

# Modelowanie i symulacja serwomechanizmu liniowego i nieliniowego

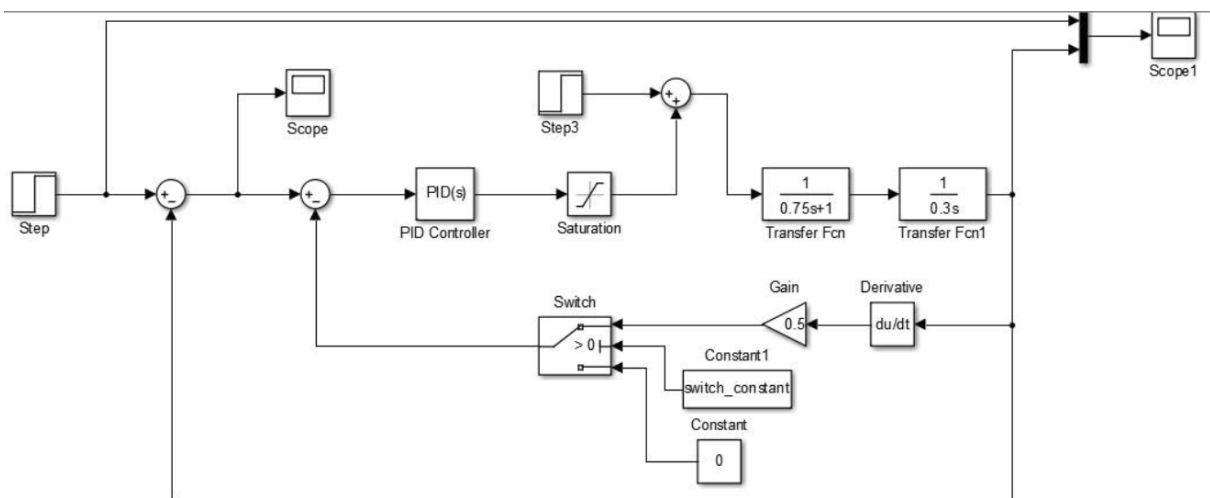
Adrian Jałoszewski, Tomasz Kotowski

# 1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zamodelowanie serwomechanizmu liniowego (regulator PID dla różnych nastaw) oraz nieliniowego (regulator trójpołożeniowy dla różnych wartości strefy martwej i stref histerezy)

## 2 Serwomechanizm liniowy

Poniższy schemat przedstawia naszą implementację treści zadania. Zamiast zastosować przełącznik ręczny postanowiliśmy, że użyjemy przełącznika reagującego na wartość pewnej zmiennej, którą ustalamy w skrypcie uruchamiającym symulację. Oprócz tego dodaliśmy zakłócenie w postaci skoku jednostkowego oraz sygnał wejściowy, który jest skokiem jednostkowym o podwojonej wartości.

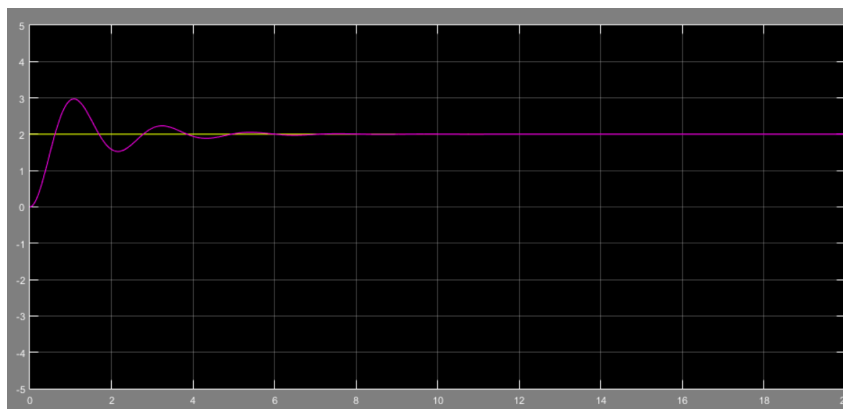


### 2.1 Regulator P

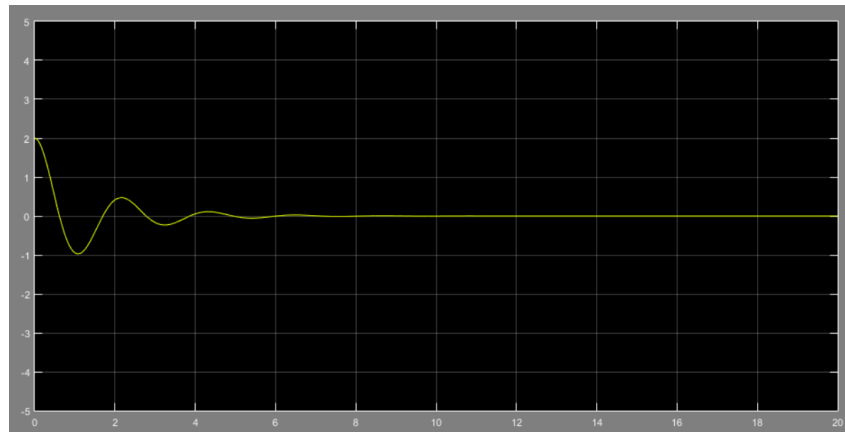
Przyjęliśmy regulator P z następującą transmitancją:

$$G_P(s) = 2$$

#### 2.1.1 Wyłączone sprzężenie tachometryczne

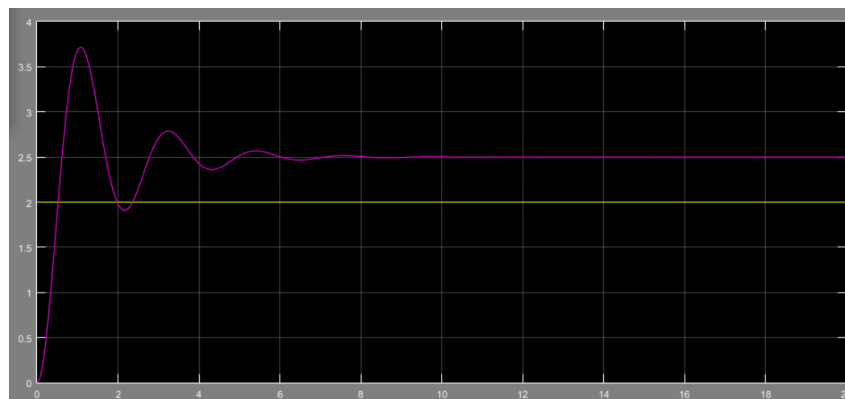


Rysunek 1: Odpowiedź skokowa regulatora P

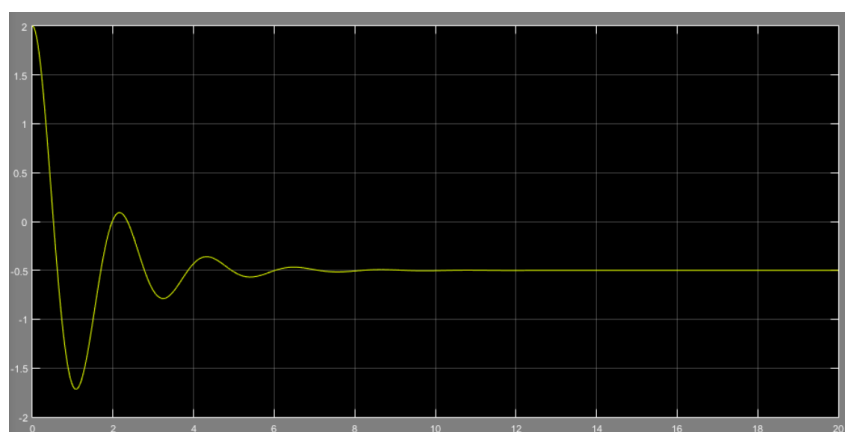


Rysunek 2: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora P

Można zauważyć na przebiegach, że serwomechanizm jako obiekt z całkowaniem niweluje uchyb ustalony – ten spada do zera.



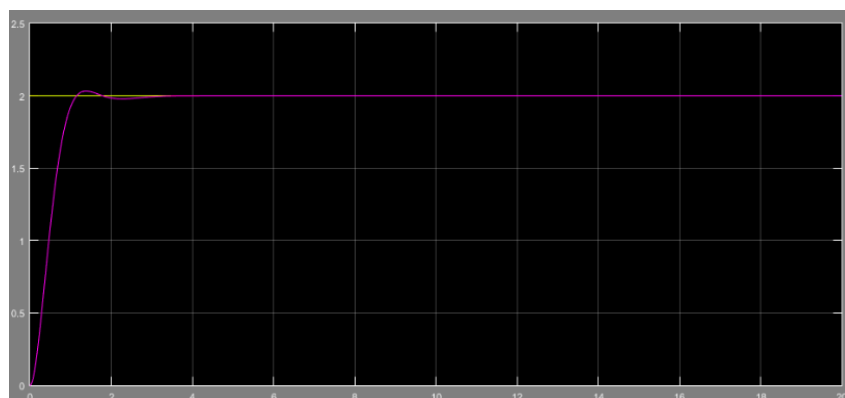
Rysunek 3: Odpowiedź skokowa regulatora P z zakłóceniem



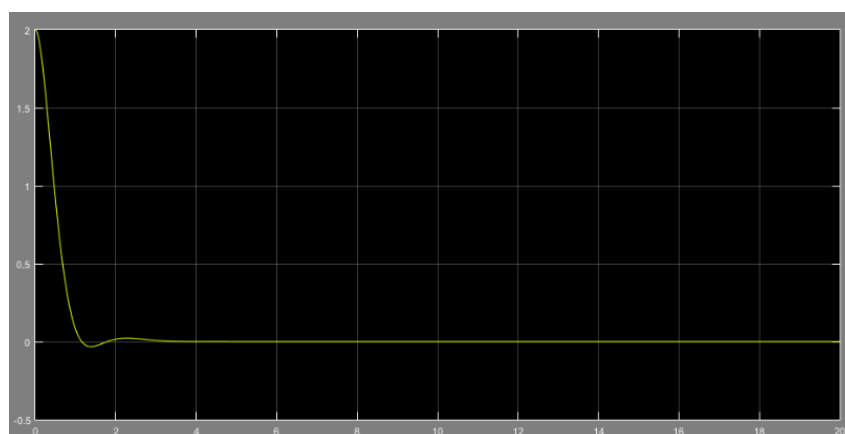
Rysunek 4: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora P z zakłóceniem

Można zauważyć uchyb pochodzący od zakłócenia. Jest to wartość skoku jednostkowego podanego na zakłócenie pomnożonego przez odwrotność wzmocnienia.

### 2.1.2 Włączone sprzężenie tachometryczne

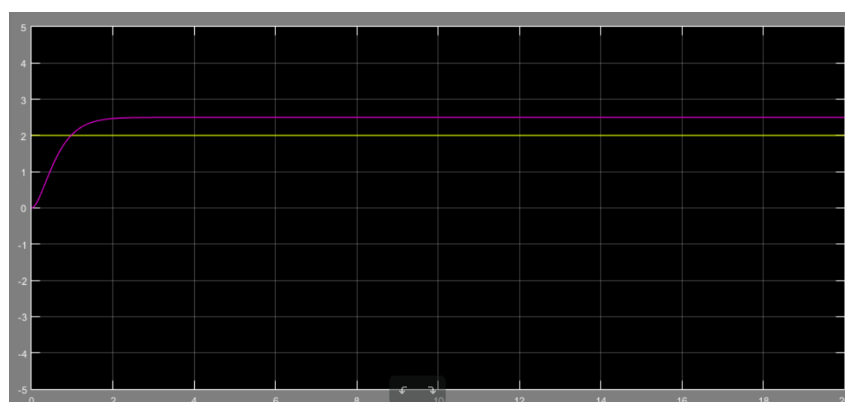


Rysunek 5: Odpowiedź skokowa regulatora P ze sprzężeniem tachometrycznym

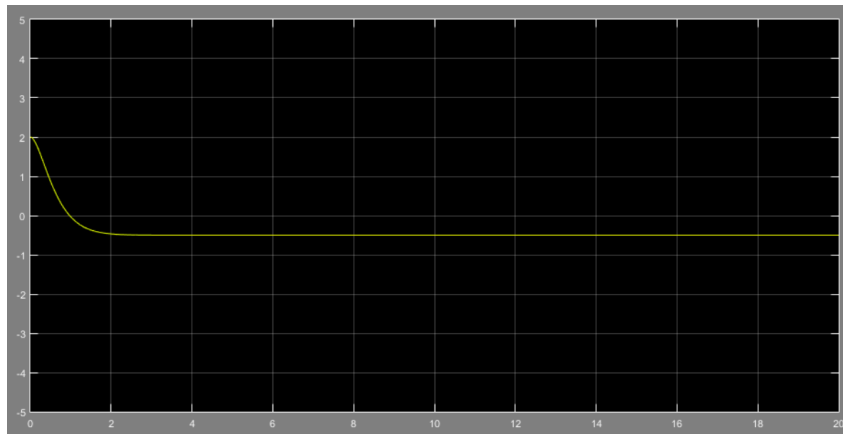


Rysunek 6: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora P ze sprzężeniem tachometrycznym

Włączenie sprzężenia tachometrycznego skutkuje poprawieniem właściwości dynamicznych układu. Układ szybciej dochodzi do stanu równowagi ze zmniejszeniem przeregulowań.



Rysunek 7: Odpowiedź skokowa regulatora P ze sprzężeniem tachometrycznym, z zakłóceniem



Rysunek 8: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora P ze sprzężeniem tachometrycznym, z zakłóceniem

Włączenie sprzężenia tachometrycznego nie usuwa uchybu spowodowanego zakłóceniem. Ten pozostaje z tą samą wartością.

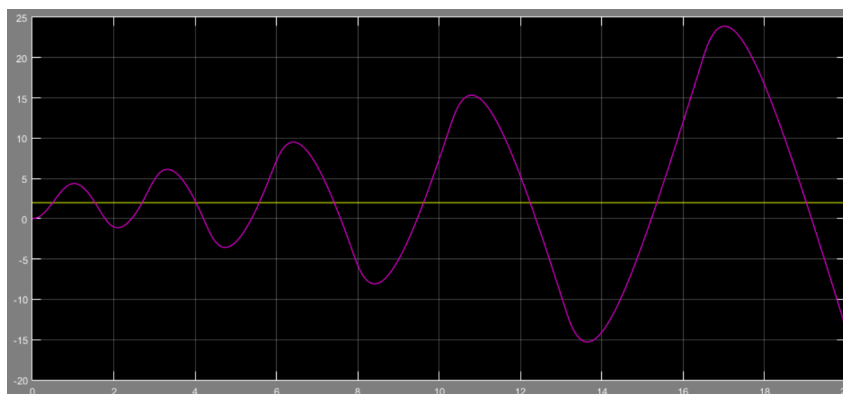
## 2.2 Regulator PI

W przypadku regulatora PI wybraliśmy taką transmitancję aby doprowadzić układ do stanu niestabilnego.

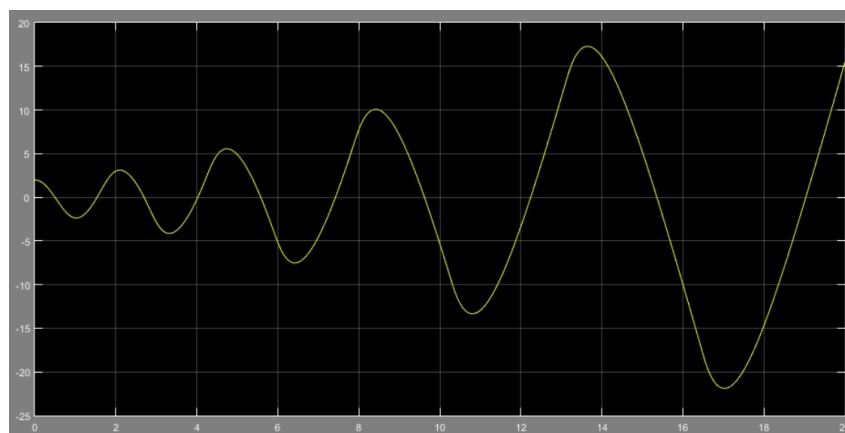
$$G_{PI}(s) = 2 \cdot \left(1 + \frac{1}{s}\right)$$

### 2.2.1 Wyłączone sprzężenie tachometryczne

Można zauważyć, że dla wybranej transmitancji układ bez sprzężenia tachometrycznego staje się niestabilny, zwiększając swoją amplitudę do nieskończoności.

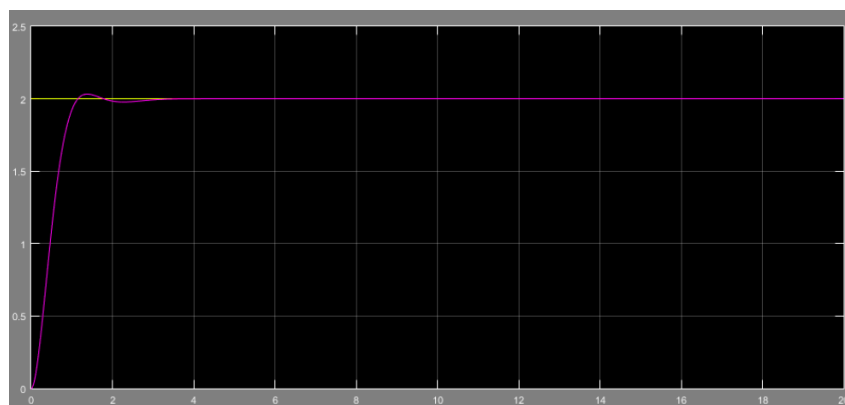


Rysunek 9: Odpowiedź skokowa regulatora PI

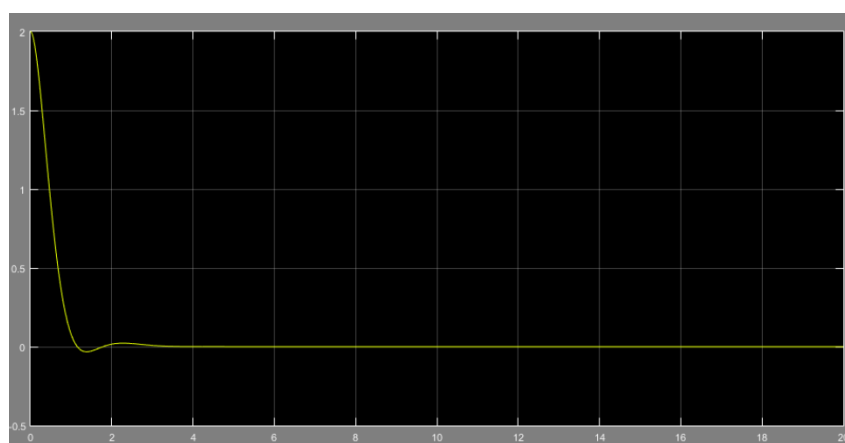


Rysunek 10: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora PI

### 2.2.2 Włączone sprzężenie tachometryczne

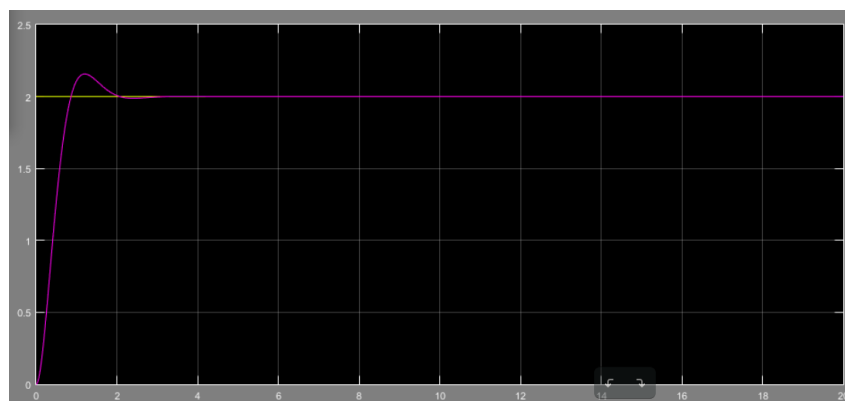


Rysunek 11: Odpowiedź skokowa regulatora PI ze sprzężeniem tachometrycznym

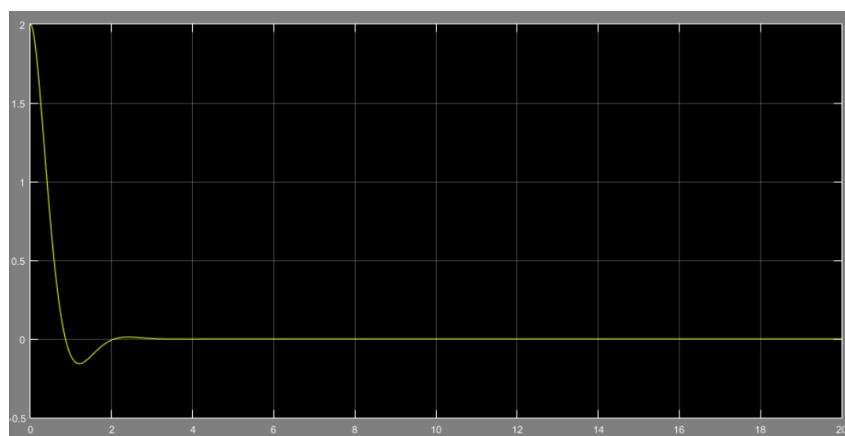


Rysunek 12: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora PI ze sprzężeniem tachometrycznym

Można zauważyć, że wprowadzenie sprzężenia tachometrycznego pozwoliło na zachowanie stabilności układu, który był przedtem niestabilny – polepszyło jego właściwości dynamiczne.



Rysunek 13: Odpowiedź skokowa regulatora PI ze sprzężeniem tachometrycznym, z zakłóceniem

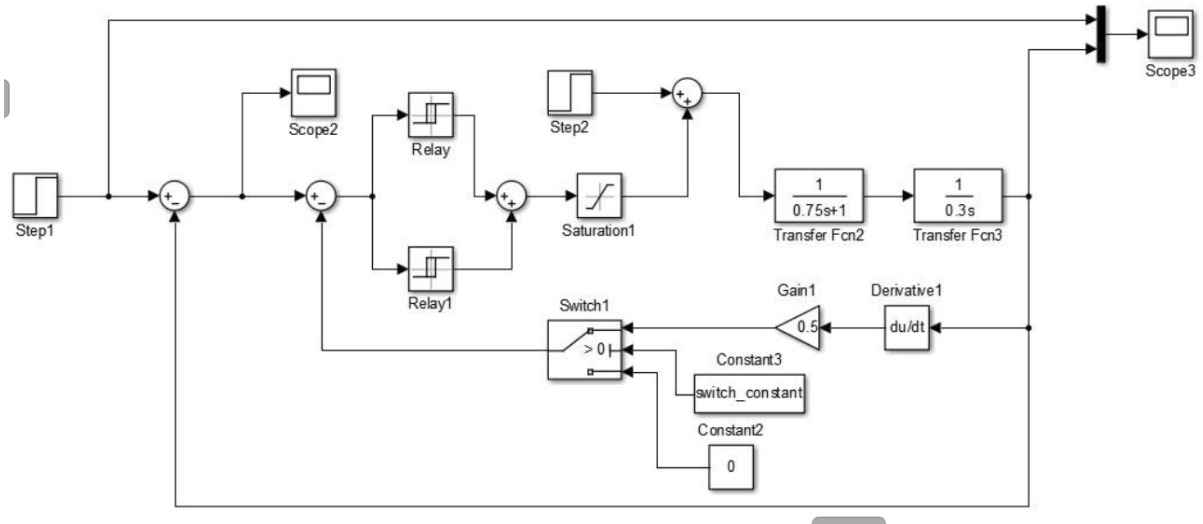


Rysunek 14: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora PI ze sprzężeniem tachometrycznym, z zakłóceniem

Wprowadzenie w regulatorze akcji całkującej usuwa uchyb ustalony wynikający z zakłócenia. Jednak pogarsza to stabilność układu ze względu na występujące podwójne całkowanie – w regulatorze oraz w sterowanym obiekcie.

### 3 Serwomechanizm nieliniowy

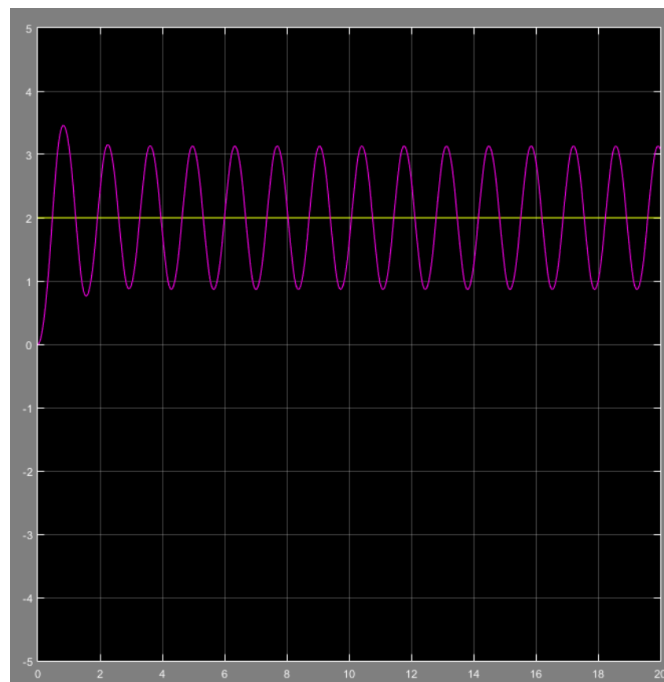
Podobnie jak w przypadku serwomechanizmu liniowego tak i tutaj zmieniliśmy przełącznik ręczny na uruchamiany zadaniem wartości z poziomu skryptu. W ten sam sposób zamodelowaliśmy zakłócenie oraz w ten sam sposób przyjęliśmy wejście układu.



#### 3.1 Regulator trójpółożeniowy

Do rozważań przyjęliśmy regulator trójpółożeniowy ze strefą martwą w przedziale  $[-0,25, 0,25]$  oraz strefami histerezy w przedziałach  $[-0,75, -0,25]$  (wartość  $-5$ ) oraz  $[0,25, 0,75]$  (wartość  $5$ ).

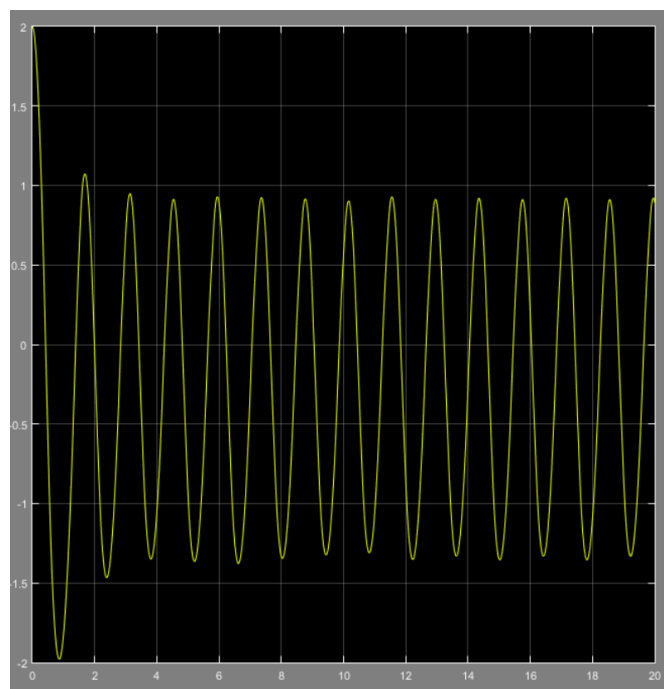
##### 3.1.1 Wyłączone sprzężenie tachometryczne



Rysunek 15: Odpowiedź skokowa regulatora trójpółożeniowego



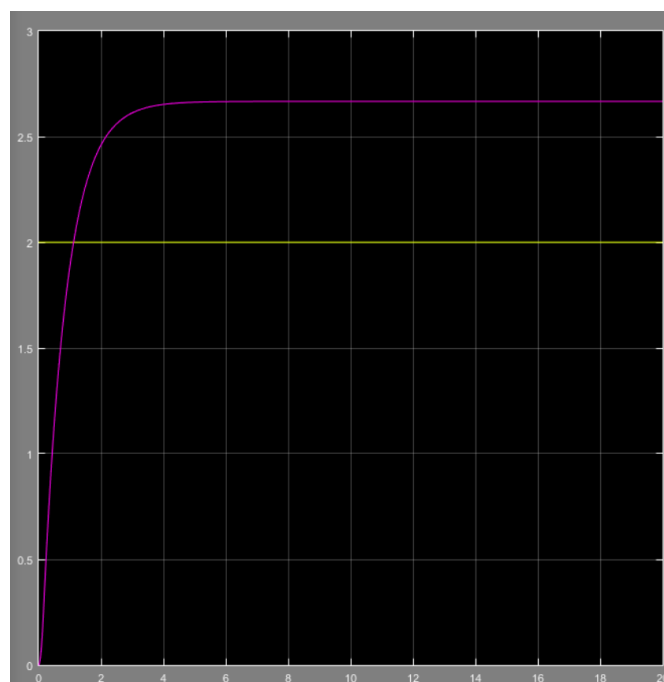




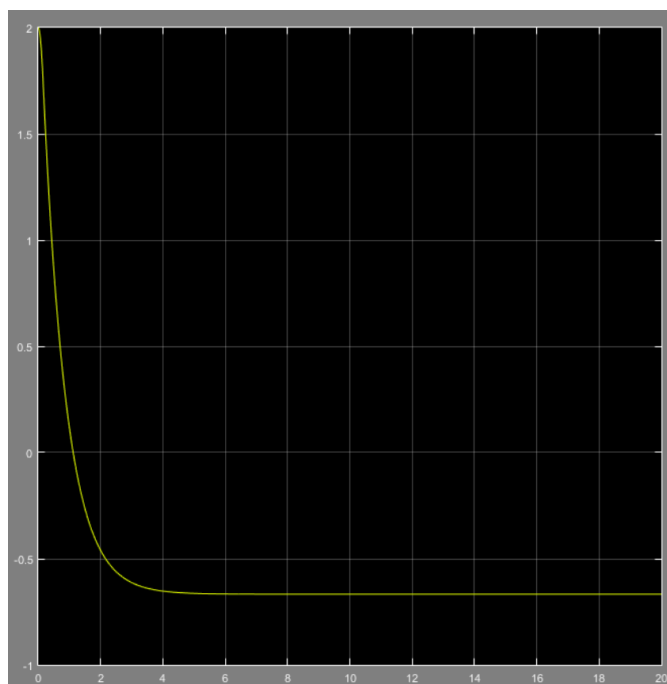
Rysunek 18: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora trójpółeniowego z zakłóceniem

Regulacja trójpółeniowa w przypadku zastania zakłócenia nie niweluje go. Powoduje on przesunięcie wartości amplitudy o stałą wartość.

### 3.1.2 Włączone sprzężenie tachometryczne

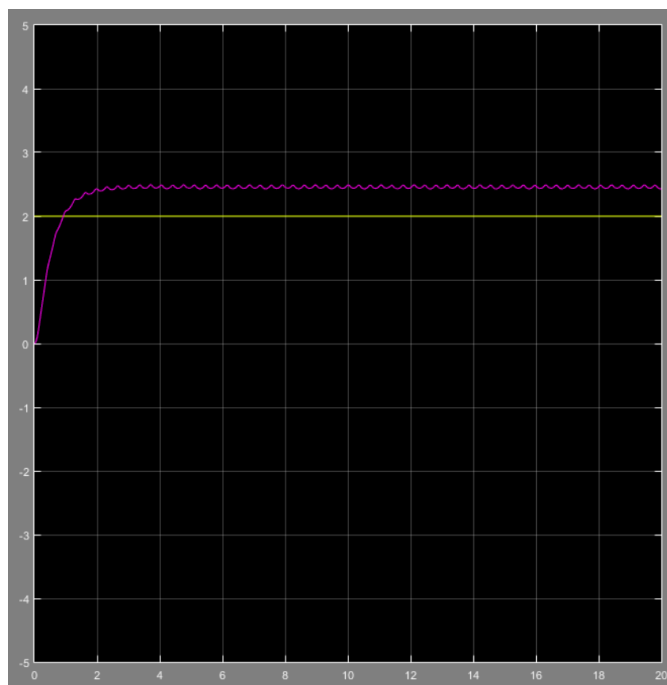


Rysunek 19: Odpowiedź skokowa regulatora trójpółeniowego, ze sprzężeniem tachometrycznym

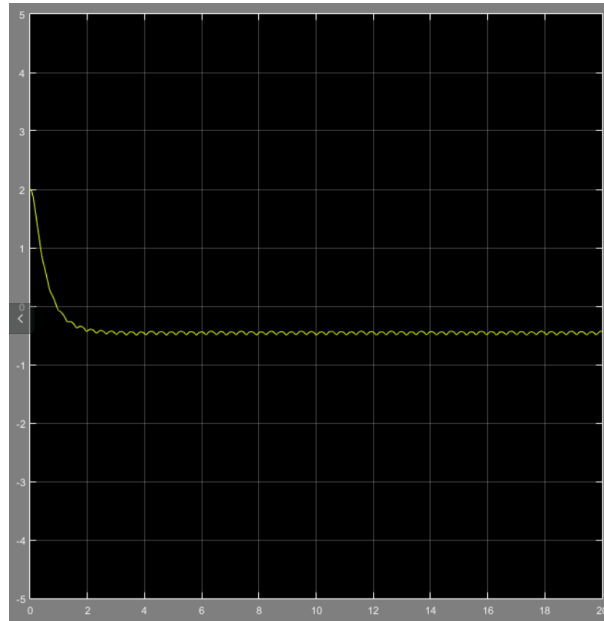


Rysunek 20: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora trójpółeniowego, ze sprzężeniem tachometrycznym

Można zauważyć, że oscylacje znikły, jednak układ nie osiąga wartości zadanej – znajduje się ponad nią.



Rysunek 21: Odpowiedź skokowa regulatora trójpółeniowego, ze sprzężeniem tachometrycznym z zakłóceniem



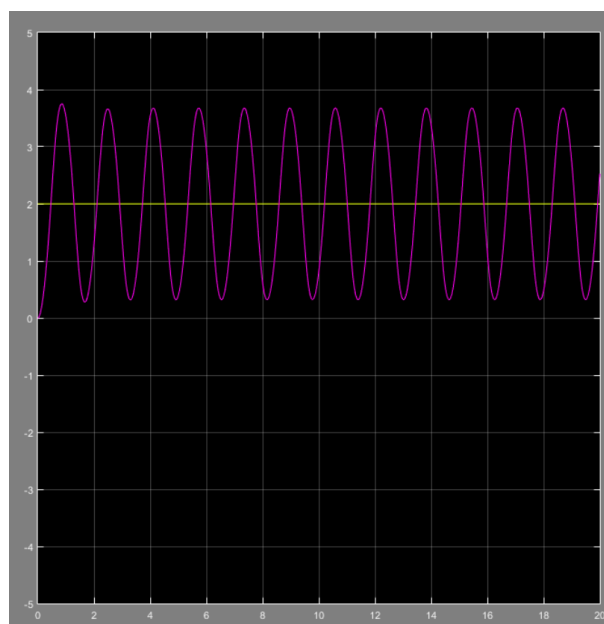
Rysunek 22: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora trójpołożeniowego, ze sprzężeniem tachometrycznym z zakłóceniem

Wprowadzenie zakłócenia do układu wprowadziło niewielkie oscylacje.

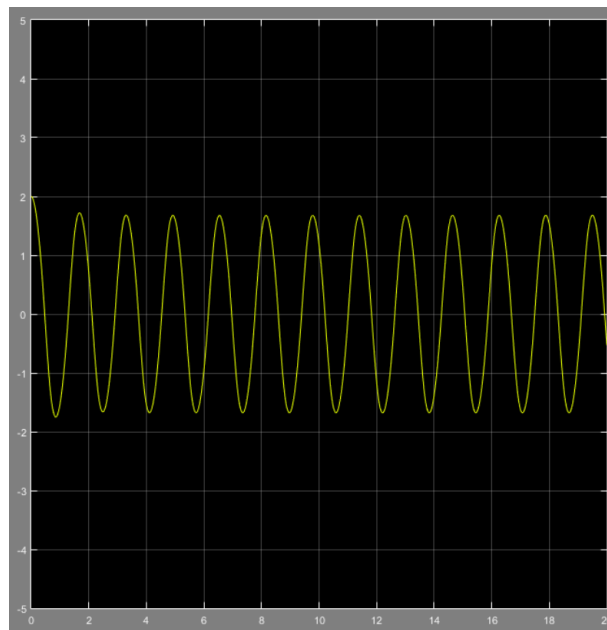
## 3.2 Regulator z zerową strefą martwą

Drugą wersją regulatora jaką sprawdziliśmy jest regulator z zerową strefą martwą. Przedziały w których znajduje się histereza to:  $[-1, 0]$  oraz  $[0, 1]$  odpowiednio z wartościami  $-5$  oraz  $5$ .

### 3.2.1 Wyłączone sprzężenie tachometryczne

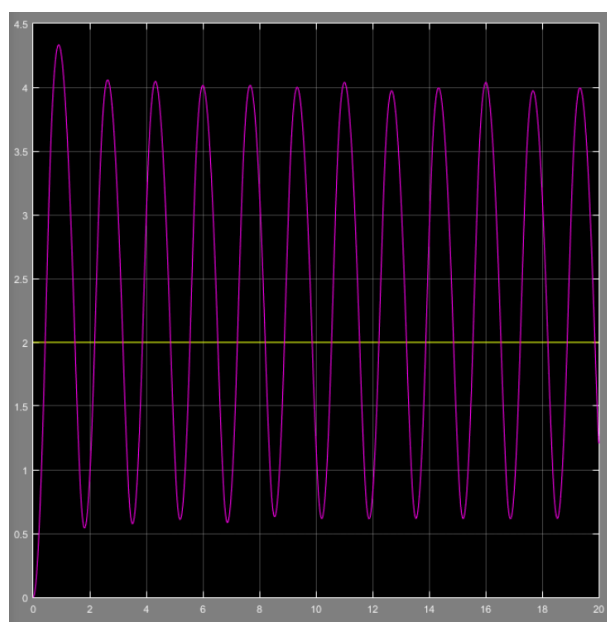


Rysunek 23: Odpowiedź skokowa regulatora trójpołożeniowego z zerową strefą martwą

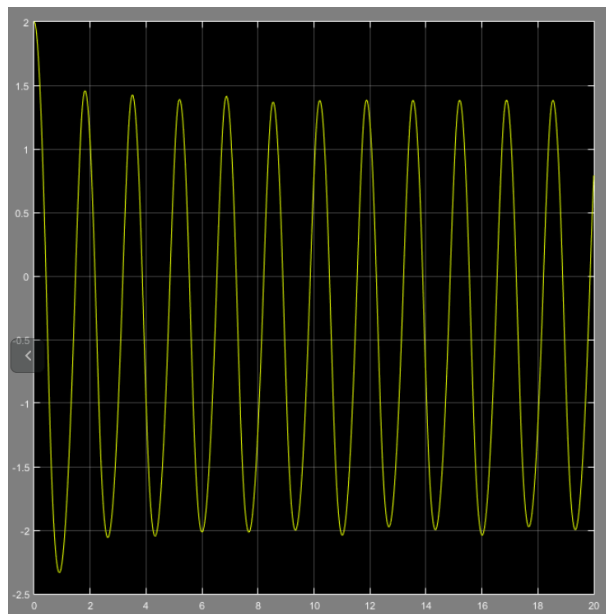


Rysunek 24: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora trójpółożeniowego z zerową strefą martwą

Układ zachowuje się tak jak w przypadku strefy martwej, jednak przesterowania są mniejsze.



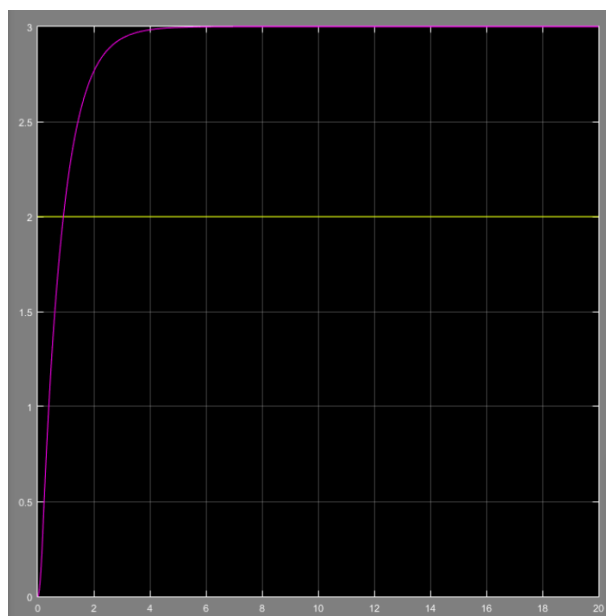
Rysunek 25: Odpowiedź skokowa regulatora trójpółożeniowego z zerową strefą martwą, z zakłóceniem



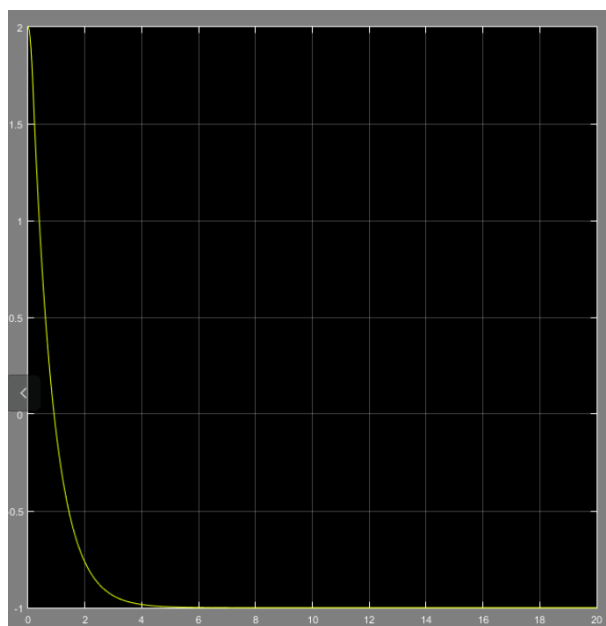
Rysunek 26: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora trójpołożeniowego z zerową strefą martwą, z zakłóceniem

Układ próbuje intensywniej zwalczać zakłócenie niż w przypadku regulatora ze strefą martwą, powodując większe amplitudy oscylacji.

### 3.2.2 Włączone sprzężenie tachometryczne

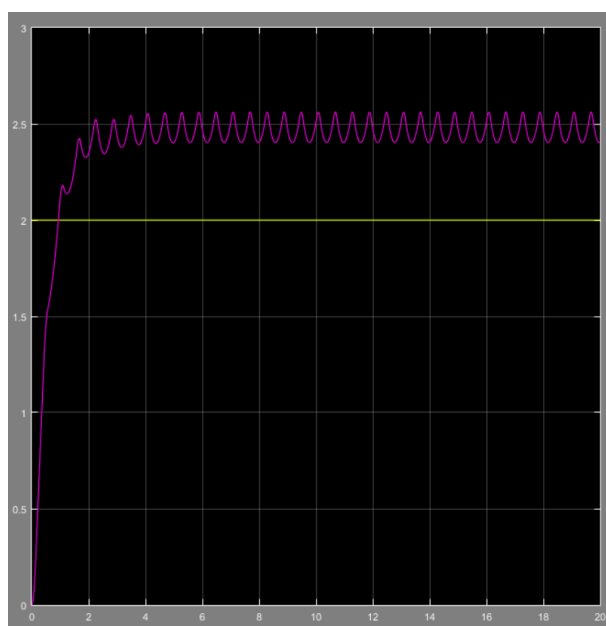


Rysunek 27: Odpowiedź skokowa regulatora trójpołożeniowego z zerową strefą martwą, z włączonym sprzężeniem tachometrycznym

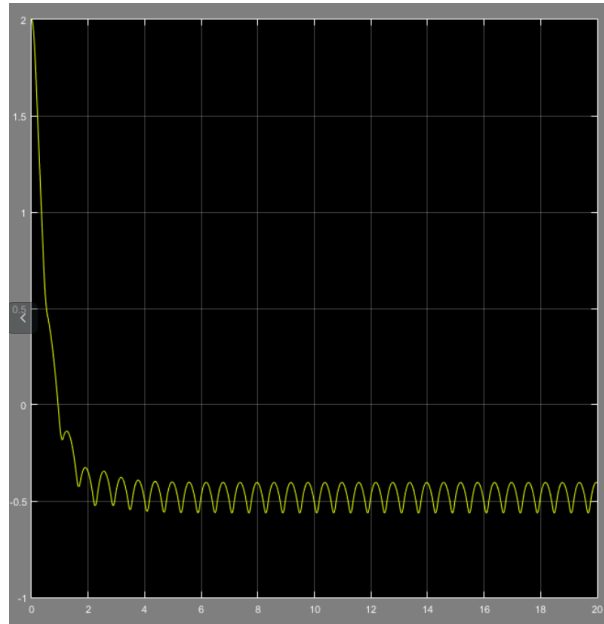


Rysunek 28: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora trójpołożeniowego z zerową strefą martwą, z włączonym sprzężeniem tachometrycznym

Zachowanie jest podobne jak dla regulatora ze strefą martwą, tyle, że występuje większe przekroczenie wartości zadanej.



Rysunek 29: Odpowiedź skokowa regulatora trójpołożeniowego z zerową strefą martwą, z włączonym sprzężeniem tachometrycznym, z zakłóceniem



Rysunek 30: Błąd odpowiedzi skokowej regulatora trójpołożeniowego z zerową strefą martwą, z włączonym sprzężeniem tachometrycznym, z zakłóceniem

Można zauważyć, że układ próbuje walczyć z zakłóceniem, doprowadzając tym samym do zwiększenia oscylacji w porównaniu do tego samego przypadku, jednak ze strefą martwą.

## 4 Podsumowanie i wnioski

Ćwiczenie te pokazało nam jaki wpływ na dynamikę układu ma zastosowanie sprzężenia tachometrycznego. Jest ono w stanie doprowadzić układ z regulatorem PI z niestabilności do stabilności. Zastosowanie sprzężenia tachometrycznego zmniejsza również oscylacje w przypadku zastosowania regulatora trójpołożeniowego w przypadku zakłócenia oraz je całkowicie eliminuje jeżeli owego zakłócenia nie ma.