

# SPRAWOZDANIE

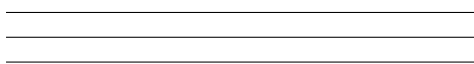
PROJEKT SPECJALNOŚCIOWY ARR

---

## Sterowanie obiektem nieholonomicznym

---

Marcin Bober, 249426



*Prowadzący:*

Dr inż. Mirela Kaczmarek

Katedra Cybernetyki i Robotyki  
Wydziału Elektroniki, Fotoniki i  
Mikrosystemów

Politechniki Wrocławskiej

28 listopada 2021

# Spis treści

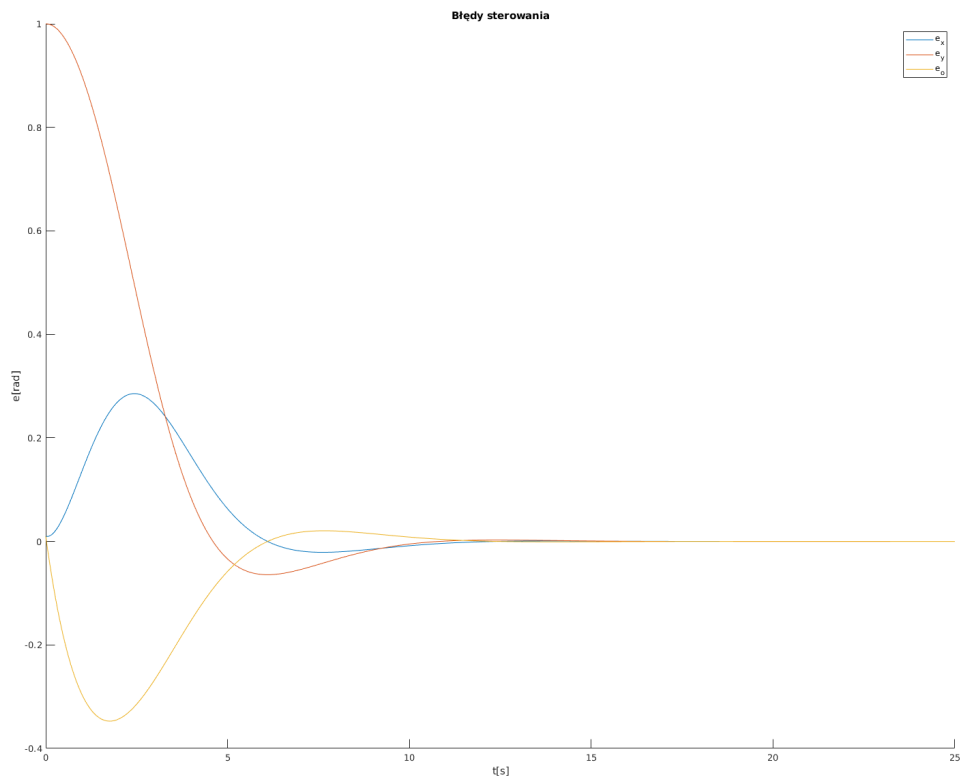
<b>1</b>	<b>Cel ćwiczenia</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Sterownik kinematyczny</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Sterownik kinematyczny i dynamiczny</b>	<b>3</b>
3.1	Błędy śledzenia trajektorii . . . . .	3
3.2	Zależność od współczynnika $K_1$ . . . . .	5
3.3	Zależność od współczynnika $K_2$ . . . . .	7
3.4	Zależność od współczynnika $K_M$ . . . . .	9
3.5	Zależność od warunków początkowych . . . . .	11
3.6	Wnioski . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Podsumowanie</b>	<b>11</b>

# 1 Cel ćwiczenia

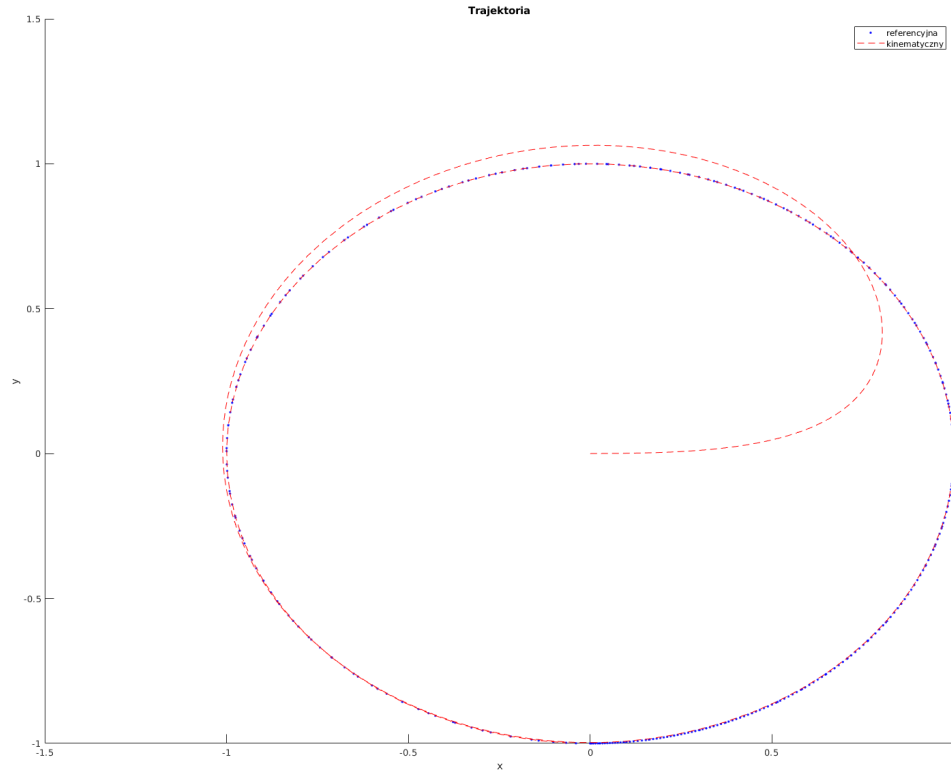
Celem ćwiczenia jest zbadanie i porównanie zachowania obiektu nieholonomicznego sterowanego na dwa sposoby. W sposób czysto kinematyczny oraz kinematyczny i dynamiczny zarazem. W obu przypadkach celem sterowania jest śledzenie trajektorii. Wykorzystany w tym celu zostanie algorytm Samsona dla części kinematycznej oraz algorytm dokładnej linearyzacji dla części dynamicznej.

## 2 Sterownik kinematyczny

W tym doświadczeniu do obiektu został podpięty jedynie sterownik kinematyczny. Wyniki błędów referencyjnych śledzenia trajektorii zostały zaprezentowane na wykresie 1. Trajektoria po której poruszał się obiekt jest przedstawione na wykresie 2.



Rysunek 1: Błędy  $e_x$ ,  $e_y$ ,  $e_\theta$

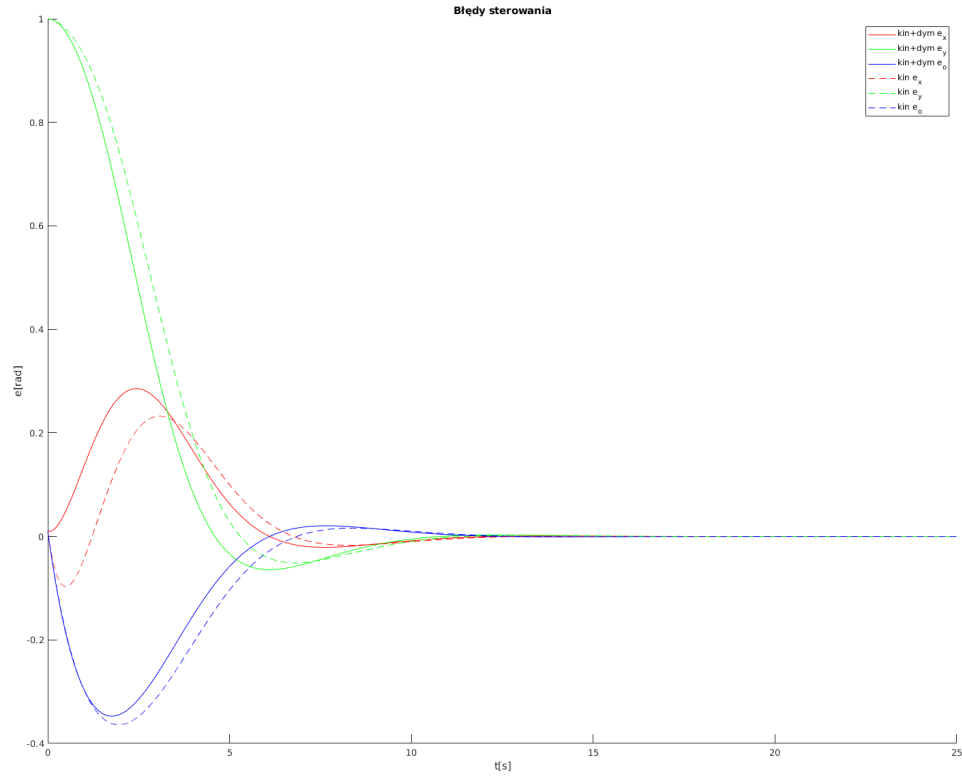


Rysunek 2: Trajektoria

### 3 Sterownik kinematyczny i dynamiczny

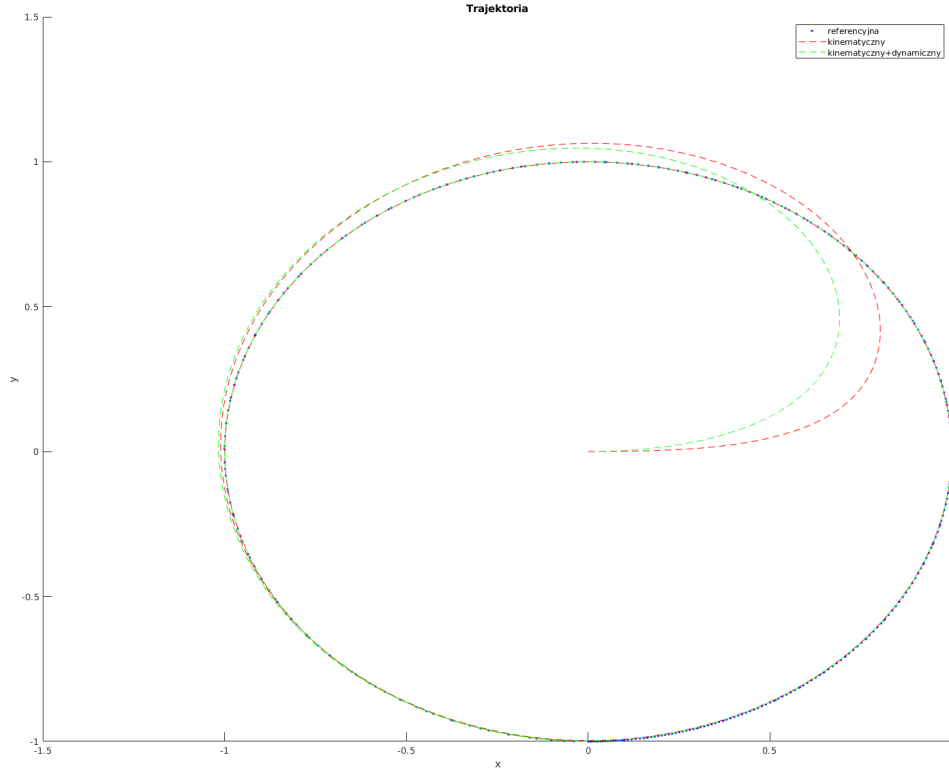
#### 3.1 Błędy śledzenia trajektorii

Eksperyment ten zakłada wykorzystanie dwóch sterowników kinematycznego i dynamicznego jednocześnie. Profil prędkościowy produkowany przez sterownik kinematyczny jest wykorzystywany przez sterownik dynamiczny, którego zadaniem jest minimalizacja błędów śledzenia trajektorii.



Rysunek 3: Błędy  $e_x$ ,  $e_y$ ,  $e_\theta$

Na wykresie 3 można zaobserwować odnotowane błędy śledzenia trajektorii. Liniami ciągłymi oznaczone są błędy dotyczące sterownika kinematycznego, natomiast liniami przerywanymi rysowane są wykresy dotyczące połączenia oby sterowników. Ciężko jest jednocześnie stwierdzić że połączenie obu sterowników daje wymiennie lepsze efekty. Zdecydowanie wprowadza ono pewne opóźnienie, ale w tym konkretnym przypadku da się zauważyć że wprowadza ono nieznacznie mniejsze przesterowania.



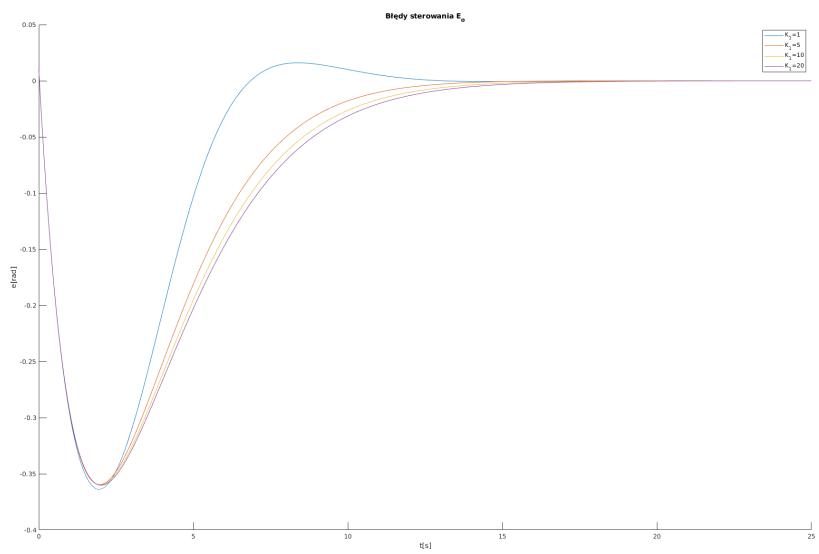
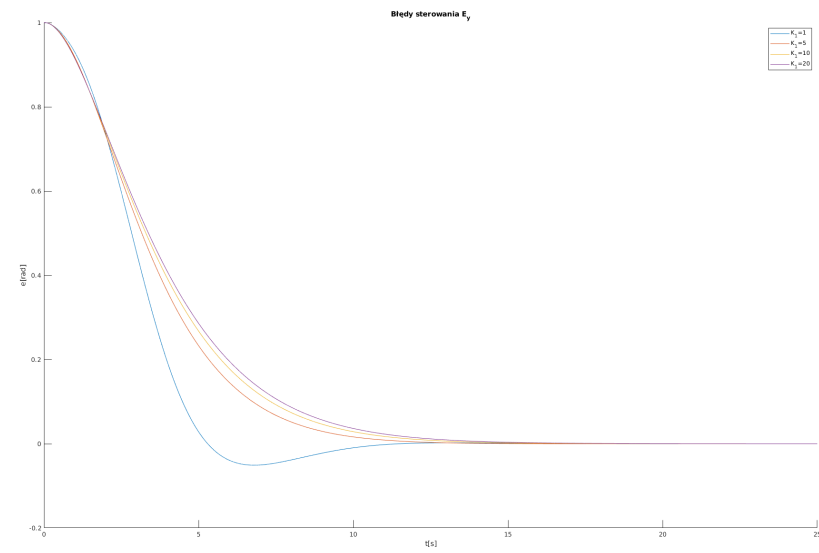
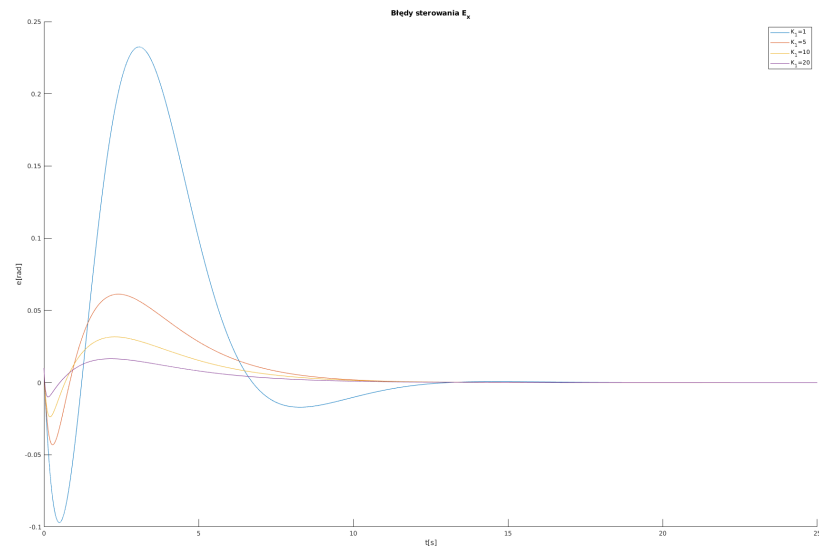
Rysunek 4: Trajektoria

Wykres 4 porównuje trajektorie referencyjną do trajektorii ze sterownikiem dynamicznym oraz bez sterownika dynamicznego. Dodanie sterownika dynamicznego spowodowało bardziej zdecydowaną reakcję obiektu w początkowej fazie ruchu porównując z drugim mniej skomplikowanym rozwiązaniem. Jednakże czas potrzebny na osiągnięcie zadanej trajektorii jest bardzo porównywalny.

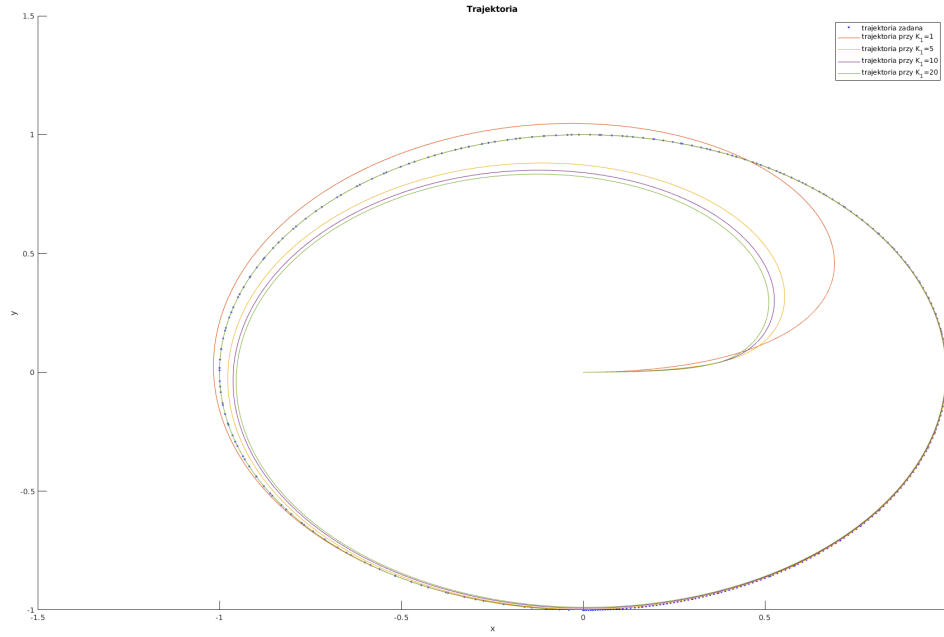
### 3.2 Zależność od współczynnika $K_1$

Wykres 5 przedstawia jak wpływa zmiana współczynnika  $K_1$  na poszczególne błędy śledzenia, przy zachowaniu współczynników  $K_2$  i  $K_M$  równych 1. Na podstawie tych danych można wywnioskować że wzrost wzmocnienia  $K_1$ :

- znacznie zmniejsza błąd  $E_x$  oraz skraca jego czas stabilizacji,
- powoduje mniej stromy spadek błędów  $E_y$  oraz  $E_\theta$  i wydłuża ich czas stabilizacji, niwelując przesterowania.



Rysunek 5: Błędy  $e_x$ ,  $e_y$ ,  $e_\theta$



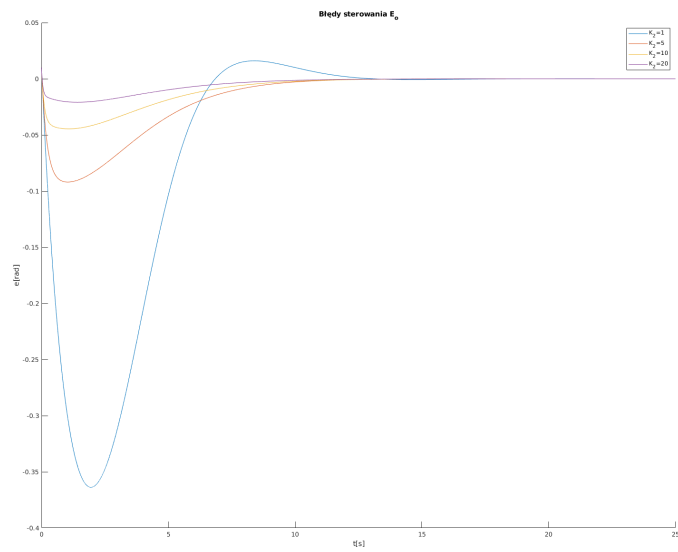
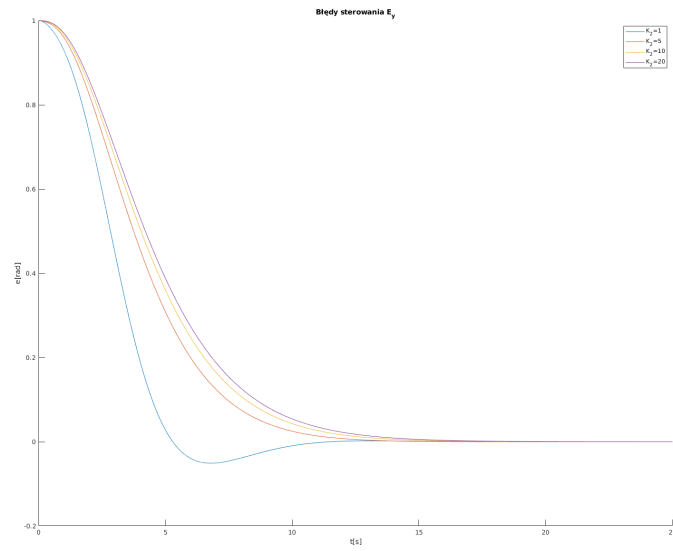
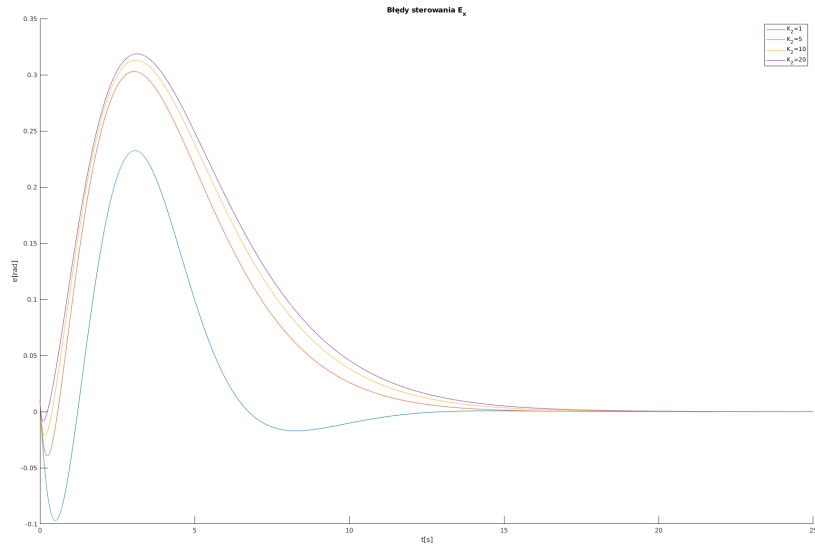
Rysunek 6: Trajektorie zależne od  $K_1$

### 3.3 Zależność od współczynnika $K_2$

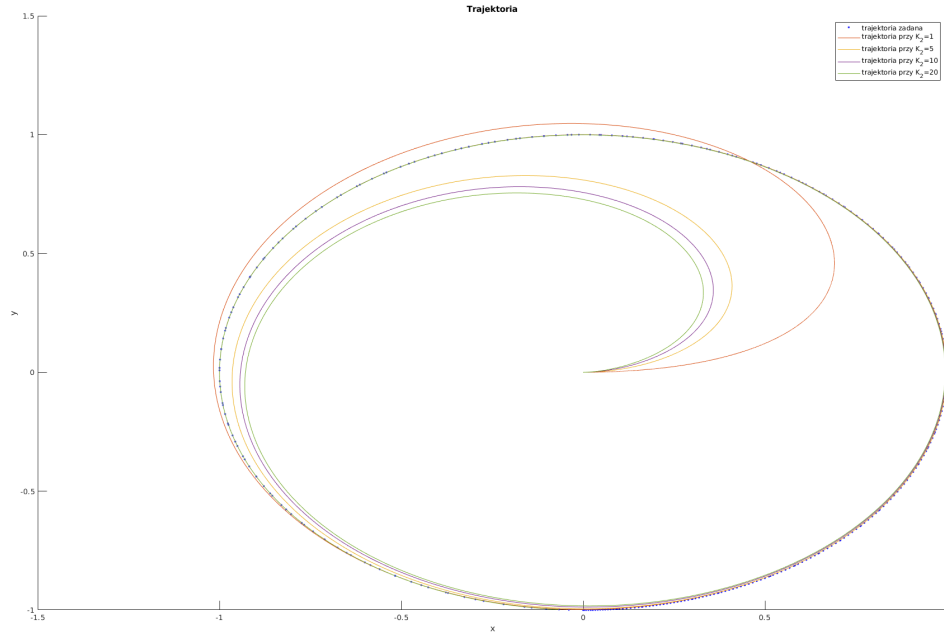
Wykres 7 przedstawia jak wpływa zmiana współczynnika  $K_2$  na poszczególne błędy śledzenia, przy zachowaniu współczynników  $K_1$  i  $K_M$  równych 1. Na podstawie tych danych można wywnioskować że wzrost wzmocnienia  $K_2$ :

- znacznie zmniejsza błąd  $E_\theta$  oraz skraca jego czas stabilizacji,
- powoduje mniej stromy spadek błędów  $E_x$  oraz  $E_y$  i wydłuża ich czas stabilizacji, niwelując przesterowania.





Rysunek 7: Błędy  $e_x$ ,  $e_y$ ,  $e_\theta$

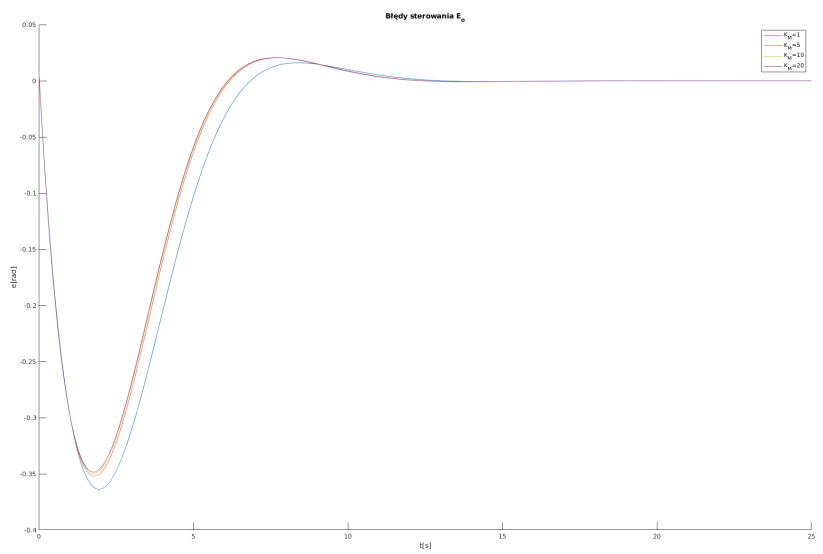
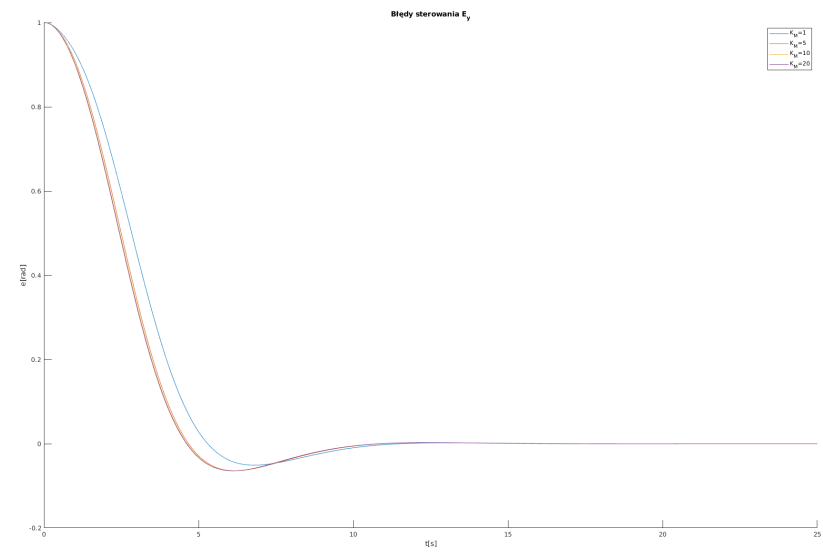
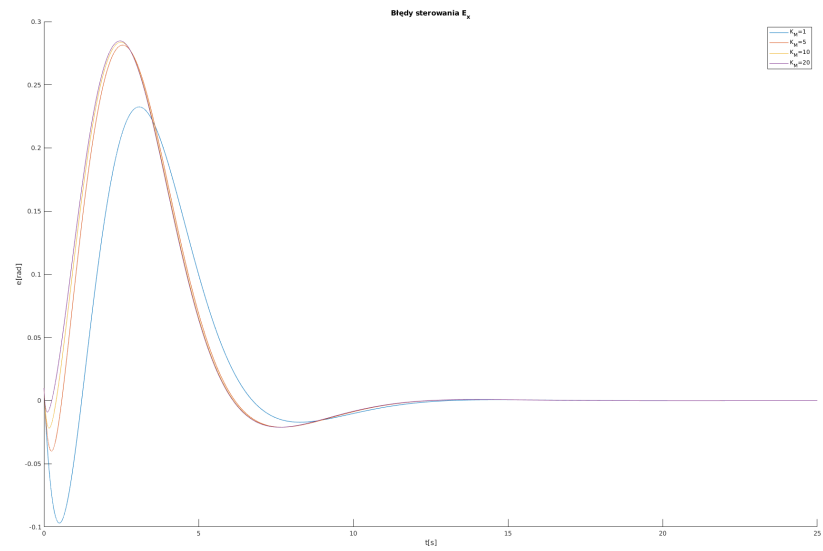


Rysunek 8: Trajektorie zależne od  $K_2$

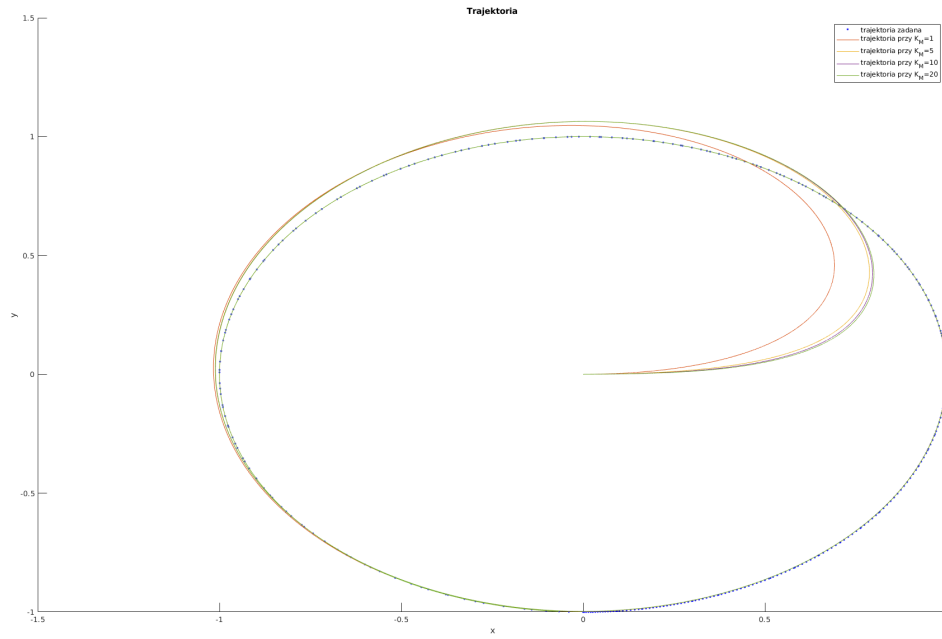
### 3.4 Zależność od współczynnika $K_M$

Wykres 9 przedstawia jak wpływa zmiana współczynnika  $K_M$  na poszczególne błędy śledzenia, przy zachowaniu współczynników  $K_1$  i  $K_2$  równych 1. Na podstawie tych danych można wywnioskować że wzrost wzmocnienia  $K_M$ :

- przyspiesza reakcję sterownika oraz zwiększa błąd  $E_x$ ,
- nieznacznie przyspiesza reakcję sterownika oraz zwiększa błędy  $E_y$  i  $E_\theta$ ,



Rysunek 9: Błędy  $e_x$ ,  $e_y$ ,  $e_\theta$



Rysunek 10: Trajektorie zależne od  $K_M$

### 3.5 Zależność od warunków początkowych

### 3.6 Wnioski

## 4 Podsumowanie