

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра автоматизации и управления

Әлімбай Жандос Әлімханұлы

«Система автоматического управления следящей системы »

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность: 5В070200 - Автоматизация и управление

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра автоматизации и управления

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой АИУ
к.ф.м.н., доцент-профессор
Алдияров Н.У.
2022 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Система автоматического управления следящей системой»

По специальности: 5В070200 Автоматизация и управление

Выполнил

Олімбай Ж.О.

Рецензент

Руководитель области автоматизации

Гайжанов Р.Г.

2022 г.



Научный руководитель

Канд. техн. наук

Ассистент-профессор

Орынбек М.М.

2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий


Кафедра автоматизация и управление

5B070200 - Автоматизации и управления

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АиУ

к.ф.м.н., ассоц. профессор

 Алдияров Н.У.

«___» _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающийся Әлімбай Жандос Әлімханұлы

Тема «Система автоматического управления следящей системы».

Утвержден приказом Ректора Университета №489-П/Ө от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы: «13» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломной работе: Козин В.З. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов, техническая литература.

Краткое содержание дипломной работы: а) описание технологического процесса флотации; б) анализ динамических свойств замкнутой АСУ ТП конвейера с регулятором; в) применение интегрированной среды программирования TIA-portal для воплощения работы конвейеров; г) разработка структурной и функциональной схем АСУ ТП.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): технологическая схема автоматизации; структурная схема, функциональные схемы.

Рекомендуемая основная литература:

[1] Козин В.З., Тихонов О.Н. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов: Учеб. Для вузов – М.: Недра, 1990. - 343с.

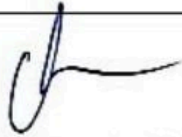
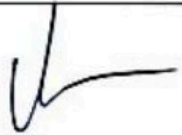
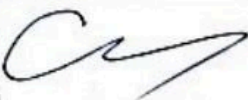
[2] Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления С - П.: Профессия., 2004. - 752с.

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технологический раздел	1 марта 2022 г.	
Специальный раздел	28 апреля 2022 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	Канд. техн. наук, Ассистент-профессор Орынбет М.М.	05.03.2022	
Специальный раздел	Канд. техн. наук, Ассистент-профессор Орынбет М.М.	30.04.2022	
Нормоконтролер	ассистент профессор Сарсенбаев Н.С.	09.06.2022	

Научный руководитель



Орынбет М.М.

Задание принял к исполнению обучающийся

Әлімбай Ж.Ә.

Дата

"17" ноября 2022

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның мақсаты-бақылау жүйесінің автоматты басқару жүйесін дамыту және зерттеу. Бақылау автоматты басқару жүйесі әртүрлі салаларда қолданылады. Мысалы: өнеркәсіптік және зымырандарды құруда және т.б. жүйелерде өз қолданысын табуда. Бірінші тарауда технологиялық процестер, құрылғының өзі және жүйенің элементтері егжей-тегжейлі сипатталған. Екінші тарауда бақылау жүйесінің функционалды және құрылымдық схемасы берілген. Төменде нөлдер мен полюстердің есептеулері, өтпелі процесті талдау көрсетілген.

Дипломдық жобада стандартты реттегіштердің әсері де зерттелді.

АННОТАЦИЯ

Целью дипломного проекта является разработка и исследование системы автоматического управления следящей системы. Следящую систему автоматического управления используют в разных отраслях как в промышленных, так и в создании ракет и т.д.

В первой главе подробно описаны технологические процессы, само устройство и элементы системы. Во второй главе представлены функциональная и структурная схема следящей системы. Далее показаны расчеты нулей и полюсов, анализ переходного процесса.

В дипломном проекте также было исследовано влияние типовых регуляторов.

ANNOTATION

The aim of the diploma project is to develop and research the automatic control system of the tracking system. The tracking system of automatic control is used in various industries, both in industrial and in the creation of missiles, etc.

The first chapter describes in detail the technological processes, the device itself and the elements of the system. The second chapter presents the functional and structural diagram of the tracking system. The calculations of zeros and poles, and the analysis of the transition process are shown below.

The thesis project also investigated the influence of standard regulators.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Технологическая часть	10
1.1 Краткое описание устройства и элементов системы	10
1.2 Функциональная и структурная схема следящей системы	11
2. Расчетная часть	13
2.1 Расчет нулей и полюсов системы	13
2.2 Анализ переходного процесса	15
2.3 Нахождение корневых оценок качества	18
2.4 Исследование влияния типовых регуляторов	21
2.4.1 Пропорциональный регулятор	21
2.4.2 Интегральный регулятор	22
2.4.3. Пропорционально-дифференциальный регулятор	23
2.4.4. Пропорционально-интегральный регулятор	24
2.4.5 Пропорционально интегрально дифференциальный регулятор	25
2.5. Первый и второй метод Циглера-Никольса	27
2.5.1. Синтез регулятора по второму методу Циглера-Никольса по теоретической части	27
2.5.2 Синтез регулятора по второму методу Циглера-Никольса экспериментально	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	37

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сложно представить производство без элементов автоматизации и их функционирование без средств управления. Следящей система – это система автоматического управления, алгоритм которой изменяет выходной сигнал в зависимости от значения неизвестного заранее переменного сигнала на входе. На этом принципе построены системы автосопровождения целей (ракет) по дальности, скорости и направлению, силовые следящие системы управления положением антенн, радиотехнические системы телеуправления и самонаведения ракет и т.д.

Ведь автоматизация является неотъемлемой частью промышленности и средством повышения эффективности ее работы. Включает она в себя много направлений и благодаря ее развитию появляются новые сферы науки. Одной из них является робототехника. За счет изученных нами дисциплин мы имеем возможность строить в программе как Matlab и предотвратить возможные неполадки, которые могут повредить систему, механизм производственного аппарата.

1. Технологическая часть

1.1 Краткое описание устройства и элементов системы

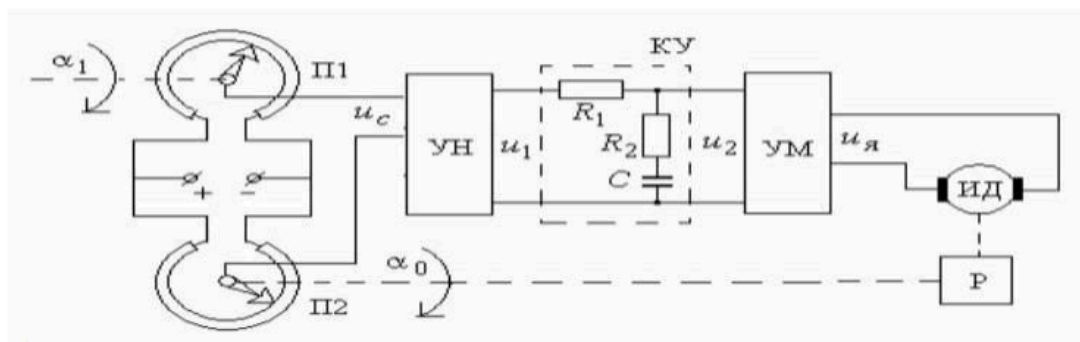
Следящая система с потенциометрическими датчиками состоит из таких элементов:

- задающий потенциометр. Который передает задающий сигнал усилителю напряжения УН;
- усилитель напряжения усиливает напряжение в системе;
- далее сигнал принимается последовательно корректирующим устройством;
- после корректирующего устройства, сигнал усиливается усилителем мощности и передается на исполнительный двигатель;
- конечным действием является сравнение угла α_0 с α_1 ;

В данной схеме задающий сигнал - угол поворота α_0 сравнивается с выходным сигналом - углом поворота α_1 , с помощью глобальной отрицательной

обратной связи, в потенциометре, который является сравнивающим устройством, их разница (ошибка рассогласования) преобразуется в электрический сигнал, затем её усиливают.

Потенциометрические датчики предназначены для преобразования линейных или угловых перемещений в электрический сигнал, а также для воспроизведения простейших функциональных зависимостей в автоматических и автоматических устройствах непрерывного типа.



Здесь

- П1** – задающий потенциометр,
- П2** – потенциометр обратной связи,
- УН** - усилитель напряжения,
- КУ** - последовательное корректирующее устройство,
- УМ** - усилитель мощности,
- ИД** - исполнительный двигатель,

Рисунок 1 — Следящая система с потенциометрическими датчиками

1.2 Функциональная и структурная схема следящей системы

Функциональные схемы представляют систему управления комбинацией блоков и стрелок, показывая входной и выходной сигналы и взаимосвязи между специфическими компонентами системы. В функциональной диаграмме физический характер каждого элемента идентифицирован как "двигатель", "усилитель", "привод головок" и другие элементы

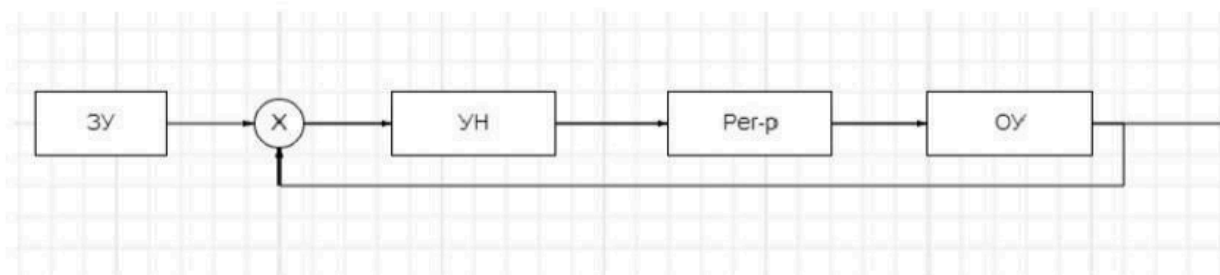


Рисунок 2 — Функциональная схема системы

Состоит из:

- **ЗУ** – задающий потенциометр;
- **УН** – усилитель напряжения;
- **УМ** – усилитель мощности;
- **Регулятор** – RLC резитор и конденсатор;
- **ОУ** – редуктор.

Структурные схемы также представляют систему управления комбинацией блоков и стрелок, показывая входной сигнал и взаимосвязь между элементами системы. Но основная цель структурных схем состоит в том, чтобы представить последовательность преобразований сигнала в системах управления, обеспечивая математическое описание простейших элементов системы, и облегчая разработку математического описания полной системы.

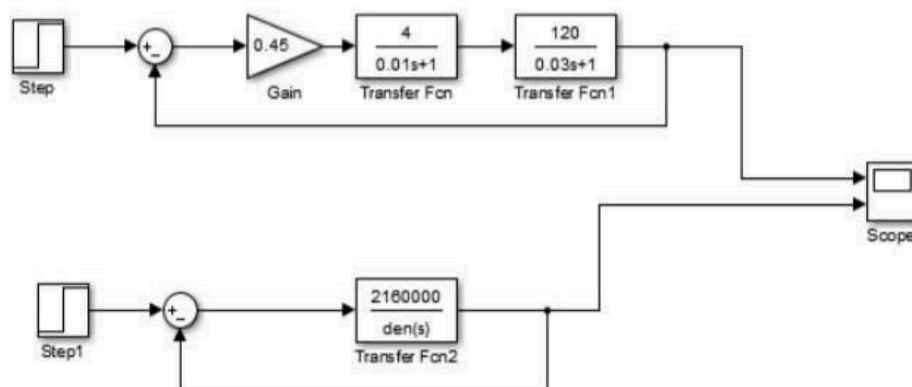


Рисунок 3 – Структурная схема системы

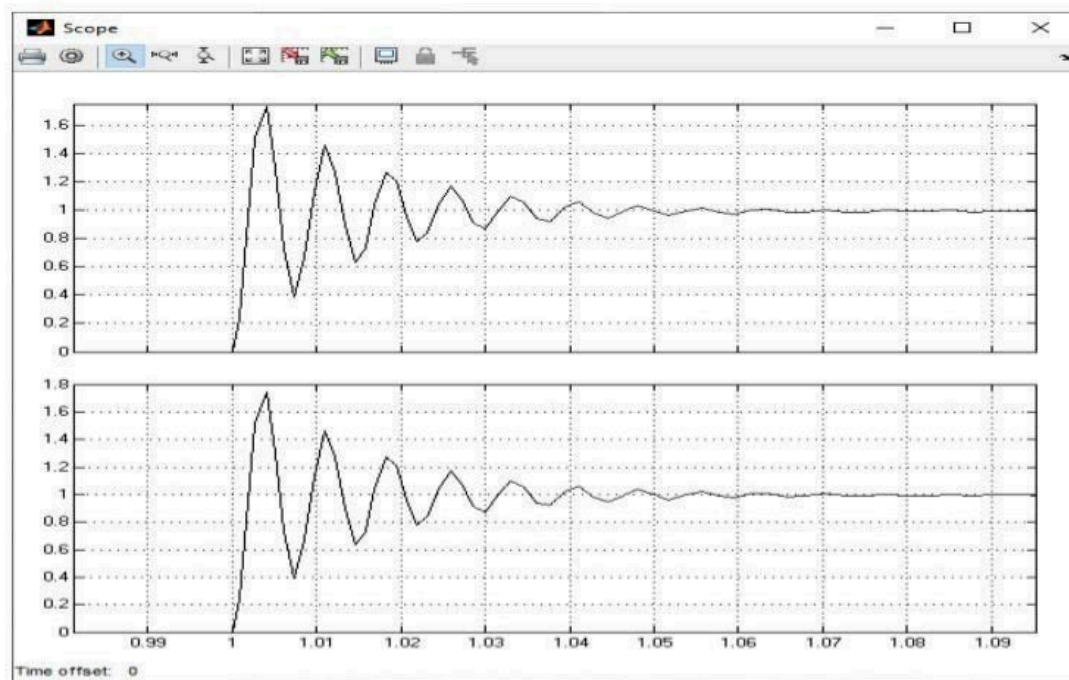


Рисунок 4 - График переходного процесса замкнутой системы

2. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Расчет нулей и полюсов системы

С помощью MATLAB были получены полюса и нули функции.

```
Command Window
>> S=tf([2160000],[3 400 10000])
S =
      2.16e06
-----
    3 s^2 + 400 s + 10000
Continuous-time transfer function.
>> pole(S)%Полюса
ans =
-100.0000
-33.3333
>> zero(S)%Нули
ans =
Empty matrix: 0-by-1
```

Рисунок 5– Нули и полюса придаточной функции разомкнутой системы

На рисунке 5 можем видеть, что функции имеет 2 полюса, а нули отсутствуют. На рисунке 6, изображены полюса или корни характеристического уравнения на комплексной плоскости.

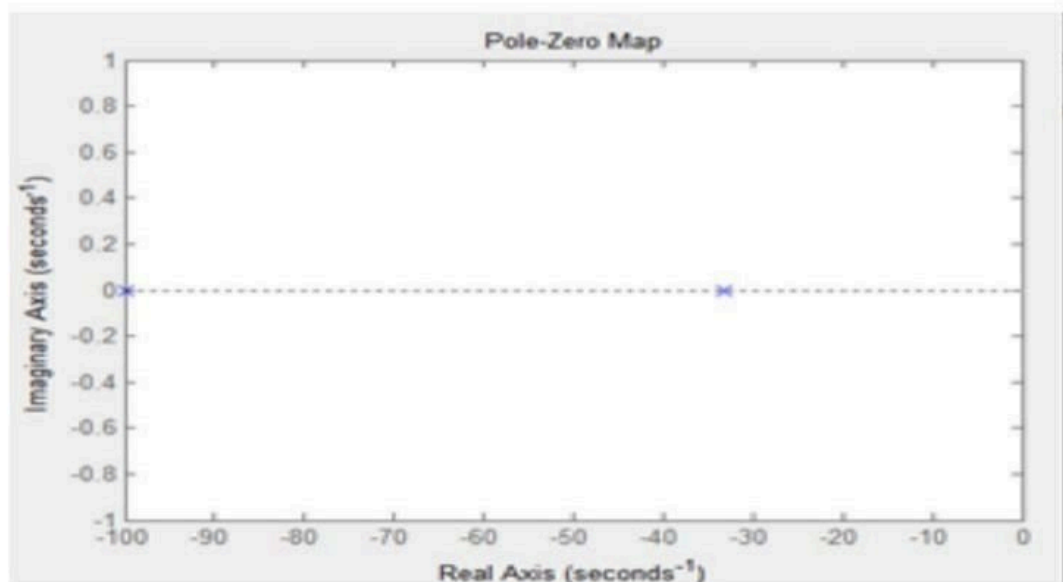


Рисунок 6– График расположение полюсов и нулей придаточной функции разомкнутой системы

Что касается **нулей** то ими называются корни числителя передаточной функции.

Построим переходные процессы замкнутой и разомкнутой систем. Также построим все частотные характеристики только для разомкнутой системы.

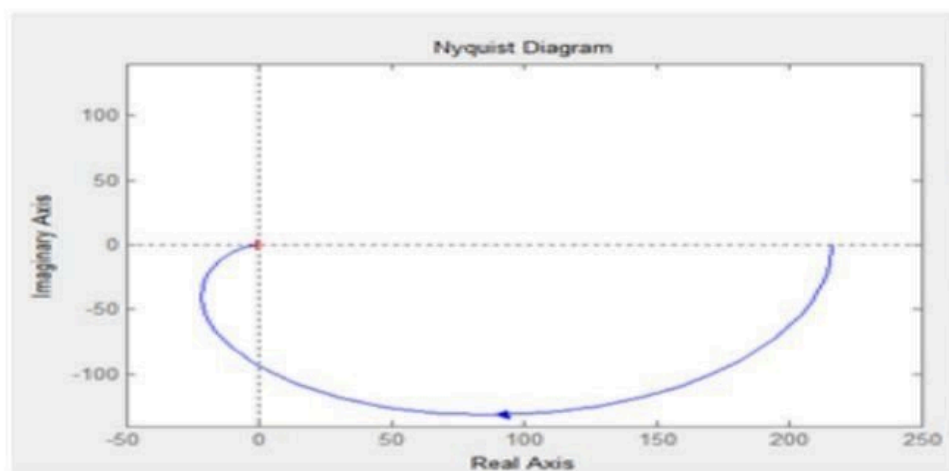


Рисунок 7- Амплитудно и Фазно частотные характеристики передаточной функции.

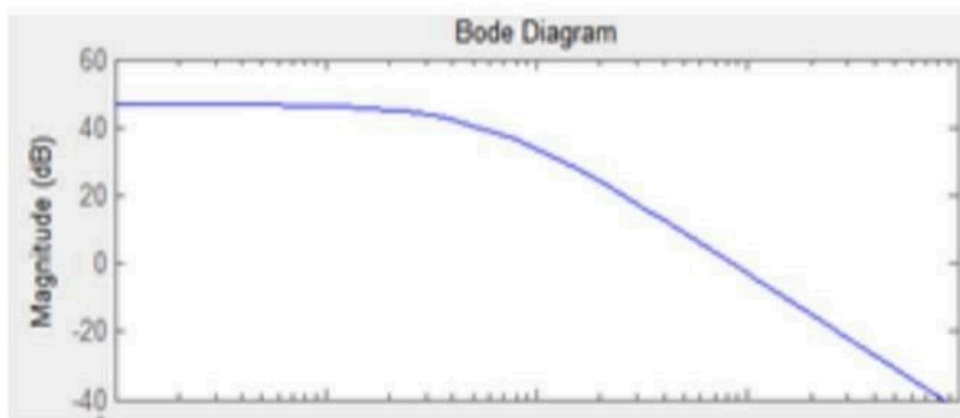


Рисунок 8- Амплитудно-частотная характеристика

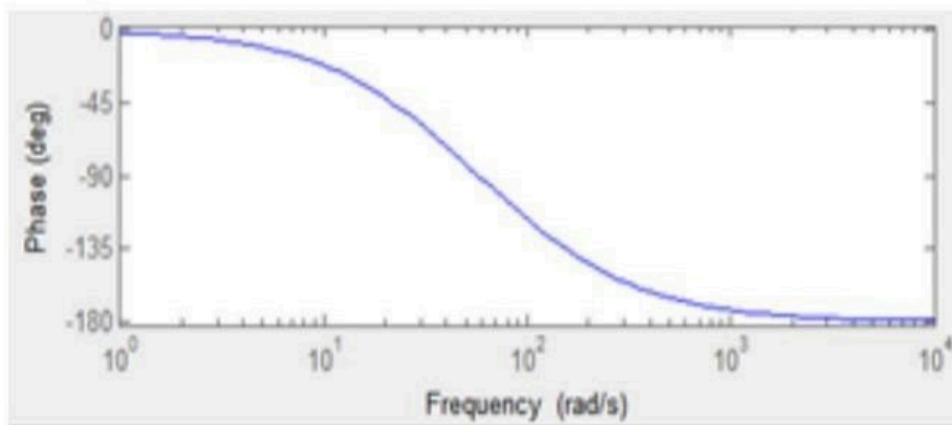


Рисунок 9 – Фазо-частотная характеристика

Чтобы выразить амплитуду в абсолютных единицах [abs], для получения графика амплитудно - частотную характеристику (рисунок 9), необходимо воспользоваться свойствами Логарифмической амплитудно-фазовой частотной характеристикой.

Также для оси частот следует исправить логарифмическую шкалу на линейную.

2.2 Анализ переходного процесса

Это - одна из наиболее общих техник, используемая инженерами для определения качества систем.

Существуют, так сказать, оценки качества переходного процесса. Они бывают как прямыми, так и косвенными. Предлагаю остановиться и рассмотреть прямые оценки качества.

Чтобы получить оценки качества прямым методом, был построен переходной процесс.

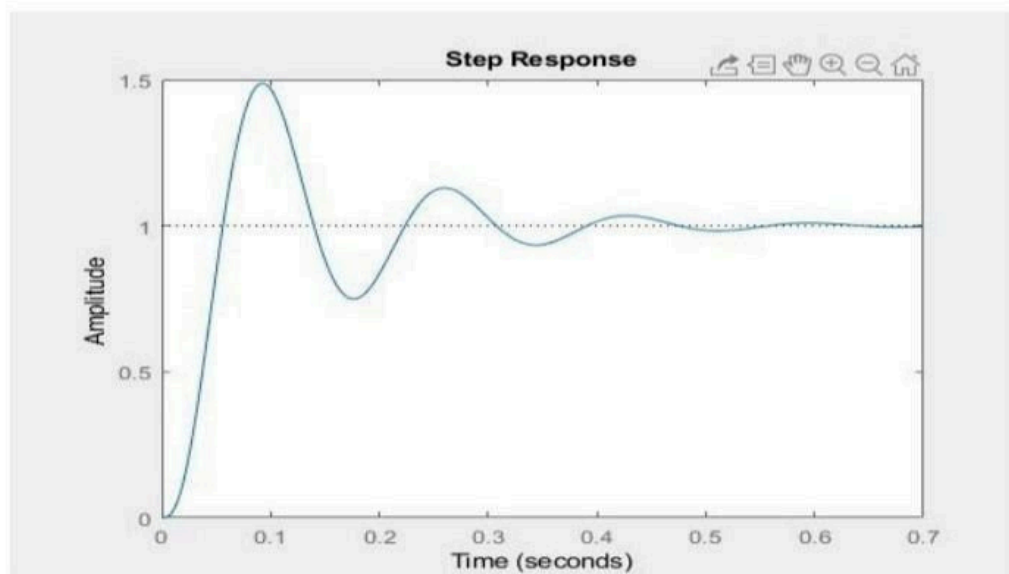


Рисунок 10 - Переходной процесс

Получение прямых оценок качества:

- время регулирования:

$$|y - y_{ss}| \leq \delta \quad (1)$$

$$\delta = \frac{2 \cdot y_{ss}}{100} \quad (2)$$

y_{ss} (установившееся значение), равно 1,002.
 Время регулирования переходного процесса обозначено на рисунок 3.

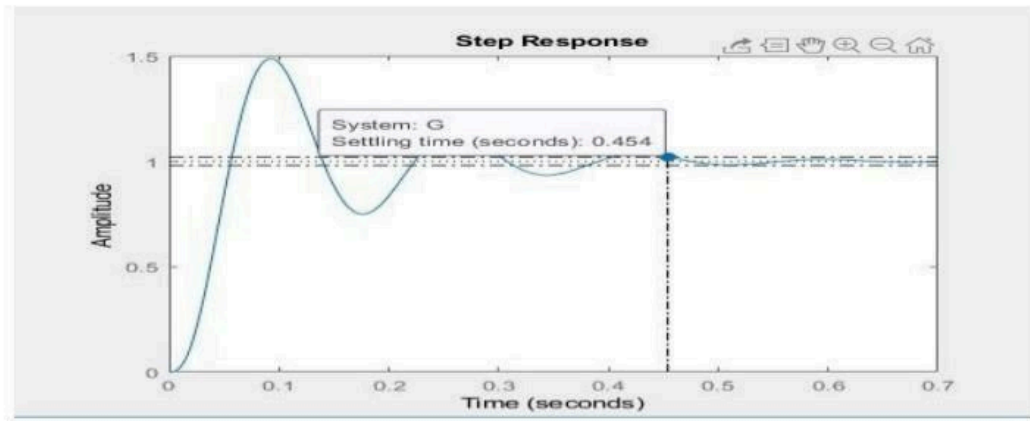


Рисунок 11 - Время регулирования

На рисунке 11 можно заметить, что время регулирования $T=0.454$ сек.

- формула перерегулирования:

$$P_{ov} = \frac{y_{max} - y_{ss}}{y_{ss}} * 100\% \quad (3)$$

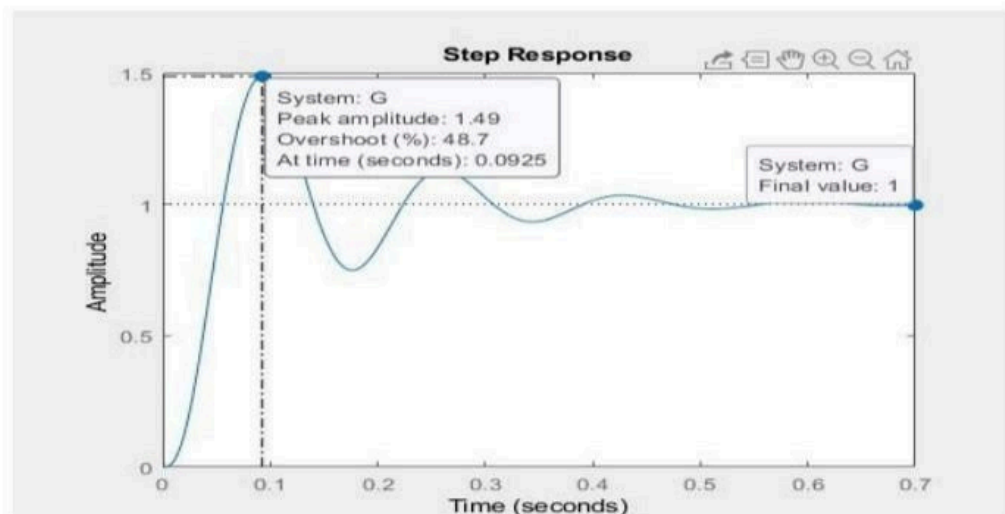


Рисунок 12 - Перерегулирование

На Рисунке 12 можно заметить, что в этой системе перерегулирование равно 48,7%. Это можно так же проверить по формуле перерегулирования.

$$P_{ov} = \frac{y_{max} - y_{ss}}{y_{ss}} * 100\% = \frac{1.49 - 1.002}{1.002} * 100\% = 48.7\%$$

На формуле максимальная амплитуда обозначена как y_{max} .

- число колебаний $M(T_{set})$

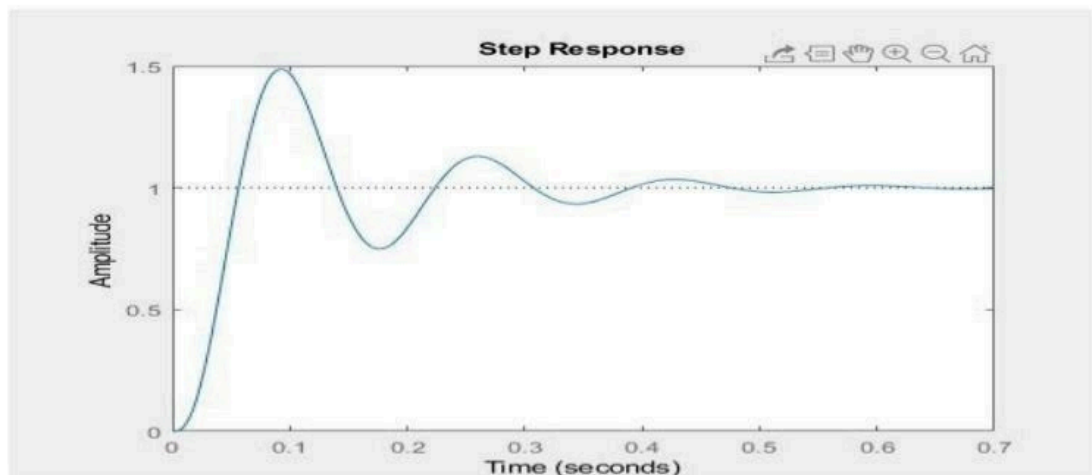


Рисунок 13 – Число колебаний

Число колебаний $M=3$.

- колебательность:

$$\mu = \frac{y_{\max 2} - y_{ss}}{y_{\max 1} - y_{ss}} * 100\% \quad (4)$$

Значения $y_{\max 1}$ и $y_{\max 2}$ являются максимумами колебаний 1 и 2.

$$\mu = \frac{y_{\max 2} - y_{ss}}{y_{\max 1} - y_{ss}} * 100\% = \frac{1.14 - 1.002}{1.49 - 1.002} * 100\% \approx 36.5\%$$

- частота колебаний:

$$\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T}, T = 0,1678$$

$$\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,1678} \approx 37.4 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

- время достижение первого максимума (T_p) - на Рис.№4 можем увидеть графу (At time: 0.0925), это значит что величина $T_p = 0.0925$ sec.

- время нарастания(Rise time=0.034)- это время, которое требуется для того, чтобы переходной процесс пересек установившееся значение выходного сигнала. Показан на рисунке .

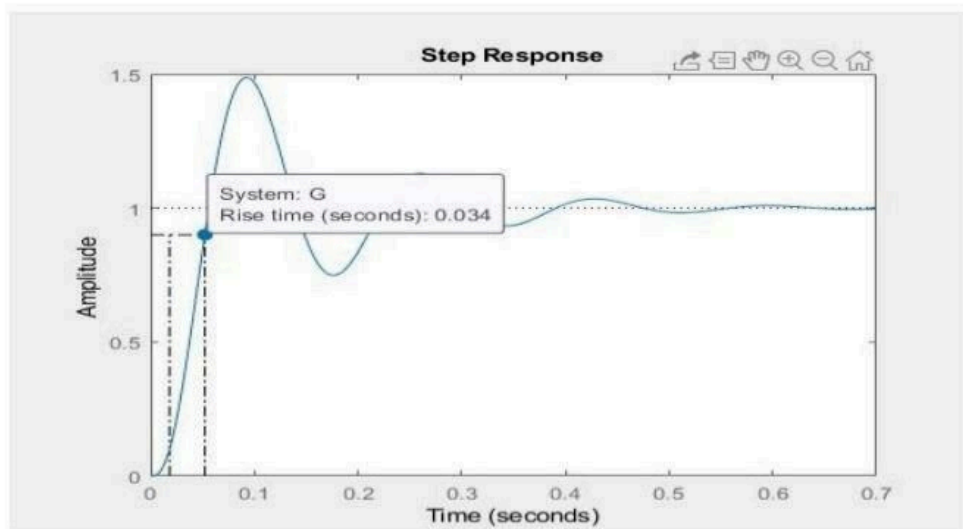


Рисунок 14 - Время нарастания

- декремент затухания χ :

$$c = \frac{|y_{\max 1} - y_{ss}|}{|y_{\max 2} - y_{ss}|} * 100\% \quad (5)$$

$$c = \frac{|1.49 - 1.002|}{|1.14 - 1.002|} = 2.74 \quad (6)$$

По формуле было вычислено что декремент затухания $\chi = 2.74$

2.3 Нахождение корневых оценок качества

С помощью команды `rzmap` получил полюса передаточной функции системы на рисунок 15

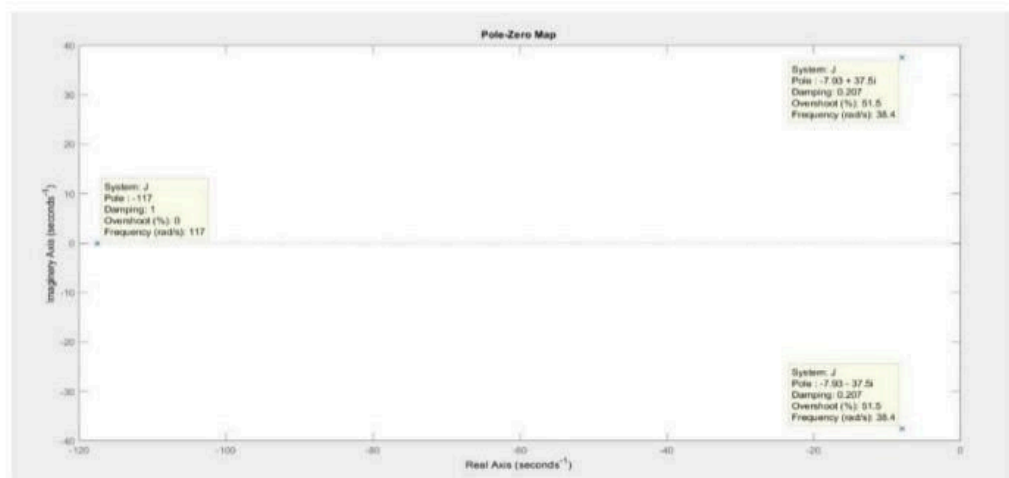


Рисунок 15 - Полюса передаточной функции

Так же получили значение полюсов: собственная частота, коэффициент демпфирования, коэффициент затухания.

Вводим команду `damp` и получаем данные показанные на рисунок 16

Pole	Damping	Frequency (rad/seconds)	Time Constant (seconds)
-7.93e+00 + 3.75e+01i	2.07e-01	3.84e+01	1.26e-01
-7.93e+00 - 3.75e+01i	2.07e-01	3.84e+01	1.26e-01
-1.17e+02	1.00e+00	1.17e+02	8.51e-03

Рисунок 16 – Характеристики

На рисунке 16 обозначены:

- коэффициент демпфирования (damping) $\varepsilon = 2.07$;
- действительная частота $\omega_d = 37.5$;
- собственная частота (natural frequencies) $\omega_n = 3.84$;
- коэффициент затухания $\sigma = 7.93$.

По полученным данным, определим корневые оценки качества нашей системы.

- время регулирования

$$s_1 = \sigma_1 = -117; s_2, s_3 = \sigma_2 + j\omega = 7.93 \pm j37.5.$$

$$T_{set} = \frac{4}{|\sigma_{min}|} = \frac{4}{|-7.93|} = 0,5 \quad (7)$$

- перерегулирование

$$P_{ov} = e^{-\frac{\varepsilon\pi}{\sqrt{1-\varepsilon^2}}} * 100\% = e^{-\frac{2.07\pi}{\sqrt{1-2.07^2}}} * 100\% = 5.9\% \quad (8)$$

- максимальное значение

$$y_{max} = y_{ss} * \left(1 + \frac{P_{ov}}{100}\right) = 1.002 * \left(1 + \frac{5.9}{100}\right) = 1.061 \quad (9)$$

- степень колебательности

$$\mu = \frac{\omega_d}{\sigma} = \frac{37.5}{7.93} = 4.72 \quad (10)$$

- частота колебаний

$$\omega_{osc} = \omega_n * \sqrt{1 - \varepsilon^2} = 3.84 * \sqrt{1 - 2.07^2} = 8.79 \quad (11)$$

- время достижения первого максимума

$$T_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\varepsilon^2}} = \frac{\pi}{3.84 \sqrt{1-2.07^2}} = 0,36 \quad (12)$$

- Быстродействие и степень устойчивости это - расстояние от мнимой оси до ближайшего корня или ближайшей пары сопряженных комплексных корней

$$\eta = |\sigma_{\min}| = 7.93 \quad (13)$$

По этим итогам оценок качеств, определяется насколько наша система соответствует тем или иным требованиям мирового или желаемого стандарта.

Таблица 1- Оценки качества системы управления

Оценки качества		Прямые	Корневые	Желаемое требование	Соответствие требованиям
Время регулирования	T_{set}	0.454	0.5сек		
Перегуливание	Pov	48.7%	5.9%	10-30%	Не соответ-т
Число колебаний	M	3	3	1-2	Не соответ-т
Колебательность	μ	36.5%	4,72	1.6 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 2.7	Не соответ-т
Частота колебаний	ω_{osc}	37,4	8,79		
Время достижения первого максимума	T_p	0,0925	0.36		
Время нарастания	TR	0,034			
Декремент затухания	c	2.74			

Если найденные значения, прямых и корневых оценок качеств не удовлетворяют желаемые требования инженера, то необходимо построить регулятор. И в соответствии с требованиями синтезировать данный регулятор, для достижения наилучшего результата.

2.4 Исследование влияния типовых регуляторов

2.4.1 Пропорциональный регулятор

На рисунке 17 показана передаточная функция без PID регулятора.

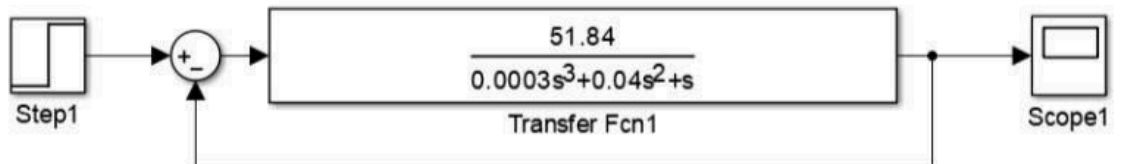


Рисунок 17 - Передаточная функция

А на рисунке 18 показан график переходной характеристики рисунка 17.



Рисунок 18 - Переходная характеристика

Теперь исследуем влияние пропорционального регулятора на наш объект. На рисунке 3 приведена схема с P регулятором. А на рисунке 4 показан график передаточной функции с P регулятором.

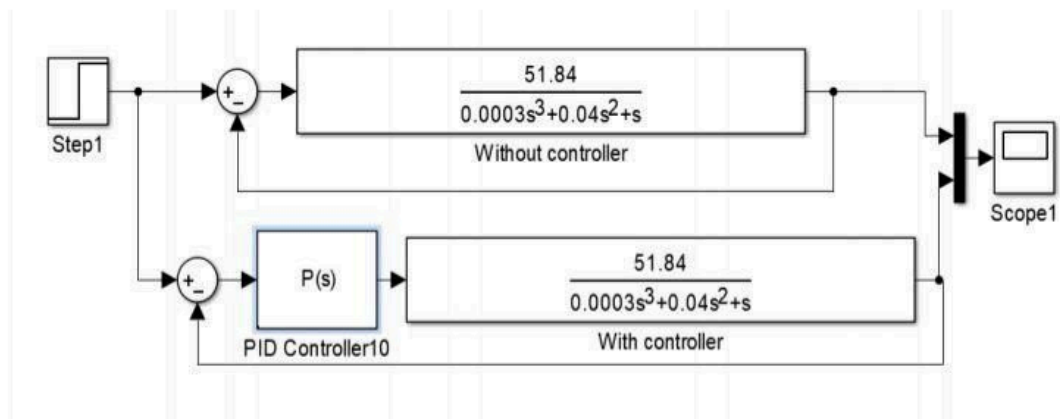


Рисунок 19 - Схема с P регулятором

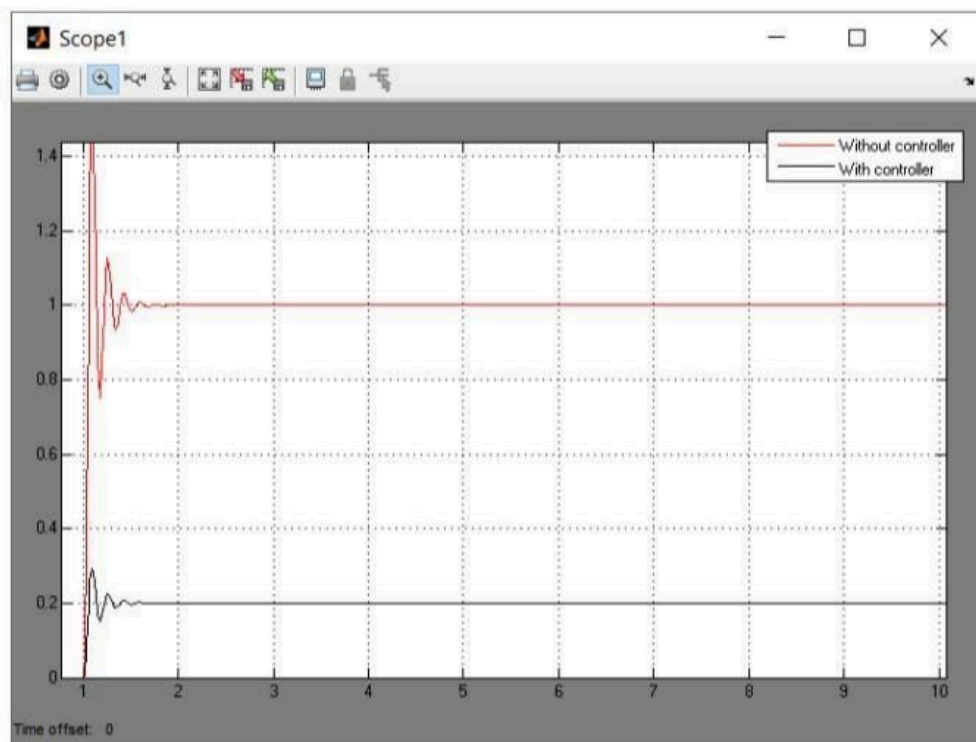


Рисунок 20 - График передаточной функции с P регулятором

Коэффициент $P = 0.2$

P регулятор убрал перерегулирование и максимально сгладил исходный сигнал.

2.4.2 Интегральный регулятор

На рисунках 21 и 22 показаны результаты использования интегрального регулятора. В виде значения регулятора было выбрано предыдущее число 0.4.

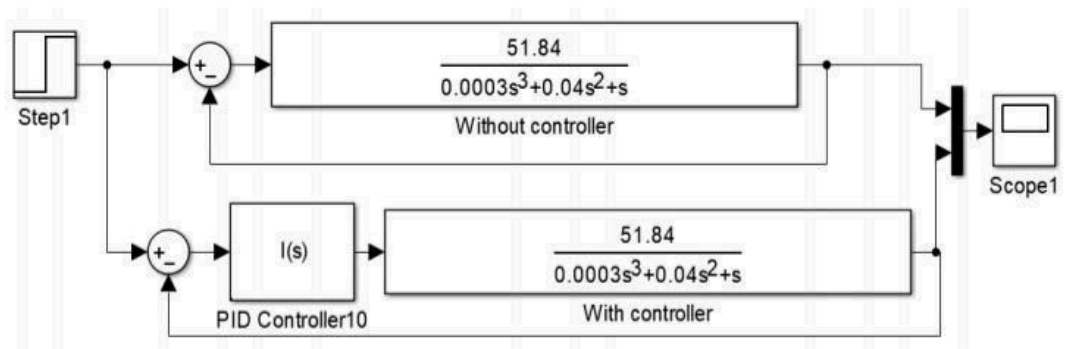


Рисунок 21 - Схема с I регулятором

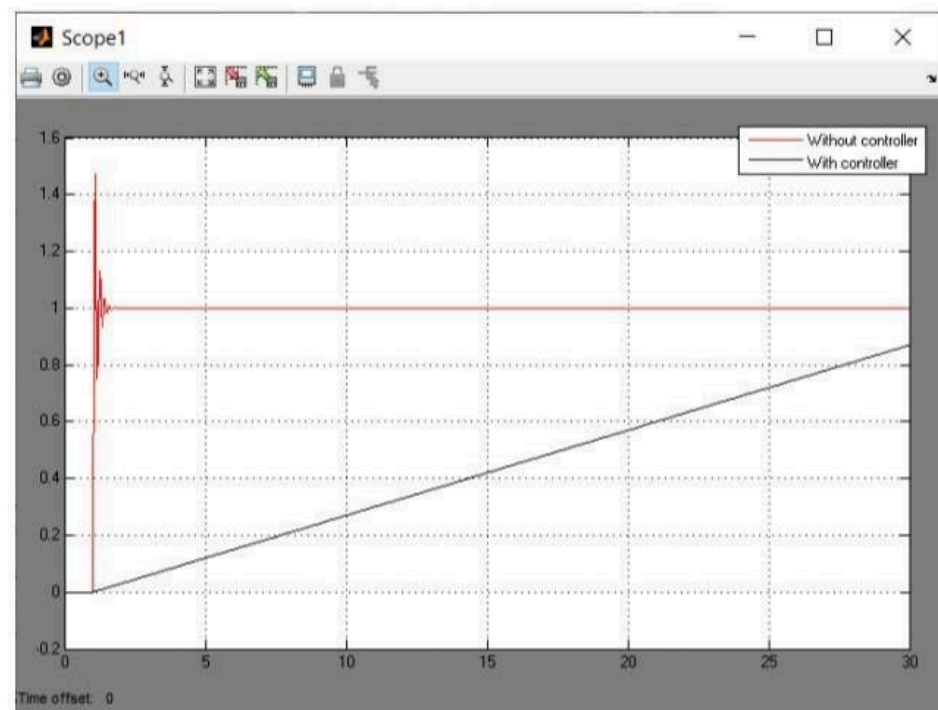


Рисунок 22 - График передаточной функции с I регулятором

Коэффициент $I = 0.03$

Можно увидеть, что I регулятор сделал систему неустойчивой, но точной.

2.4.3 Пропорционально-дифференциальный регулятор

На рисунках 23 и 24 показаны результаты использования пропорционально-дифференциального регулятора. В виде значения регулятора было выбрано число 0.7 в обе составляющие.

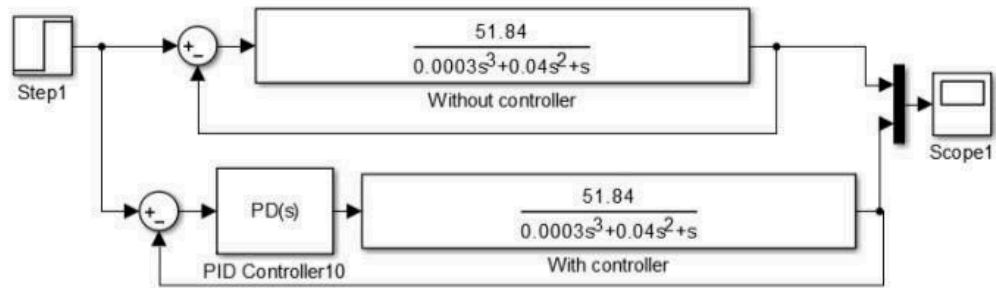


Рисунок 23 - Схема с PD регулятором



Рисунок 24 - График передаточной функции с PD регулятором

Коэффициенты $P=0.2$ $D = 0.1$

Можно увидеть, что P составляющая изменила установившееся значение, а D увеличила перерегулирование.

2.4.4 Пропорционально-интегральный регулятор

На рисунках 25 и 26 показаны результаты использования пропорционально-интегрального регулятора. В виде значения регулятора было выбрано число 0.4 в обе составляющие.

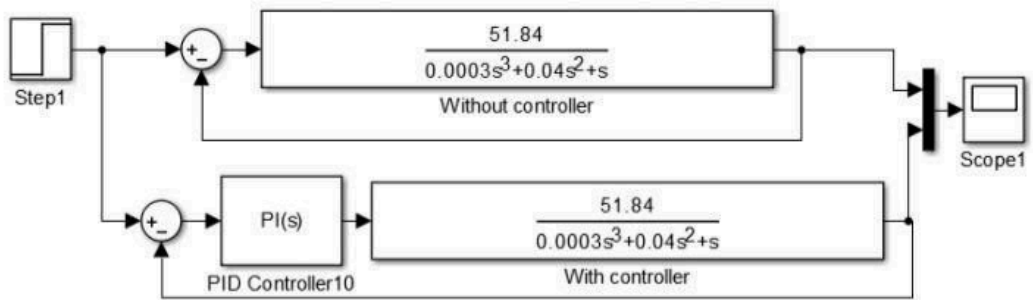


Рисунок 25 - Схема с PI регулятором

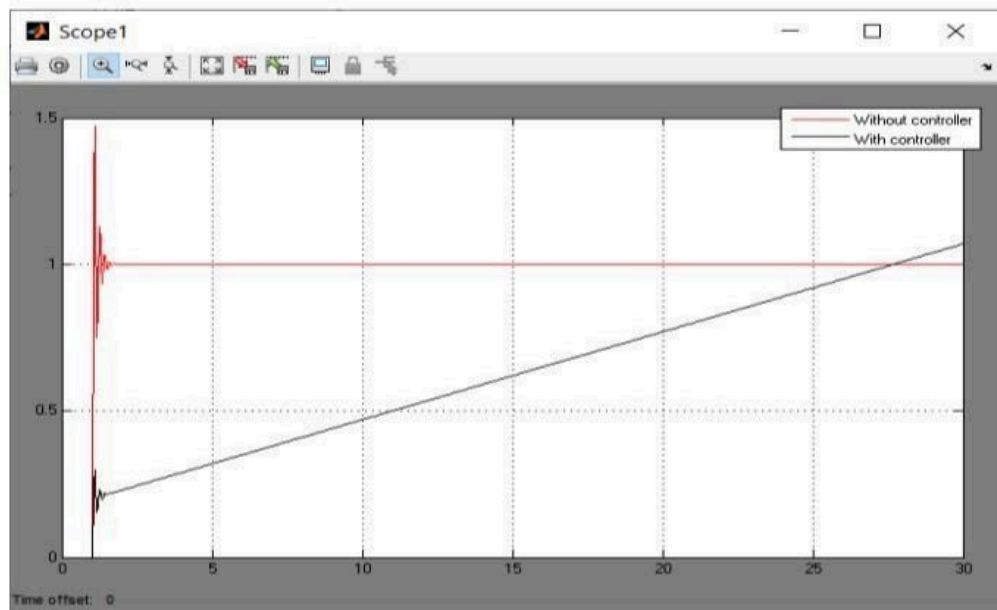


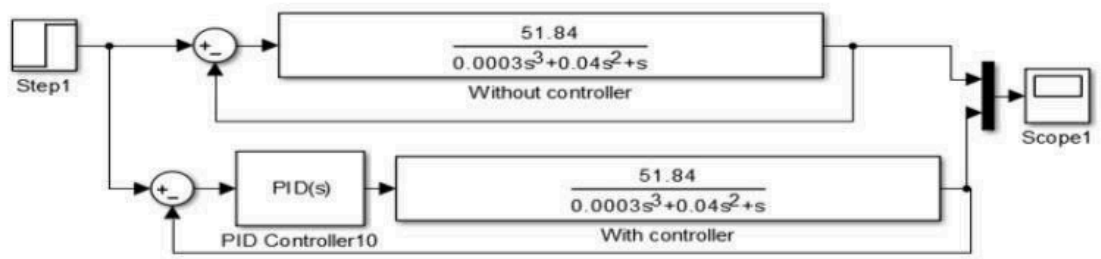
Рисунок 26 - график передаточной функции с PI регулятором

Коэффициенты $P=0.2$ $I = 0.03$

Черным цветом показан график с использованием PI регулятора, а красным — исходная функция. Можно увидеть, что I составляющая сделала систему неустойчивой, а P составляющая ускорила процесс.

2.4.5 Пропорционально интегрально дифференциальный регулятор

На рисунках 27 и 28 показаны результаты использования пропорционально интегрально дифференцированного регулятора. В виде значения регулятора было выбрано число 0.5 во все три составляющие.



Main	PID Advanced	Data Types	State Attributes
Controller parameters			
Proportional (P):	<input type="text" value="0.2"/>		
Integral (I):	<input type="text" value="0.05"/>		
Derivative (D):	<input type="text" value="0.1"/>		
Filter coefficient (N):	<input type="text" value="100"/>		
			<input type="button" value="Tune..."/>

Рисунок 27 - схема с PID регулятором

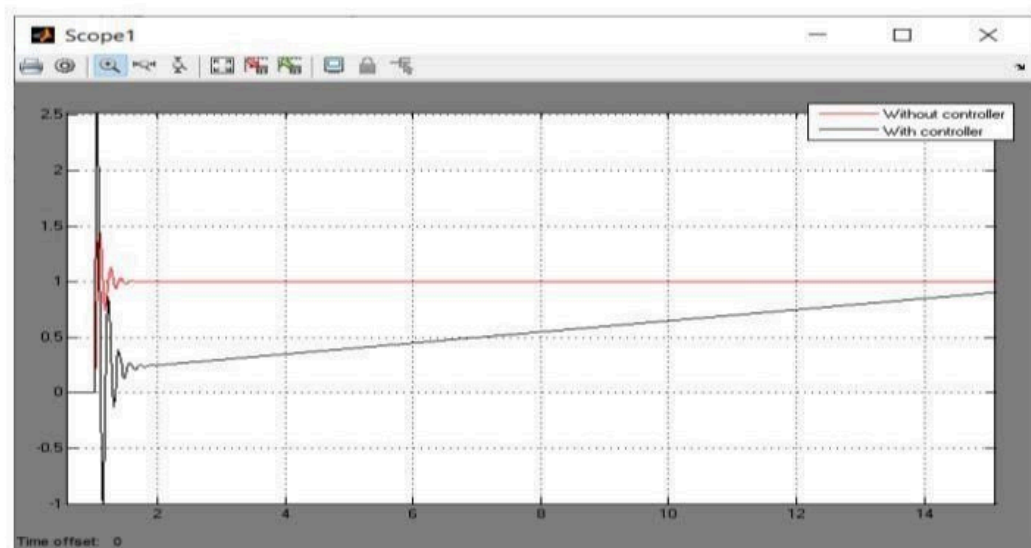


Рисунок 28 - график передаточной функции с PID регулятором

Черным цветом показан график с использованием PID регулятора, а красным — исходная функция. Можно увидеть, что P составляющая изменила установившееся значение, а D составляющая увеличила перерегулирование, но I составляющая привела систему в неустойчивость.

Изучив влияния типовых регуляторов на разные передаточные функции, а также исследовав влияния регуляторов на устойчивость, точность, и на качество системы, я пришел к выводу, что все регуляторы, где используется интегральная составляющая не устойчивы. Но интегральная составляющая дает прибавку к точности.

В зависимости от целей регулирования, для лучшей работы, системе следует использовать пропорционально-дифференциальный регулятор, так как он ускоряет время достижения установившегося значения. Но на самом деле система не нуждается в регулировании, ибо она достаточно устойчива что бы хорошо работать, а строить регулятор, это дополнительная трата денежных средств.

2.5 Первый и второй метод Циглера-Никольса

Данный Метод настройки регуляторов, относится к эмпирическим и основан на использовании данных, полученных экспериментально на реальном объекте.

2.5.1 Синтез регулятора по второму методу Циглера-Никольса по теоретической части.

Шаг 1. Включить в схему Р-регулятор с неизвестным параметром, k_{cr} . Схема показана на рисунке 29.

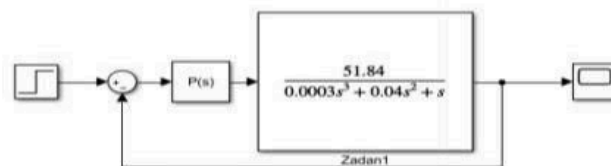


Рисунок 29 - Схема Р-регулятора с неизвестным параметром.

Передаточная функция замкнутой САУ с Р-регулятором

$$T(s) = \frac{51.84k_{cr}}{0.0003s^3 + 0.04s^2 + s + 51.84k_{cr}} \quad (14)$$

Шаг 2. Определим в соответствии с критерием Гурвица:

Предельный коэффициент усиления: $k_{cr} = 0$

Предельный коэффициент усиления соответствует нейтральной границе устойчивости.

По матрице Гурвица:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0.04 & 51.84k_{cr} & 0 \\ 0.0003 & 1 & 0 \\ 0 & 0.04 & 51.84k_{cr} \end{vmatrix} \quad (15)$$

$$\Delta 1 = 0.04 > 0 \quad (16)$$

$$\Delta 2 = 0.04 - 0.0155k = 0 \Rightarrow k = 2.572 \quad (17)$$

$$k_{cr} = 2.572$$

Предельный коэффициент усиления, соответствует колебательной границе устойчивости, это можно увидеть через график передаточной функции системы с Р регулятором в значении k_{cr} на рисунке 30.

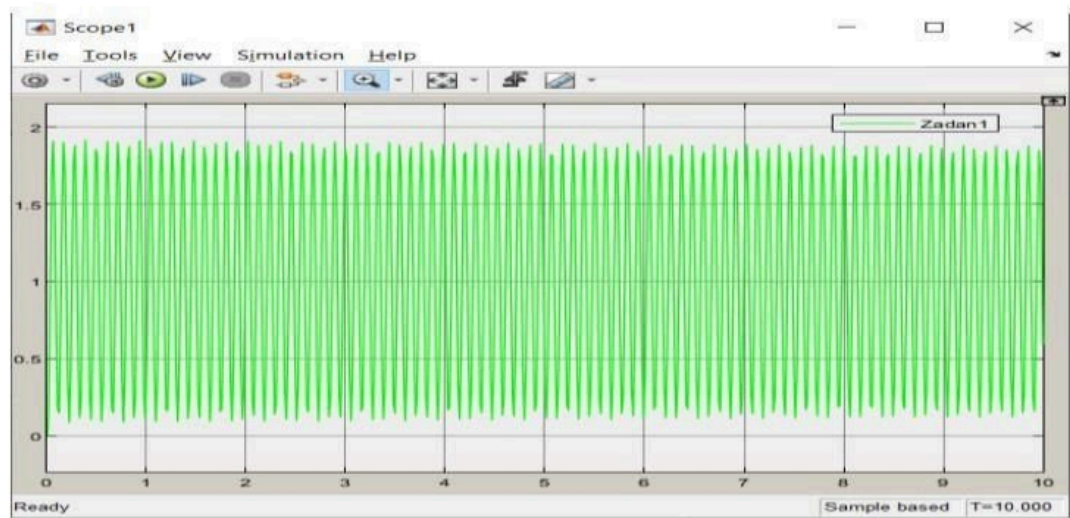


Рисунок 30 -График передаточной функции системы с Р регулятором в значении k_{cr}

Потребуется найти отсюда предельный период P_{cr} .

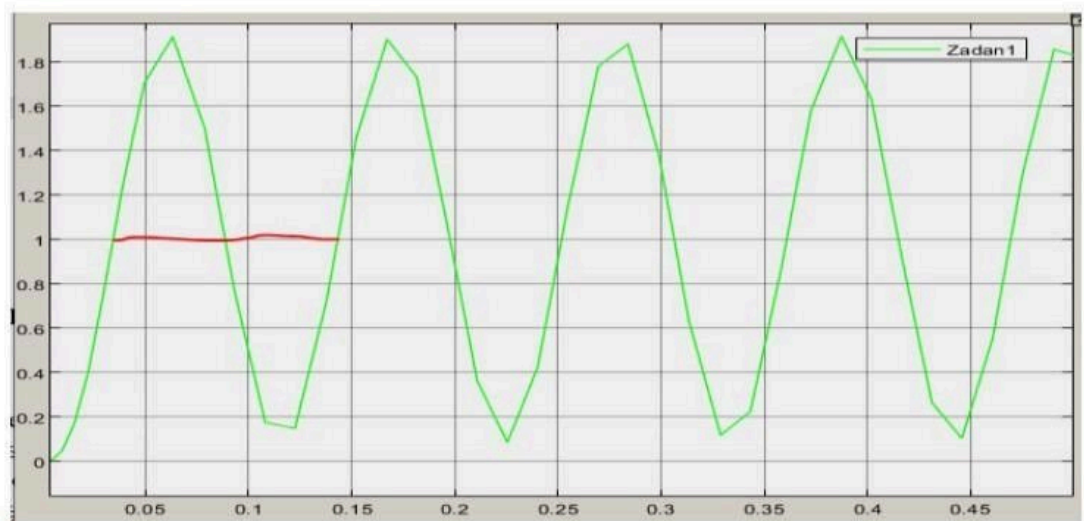


Рисунок 31 – Нахождение P_{cr} по графику передаточной функции системы с Р регулятором

Предельный период примерно равен 0,1сек.; $P_{cr}=0.1$ сек.

Теперь, необходимо провести вычисления по таблице 1 указанной ниже.

Таблица-2 расчет параметров ПИД регулятора

	P	I/I	D
P	$0.5 K_{cr}$	-	-
PI	$0.45 K_{cr}$	$P_{cr}/1.2$	-
PID	$0.6 K_{cr}$	$P_{cr}/2$	$P_{cr}/8$

Результаты вычисления:

Для П регулятора $P= 1.286$,

Для ПИ регулятора $P= 1.157$, $I=10.94$,

Для ПИД регулятора $P= 1.543$, $I=18.25$, $D=0.0139$.

Результаты моделирования и структурная схема будут отображены на рисунках 32 и 33.

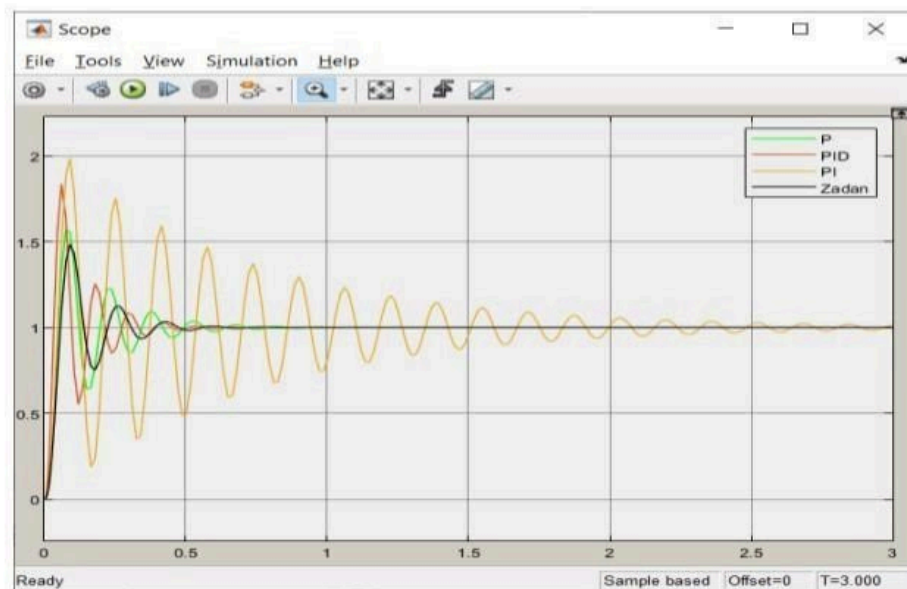


Рисунок 32 – Результат моделирования с регуляторами

Таблица 3 – Оценки качества системы с регулятором PID

№	Оценки качества		прямые	Желаемые требования	Соответствие требованиям
1	Время регулирования	T_{set}	0,6		
2	Перерегулирование	P_{ov}	60%	10-30%	Нет
3	Число колебаний	M	4	1, 2	Нет
4	Колебательность	μ	55%	$1,1 \ll \mu \ll 1,5$	Нет
5	Частота колебаний	ω_{osc}	2,09		
6	Установившаяся ошибка	e_{ss}	0	0	Да
7	Время нарастания	T_R	0,006		
8	Декремент затухания	χ	0		

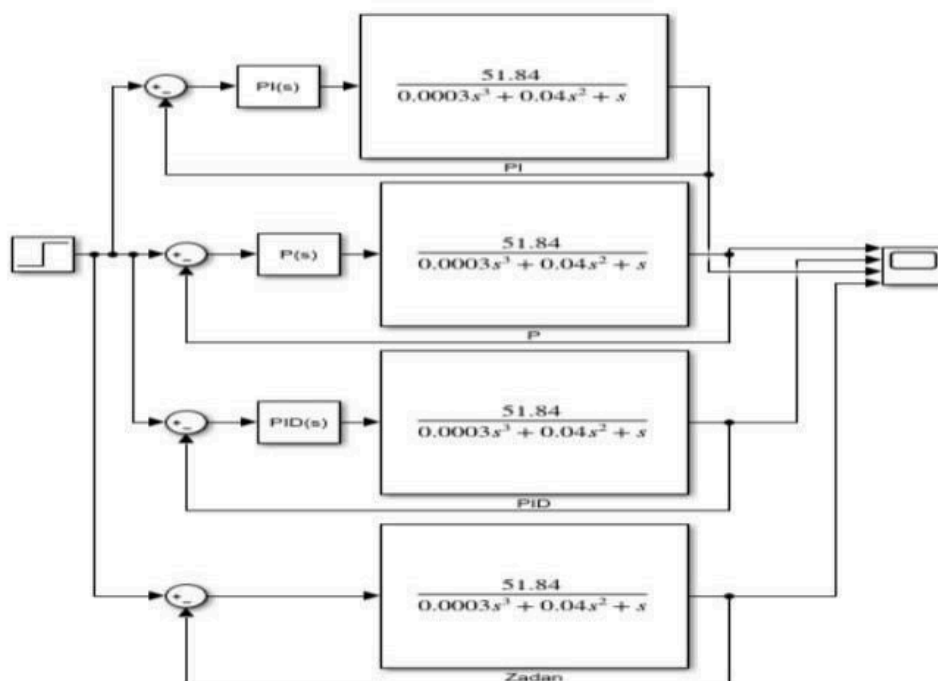


Рисунок 33 – Структурная схема системы с типовыми регуляторами

Результат моделирования не удовлетворителен, поэтому теоретически можно домножить параметры типовых регуляторов на 0.5.

Результат моделирования с умноженными коэффициентами указан на рисунке 34.

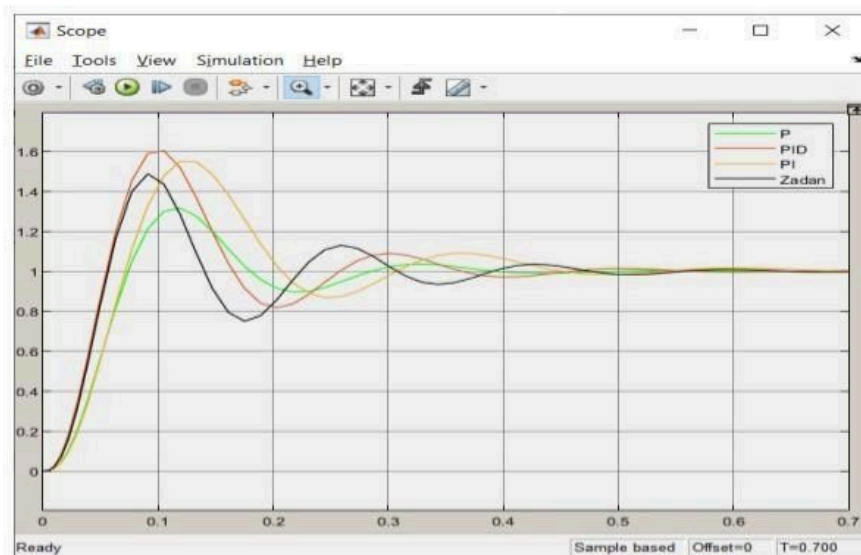


Рисунок 34 – Результат моделирования с умноженными коэффициентами

Таблица 4 – Оценки качества системы с умноженными коэффициентами

№	Оценки качества		прямые	Желаемые требования	Соответствие требованиям
1	Время регулирования	T_{set}	0,68		
2	Перерегулирование	P_{ov}	0,6	10-30%	да
3	Число колебаний	M	3	1, 2	Нет
4	Колебательность	μ	36,5%	$1,1 \ll \mu \ll 1,5$	Нет
5	Частота колебаний	ω_{osc}	37,4		
6	Установившаяся ошибка	e_{ss}	0	0	Да
7	Время нарастания	T_R	0,034		
9 8	Декремент затухания	χ	2,74		

2.5.2 Синтез регулятора по второму методу Циглера-Никольса экспериментально.

Шаг 1. Включить в схему P-регулятор с неизвестным параметром, k_{cr}
Схема показана на рисунке 35.

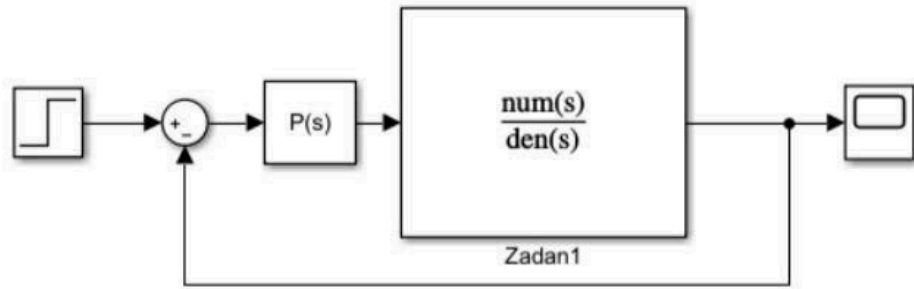


Рисунок 35 - Схема Р-регулятора с неизвестным параметром.

Необходимо изменять значения K_{cr} до тех пор, пока система не окажется на границе устойчивости. Этому значению соответствует $K_{cr}=2.57$. Доказательством к этому является рисунок 36.

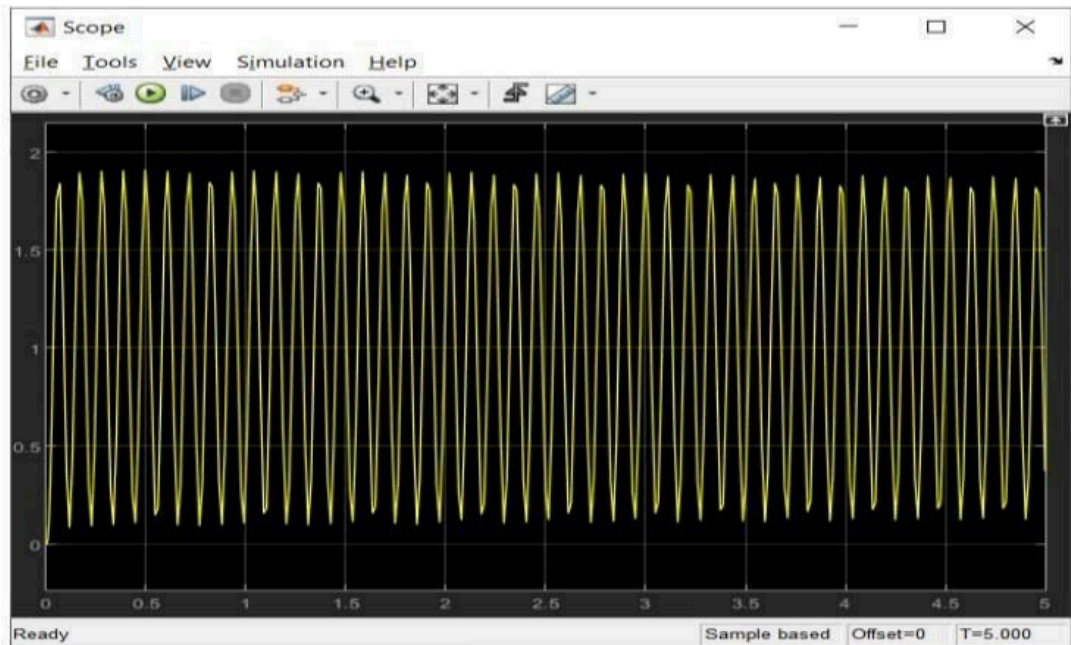


Рисунок 36 - График передаточной функции системы с Р регулятором в значении k_{cr}

Потребуется найти отсюда предельный период P_{cr} . Измерение значения P_{cr} проиллюстрирована на рисунке 37.



Рисунок 37 – Нахождение P_{cr} по графику передаточной функции системы с P регулятором

Отсюда можем заявить о том, что P_{cr} равняется точно к 109.734 мс или же $P=0.1097$ сек.

Делаем вычисления параметров ПИД регулятора по таблице 4.

Таблица 5 – Вычисление параметров PID регулятора

	P	I/I	D
P	$0.5 K_{cr}$	-	-
PI	$0.45 K_{cr}$	$P_{cr}/1.2$	-
PID	$0.6 K_{cr}$	$P_{cr}/2$	$P_{cr}/8$

Вычислим значение регуляторов по таблице 5:

- $P= 1.285$ (P);
- $P= 1.156$ $I=10.93$ (PI);
- $P= 1.542$ $I=18.23$ $D=0.0137$ (PID).

Подставив соответствующие параметры в регуляторы соответствующих систем, получим переходные процессы, показанные на рисунке 10 и на рисунке 11 в приближенном варианте соответственно.

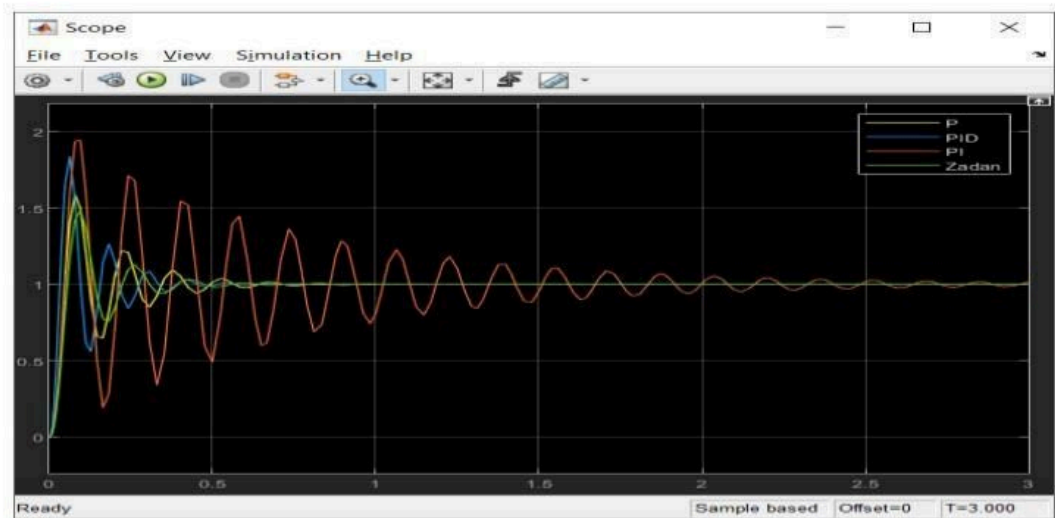


Рисунок 38 - Переходные процессы P, PI, PID

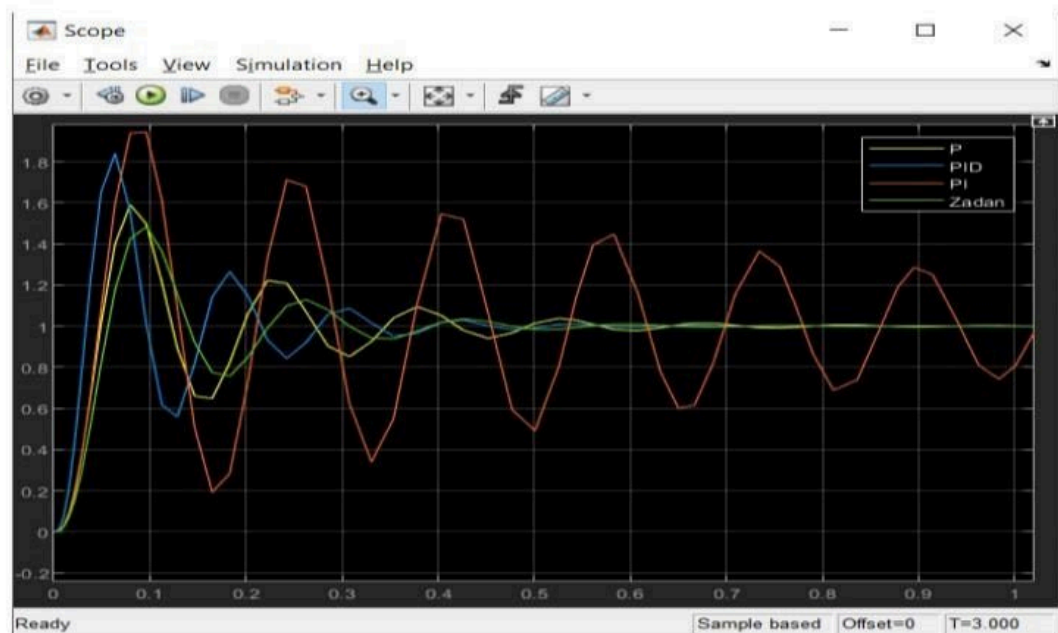


Рисунок 39 - Переходные процессы P, PI, PID (приближенный)

Как и в случае теории, получилось довольно ужасно, поэтому мы можем исправить недуг попробовав умножить параметры каждого из регуляторов на 0.5.

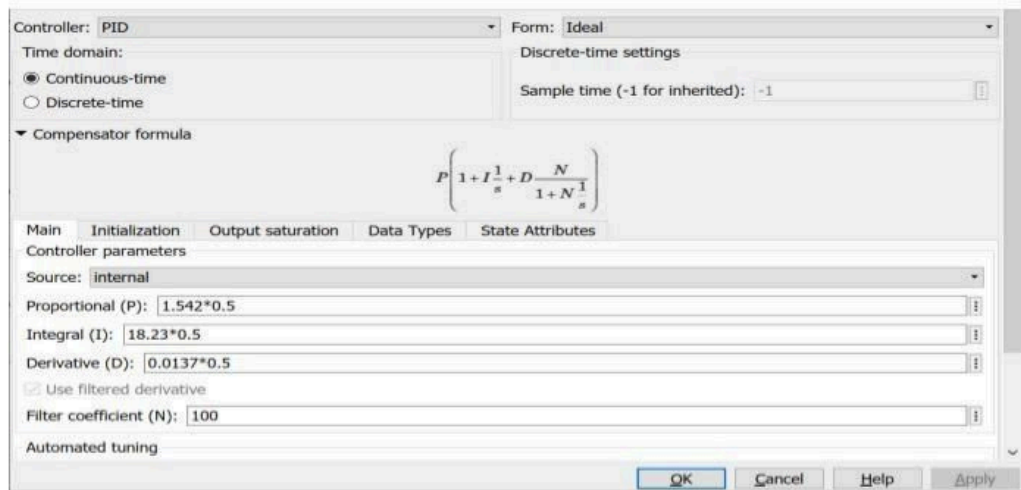


Рисунок 40 – Настройки MATLAB для PID регулятора

Результат моделирования с использованием новых коэффициентов показан на рисунке 41.

Следует отметить, что стиль Scope был немного видо изменен, в силу предпочитаемости. И заданный сигнал выделен черным цветом. Остальные указаны по заданной легенде.

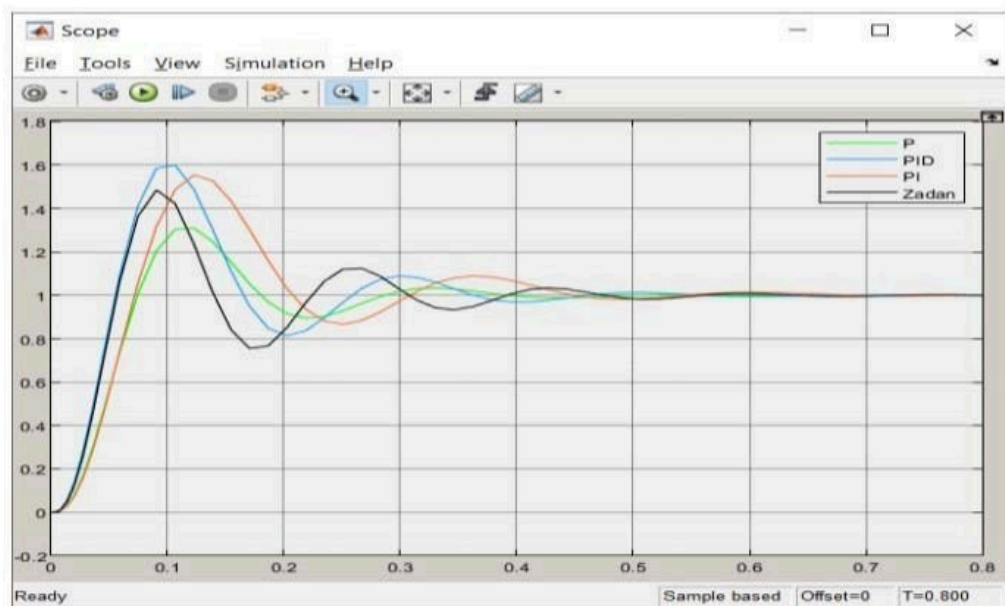


Рисунок 41 – Результат моделирования с умноженными коэффициентами

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте я составил функциональную и структурную схему системы, определил передаточные функции разомкнутой и замкнутой систем, рассчитал их полюса и нули. Построил переходные процессы для всей и все частотные характеристики только для разомкнутой системы. Изучил влияния типовых регуляторов на разные на передаточные функции, а также исследовал влияния регуляторов на устойчивость, точность, и на качество системы. В зависимости от целей регулирования, для лучшей работы, системе следует использовать пропорционально-дифференциальный регулятор, так как он ускоряет время достижения установившегося значения. Сделал сравнительный анализ полученных графиков передаточных функции замкнутой цепи и эквивалентной передаточной функции разомкнутой цепи — пришел к выводу об их эквивалентности. Рассмотрели синтез регулятора первым и вторым методом Циглера-Никольса. По итогам можно сказать, что второй метод Циглера-Никольса показал идентичные результаты, несмотря на метод определения предельного коэффициента, будь это экспериментальный либо теоретически. Типовые регуляторы показали отличные результаты, в плане точности. Система является по прежнему устойчивой, следует отметить быстрое время нарастания и неплохое время регулирования. В дальнейшем буду использовать систему с Р регулятором, ведь у остальных перерегулирование превышает достаточной нормы.

Нужно сказать, что применяя полученные нами знания на практике можно быстро определить устойчива система или нет, предотвратить большие ошибки в системах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. С-П.: Профессия, 2004. –752с.
- 2 Пантелеев А.В., Бортакровский А.С. Теория управления в примерах и задачах: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2003. – 584с.
- 3 Лурье Б.Я., Энрайт П.Д. Классические методы автоматического управления. – СПб: БХВ – Петербург, 2004. – 628с.
- 4 Golnaraghi F., Kuo B. Automatic Control Systems. - 9th Edition, Willey, 2009.
- 5 Levine William S. The Control Systems Handbook: Control System Advanced Methods. - 2 Ed. — CRC Press, 2011. — 1702 p.
- 6 Astrom K.J., Hagglund T. Advanced PID Control. - The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2005. — 461 p. — ISBN 978-1556179426
- 7 Johnson M.A., Moradi M.H. PID Control - New Identifications and Design Methods. - London, Springer, 2005. - 543 стр.
- 8 Кангин В.В. Аппаратное и программные средства систем управления. Промышленные сети и контролеры. –М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010.- 418с.
- 9 Решение и характеристики системы автоматизации [Электронный ресурс] / Сайт «<http://www.old.technolink.spb.ru>». – Режим доступа: <http://old.technolink.spb.ru/index.php?pid=356>.
- 10 ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ (следающие системы) [Электронный ресурс] / Сайт «<http://docplayer.ru/93733-Teoriya-avtomaticheskogo-upravleniya-sledyashchie-sistemy.html>»
- 11 Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов. Элементы систем автоматического управления и контроля. - Киев.: «Вища школа», 1982. -477 с.
- 12 В.А. Лукас. Теория автоматического управления. -М.: «Недра», 1990. - 416 с.
- 13 А.А. Первозванский. Курс автоматического управления. - М.: «Наука», 1986. -367 с.
- 14 Я.З. Ципкин. Основы теории автоматических систем. - М.: «Наука», 1977. -436с.
- 15 А.А. Воронов, В.К. Титов, Б.Н. Новоградов. Основы теории автоматического регулирования и управления. - М.: «Высшая школа», 1977. - 519с.
- 16 Учебник; под.ред. В.П. Косарева, А.Ю. Королёва. Экономическая информатика и вычислительная техника. - М.: «Финансы и статистика», 1996.- 336с.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Алимбай Жандос

Название: Система автоматического управления следящей системы

Координатор: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:6.9

Коэффициент подобия 2:3.9

Замена букв:2

Интервалы:0

Микропробелы:2

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

Подпись

Научного руководителя

Потокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Алимбай Жандос

Название: Система автоматического управления следящей системы

Координатор: Нурлан Сарсенбаев

Коэффициент подобия 1:6.9

Коэффициент подобия 2:3.9

Замена букв:2

Интервалы:0

Микропробелы:2

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Дата
/

Подпись заведующего кафедрой

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект
Әлімбай Жаңдос Әлімханұлы
5B070200 – Автоматизация и управление

На тему: Система автоматического управления следящей системы

Выполнено: пояснительная записка на 46 страницах

В рецензируемом дипломном проекте рассматривается актуальная задача разработки системы автоматического управления следящей системы.

В первой части данного дипломного проекта была изучена технологическая часть.

Во второй части была разработана структурная схема, функциональная схемы, технологическая схема отдельных участков АСУ ТП. Была разработана и смоделирована САР объекта управления, были успешно подобраны регуляторы для САР.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению работ.

Оценка работы

Считаю, что дипломный проект заслуживает оценки «отлично», а студент Әлімбай Ж.Ә. присвоения академической степени бакалавр по специальности 5B070200 – Автоматизация и управление.

Рецензент

руководитель
в области автоматизации
ТОО «Standart Alatau»

«6» мая 2022г.



Тайжанов Р. Г.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломный проект
Әлімбай Жандос Әлімханұлы
5B070200 – Автоматизация и управление

Тема: «Система автоматического управления следящей системы»

Перед дипломантом ставилась задача исследования САУ автоматического управления следящей системы, а также применения способов улучшения этой системы.

В ходе выполнения дипломного проекта была выполнена большая работа по сбору материала для описания функционирования системы автоматического управления следящей системы. На основе этих материалов были описаны основные элементы системы.

В первом разделе данного дипломного проекта были исследованы строение и особенности системы автоматического управления следящей системы, так же были построены функциональная и структурные схемы.

Во втором разделе произведена проверка на устойчивость и анализ качества системы. Были синтезированы регуляторы, в процессе сравнения был выявлен пропорционально-дифференциальный регулятор, который значительно улучшил время достижения установившегося значения. в регулировании, ибо она достаточно устойчива что бы хорошо работать, а строить регулятор, это дополнительная трата денежных средств.

В процессе написания дипломного проекта автор работы показал высокий уровень теоретической подготовки, дисциплинированность и трудолюбие.

Заключение: Считаю, что дипломант справился с поставленной задачей, дипломный проект соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным проектам по специальности 5B070200 – Автоматизация и управление. На основании характеристики выполненных исследований, уровня и качества выполненных результатов студент Әлімбай Ж.Ә. допускается к защите.

Научный руководитель
Ассистент-профессор, канд.техн.наук

Орынбет М.М.

(подпись)

«22» апреля 2022 г.