

SPRAWOZDANIE

PROJEKT SPECJALNOŚCIOWY ARR

Modelowanie obiektu manipulatora 2R (EDDA)

Marcin Bober, 249426



Prowadzący:

Dr inż. Mirela Kaczmarek

Katedra Cybernetyki i Robotyki
Wydziału Elektroniki, Fotoniki i
Mikrosystemów
Politechniki Wrocławskiej

24 listopada 2021

Spis treści

1	Cel ćwiczenia	2
2	Algorytm Qui Dorsey’a	2
2.1	Opis	2
2.2	Wyniki	2
2.3	Wnioski	5
3	Algorytm dokładnej linearyzacji	5
3.1	Opis	5
3.2	Zależność od wzmocnienia K0	6
3.3	Zależność od wzmocnienia K1	7
3.4	Zależność od wartości początkowej	8
3.5	Wnioski	9
4	Podsumowanie	10

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie zachowania dwóch algorytmów sterowania sprzężonych z manipulatorem 2R. Mają one zrealizować zadanie śledzenia zadanej trajektorii.

2 Algorytm Qui Dorsey'a

2.1 Opis

Algorytm Qui Dorsey'a jest algorytmem globalnym. Jego zasada działania jest tożsama z działaniem liniowego regulatora PD. Z powodu liniowej natury algorytmu i nieliniowego charakteru obiektu, sterowanie obiektem nie będzie proste. W celu zbadania właściwości nastaw regulatora na błąd śledzenia trajektorii (uchyby) został przeprowadzony szereg symulacji. Przetestowane nastawy wraz z rzędem błędu sterowania zostały podane w tabeli 1.

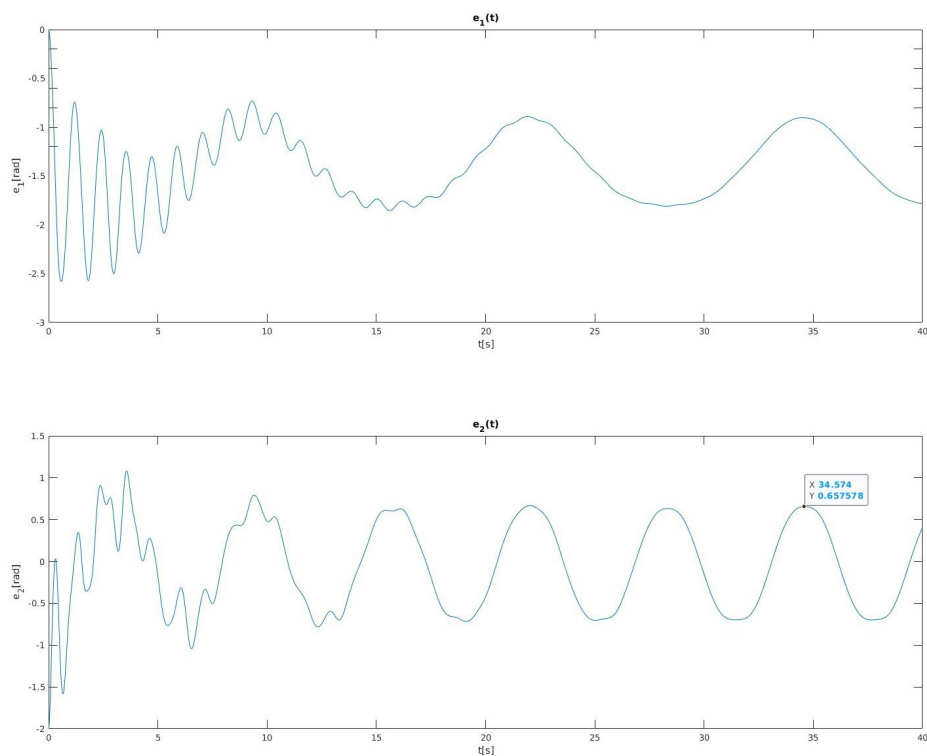
2.2 Wyniki

W tabeli 1 znajduje się zestaw siedmiu par nastaw dla KP i KD regulatora. W kolejnych kolumnach został umieszczony rząd błędu sterowania odpowiadający podany parametrom.

P	D	e_1	e_2
10	1	10^{-1}	10^{-1}
100	10	10^{-1}	10^{-2}
1000	100	10^{-2}	10^{-3}
10000	1000	10^{-3}	10^{-4}
100000	10000	10^{-4}	10^{-5}
1000000	100000	10^{-5}	10^{-6}
10000000	1000000	10^{-6}	10^{-7}

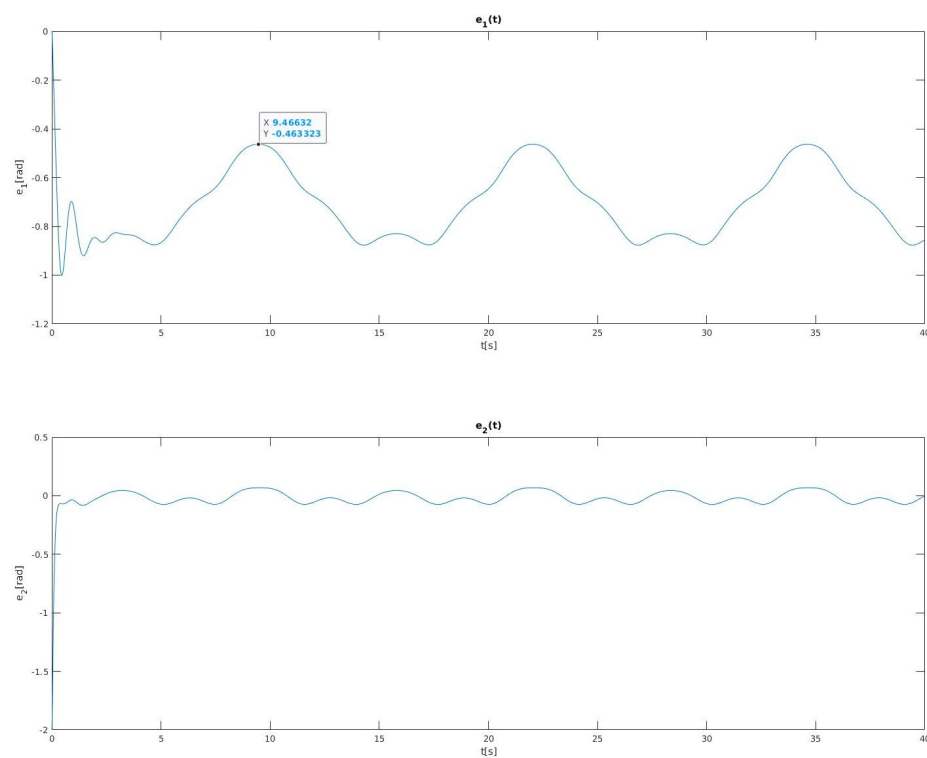
Tabela 1: Nastawy PD i odpowiadający im rząd błędu.

Dziesięciokrotny wzrost wzmocnienia skutkuje dziesięciokrotnym spadkiem błędu. Błędy drugiego przegubu są niższe niż dla pierwszego. Dla nastaw dążących do nieskończoności, błąd śledzenia zmierza do zera.



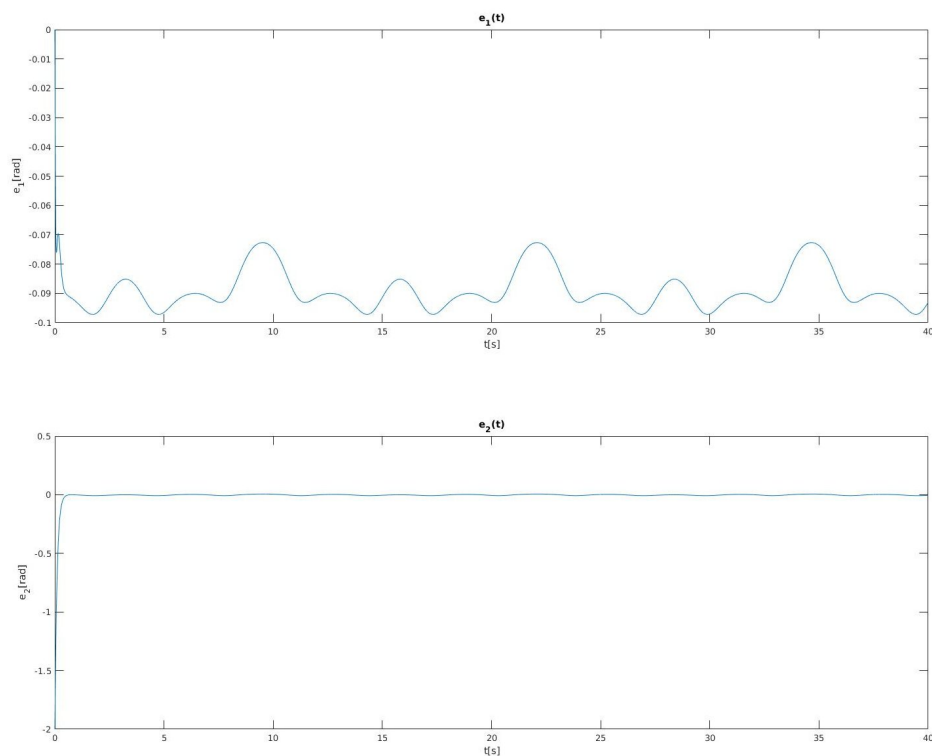
Rysunek 1: $K_P = 10$, $K_D = 1$

Niewielkie nastawy sprawiają że obiekt ma znaczne problemy ze śledzeniem zadanej trajektorii. Błąd śledzenia dla $K_P = 10$ i $K_D = 1$ w zależności do czasu został zaprezentowany na rysunku 1.

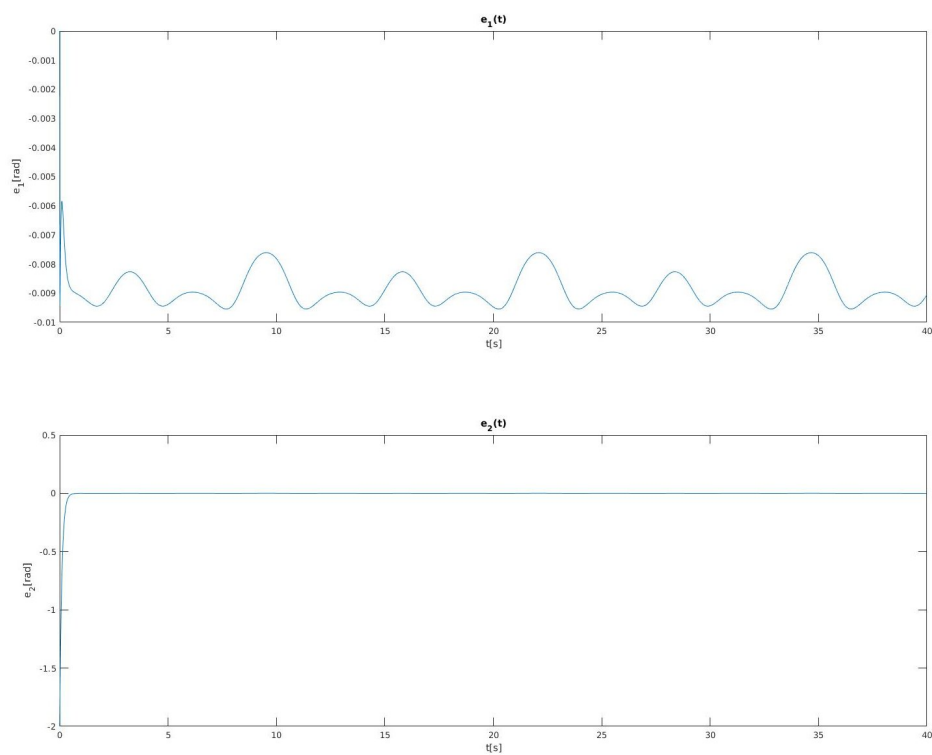


Rysunek 2: $K_P = 100$, $K_D = 10$

Konsekwentne zwiększanie nastaw regulatora przynosi wymierne efekty w postaci malejącego błędu. Można je zaobserwować porównując wykresy 3 oraz 4.

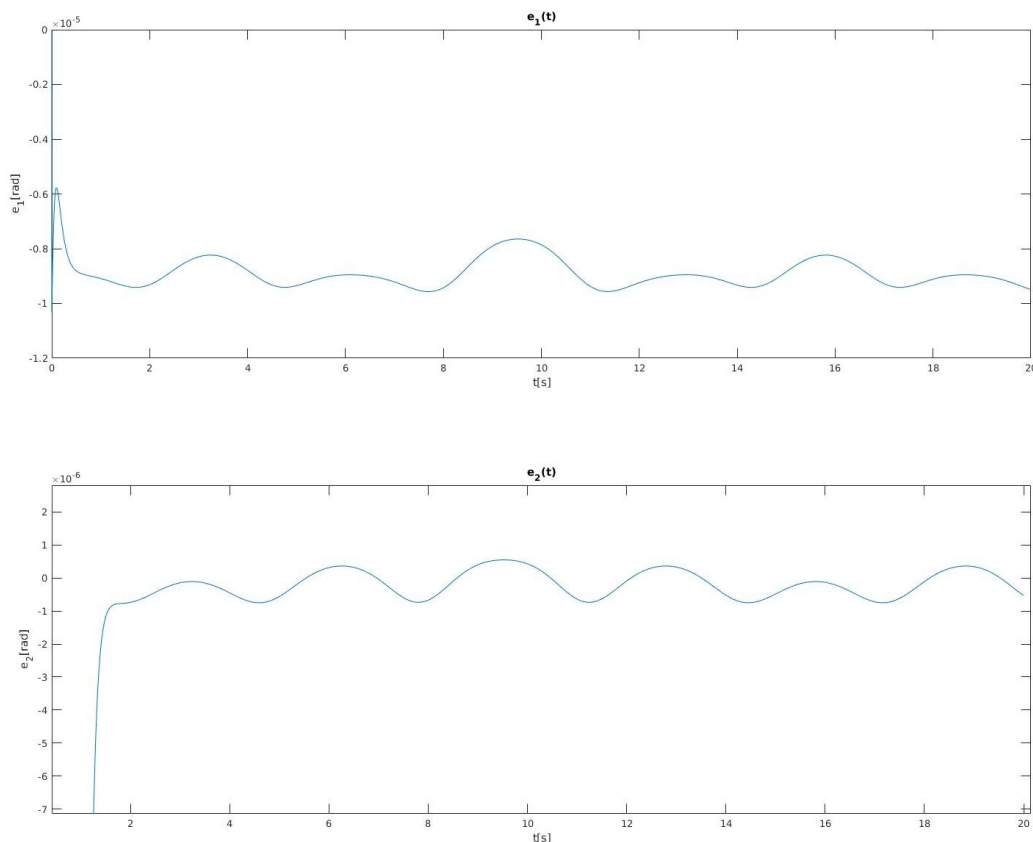


Rysunek 3: $KP = 1000$, $KD = 100$



Rysunek 4: $KP = 10000$, $KD = 1000$

Pomimo malejącego błędu należy zaznaczyć że uzyskane przebiegi w każdej iteracji posiadają charakter niegasnących oscylacji. Jest to dobrze widoczne na rysunku 5, gdzie błąd rzędu 10^{-6} wciąż oscyluje.



Rysunek 5: $K_P = 10000000$, $K_D = 1000000$

Stosowanie coraz to większych parametrów regulatora PD powoduje znaczący wzrost złożoności obliczeniowej.

2.3 Wnioski

Symulacje wykazały że algorytm realizuje cel minimalizacji błędu śledzenia dokładniej w przypadku zastosowania większych nastaw. Jednakże osiągnięcie zerowego błędu nie jest możliwe ponieważ wymagałoby ono nieskończonej wartości nastaw. W każdym zbadanym przypadku przebiegi błędów mają charakter niegasnących oscylacji.

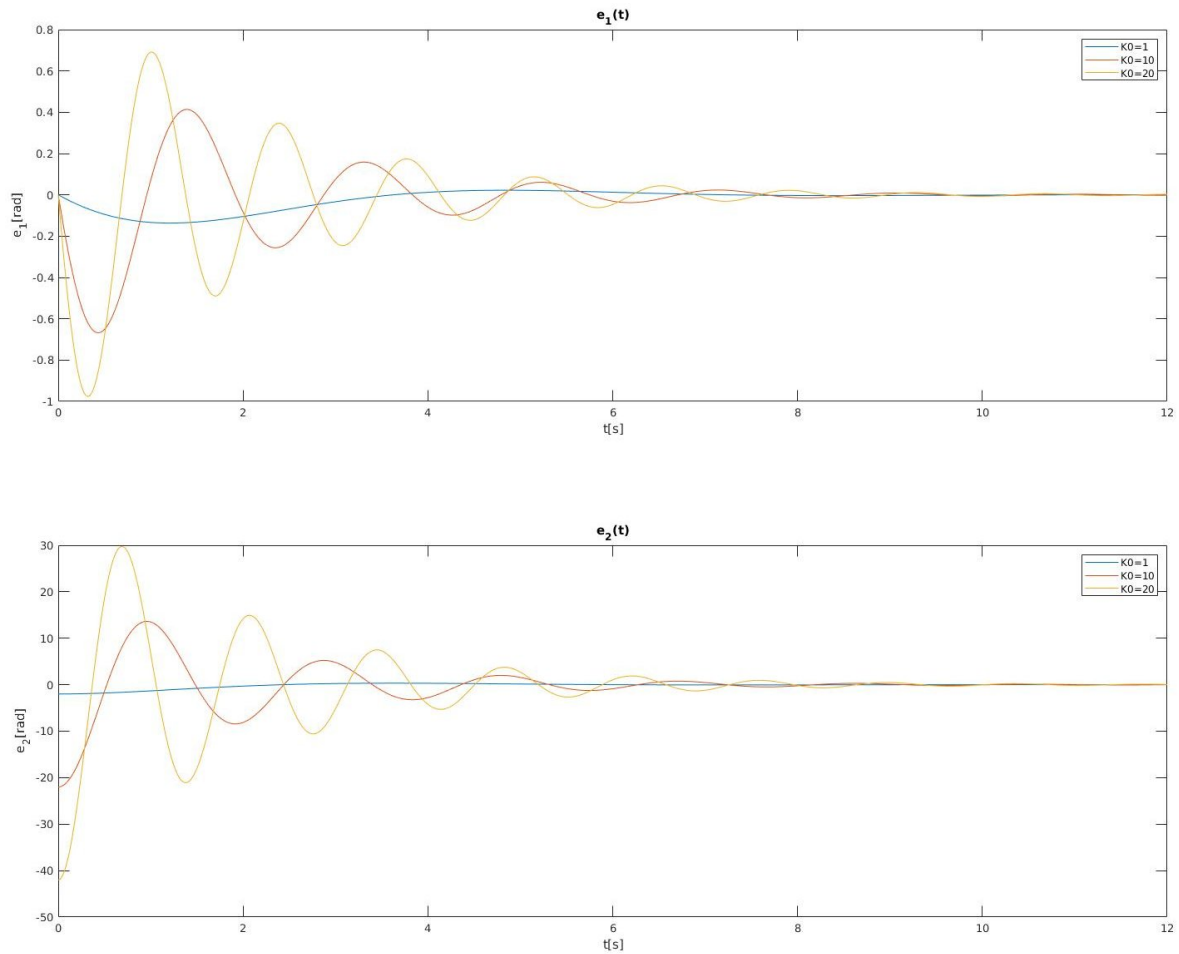
3 Algorytm dokładnej linearyzacji

3.1 Opis

Algorytm dokładnej linearyzacji może być zastosowany jedynie dla obiektów w pełni znanych. Niezbędne jest przeprowadzenie linearyzacji statycznej w celu otrzymania układu liniowego podóowego integratora.

3.2 Zależność od wzmocnienia K0

Symulacje przeprowadzono przy stałym wzmocnieniu K1 wynoszącym 1 oraz zmianie parametru K0.



Rysunek 6: stałe K1 = 1, zmienne K0

K0	Przesterowanie e_1 [rad]	Przesterowanie e_2 [rad]
1	0.16	0.33
10	1.08	21.36
20	1.66	49.91

Tabela 2: Przesterowanie przebiegów w zależności od K0.

Według tabeli 2 wraz ze wzrostem wzmocnienia K0 wzrasta przesterowanie.

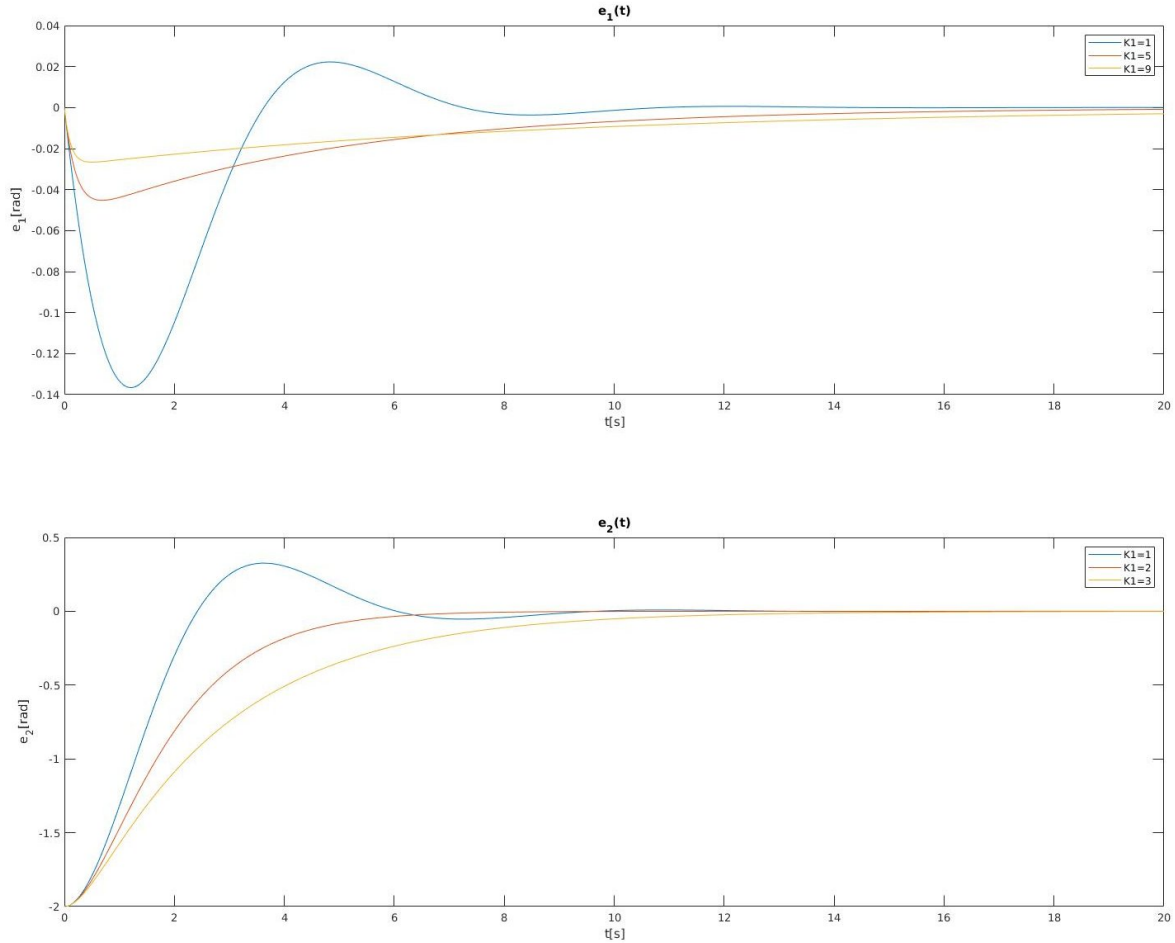
K0	Czas wygaszania e_1 [s]	Czas wygaszania e_2 [s]
1	8	7
10	15	13
20	20	15

Tabela 3: Czas wygaszania przebiegów w zależności od K0.

Według tabeli 3 wraz ze wzrostem wzmocnienia K_0 wydłuża się czas wygaszania oscylacji.

3.3 Zależność od wzmocnienia K_1

Symulacje przeprowadzono przy stałym wzmocnieniu K_0 wynoszącym 1 oraz zmianie parametru K_1 .



Rysunek 7: stałe $K_0 = 1$, zmienne K_1

K_1	Przesterowanie e_1 [rad]	Czas wygaszania e_1
1	$15.87 \cdot 10^{-2}$	8
5	$4.52 \cdot 10^{-2}$	12
9	$2.64 \cdot 10^{-2}$	16

Tabela 4: Charakterystyka przebiegów błędów e_1 w zależności od K_1 .

Wzrost wzmocnienia K_1 powoduje spadek przesterowania przegubu pierwszego. Negatywnym skutkiem takich nastaw jest wydłużony czas wygaszania oscylacji (patrz tabela 4).

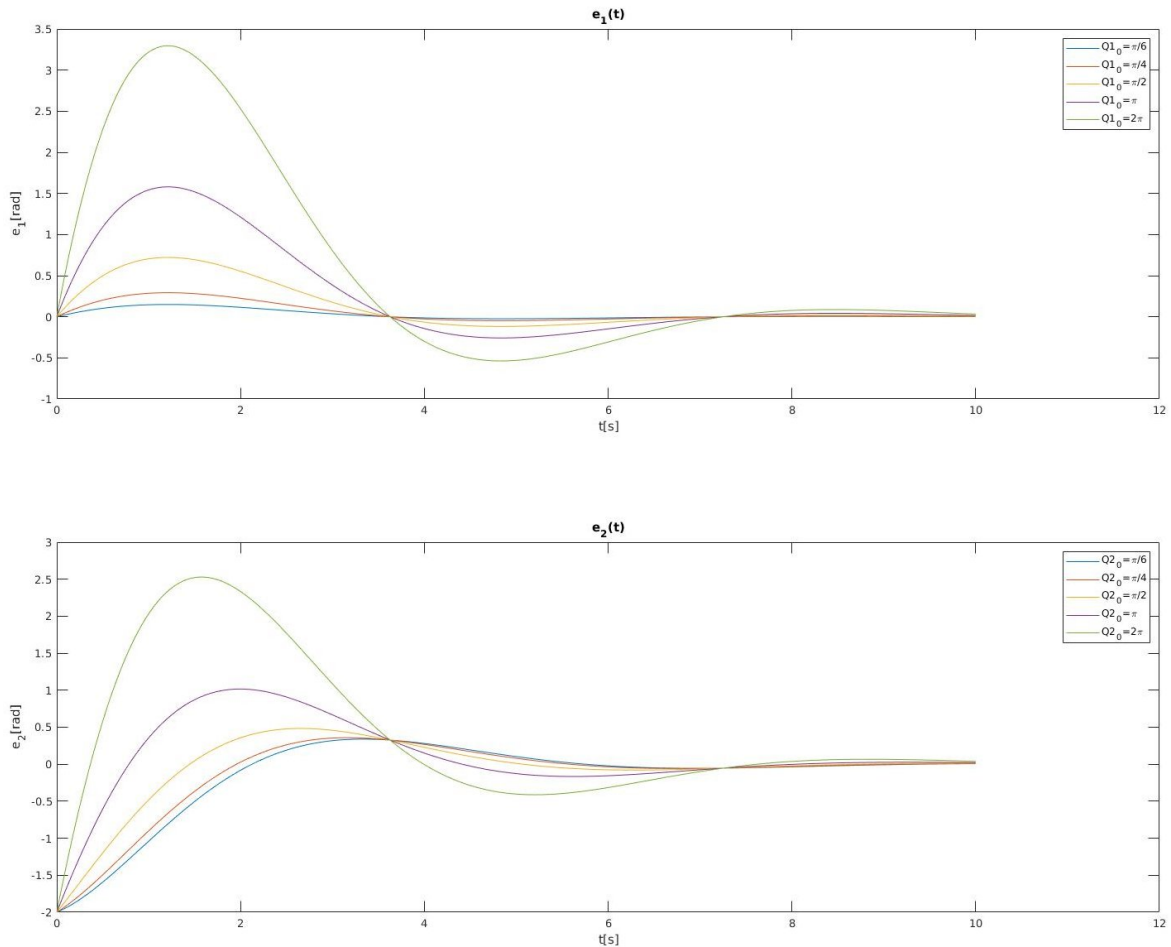
Najlepsze zachowanie przegubu drugiego zaobserwowano dla wzmocnienia $K_1 = 2$ (patrz tabela 5).

K1	Przesterowanie e_2 [rad]	Czas wygaszania e_2 [s]
1	$37.8 \cdot 10^{-2}$	12
2	$1.41 \cdot 10^{-6}$	8
3	$2.36 \cdot 10^{-3}$	15

Tabela 5: Charakterystyka przebiegów błędu e_2 w zależności od K1.

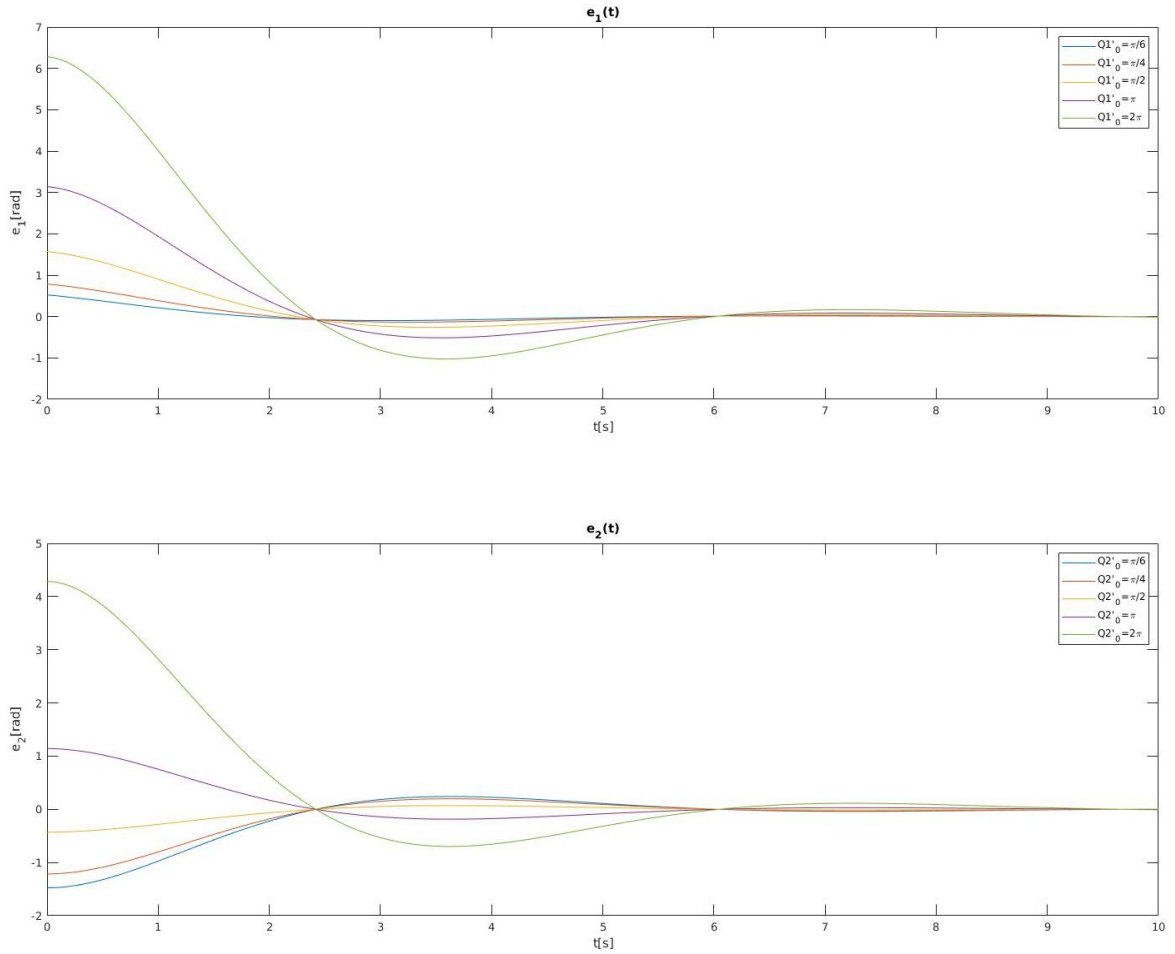
3.4 Zależność od wartości początkowej

Rysunek 8 przedstawia przebiegi błędów śledzenia trajektorii w zależności od różnych punktów startowych.



Rysunek 8: Charakterystyka przebiegów błędu w zależności od położenia początkowego.

Pierwsza część wykresu 8 dotyczy zmiany położenia pierwszego przegubu. Im przegub startuje z miejsca bardziej oddalonego od punktu zerowego tym większy błąd początkowy i dłuższy czas stabilizacji. Druga część wykresu odpowiada za drugi przegób. W tym przypadku również większe wychylenia powodują identyczne skutki, jak w pierwszym przegubie.



Rysunek 9: Charakterystyka przebiegów błędów w zależności od prędkości początkowej.

Wykres 9 prezentuje jaki wpływ na błąd śledzenia ma prędkość początkowa. W górnej części poświęconej przegubowi pierwszemu, zwiększanie prędkości początkowej powoduje coraz to większe przesterowania. Dolna część dotycząca drugiego przegubu przy pewnej prędkości początkowej ma dużo mniejszy błąd niż przy starcie ze stanu spoczynku. Jest to spowodowane tym że odpowiednio rozpędzony przegób może szybciej znaleźć się w zadanym położeniu. Intuicyjne jest również to że przy zbyt wielkiej prędkości błąd znów zacznie rosnąć.

3.5 Wnioski

- wzrost wzmocnienia K_0 powoduje zwiększone przesterowanie i wydłużony czas tłumienia oscylacji dla obu przegubów,
- wzrost wzmocnienia K_1 powoduje spadek przesterowania i wydłużony czas tłumienia oscylacji dla przegubu pierwszego,
- dla przegubu drugiego ustawienie wzmocnienia $K_1 = 2$ spowodowało osiągnięcie najlepszych rezultatów,
- położenie i prędkość początkowa mają duże znaczenie na błąd w pierwszych sekundach sterowania.

4 Podsumowanie

Algorytm Qui Dorsey'a jest prostrzy w implementacji. Poza tym jest on algorytmem globalnym co sprawia że powinien działać on przy każdych wartościach początkowych. Do jego wad należy słaba jakość sterowania, ponieważ błąd śledzenia wiecznie oscyluje. Co więcej, jest on obciążony dużo większą złożonością obliczeniową. Zwiększanie nastaw w nieskończoność powoduje minimalizację błędu.

Algorytm dokładnej linearyzacji dużo lepiej radzi sobie z osiągnięciem zadanej trajektorii. Jest on dużo dokładniejszy pomimo faktu że jest znacznie mniej obciążający obliczeniowo. Zwiększanie wzmocnienia w nieskończoność nie powoduje minimalizacji błędu.