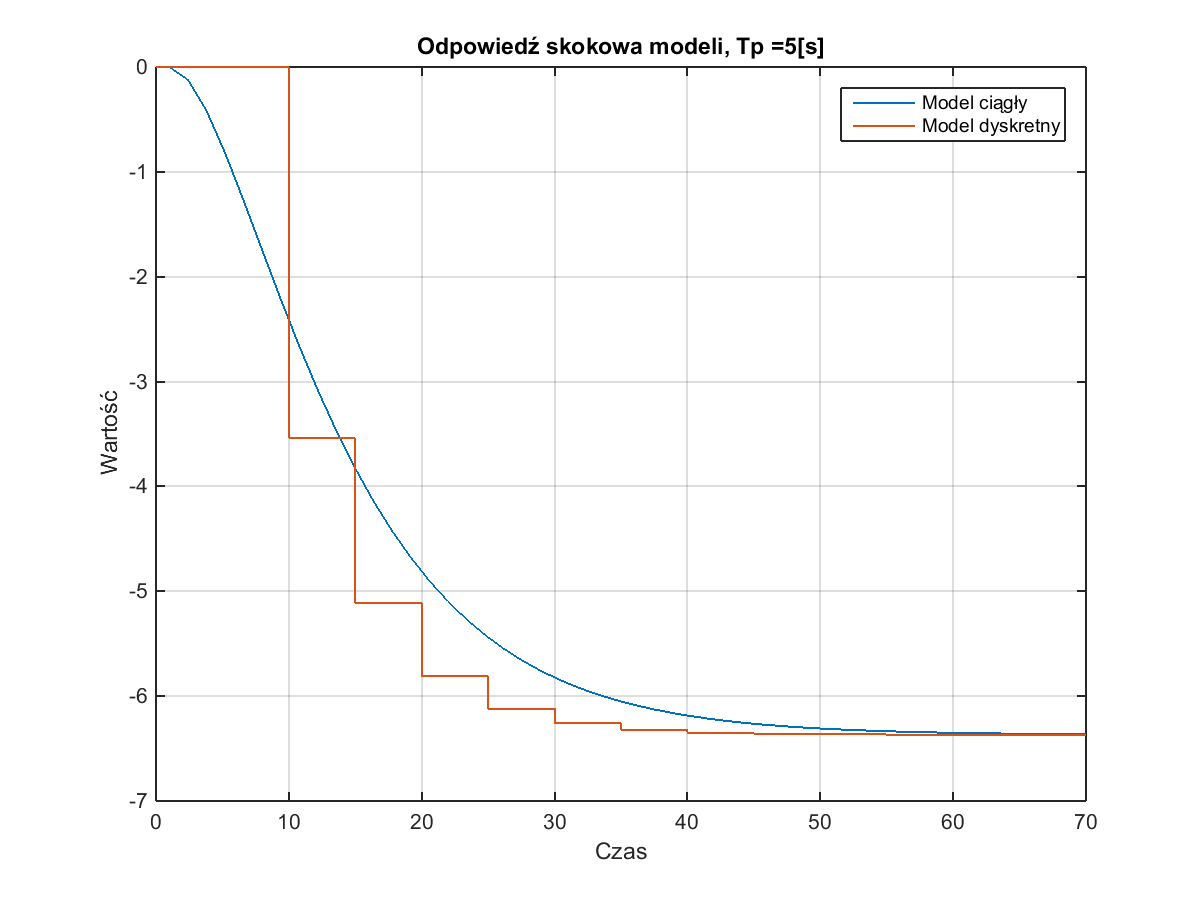
1. **Symulacja dynamicznego modelu ciągłego i dyskretnego dla skoku jednostkowego przy zerowych warunkach początkowych i zmiennym okresie próbkowania .**

Rys. 3 – Odpowiedź skokowa dla = 0.1[s]

 Rys. 4 – Odpowiedź skokowa dla = 0.2[s] Rys. 5 – Odpowiedź skokowa dla = 0.5[s]

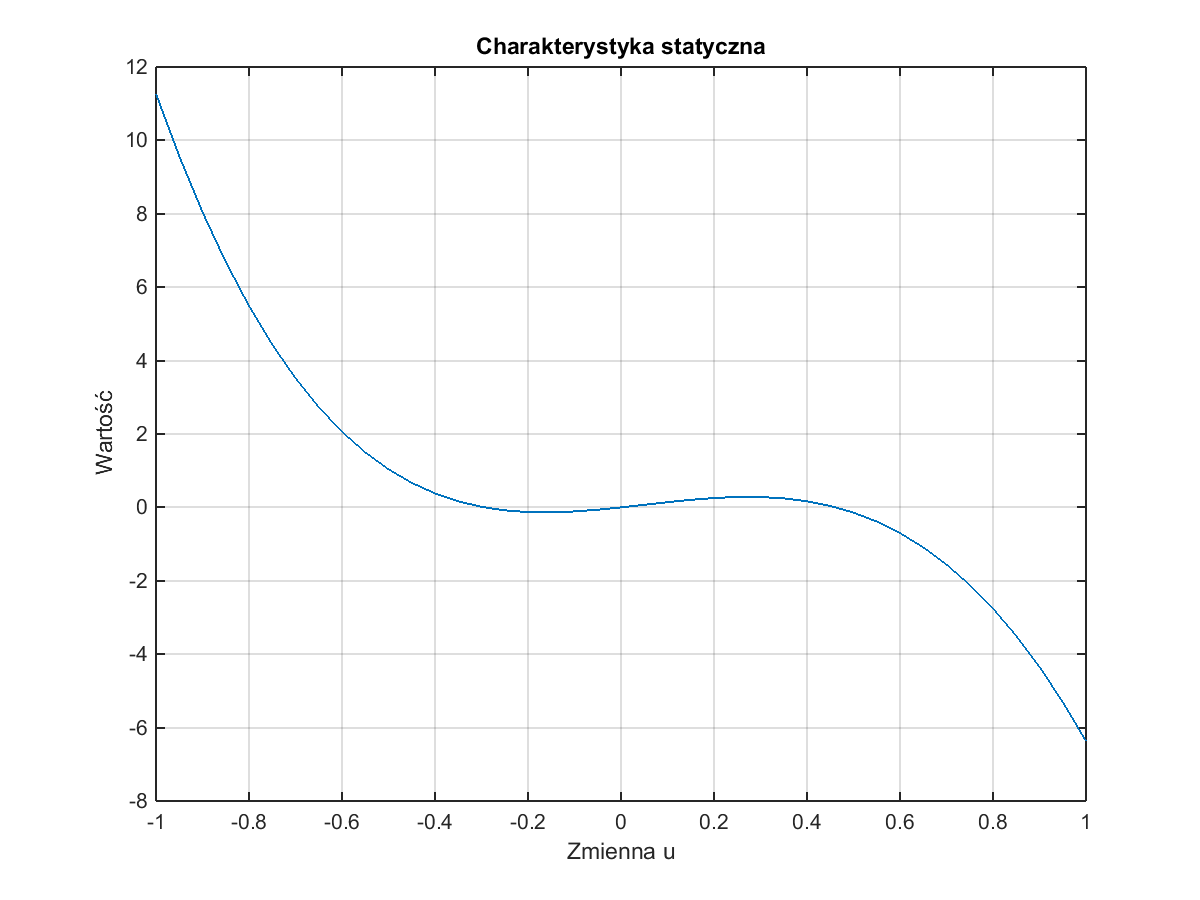
 Rys. 6 – Odpowiedź skokowa dla = 1.0[s]

 Rys. 7– Odpowiedź skokowa dla = 2.0[s]

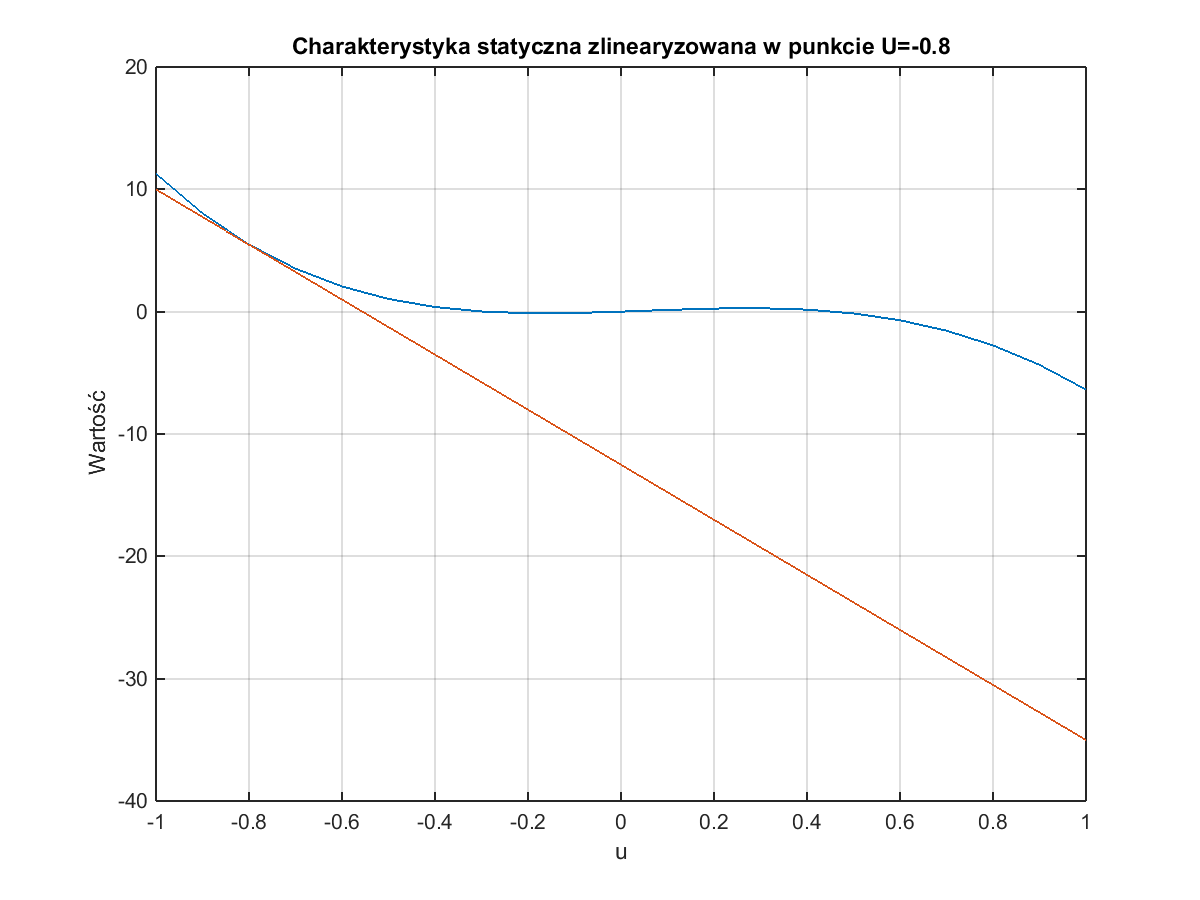
 Rys. 8 – Odpowiedź skokowa dla = 5.0[s]

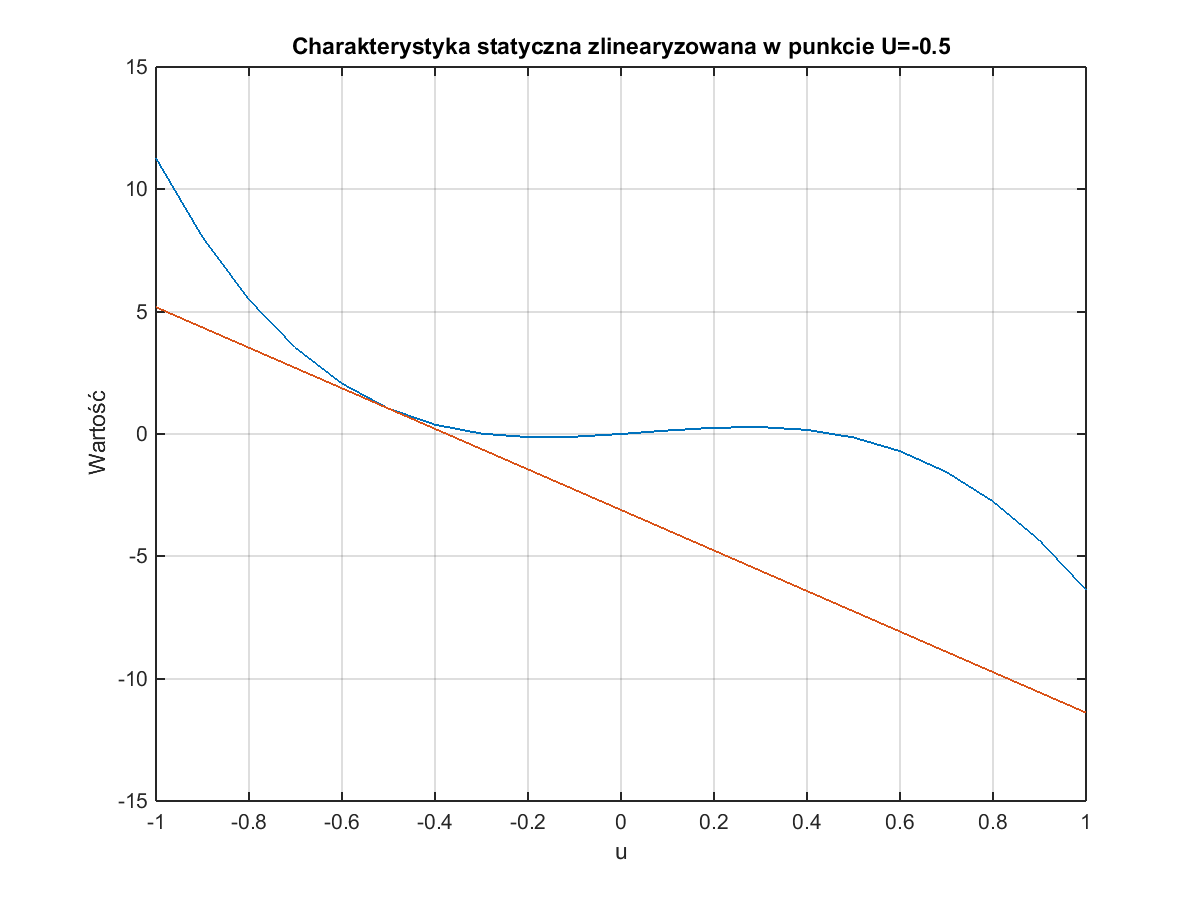
* + Model dyskretny charakteryzuje się „schodkową” charakterystyką, zmiany sygnału wyjściowego następują okresowo. Przebieg sygnału wyjściowego dla okresu próbkowania mniejszego niż jedna sekunda jest…TO DO: opis

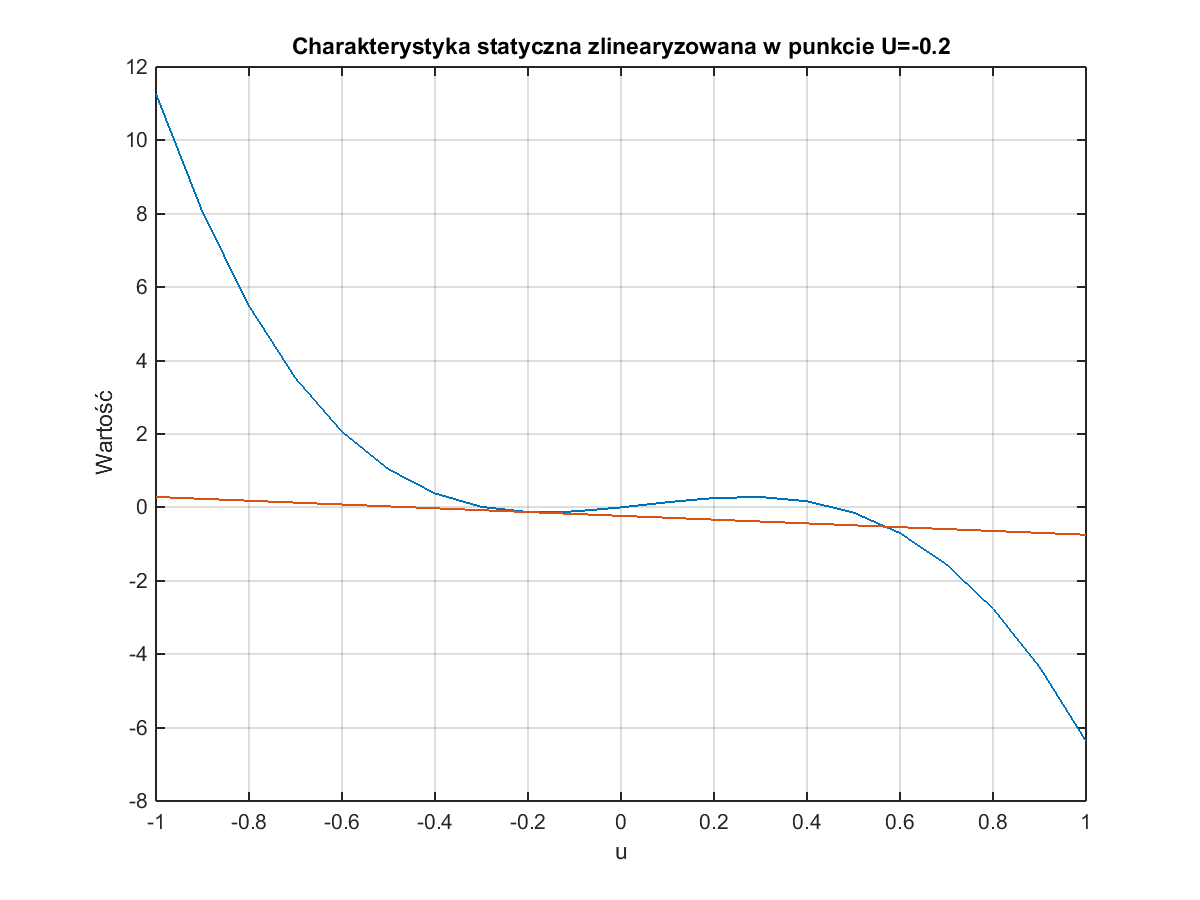
1. **Charakterystyka statyczna modelu ciągłego**
   * Aby wyznaczyć charakterystykę statyczną modelu przyjąłem wartość pochodnych dx1/dt i dx2/dt jako zero co pozwoliło wyprowadzić wzór na charakterystykę statyczną modelu
   * 0 =
   * 0 =
   * y=
   * x1=
   * x2=
   * y =

Rys. 10 – Charakterystyka statyczna modelu ciągłego

1. **Analityczne wyznaczenie charakterystyki statycznej zlinearyzowanej w dowolnym punkcie linearyzacji** 
   * Obliczenia
2. **Porównanie nieliniowej i zlinearyzowanej charakterystyki statycznej dla różnych punktów linearyzacji** 
   * Przedstawione poniżej punkty linearyzacji wybrałem na podstawie analizy średniego błędu linearyzacji, polegało to na przeliczeniu charakterystyki dla wielu potencjalnych punktów linearyzacji i wyznaczeniu współczynnika błędu linearyzacji. Otrzymałem w ten sposób zestaw wykresów z których wybrałem dwa potencjalnie najlepsze i jeden punkt jako przykład potencjalnie nieprzydatnego punktu linearyzacji

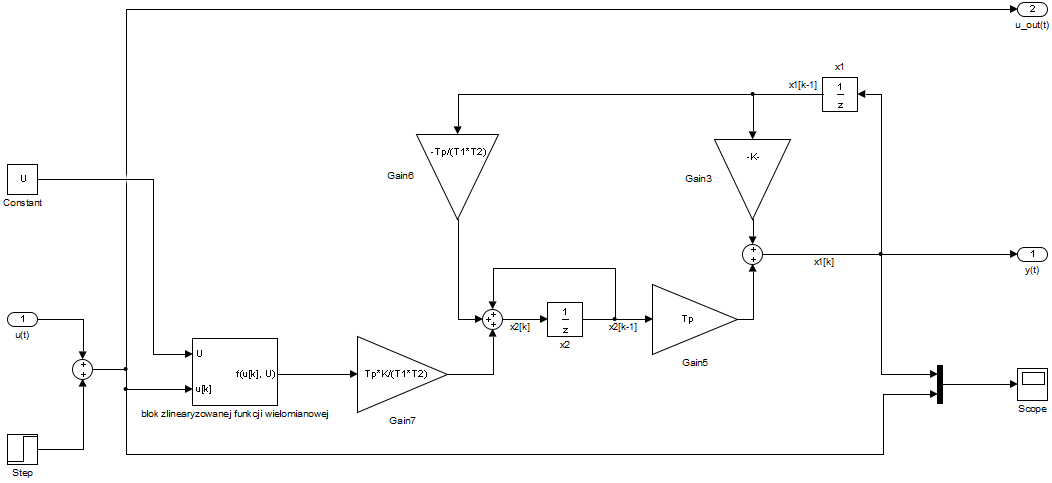
Rys . 11 – Wspólne charakterystyki statyczne U = - 0.8

 Rys . 12 – Wspólne charakterystyki statyczne U = - 0.5

Rys . 13 – Wspólne charakterystyki statyczne = - 0.2

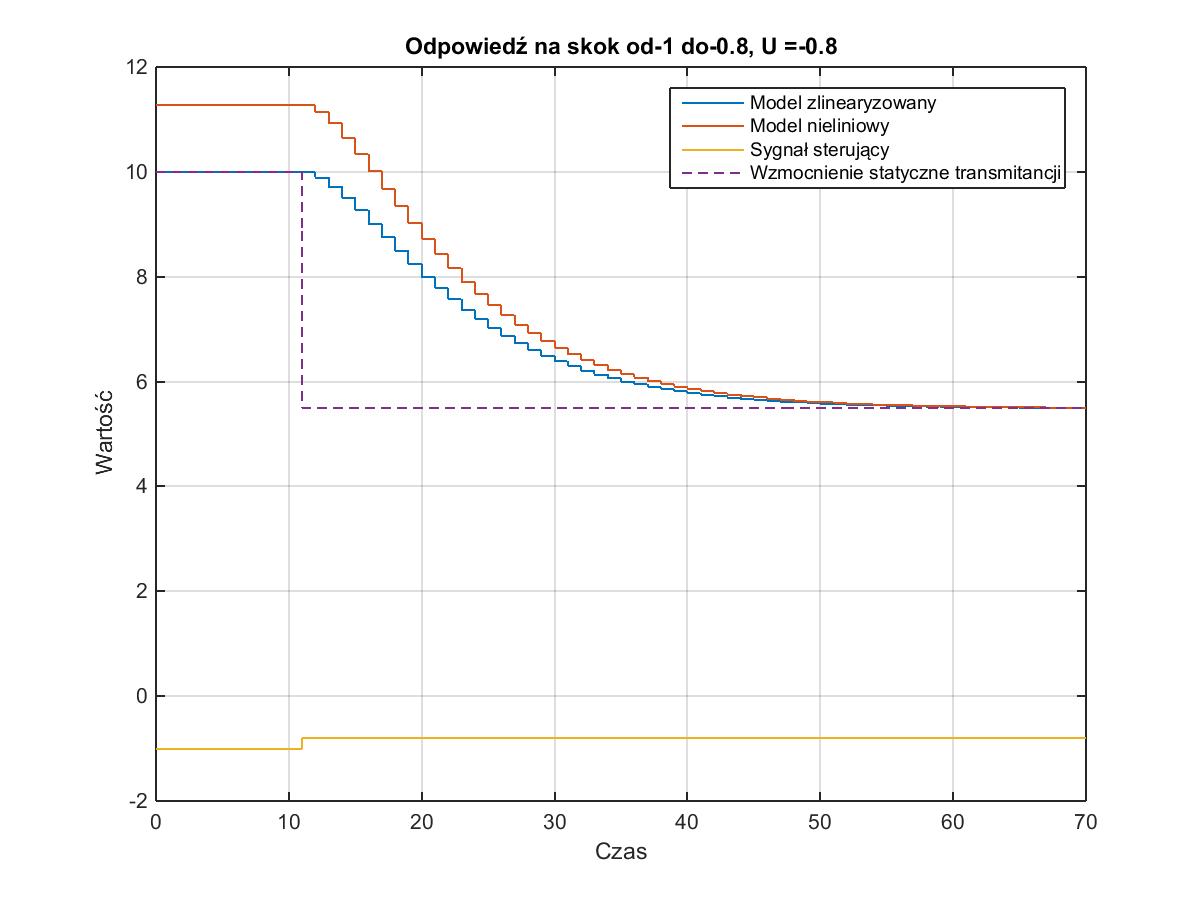
Opis wykresów

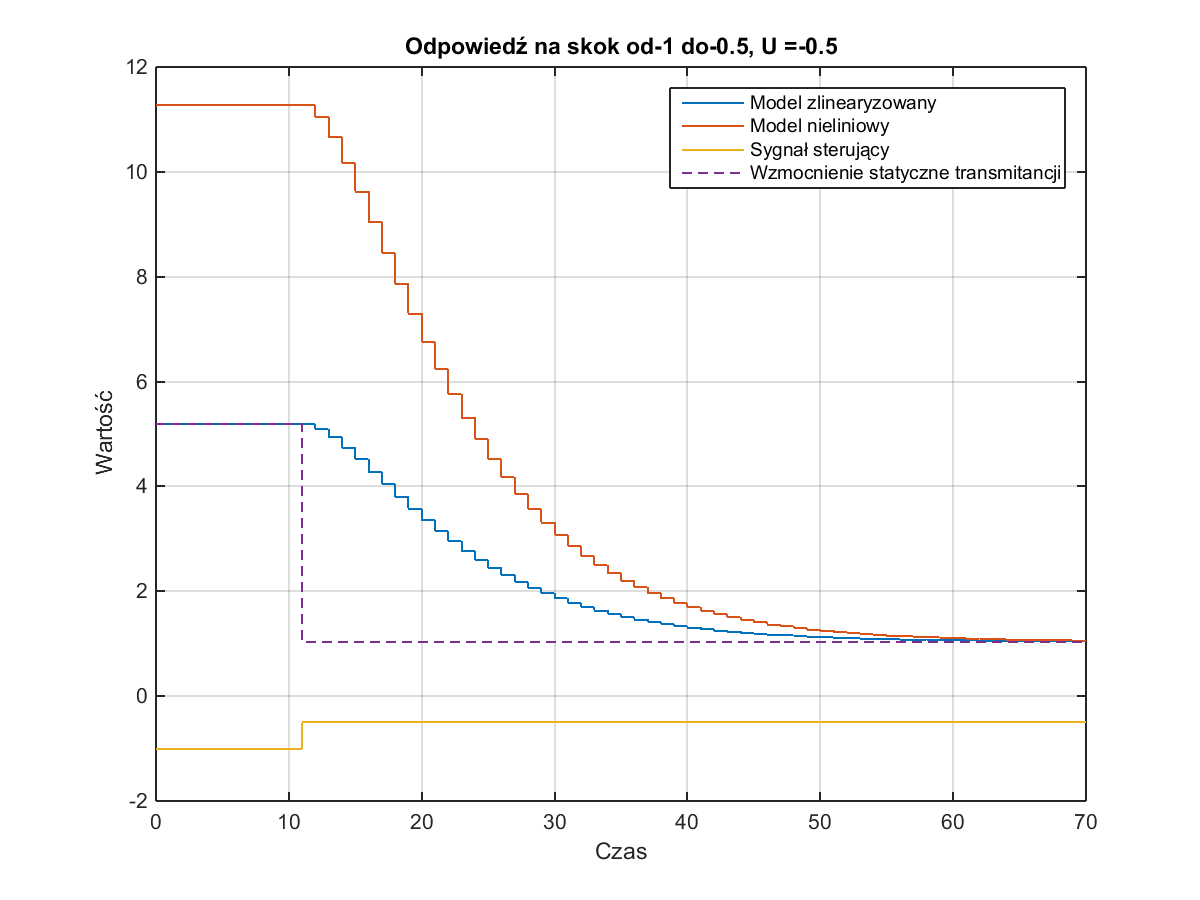
1. **Dynamiczny dyskretny model zlinearyzowany w dowolnym punkcie linearyzacji** 
   * Nieliniowość wprowadza człon wielomianowej funkcji wejściowej
   * Obliczenia
2. **Reprezentacja graficzna zlinearyzowanego dynamicznego modelu dyskretnego**

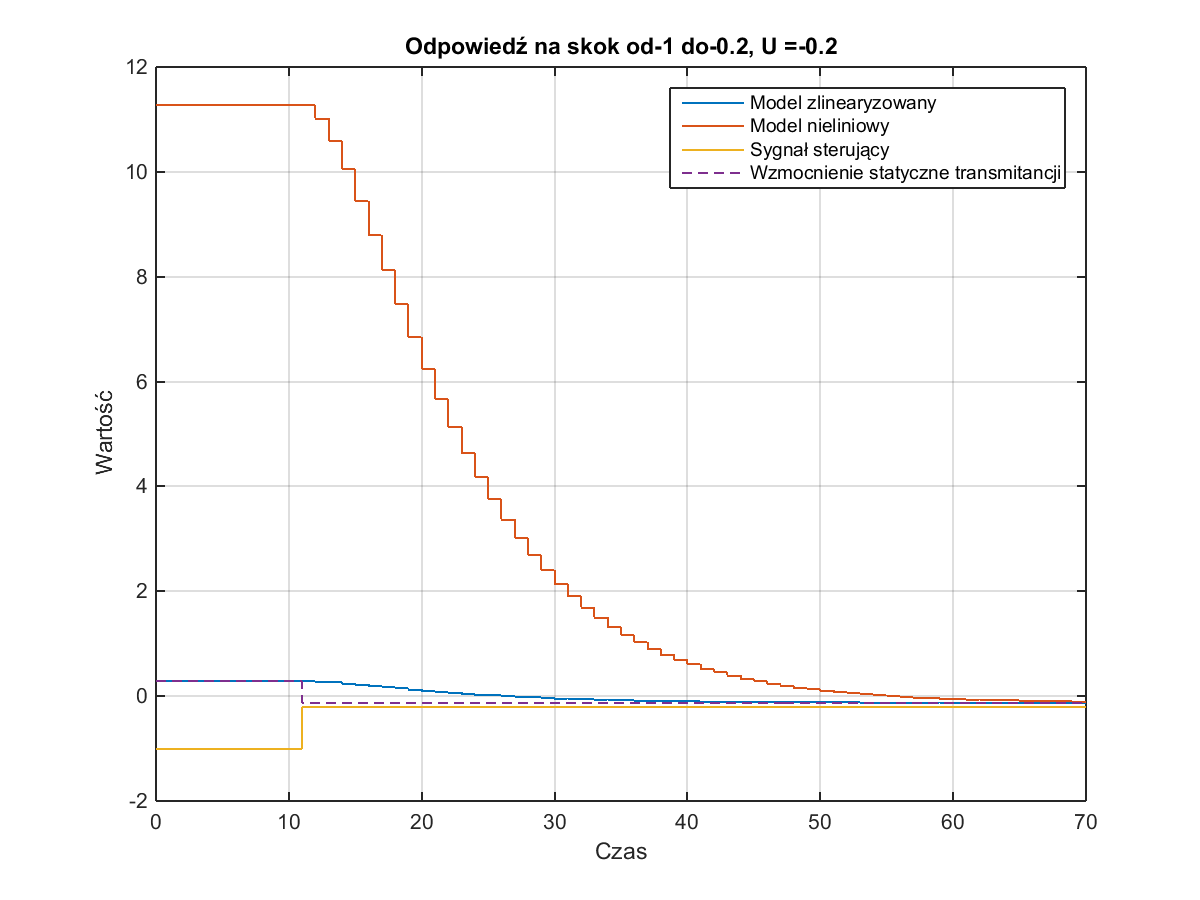
**** Rys. 14 –Reprezentacja graficzna modelu

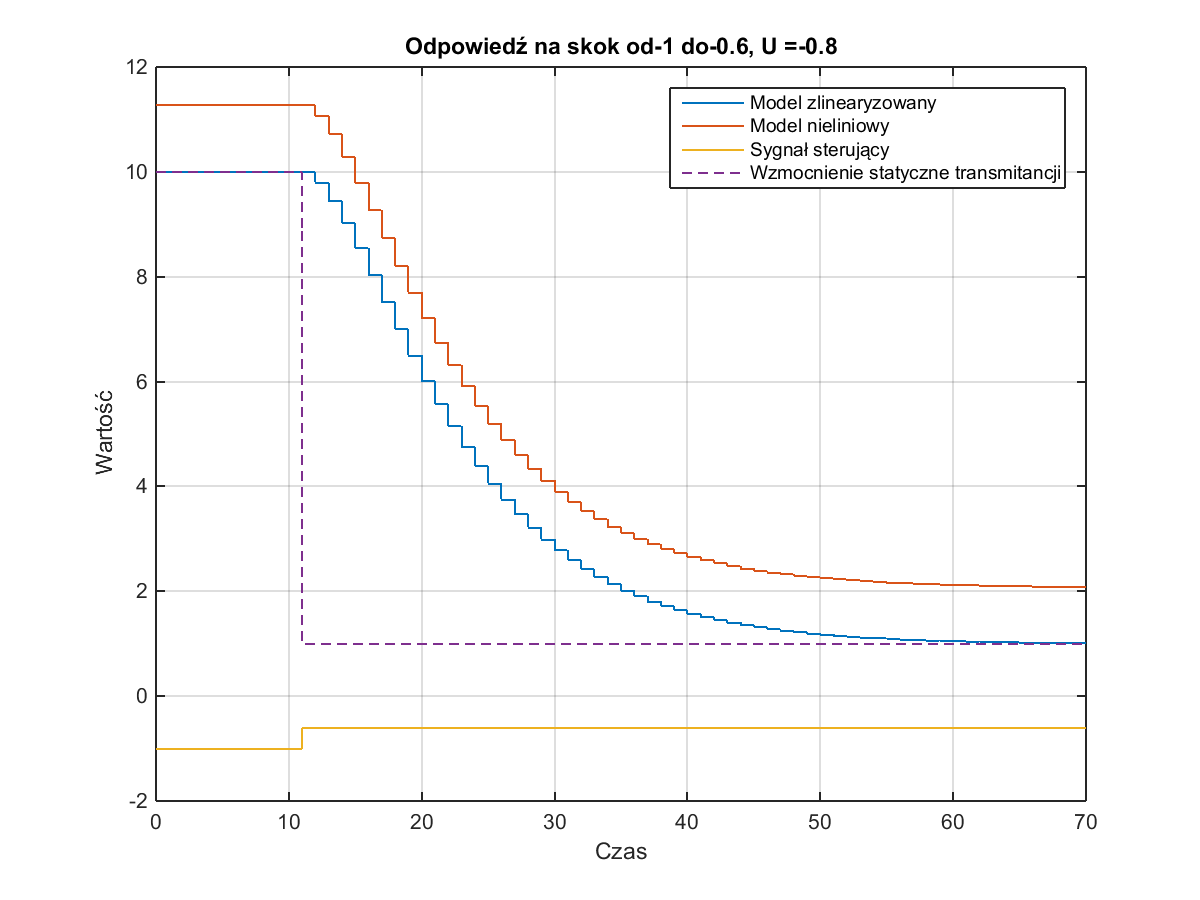
* Ddddd

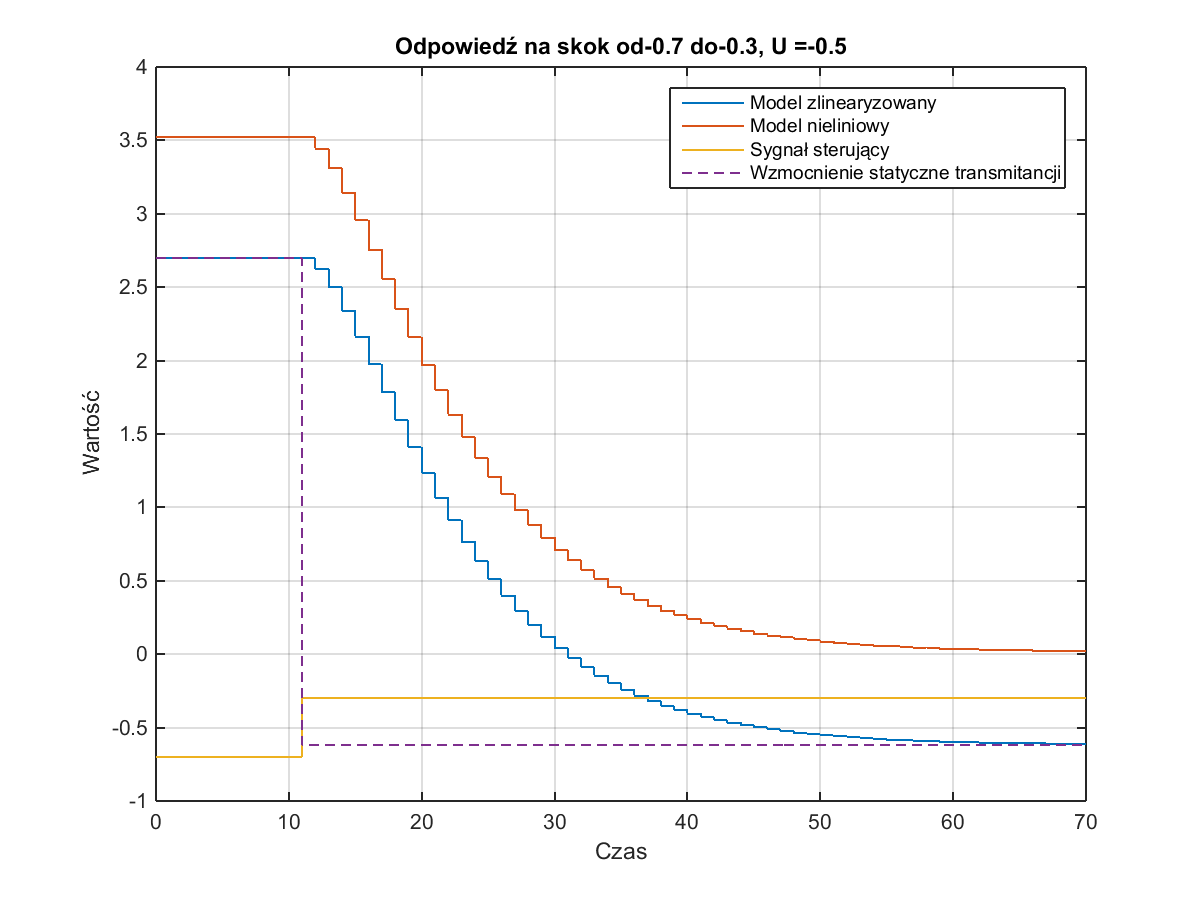
1. **Porównanie odpowiedzi skokowych modeli w wersji nieliniowej i zlinearyzowanej dla wartości wymuszenia, oraz dla różnych punktów linearyzacji**
   * Do symulacji wybrałem punkty linearyzacji z zadania 6:
     + ]
   * Jako sygnał wejściowy modeli zastosowałem jednokrotny skok wartości następujący około 10 sekundy symulacji o różnych wartościach początkowych i końcowych w poszczególnych próbach.
     + Skok od -1 do wartości punktu linearyzacji
     + Skok w otoczeniu punktu linearyzacji, wartość początkowa mniejsza o 0.1, a wartość końcowa większa o 0.1 w stosunku do wartości punktu linearyzacji
   * Rysunki zawierają dodatkowo wykres wzmocnienia statycznego transmitancji co wykorzystuję w zadaniu dodatkowym drugim w dalszej części sprawozdania.

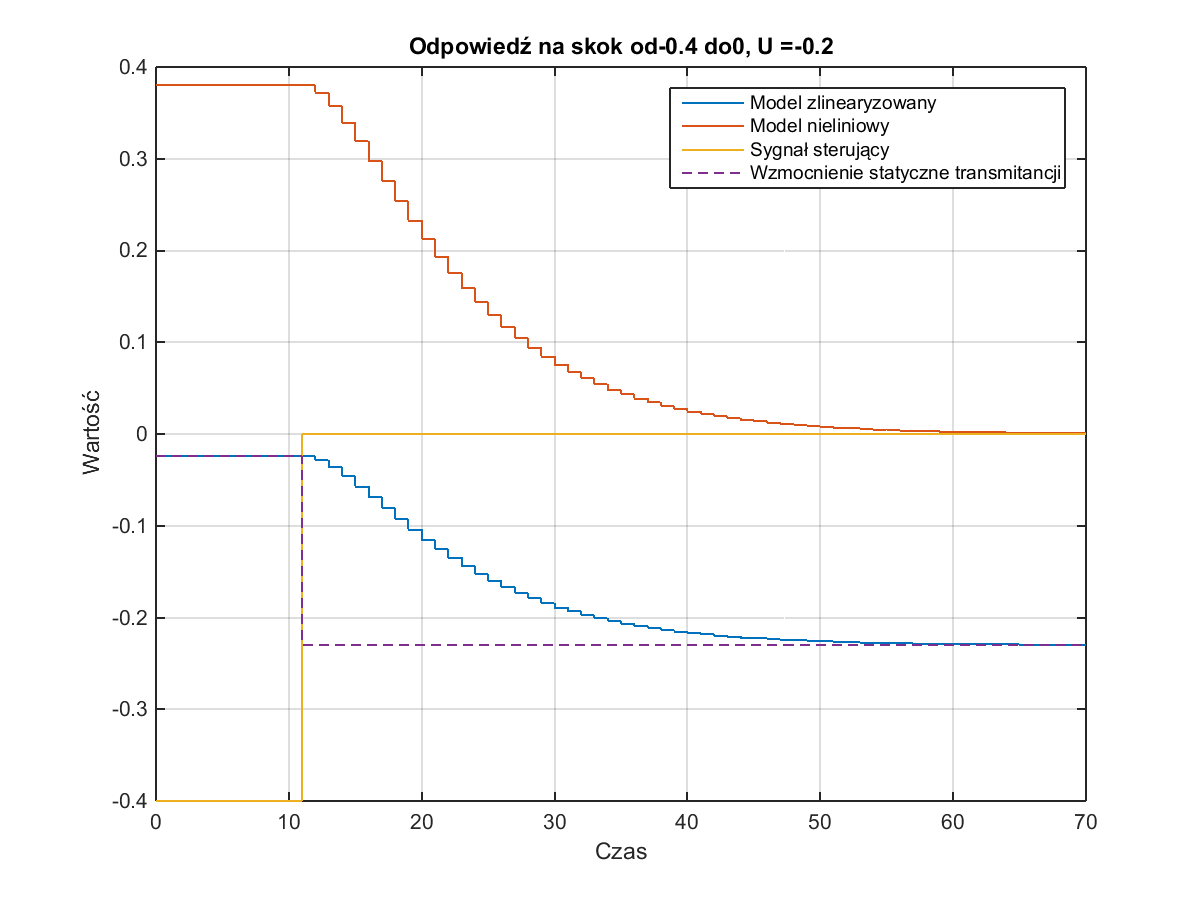
Rys . 15 – Odpowiedź skokowa modeli na skok numer 1

 Rys . 16 – Odpowiedź skokowa modeli na skok numer 8

 Rys . 17 – Odpowiedź skokowa modeli na skok numer 15

 Rys . 18 – Odpowiedź skokowa modeli na skok numer 4

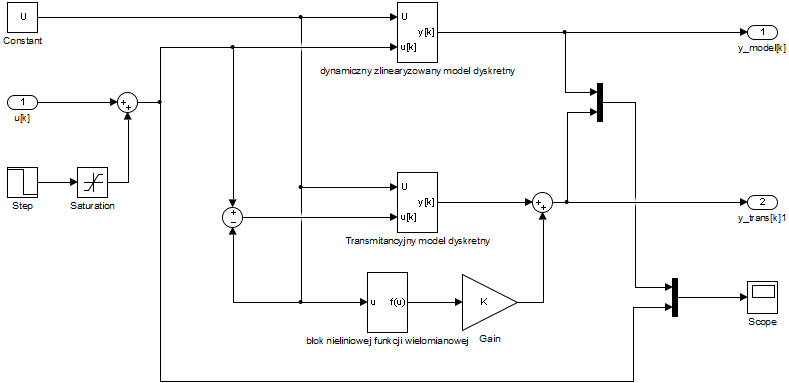
 Rys . 19 – Odpowiedź skokowa modeli na skok numer 11

 Rys . 20 – Odpowiedź skokowa modeli na skok numer 18

* Opis

1. **Wyznaczenie transmitancji na podstawie zlinearyzowanego dynamicznego modelu dyskretnego z uwzględnieniem dowolnego punktu linearyzacji**
   * Macierze modelu w przestrzeni stanu uzyskałem odrzucając składową stałą z równań zlinearyzowanego modelu dynamicznego i podstawiłem do wzoru:
     + gdzie poszczególne macierze prezentują się następująco:
   * Wykorzystując pakiet symboliczny Matlaba oraz podane macierze otrzymałem następującą ogólną postać transmitancji:
   * Po podstawieniu danych z zadania otrzymałem postać:
2. **Zadanie dodatkowe pierwsze:** 
   * **Wzmocnienie statyczne K transmitancji w zależności od punktu linearyzacji**
     + Wzmocnienie statyczne transmitancji dyskretnej wyznacza się obliczając wartość transmitancji przy z zbiegającym do jedności

       - W efekcie otrzymujemy wzór na wzmocnienie statyczne zależne jedynie od punktu linearyzacji – brak wpływu od okresu próbkowania
       - Po podstawieniu danych z zadania otrzymałem ostateczną postać wzoru transmitancji statycznej
3. **Zadanie dodatkowe drugie:**
   * **Porównanie wzmocnień statycznych transmitancji i dynamicznego układu zlinearyzowanego**
   * Ważnym faktem w tym przypadku jest fakt iż transmitancja określa jedynie zmianę sygnału wyjściowego w funkcji sygnału wejściowego. Wyznaczając transmitancję odrzuciłem składową stałą pochodzącą od punktu linearyzacji.
   * Aby wzmocnienia statyczne modeli pokrywały się na wykresach konieczne było odpowiednie wysterowanie wejścia i przesunięcie wyjścia transmitancji stosownie do ustalonego punktu linearyzacji.
   * Poniższy obraz przedstawia model w Symulinku obrazujący sposób podłączenia modelu na bazie transmitancji:

 Rys . 21 – Symulacja transmitancji i modelu dynamicznego

* + Jako sygnał wejściowy transmitancji podałem różnicę sygnału u i wartości punktu linearyzacji, a do sygnału wyjściowego dodaję odpowiednio przemnożoną wartość punktu linearyzacji
  + W celu porównania wzmocnień statycznych odczekuję aż wyjście modelu dynamicznego zlinearyzowanego osiągnie stan ustalony po czym podaję na wejścia jednokrotny skok wartości i ponownie oczekuję na ustalenie się sygnału na wyjściu.
  + Wykresy symulacji zawarłem w zadaniu 9 w którym to fioletowa przerywana linia przedstawia wartość wzmocnienia statycznego transmitancji, a ciągła niebieska linia przedstawia odpowiedź zlinearyzowanego modelu dynamicznego
  + Łatwo zauważyć iż wartości sygnału wyjściowego w stanie ustalonym pokrywają się dla różnych punktów linearyzacji co jest jednoznaczne równym wzmocnieniom statycznym modeli.
  + Aby wyznaczyć wartość wzmocnienia statycznego za pomocą wykresów należy posłużyć się wzorem na iloraz zmiany sygnału wyjściowego do zmiany sygnału wejściowego, wybieramy oczywiście wartości ze stanu ustalonego.