

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки

«Затверджую»
Зав. кафедри теоретичної та
прикладної системотехніки
_____ д.т.н., проф. С. І. Шматков
«___» _____ 2024 р

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра

на тему: «**МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТАНДАРТНИХ
ПОСЛУГ СТО**»

Захищено на засіданні
Атестаційної комісії № 44
протокол № ___ від __.06.2024 р.
Оцінка _____ / _____
Голова Атестаційної комісії
_____ **СКОБ Ю. О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Виконав:
студент 4 курсу, групи КУ– 41
Галузь знань: 15 – Автоматизація та
приладобудування
Спеціальність: 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
АЛІЄВ Ярослав Олегович _____

Керівник: PhD, ст.викл.ЗВО кафедри
теоретичної та прикладної
системотехніки
МОРОЗ Ольга Юріївна _____

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент,
в.о. зав. кафедри електроніки і
управляючих систем
ХРУСЛОВ Максим Михайлович _____

Харків – 2024

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 70 сторінок, із яких 50 сторінок основної частини, що включає 39 рисунків та 7 таблиць. Список використаних джерел налічує 47 найменувань.

Метою роботи є розробка моделі автоматизації стандартних послуг СТО за допомогою роботів, що дозволяє підвищити ефективність і якість надання послуг на автосервісних станціях.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування автотранспорту на СТО.

Предметом дослідження є моделі систем автоматизації стандартних послуг СТО.

У роботі проведено аналіз стандартних послуг, що можуть бути автоматизовані в обслуговуванні автомобілів на автосервісі, розроблено узагальнену модель системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів, а також проведено аналіз особливостей розробки та реалізації роботизованої системи для СТО. Для розв'язання поставлених завдань використані методи теоретико-критичного аналізу літератури, узагальнення та синтезу здобутої інформації.

Результати дослідження можуть бути корисні для виробників обладнання, підприємств автомобільної галузі та наукових установ, які займаються впровадженням новітніх технологій в автосервісі.

Ключові слова: *СТО, автоматизація, роботизація, робот-маніпулятор, технічне обслуговування, ефективність, якість.*

ABSTRACT

The bachelor's qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The total volume of the work is 70 pages, including 50 pages of the main part with 39 figures and 7 tables. The list of references includes 47 items.

The aim of the work is to develop a model for automating standard services of a car service station (STO) using robots, which allows increasing the efficiency and quality of services provided at car service stations.

The object of the study is the process of vehicle maintenance at the car service station.

The subject of the study is the models of systems for automating standard services at the car service station.

The work includes an analysis of standard services that can be automated in car service maintenance, the development of a generalized model of an automation system for car service stations using robots, and an analysis of the features of the development and implementation of a robotic system for car service stations. The research methods used to solve the tasks include theoretical-critical analysis of the literature, comparison, generalization, and synthesis of the obtained information.

The results of the research can be useful for equipment manufacturers, automotive industry enterprises, and research institutions involved in the implementation of new technologies in car services.

Keywords: *car service station, automation, robotization, robot manipulator, vehicle maintenance, efficiency, quality.*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТАНДАРТНИХ ПОСЛУГ СТО	9
1.1. Аналіз стандартних послуг, що можуть бути автоматизовані в обслуговуванні автомобілів автосервісу.	9
1.2. Аналіз типів роботів, що застосовуються для автоматизації послуг в автосервісі.	11
1.3. Переваги та недоліки автоматизації стандартних процесів за допомогою роботів.	16
Висновки до розділу 1	19
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ СТО ЗА ДОПОМОГОЮ РОБОТІВ.....	20
2.1. Опис підсистеми призначеної для автоматизації послуг СТО.....	20
2.2. Побудова структурної схеми робота маніпулятора	22
2.3. Оптимізація параметрів системи керування	24
Висновки до розділу 2	36
РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СТО	38
3.1. Побудова дискретної лінійної стаціонарної математичної моделі роботизованої системи для СТО	38
3.2. Дослідження системи на стійкість	41
3.3. Аналіз впливу автоматизації на продуктивність та якість послуг СТО.....	45
Висновки до розділу 3.	49
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТКИ	58

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ	–	Автоматизована система управління
АФЧХ	–	Амплітудно-фазова частотна характеристика
САК	–	Система автоматичного керування
СТО	–	Станція технічного обслуговування
ПЛК	–	Програмований логічний контролер
САУ	–	Система автоматичного управління
МЕОМ	–	Мікроелектронні обчислювальні машини
ІАС	–	Інформаційно-аналітична система
ДКС	–	Діагностична комп'ютерна система
ЗОС	–	Засоби обчислювальної техніки
КТМ	–	Комп'ютерно-технологічний модуль
РЗА	–	Резервне забезпечення автоматизації
КК	–	Контрольна карта
АПК	–	Автоматизований програмно-апаратний комплекс

ВСТУП

Актуальність дослідження. У сучасному світі автоматизація стала однією з ключових стратегій для підвищення продуктивності та ефективності в різних галузях господарства. Особливе значення в цьому контексті має автоматизація стандартних послуг, зокрема в сфері сервісу та технічного обслуговування автомобілів.

Автоматизація стандартних послуг на СТО за допомогою роботів є актуальною проблемою, оскільки сучасні технології дозволяють створювати все більш розумних та продуктивних механізмів для виконання різних завдань. Застосування роботів на СТО може значно полегшити роботу майстрів, знизити витрати на обслуговування автомобілів та підвищити рівень безпеки.

Впровадження роботів у сфері автосервісу та технічного обслуговування автомобілів – це один із сучасних трендів, який має великий потенціал для підвищення ефективності та якості надання послуг. У зв'язку з постійним розвитком технологій та автоматизацією процесів, використання роботів на станціях технічного обслуговування стає все більш актуальним і перспективним напрямком.

Автоматизація стандартних послуг на СТО за допомогою роботів є актуальною темою у зв'язку зі стрімким розвитком технологій у сфері автосервісу та автоматизації виробничих процесів. Запровадження робототехніки в автосервісі відкриває широкі можливості для оптимізації робочих процесів, підвищення ефективності обслуговування та покращення якості послуг для клієнтів. З урахуванням вищезазначеного, дослідження зазначеної теми є актуальним і має велике значення для подальшого розвитку сучасного автосервісу. Результати дослідження можуть бути корисні для виробників обладнання, підприємств автомобільної галузі та наукових установ, які займаються впровадженням новітніх технологій в автосервісі.

Але, незважаючи на це, сьогодні існує потреба у дослідженні, яке б узагальнило, систематизувало існуючі відомості з даної проблеми.

Метою роботи є розробка моделі автоматизації стандартних послуг СТО за допомогою роботів, що дозволяє підвищити ефективність і якість надання послуг на автосервісних станціях.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування автотранспорту на СТО.

Предметом дослідження є моделі систем автоматизації стандартних послуг СТО.

Відповідно до мети були визначені наступні **завдання**:

- 1) дати загальну характеристику стану автоматизації стандартних послуг СТО;
- 2) розробити узагальнену модель системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів;
- 3) проаналізувати особливості розробки та реалізації роботизованої система для СТО.

Для розв'язання поставлених завдань нами були використані такі **методи дослідження**: аналіз літератури з теми дослідження; зіставлення, узагальнення і синтезування здобутої інформації тощо.

Робота може бути використана студентами ВНЗ для підготовки до семінарських занять, надає корисну інформацію для впровадження роботизованих систем на СТО і може служити рекомендацією для керівників та технічних спеціалістів.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СТАНУ АВТОМАТИЗАЦІЇ СТАНДАРТНИХ ПОСЛУГ СТО

1.1. Аналіз стандартних послуг, що можуть бути автоматизовані в обслуговуванні автомобілів автосервісу.

Важливим умовою ефективного використання автомобіля за призначенням є його технічна справність. Для цього використовується система технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р), яка проводиться у плановому порядку. Однак велике розсіяння параметрів технічного стану автомобілів під дією різних чинників може призвести до того, що така система не забезпечить потрібну тривалість роботи автомобіля до наступного запланованого ТО або навпаки – не гарантує повного використання ресурсу автомобіля [13, с. 56].

Аналіз стандартних послуг, що можуть бути автоматизовані в обслуговуванні автомобілів на автосервісі, показує, що деякі процеси можуть бути ефективно автоматизовані за допомогою роботів. Серед таких послуг можна виділити заміну масла та фільтрів, діагностику автомобіля, виконання рутинних перевірок стану автомобіля, наприклад, перевірка тиску в шинах або рівня охолоджуючої рідини, а також прості ремонтні роботи, такі як заміна лампочок чи склоочисників. Ці процеси мають стандартні та повторювані характеристики, що робить їх ідеальними кандидатами для автоматизації за допомогою роботів. Автоматизація цих послуг може значно зменшити час, потрібний для виконання робіт, підвищити точність та якість виконання завдань, а також знизити ризик помилок. Більшість цих процесів не вимагають значної людської уваги або творчої думки, тому вони ідеально підходять для автоматизації, що дозволить персоналу автосервісу зосередитися на складніших завданнях та покращити взаємодію з клієнтами.

Під час аналізу стандартних послуг, які можуть бути автоматизовані в обслуговуванні автомобілів на автосервісі, виявлено, що існує значний потенціал для використання роботів у цьому процесі. Однією з ключових послуг, які можуть бути автоматизовані, є заміна масла та фільтрів. Цей процес має чітко визначені кроки, які відбуваються у стандартному порядку, і може бути ефективно виконаний роботом. Діагностика автомобіля також є ідеальним кандидатом для автоматизації, оскільки багато аспектів діагностики можуть бути виміряні за допомогою датчиків і сенсорів, а потім оброблені інтелектуальним програмним забезпеченням, що керує роботом.

Застосування сучасних цифрових технологій дозволяє підвищити продуктивність і якість праці, ефективність взаємодії й конкурентноздатність учасників економічного ринку та задовольнити зростаючий попит споживачів. До переліку наскрізних цифрових технологій ставляться компоненти робототехніки та штучний інтелект. Одним із пріоритетних напрямків цифровизації є розвиток робототехніки на основі інтелектуальних систем керування [39, с. 65].

Для обробки півтонових зображень є досить простий метод – пряме порівняння сигналів за допомогою методу кореляції. Для його реалізації необхідна постійна корекція положення захоплення маніпулятора й ділянки автомобіля.

Для вирішення цього завдання використовується обладнання, яке безперервно вимірює й коригує положення ланок маніпулятора. У якості датчика в цьому обладнанні використовується пара фотодіодів, які за допомогою світловодів зчитують профіль малюнка по обидва боки шва. Виміри проводяться безперервно. Сигнали, що надходять із діодів, порівнюються між собою, і зсув малюнка визначається методом кореляції. Для прискорення роботи обладнання використовується апаратний цифровий корелятор.

Отже, роботизація стандартних послуг в обслуговуванні автомобілів на автосервісі є перспективним напрямком розвитку, який може призвести до підвищення ефективності, якості та конкурентоспроможності галузі. Однак важливо ретельно вивчити всі аспекти цього процесу, включаючи його вплив на робочі місця, умови праці та соціальні наслідки. Необхідно враховувати потреби та інтереси всіх зацікавлених сторін для забезпечення сталих та взаємовигідних рішень. Роботизація може стати важливим кроком у розвитку автосервісу, якщо вона буде правильно спроектована, впроваджена та управляється з урахуванням всіх факторів інноваційного розвитку.

1.2. Аналіз типів роботів, що застосовуються для автоматизації послуг в автосервісі.

У сучасному автосервісі використовуються різноманітні типи роботів для автоматизації різних послуг. Один з найпоширеніших типів роботів – це роботи-маніпулятори. Ці роботи здатні виконувати різноманітні завдання, такі як підйом автомобілів для зручного доступу до піддону або двигуна, переміщення важких частин або інструментів, а також здійснення простих маніпуляцій, таких як затягування або відкручування гвинтів.

Інший тип роботів – це автоматичні системи діагностики. Ці системи можуть проводити комплексний аналіз технічного стану автомобіля за допомогою різноманітних сенсорів та пристроїв, що дозволяє виявляти та вирішувати проблеми швидше та ефективніше, ніж це може зробити людина.

Також використовуються автоматизовані системи для заміни або обслуговування деяких деталей або агрегатів автомобіля, такі як системи автоматичної заміни мастила, фільтрів або гальмівних колодок. Ці системи дозволяють швидше та точніше виконувати процеси обслуговування автомобілів, зменшуючи час та ризики людської помилки [40, с .65].

Не менш важливим типом роботів є автоматизовані системи мийки автомобілів. Ці системи здатні автоматично мити та очищати автомобілі з

використанням води, миючих засобів та інших компонентів, забезпечуючи високу якість миття та зберігаючи ефективність роботи протягом тривалого часу.

Усі ці типи робіт допомагають автосервісам підвищити ефективність, якість та швидкість обслуговування автомобілів, забезпечуючи власникам транспортних засобів високу якість обслуговування та задоволення від користування послугами сервісу.

Помітно, що автоматизація послуг в автосервісі стає все більш розповсюдженою та важливою. З використанням різних типів робіт можна досягти значного покращення ефективності та якості обслуговування автомобілів. Автоматизовані системи дозволяють здійснювати рутинні та складні операції швидше та точніше, що не тільки зменшує час обслуговування, а й знижує ризики помилок та збільшує задоволення клієнтів від отриманих послуг.

Маніпулятор повинен мати щонайменше три ступені рухливості, щоб забезпечити переміщення інструменту в будь-яку точку області обслуговування. Кожен ступінь рухливості маніпуляційного робота керується окремим приводом, що забезпечує напрямок руху виконавчого органу. Сучасні маніпулятори використовують електромеханічні, гідравлічні, пневматичні або комбіновані приводи.

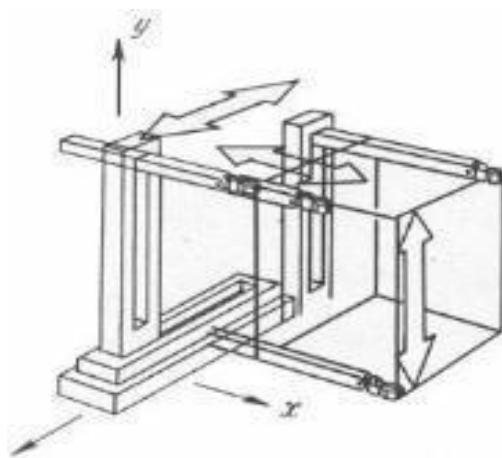


Рисунок 1.1 – Маніпулятор декартового типу

Циліндричний тип маніпулятора (див. рис. 1.2) працює в системі координат, що характеризується циліндричною формою. Його схват може висуватися та втягуватися, а також рухатися вгору та вниз вздовж стійки. Крім того, весь вузол маніпулятора може обертатися навколо осі підставки, хоча не на повний оберт, що дозволяє йому виконувати операції в циліндричній області.

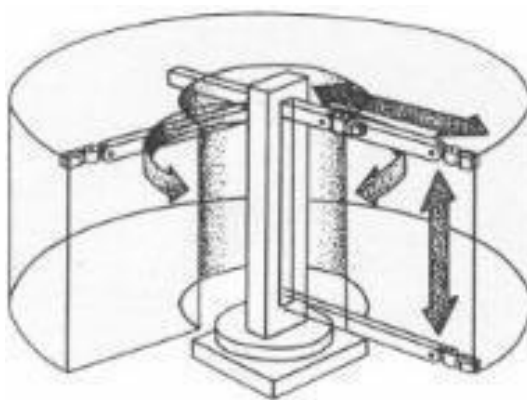


Рисунок 1.2 – Маніпулятор циліндричного типу

Сферичний тип маніпулятора (див. рис. 1.3) працює в сферичній (або полярній) системі координат. Його схват може висуватися і втягуватися. Вертикальні переміщення маніпулятора досягаються шляхом його повороту у вертикальній площині в «плечовому» суглобі. Весь вузол маніпулятора також може обертатися навколо осі підстави. Зона дії такого маніпулятора утворює усічену сферу. Перші моделі роботів були побудовані саме за цим принципом.

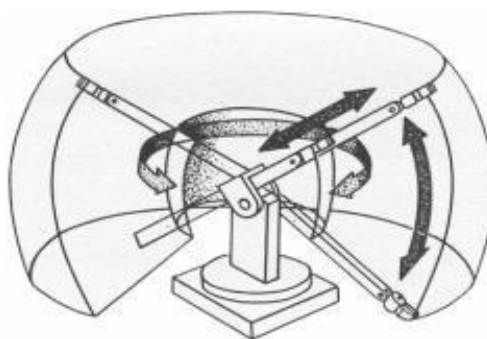


Рисунок 1.3 – Маніпулятор сферичного типу

Ангулярний тип маніпулятора (див. рис. 1.4), що функціонує в ангулярній системі координат, не має поступальних кінематичних пар, але включає лише обертальні кінематичні пари. Маніпулятор такого типу схожий на руку людини, оскільки має "плечовий" і "ліктьовий" суглоби, а також "зап'ястя". Його зона дії значно більша, ніж у роботів інших типів. Він здатний обходити перешкоди різноманітними шляхами і навіть складатися, але разом з тим він дуже складний у керуванні [23, с. 59].

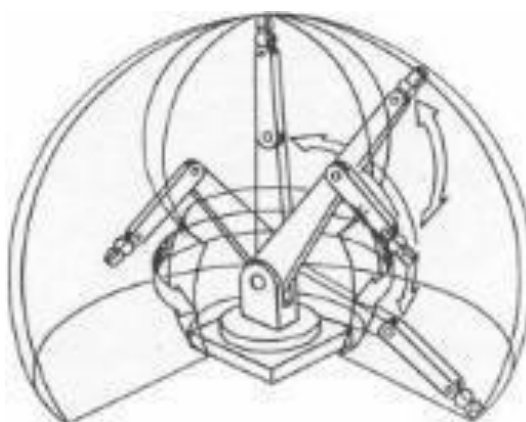


Рисунок 1.4 – Маніпулятор ангулярного типу

Тип SCARA. Маніпулятор системи SCARA (див. рис. 1.5) відзначається особливою схемою, що представляє собою варіант маніпулятора з циліндричною системою координат.

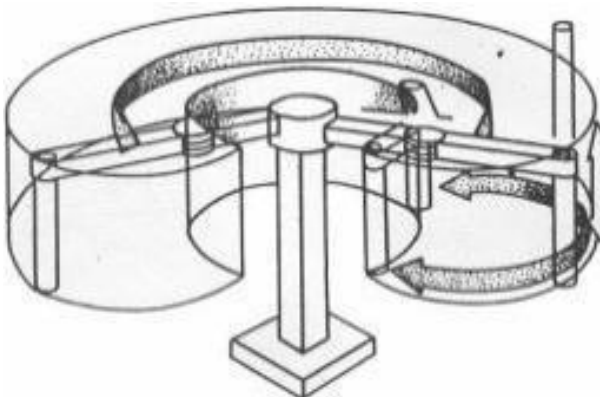


Рисунок 1.5 – Маніпулятор типу SCARA

Перспективними здаються роботи ще двох типів. Перший з них, «Spine» (див. рис. 1.6), розроблений експертами компанії «Spine Robotics». У ньому застосовується довгий маніпулятор у формі хобота, що складається з безлічі дисків, схожих на сочевиці, які з'єднані між собою двома парами тросів для забезпечення натягу. Троси пов'язані з поршнями гідравлічних циліндрів, які, забезпечуючи натяг, викликають рухи маніпулятора.

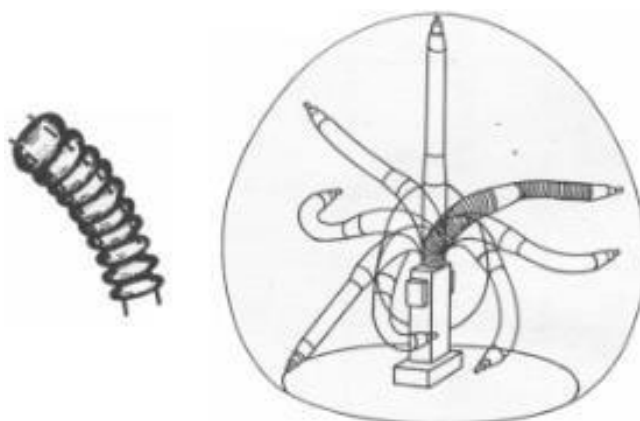


Рисунок 1.6 – Маніпулятор Spine типу

Інший робот маятникового типу (див. рис. 1.7), IR B1000, розроблений експертами компанії ASEA; його маніпулятор підвішений аналогічно до маятника з подвійним карданним підвісом і може рухатися вздовж поздовжніх і поперечних осей [30, с .41].

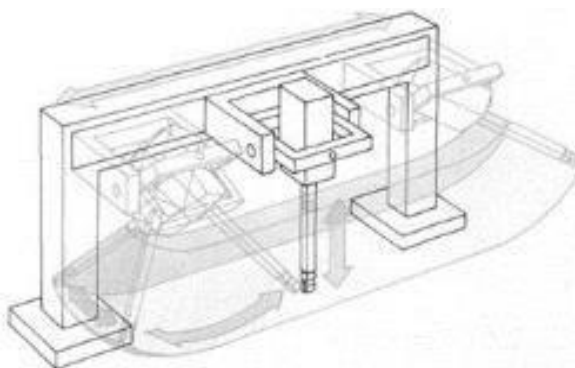


Рисунок 1.7 – Маніпулятор маятникового типу

Аналіз типів робіт для автоматизації послуг у автосервісі підкреслює різноманітність технологічних рішень, що відкриваються для автомобільної галузі. Роботи різних типів, такі як мобільні, стаціонарні, роботи-маніпулятори та інші, пропонують різноманітні можливості автоматизації рутинних операцій, підвищення продуктивності та забезпечення якості обслуговування автомобілів. Використання цих технологій вимагає комплексного підходу до вибору, впровадження та підтримки роботизованих систем, але може стати ключовим фактором у покращенні ефективності та конкурентоспроможності автосервісних підприємств.

1.3. Переваги та недоліки автоматизації стандартних процесів за допомогою робіт.

Автоматизація стандартних процесів на автомобільних СТО за допомогою робіт має свої переваги та недоліки. Серед переваг можна відзначити підвищену продуктивність та ефективність роботи, оскільки роботи можуть виконувати завдання швидше та точніше, ніж люди. Вони також можуть працювати безперервно, що дозволяє зменшити час на обслуговування автомобілів і збільшити обсяг робіт. Автоматизовані системи можуть виконувати рутинні завдання, звільняючи людей від монотонної праці і дозволяючи їм зосередитися на більш складних завданнях або клієнтському обслуговуванні. Крім того, автоматизація може призвести до зменшення витрат на оплату праці, оскільки не потрібно платити роботам зарплату або надавати їм соціальні вигоди.

Однак автоматизація також має свої недоліки. Вартість впровадження автоматизованих систем може бути досить великою, включаючи витрати на придбання та налаштування обладнання, навчання персоналу та підтримку системи. Крім того, автоматизація може призвести до зменшення кількості робочих місць, особливо для тих, хто виконує рутинні завдання, що можуть бути автоматизовані. Це може викликати соціальні проблеми і несприятливо вплинути на спільноту та робочих. Крім того, існує ризик залежності від технології,

оскільки аварія або відмова системи може призвести до зупинки виробничого процесу. Тому перед впровадженням автоматизації важливо ретельно зважити всі переваги та недоліки і знайти баланс між автоматизацією та людським фактором.

Крім того, автоматизація стандартних процесів на СТО за допомогою роботів може покращити якість обслуговування. Роботи виконують завдання з високою точністю і швидкістю, що може призвести до зниження кількості помилок і дефектів у виконанні робіт. Це сприяє підвищенню задоволення клієнтів і позитивному сприйняттю автосервісу в цілому [25, с. 76].

З іншого боку, важливо враховувати можливі ризики, пов'язані з безпекою при використанні роботів на автосервісі. Неправильне програмування або використання обладнання може призвести до аварій та травмувань персоналу або клієнтів. Тому необхідно вживати заходів безпеки та навчати персонал правильно взаємодіяти з автоматизованими системами.

Для визначення потенційних напрямків застосування робототехніки в технічному обслуговуванні та ремонті автомобілів в аграрному секторі економіки, потрібно провести аналіз ринкових факторів та сучасних тенденцій у цій галузі. Це допоможе визначити вплив цих факторів на можливий підвищення ефективності технологічних процесів у технічному обслуговуванні та ремонті автомобілів. Для цього використовується порівняльний аналіз світових тенденцій, включаючи практики професійної сервісної роботизації та особливості технологічних процесів відремонтованих автомобілів в Україні. Об'єктом дослідження є роботизація систем технічного обслуговування та ремонту автомобілів, яка є ключовою для забезпечення справності та ефективності автотранспортних засобів [31, с.42].

Для забезпечення першого етапу роботам необхідна сенсорна система сприйняття сигналів, таких як візуальні та акустичні. Для другого етапу вони повинні мати інтелектуальну систему, таку як нейронні мережі або експертні

системи. І нарешті, для третього етапу вони повинні мати виконавчий механізм, який забезпечує рух та взаємодію з навколишнім середовищем.

Автоматизація виконуваних послуг може мати як позитивні, так і негативні наслідки, основні з них описані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Визначення основних переваг та недоліків роботизації роботи СТО

Переваги автоматизації послуг на СТО за допомогою роботів	Недоліки автоматизації послуг на СТО за допомогою роботів
Підвищення продуктивності та швидкості обслуговування	Потреба у високих витратах на впровадження та обслуговування роботів
Покращення якості виконання робіт і зменшення кількості помилок	Ризик аварій та травм для персоналу і клієнтів
Зменшення витрат на оплату праці через менше залучення людських ресурсів	Потреба у спеціалізованому технічному персоналі для обслуговування роботів
Підвищення задоволення клієнтів через швидке та якісне обслуговування	Можливість втрати робочих місць для людей
Збільшення конкурентоспроможності автосервісу на ринку	Потенційна загроза конфіденційності та безпеки даних

Отже, автоматизація стандартних послуг на СТО за допомогою роботів має значний потенціал для покращення продуктивності, якості обслуговування та конкурентоспроможності автосервісу [33, с. 86].

Автоматизація стандартних послуг на СТО за допомогою роботів є перспективною технологією, яка може покращити якість обслуговування, збільшити продуктивність та знизити витрати у автосервісі. Вона дозволяє підвищити ефективність та конкурентоспроможність сервісу, зменшуючи при цьому втрати через людські помилки. Однак важливо ураховувати і ризики, такі як високі витрати на впровадження та обслуговування роботів, можливість аварій та травм, а також соціальні аспекти, такі як втрата робочих місць для людей. З

правильним плануванням та управлінням ці ризики можуть бути зменшені, а переваги автоматизації можуть бути максимально використані.

Висновки до розділу 1

Таким чином, аналіз стану роботизації стандартних послуг на СТО свідчить про значний потенціал цього напрямку для вдосконалення автомобільного сервісу. Хоча впровадження роботів потребує значних витрат та вирішення технічних та організаційних питань, воно відкриває перспективи для підвищення ефективності, якості і зручності обслуговування автомобілів. Роботизація стандартних послуг на СТО є обіцяним напрямком розвитку, який варто ретельно вивчити та впровадити з метою оптимізації галузі та задоволення потреб клієнтів.

Під час проведення дослідження стану роботизації стандартних послуг СТО було отримано деякі важливі висновки. По-перше, роботизація цих послуг має значний потенціал для підвищення ефективності та якості обслуговування автомобілів. Застосування роботів дозволяє знизити час, потрібний для виконання рутинних операцій, та підвищити точність виконання завдань. По-друге, впровадження роботизації вимагає значних початкових витрат на придбання та налагодження необхідного обладнання, а також на навчання персоналу. Ці витрати можуть бути виправданими з економічної точки зору за умови відповідного обсягу робіт та ефективного використання роботів. По-третє, роботизація стандартних послуг на СТО відкриває нові можливості для покращення безпеки та зручності для клієнтів, що може призвести до збільшення їхньої задоволеності та лояльності. У результаті проведеного аналізу стану роботизації стандартних послуг на СТО можна зробити висновок, що цей процес має значний потенціал для вдосконалення автомобільного обслуговування.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ СТО ЗА ДОПОМОГОЮ РОБОТІВ

Узагальнена модель системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів повинна враховувати різні аспекти роботи станції, включаючи прийом автомобілів, діагностику, ремонт, обслуговування та видачу автомобілів клієнтам. Вона повинна бути гнучкою, щоб адаптуватися до різних типів роботів і специфікацій СТО.

2.1. Опис підсистеми призначеної для автоматизації послуг СТО.

Робот-маніпулятор спроектований для ефективного використання на автосервісі з метою автоматизації та полегшення роботи механіків. Він призначений для розбирання автомобілів, утримання важких деталей та вантажів, а також для надання допомоги механікам під час проведення різних операцій.

Цей робот володіє набором рухомих деталей, що дозволяють йому виконувати різноманітні завдання на автосервісі. Він оснащений рухомою базою, яка дозволяє йому легко переміщатися по робочій зоні, а також збалансованим механізмом захвату, який забезпечує надійне утримання деталей будь-якої форми та розміру.

Завдяки програмованому управлінню та навчанню штучного інтелекту, робот-маніпулятор може автоматично виконувати ряд операцій, таких як розбирання та складання автомобілів, переміщення важких деталей, а також надання інших видів допомоги механікам [10, с. 37].

Важливою особливістю цієї підсистеми є її гнучкість та адаптивність до різних завдань на автосервісі. Робот-маніпулятор може легко адаптуватися до різних типів автомобілів та робочих умов, що робить його незамінним помічником для механіків та дозволяє підвищити продуктивність роботи на СТО.

Таблиця 2.1.

Можливості застосування робота-маніпулятора в автосервісі

Операція	Опис	Переваги
Піднімання та переміщення важких деталей	Автоматизоване переміщення двигунів, трансмісій та інших важких елементів для обслуговування.	Зменшення ризику травмування працівників, швидше та ефективніше виконання завдань.
Виконання точних операцій зі зняття та установки деталей	Автоматизоване виконання операцій з колісними гайками, болтами та іншими елементами.	Уникнення помилок, які можуть виникнути через людський фактор, та підвищення точності робіт.
Автоматичне витягування і встановлення автомобілів на підйомники	Автоматизований процес підготовки автомобіля до ремонту чи обслуговування.	Збільшення продуктивності роботи, економія часу та зниження ризику пошкодження автомобіля.
Допомога у здійсненні діагностики автомобілів	Переміщення датчиків та камер у важкодоступні місця для здійснення діагностики.	Забезпечення точності та повноти діагностики, підвищення ефективності роботи.
Виконання рутинних операцій	Зміна масла, фільтрів та інших рутинних операцій за допомогою автоматизованих пристроїв.	Оптимізація часу та зниження витрат на робочу силу, уникнення помилок під час виконання операцій.
Монтаж або демонтаж кузовних деталей	Встановлення або зняття кузовних деталей, таких як двері чи кришки багажника.	Точне та швидке виконання робіт, уникнення пошкоджень деталей та кузова автомобіля.
Підтримання автомобіля у стабільному положенні	Забезпечення стабільності автомобіля під час виконання різних операцій.	Зменшення ризику пошкодження автомобіля та підвищення безпеки праці.
Допомога у тестуванні роботи систем автомобіля	Виконання автоматичних тестів роботи систем, таких як гальмівна або підвіска.	Забезпечення повноцінного та точного тестування, зниження часу, необхідного для проведення тестів.
Видалення і переміщення автомобілів	Переміщення автомобілів на парковку або до робочих зон майстерні.	Оптимізація простору та розміщення автомобілів, економія часу та зусиль працівників.
Підтримка роботи майстерні у складних умовах	Маніпулювання рухом робочих зон або обладнання для підтримки роботи майстерні.	Забезпечення ефективності та продуктивності роботи в умовах обмеженого простору або складних умов.

Розширення функціоналу робота-маніпулятора для послуг СТО може включати в себе впровадження різноманітних засобів захоплення, таких як

гідравлічні захоплювачі, магнітні підйомники або пневматичні грифи, що дозволять ефективно утримувати та переміщувати важкі деталі автомобіля. Крім того, використання систем візуального розпізнавання може допомогти роботу-маніпулятору автоматично ідентифікувати різні компоненти та їх розміщення для ефективного виконання завдань [34, с. 65].

У цілому, розвиток і вдосконалення функціоналу робота-маніпулятора для автоматизації послуг на СТО може значно полегшити роботу механіків, зменшити час виконання робіт та підвищити загальну ефективність автосервісу.

Підсистема, яка використовує робота-маніпулятор для автоматизації послуг на автосервісі, може значно полегшити та прискорити процес ремонту автомобілів, зменшити ризик пошкодження деталей та забезпечити безпеку для персоналу. Це сучасне рішення може бути використане в різних аспектах автомобільного обслуговування, таких як розбірка автомобіля, утримання важких деталей, підтримка механіка під час ремонту та виконання рутинних завдань обслуговування [41, с.97].

Підсумовуючи, впровадження робота-маніпулятора на автосервісі дозволить збільшити продуктивність та ефективність обслуговування автомобілів, покращити безпеку та зменшити витрати ресурсів, що робить його цінним рішенням для сучасних автосервісів.

2.2. Побудова структурної схеми робота маніпулятора

Побудова структурної схеми робота маніпулятора для роботи на СТО включає декілька основних компонентів. Перш за все, це механічна частина, яка включає в себе сам маніпулятор і всі його рухомі елементи, такі як руки, засувки, захвати тощо. До цієї механічної частини також можуть входити конвеєри або інші механізми для переміщення автомобілів.

Другий важливий компонент – це електричний привід маніпулятора. Він може бути реалізований за допомогою різних типів електродвигунів, таких як

двигуни постійного чи змінного струму, в залежності від вимог до швидкості, потужності та точності руху [23, с. 88].

Третій компонент – це система керування. Вона включає в себе різні електронні та програмні пристрої для управління рухами маніпулятора. Ця система може включати контролери, сенсори, програмні логіки та інші елементи, які забезпечують точне та надійне керування маніпулятором.

Крім того, структурна схема може включати також системи безпеки та контролю, такі як датчики аварійного зупинення, камери відеоспостереження тощо, які забезпечують безпеку роботи маніпулятора та його оточення.

Усі ці компоненти взаємодіють між собою, створюючи комплексну систему, яка забезпечує ефективну та безпечну роботу маніпулятора на СТО

Регулятор, що представлений передавальною функцією $W(2)$, забезпечує керування тиристорним перетворювачем. На вхід цього регулятора надходить різниця сигналу керування від перетворювача $W(1)$ та зворотний зв'язок по швидкості.

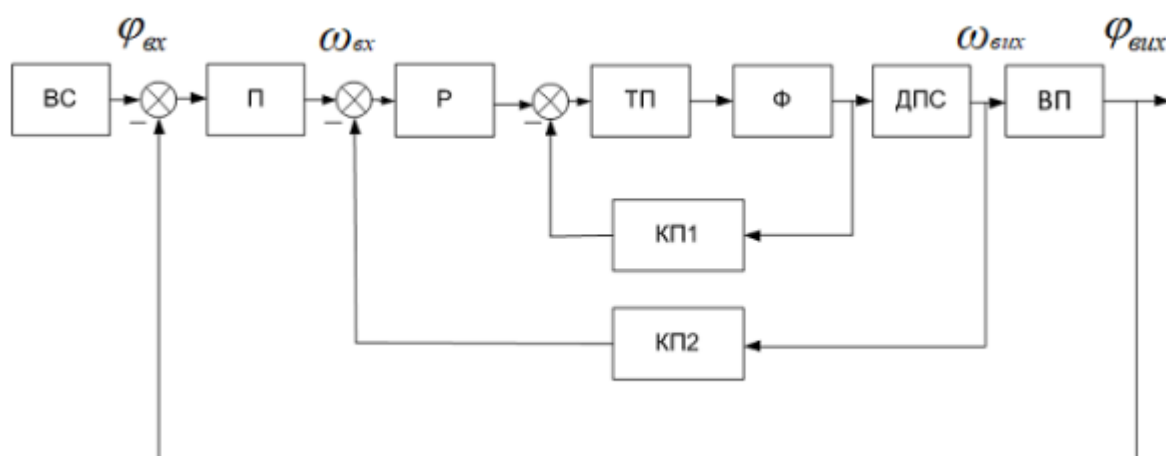


Рисунок 2.1 – Структурна схема САК приводом

Умовні позначення, що використовуються у схемі, включають:

- ВС: Вхідний сигнал, який представляє кут повороту, що надходить на вхід системи від механічних зусиль оператора або в якості вихідного сигналу запрограмованої системи керування.

- ДПС: Двигун постійного струму.
- ВП: Виконуючий пристрій.
- КП: Корируючий пристрій.
- П: Перетворювач.
- Р: Регулятор.
- ТП: Тиристорний перетворювач.
- Ф: Фільтр.

Структурна схема включає механічну частину, електродвигун та систему керування. Механічна частина привода робота-маніпулятора перетворює механічну енергію від електричної машини до виконуючого пристрою, змінюючи вид руху. Електричний двигун постійного струму незалежного збудження перетворює електричну енергію в механічну [24, с. 32].

Забезпечення ефективності та надійності роботи маніпулятора на СТО автомобілів вимагає комплексного підходу до проектування та впровадження системи. Оптимальне поєднання механічних, електричних та програмних компонентів дозволяє створити маніпулятор, який забезпечує якісне обслуговування автомобілів та забезпечує безпеку та ефективність процесу ремонту та обслуговування.

2.3. Оптимізація параметрів системи керування

Оптимізація параметрів системи керування робота маніпулятора для роботи на СТО є ключовим аспектом для забезпечення ефективності та точності виконання завдань. Під час оптимізації необхідно враховувати кілька факторів. По-перше, це характеристики самого маніпулятора, такі як його максимальна швидкість руху, максимальне навантаження, точність позиціонування тощо. Ці

параметри слід враховувати при розрахунку робочих режимів та обмежень системи керування [32, с. 80].

Другим важливим аспектом є особливості робочого середовища на СТО. Це включає в себе розмір та форму автомобілів, типи виконуваних робіт (наприклад, піднімання автомобіля, зняття та установка запчастин тощо), а також простір для маневрування маніпулятором. Наявність обмежень у розміщенні та руху маніпулятора може впливати на вибір оптимальних параметрів системи керування.

Крім того, важливо враховувати вимоги щодо безпеки роботи на СТО. Це означає розробку системи керування, яка забезпечує запобігання аваріям та ушкодженням, забезпечує швидку реакцію на непередбачені ситуації та мінімізує ризики для персоналу та обладнання.

У процесі оптимізації параметрів системи керування важливо також враховувати вимоги щодо енергоефективності та економії ресурсів. Це може включати розробку оптимальних траєкторій руху, використання енергоефективних електродвигунів та компонентів, а також використання систем автоматичного вимкнення електроживлення в періодах неактивності.

Отже, оптимізація параметрів системи керування робота маніпулятора для роботи на СТО вимагає комплексного підходу, що враховує характеристики самого маніпулятора, особливості робочого середовища та вимоги щодо безпеки та енергоефективності.

Було прийнято рішення використовувати бібліотеку `iarduino_MultiServo.h` для керування сервоприводами. Щоб скористатися цією бібліотекою, потрібно підключити її та створити об'єкт `MSS`.

Для керування рухом сервоприводів розроблено метод `servoSlow`, який дозволяє плавно змінювати положення сервоприводів з заданою швидкістю. Цей метод забезпечує плавний та контрольований рух маніпулятора, що є важливим для точної роботи на СТО [41, с. 53].

Рисунок 2.4 – Лицева панель програми

Для роботи з ШІМ контролером моделі PCA9685 було вирішено скористатися бібліотекою `iarduino_MultiServo`. Ця бібліотека дозволяє ефективно управляти Multi Servo Shield, який може керувати до 16 сервоприводами. Основні функції бібліотеки дозволяють керувати сервоприводами та використовувати Servo Shield як розширення виходів Arduino. Додаткові функції бібліотеки дозволяють використовувати всі можливості чіпу PCA9685, на якому базується Multi Servo Shield. Бібліотека підтримує як апаратну, так і програмну реалізацію шини I2C.

Для визначення параметрів підсилювача та коригуючих пристроїв необхідно створити імітаційну модель САК приводом робота-маніпулятора (див. рис. 2.2). Крім того, оптимізація системи може бути проведена в середовищі Matlab Simulink з використанням блоку Signal Constraint.

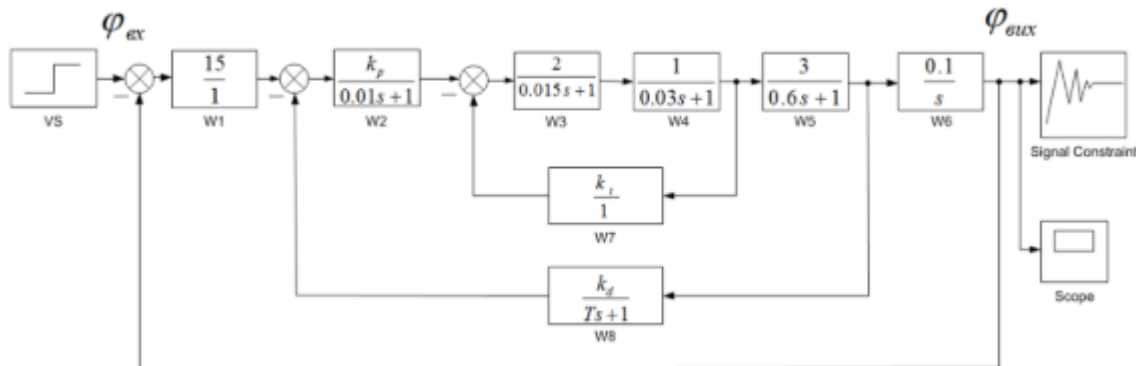


Рисунок 2.5 – Імітаційна модель САК привода робота – маніпулятора

Імітаційна модель містить такі елементи:

VS – блок Step, що служить вхідним сигналом;

W1 – перетворювач;

W2 – регулятор;

W3 – тиристорний перетворювач;

W4 – фільтр;

W5 – двигун постійного струму;

W6 – виконуючий пристрій;

W7, W8 – коригуючий пристрій.

Для моделювання перехідних процесів в імітаційній моделі використовувались блоки Transfer Function для кожного з елементів W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7, W8.

Для візуалізації змін сигналу в часі застосовувався блок Scope, який функціонує як осцилограф.

З метою задання допустимих меж на прямих показниках якості системи використовувався блок Signal Constraint [32, с. 89].

Результат моделювання нескорегованої системи показано на рисунку 2.3 у вигляді графіка перехідного процесу. З отриманих результатів можна зробити висновок, що перехідний процес не відповідає заданим показникам якості.

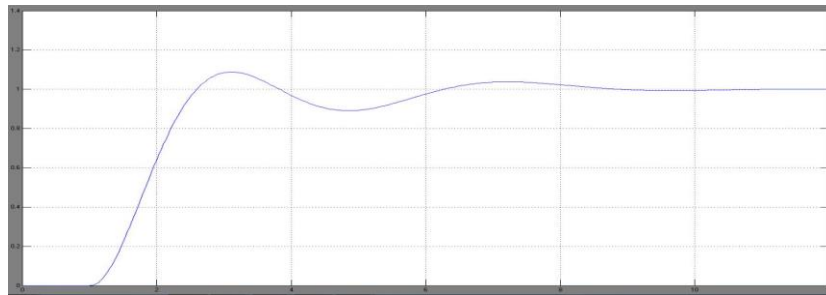


Рисунок 2.6 – Перехідний процес нескорегованої системи

Таким чином, необхідно налаштувати систему шляхом виконання синтезу підсилювача та коригуючих пристроїв з визначенням коефіцієнтів k_p , k_i , k_d , T_d .

Додатково, важливо підібрати параметри, використовуючи NCD-блок, який пов'язаний з виходом системи. У даній моделі реакція системи на одиничний ступінчастий стрибок є сигналом, що контролюється, тобто її перехідною функцією.

В першу чергу, необхідно встановити початкові коефіцієнти та налаштувати параметри блоку Signal Constraint. Отримані значення параметрів представлені на рисунку 2.5 [15, с. 24].

Після внесення корекцій і повторного налаштування системи проводиться повторний аналіз результатів, щоб переконатися, що система відповідає вимогам та показникам якості.

Таким чином, процес налаштування системи включає в себе ітерації аналізу, коригування параметрів та перевірки результатів до досягнення оптимальної роботи системи з врахуванням вимог до її функціонування.

	Variable	Value	Minimum	Maximum	Scale
☒	Td	0.9	-Inf	Inf	1
☒	kd	0.3	-Inf	Inf	0.5
☒	ki	0.5	-Inf	Inf	0.5
☒	kp	1	-Inf	Inf	1

Рисунок 2.7 – Налаштування параметрів блоку Signal Constraint

Далі потрібно виконати оптимізацію. Оптимізація в проекті виконана з урахуванням Основною метою оптимізації є досягнення стабільної роботи системи шляхом синтезу параметрів коригуючих пристроїв. Ці параметри обираються таким чином, щоб досягнуті показники якості системи відповідали вимогам та бажаним характеристикам перехідного процесу.

В цьому контексті надзвичайно важливо визначити бажані характеристики перехідного процесу та показники оптимізації. Це може включати, наприклад, максимальне перерегулювання, час наростання, тривалість перехідного процесу та інші параметри, які визначають ефективність та надійність роботи системи.

Отже, задання бажаних характеристик перехідного процесу та показників оптимізації є важливим етапом у процесі налаштування системи, який допомагає

забезпечити стабільну та ефективну роботу системи з врахуванням вимог і очікувань користувача.

Рисунок 2.8 – Налаштування характеристик перехідного процесу

Подальшим кроком є знаходження коефіцієнтів, підбір яких буде здійснюватись відповідно до встановлених параметрів перехідного процесу. Результати оптимізації подані у вигляді графіка, який можна знайти на рисунку 2.9.

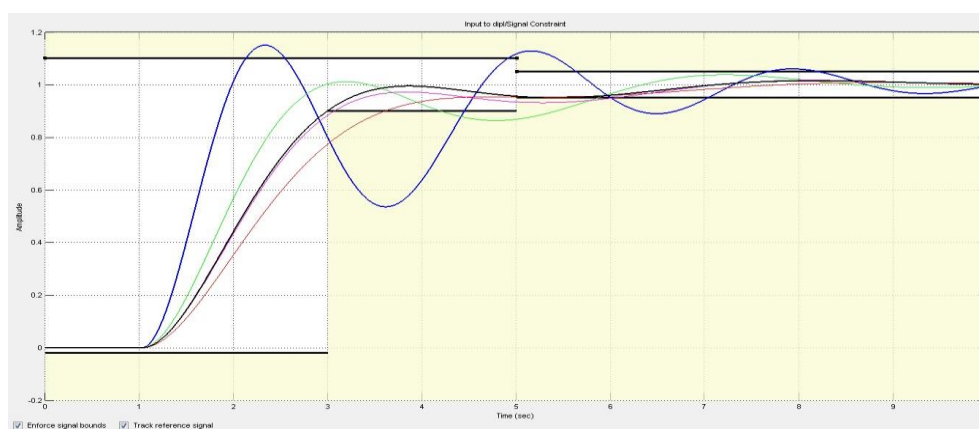


Рисунок 2.9 – Оптимізація перехідного процесу

В результаті оптимізації були отримані такі значення параметрів підсилювача та коригуючих пристроїв:

– $k_p = 0.4205$;

- $k_i = 1.3792$;
- $k_d = 0.3556$;
- $T_d = 0.8965$.

	Variable	Value	Minimum	Maximum	Scale
☒	Td	0.8965	-Inf	Inf	1
☒	kd	0.3556	-Inf	Inf	0.5
☒	ki	1.3792	-Inf	Inf	2
☒	kp	0.4205	-Inf	Inf	0.5

Рисунок 2.10 – Результати підбору параметрів з використанням блоку Signal Constraint

Отримані параметри підсилювача та коригуючих пристроїв в подальшому використовуються для аналізу перехідного процесу. Після налаштування підсилювача та коригуючого пристрою за вказаними параметрами, був отриманий перехідний процес, який відповідає встановленим критеріям якості. Цей результат можна побачити на рисунку 2.10.

Аналіз отриманих даних перехідного процесу дозволяє зрозуміти, наскільки ефективно система пристосовується до вхідних змін і чи відповідає вона вимогам та очікуванням користувачів. Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальну роботу системи та підтримувати необхідні показники якості в процесі експлуатації [31, с. 64].

Цей технологічний інструментарій включає в себе інтерфейс користувача з графічним інтерфейсом, який дозволяє виконувати налаштування параметрів динамічних об'єктів. Завдяки цьому можна отримувати перехідні процеси з необхідною якістю та налаштовувати параметри нелінійної моделі Simulink. Параметри можуть бути подані у будь-якому форматі, такому як скаляри, вектори, матриці і т.д. Ця технологія враховує невизначеності параметричного

типу математичної моделі під час налаштування, що дозволяє синтезувати робастні закони керування [14, с. 85].

У наш час, вибір комплектуючих не є проблемою, оскільки доступний широкий асортимент приладів у сфері електроніки та конструкційних елементів маніпулятора. Для узгодженості та систематизації необхідних комплектуючих можна скласти таблицю, в якій будуть відображені всі потрібні деталі.

Таблиця 2.2.

Згальна структура елементів робота-маніпулятора

Найменування		Кількість, шт.
1.	Плата мікроконтролерів	1
2.	Сервопривод та їх комплектуючі	6
3.	Корпус маніпулятора та його комплектуючі	1
4.	Блок живлення	1
5.	Контролер керування сервоприводами	1

Деякі корпуси мають вбудовані кріплення для компонентів, таких як сервоприводи, датчики, а також можуть мати можливість легко встановлювати та замінювати різні модулі. Інші можуть бути більш простими та менш розширеними, але при цьому бути дешевшими та легше збирати [17, с. 38].

При виборі корпусу маніпулятора важливо також врахувати естетичний вигляд, особливо якщо маніпулятор буде використовуватись у публічних місцях або на виставках. Також слід врахувати можливість підтримки розширення та модернізації маніпулятора у майбутньому.

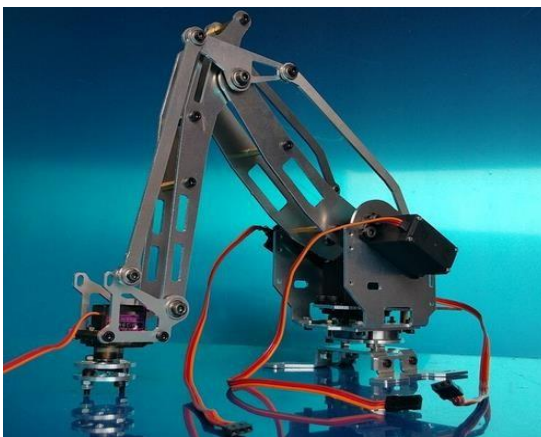


Рисунок 2.11 – Макет робота-маніпулятора. Зразок 1



Рисунок 2.12 – Макет робота-маніпулятора. Зразок 2



Рисунок 2.13 – Макет робота-маніпулятора

Після ретельного аналізу доступних макетів маніпуляторів можна відзначити, що більшість з них містять наступні компоненти:

- Кронштейни для кріплення;
- Механізм захвату для утримання об'єктів;
- Обертальну основу з підшипником для обертання;
- Основу для встановлення мікроконтролерів та інших електронних компонентів.

Таким чином, була вибрана конструктивна схема маніпулятора, яка включає всі необхідні елементи для успішної роботи та демонстрації його функціональності.



Рисунок 2.14 – Розібраний макет робота-маніпулятора та його комплектуючі

Крім того, обрані комплектуючі мають оптимальні характеристики для виконання певних завдань. Наприклад, сервопривід MG996R відомий своєю високою міцністю та точністю позиціонування, що робить його ідеальним для управління механізмом захвату. Arduino Uno є потужним мікроконтролером з широкими можливостями програмування, що дозволяє ефективно керувати всією системою маніпулятора [29, с. 63].

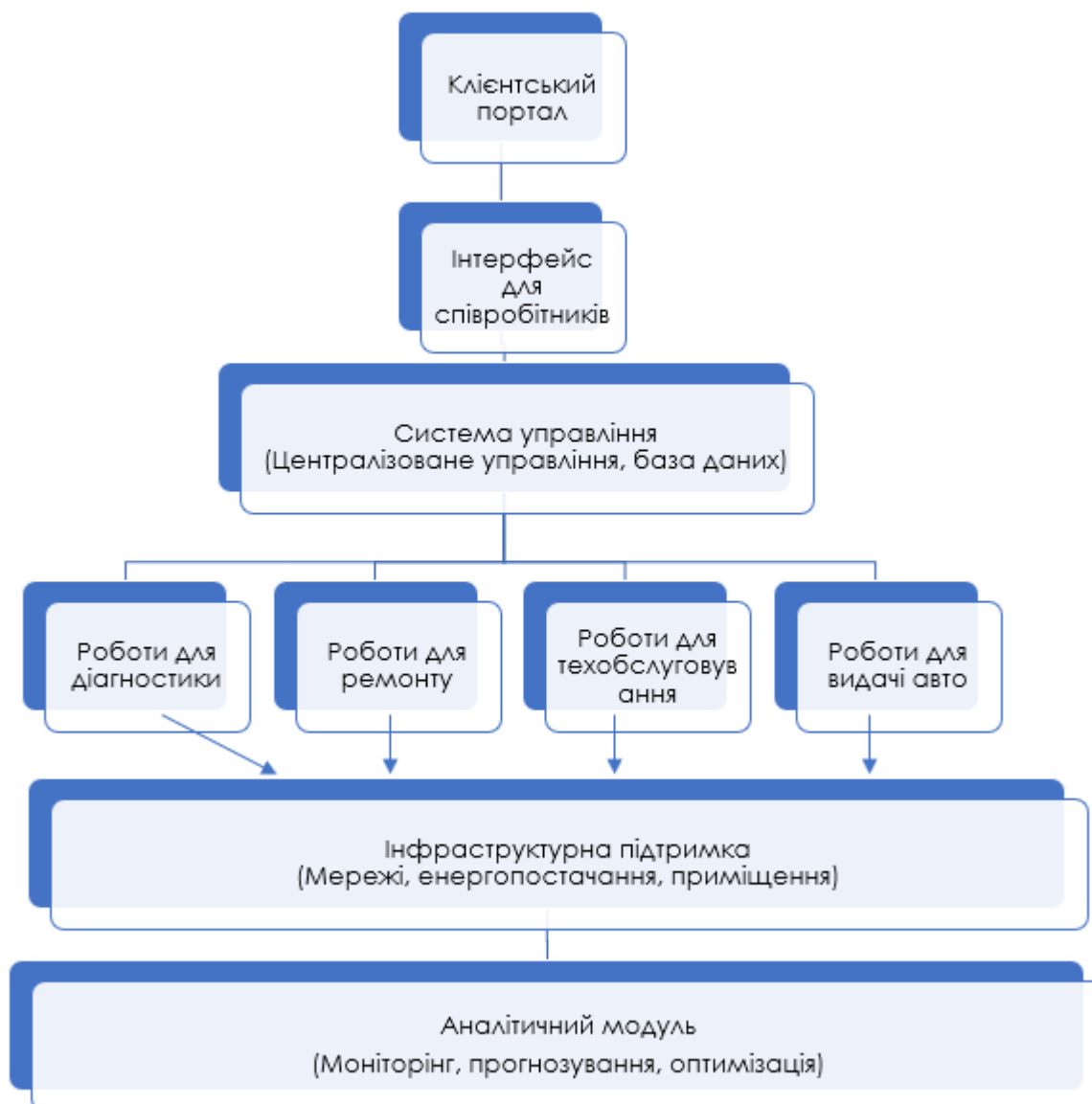


Рисунок 2.15 – Узагальнена модель системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів.

Представлена на рис. 2.15 узагальнена модель системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів відображає загальні елементи та зв'язки, які можуть бути деталізовані залежно від конкретних потреб та умов СТО.

Клієнтський портал забезпечує взаємодію клієнтів зі СТО, дозволяючи записуватись на обслуговування та отримувати інформацію про стан ремонту.

Інтерфейс для співробітників допомагає керувати замовленнями та налаштовувати роботів.

Система управління координує роботу всіх роботів і зберігає інформацію у базі даних.

Роботизовані модулі виконують конкретні завдання: діагностику, ремонт, технічне обслуговування та видачу автомобілів.

Інфраструктурна підтримка забезпечує роботу роботів, надаючи необхідні ресурси.

Аналітичний модуль аналізує дані для покращення ефективності та оптимізації процесів.

Розробка узагальненої моделі системи автоматизації роботи СТО за допомогою роботів дозволяє підвищити ефективність та якість обслуговування автомобілів. Така система може стати важливим конкурентною перевагою для СТО, що прагнуть впровадити сучасні технології та покращити клієнтський досвід.

Висновки до розділу 2

Отже, була проведена детальна характеристика підсистеми, спрямованої на автоматизацію різноманітних послуг, що надаються автосервісними центрами. Було визначено основні функції та завдання цієї підсистеми, описано структуру та особливості її роботи. Наведено приклади застосування в реальних умовах та переваги, які вона приносить.

Була проведена розробка структурної схеми маніпулятора, яка використовується в системі автоматизації роботи СТО. Описано основні компоненти маніпулятора, їх функції та взаємодію між собою. Проведено аналіз можливостей та обґрунтування вибору конкретних елементів для досягнення поставлених завдань.

Проведено дослідження та оптимізацію параметрів системи керування маніпулятором. Проведений аналіз різних методів керування та їх ефективність

у контексті використання на СТО. Наведено результати експериментів з різними значеннями параметрів та обґрунтовано оптимальний вибір параметрів для досягнення кращої продуктивності та якості роботи системи. Представлено детальний план впровадження такої системи, а також розроблено узагальнену модель автоматизації роботи СТО, включаючи схему.

РОЗДІЛ 3.

ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СТО

3.1. Побудова дискретної лінійної стаціонарної математичної моделі роботизованої системи для СТО

Для розробки дискретної лінійної стаціонарної математичної моделі системи автоматичного керування приводом, ми припускаємо, що всі компоненти, які складають цифрову систему керування (включаючи датчик, виконавчий пристрій, сам об'єкт керування, підсилювачі та фільтри електричних сигналів), працюють приблизно на своїх номінальних значеннях параметрів і режимів. Це передбачає, що їх математичні моделі є лінійними та стаціонарними. Для аналітичного аналізу процесів у цифровій системі керування з використанням лінійних стаціонарних математичних моделей ми використовуємо математичні методи, що базуються на Z-перетвореннях. Для створення дискретної лінійної стаціонарної математичної моделі системи автоматичного керування приводом ми використовуємо таблиці оригіналів і зображень типових функцій, для яких ми обчислили неперервні перетворення Лапласа та Z-перетворення, а також використовуємо пакет прикладних програм Matlab.

Далі ми проводимо обчислення передавальних функцій елементів дискретної лінійної стаціонарної математичної моделі системи автоматичного керування приводом. Для цього будемо математичну неперервну модель об'єкту керування, що складається з тиристорного перетворювача, фільтру та двигуна постійного струму [31, с. 47].

Після побудови математичної неперервної моделі об'єкту керування, ми визначаємо передавальні функції для кожного елементу системи.

Після побудови діаграми Боде можна визначити значення $\omega\omega$, яке забезпечить амплітудну амплітуду на виході, що менша на порядок, ніж

амплітуда на вході, у низькочастотній області. Ця частота $\omega\omega$ буде використовуватись для подальших обчислень періоду квантування за часом.

На основі розрахованих дискретних передавальних функцій для окремих елементів системи автоматичного керування приводом формується імітаційна модель цифрової системи керування (рис. 3.3), яка використовується для проведення імітаційного моделювання роботи системи.

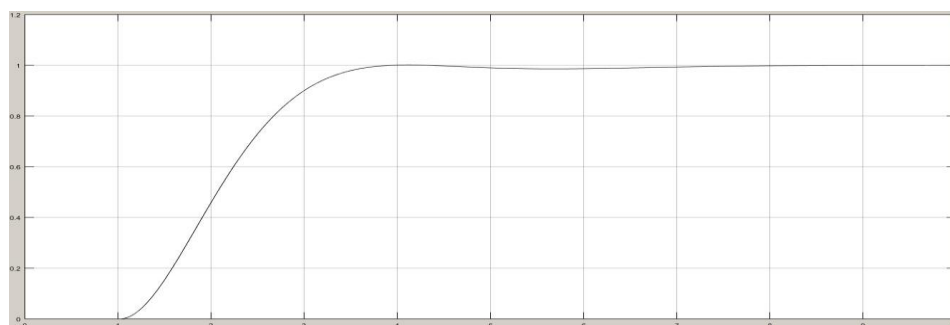


Рисунок 3.1 – Перехідний процес аналогової САК приводом роботаманіпулятора

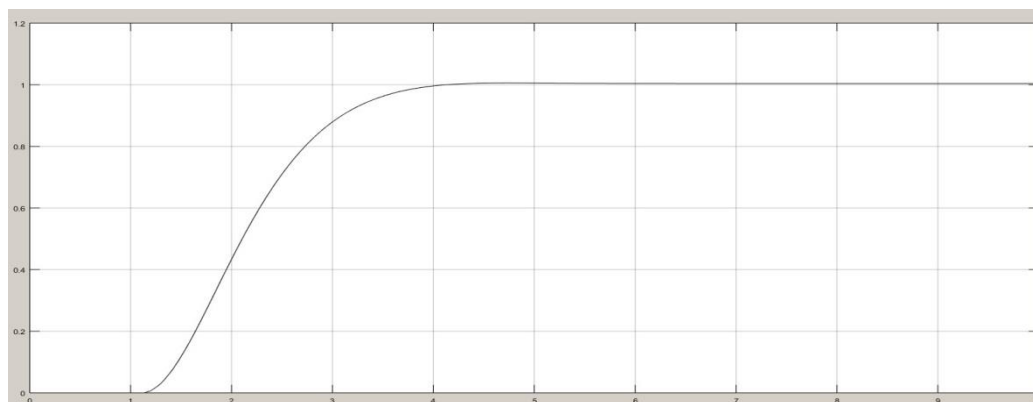


Рисунок 3.2 – Перехідний процес системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора в цифровому середовищі

Дана цифрова модель дозволяє не лише ефективно аналізувати роботу системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора, але й впроваджувати і вдосконалювати контрольні алгоритми. Це особливо важливо

для роботизованих систем, які вимагають точного регулювання та стабільної роботи для виконання різноманітних завдань [18, с. 52].

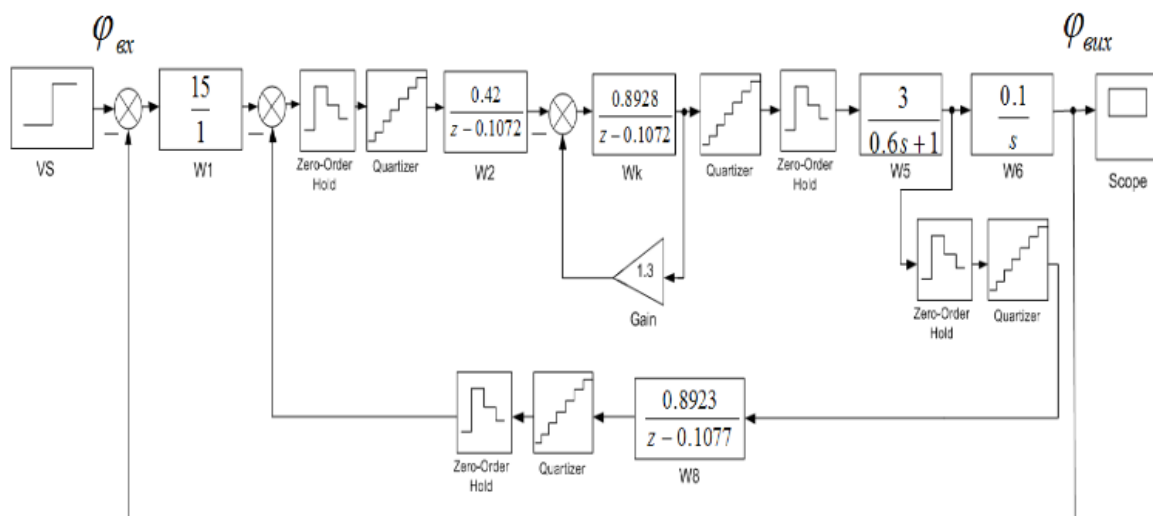


Рисунок 3.3 – Імітаційна модель робота маніпулятора

Отже, цифрова модель системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора виявляється потужним інструментом для аналізу, оптимізації та навчання, що відкриває широкі можливості для вдосконалення.

Можливо, це перевага цифрового керування, оскільки воно дозволяє точніше контролювати рухи приводу та маніпулятора за допомогою алгоритмів управління, які можуть бути налаштовані для досягнення точності та ефективності в різних умовах [24, с. 84].

Отже, перехідний процес цифрової системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора показує переваги цифрового підходу у порівнянні з аналоговим. Цифрове керування дозволяє досягти більшої точності, стабільності та ефективності в роботі маніпулятора завдяки можливості налаштування алгоритмів управління та використанню сучасних технологій. Розвиток цифрових технологій відкриває нові можливості для автоматизації та підвищення продуктивності в різних галузях, де застосовуються роботи-маніпулятори [15 с. 65].

У підсумку, було розглянуто процес моделювання і оптимізації системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора. Були використані різні методи, включаючи аналітичні дослідження, побудову математичних моделей, а також дискретне моделювання. Отримані результати показали переваги цифрового керування порівняно з аналоговим, що дозволяє досягти більшої точності та ефективності в роботі маніпулятора. Такий підхід відкриває нові можливості для автоматизації та підвищення продуктивності в різних галузях, де використовуються роботи-маніпулятори.

3.2. Дослідження системи на стійкість

Стійкість системи визначається її здатністю зберігати стан рівноваги під впливом зовнішніх факторів. Якщо лінійна система повертається до стану рівноваги після виведення з нього зовнішніми впливами, то вона вважається стійкою. У разі коливань системи при нульових вхідних сигналах вона вважається нестійкою. Такі коливання вказують на неправильну роботу системи та можуть призводити до значних похибок [20, с. 32].

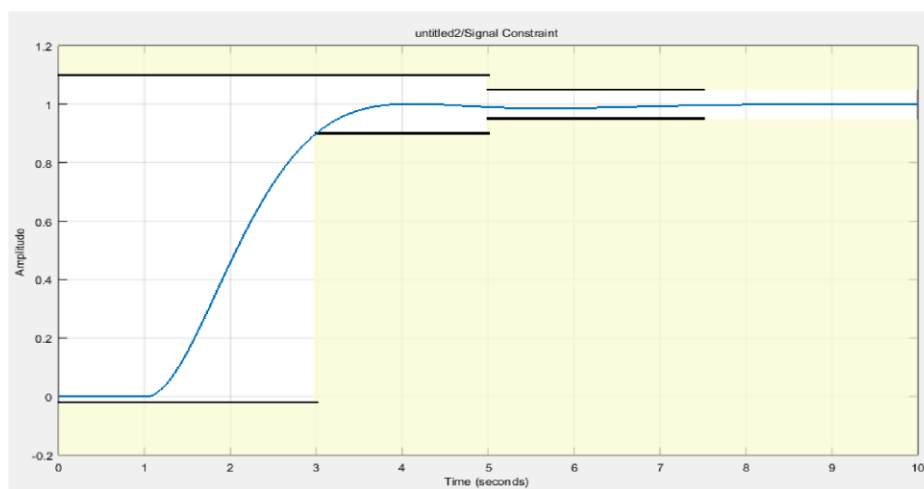


Рисунок 3.4 – Перехідна функція системи

Побудова передавальної функції системи автоматичного керування роботом-маніпулятором дозволяє визначити час перехідного процесу та

перерегулювання. Цей етап може бути виконаний у програмі Matlab Simulink LTI Viewer за допомогою команди «bode», що дозволяє здійснити аналіз типу перехідного процесу.

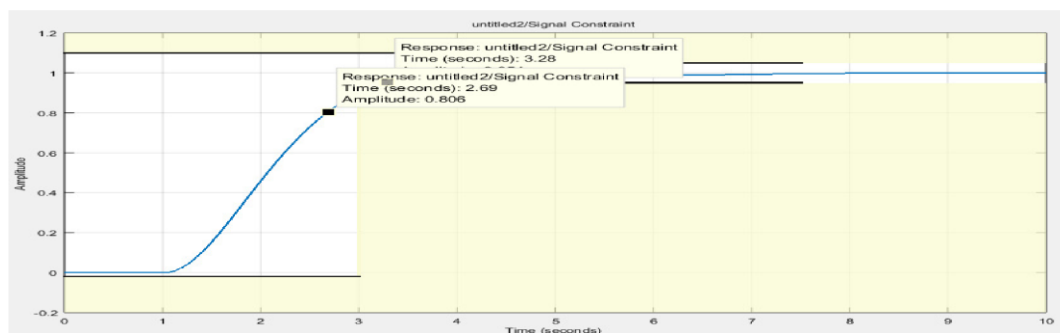


Рисунок 3.5 – Показники якості перехідного процесу

Проводиться оцінка якості перехідного процесу. Згідно з рисунком 3.6, отримані такі значення:

- перерегулювання: 0;
- час наростання: 2,69 с;
- тривалість перехідного процесу: 3,28 с.

Ці значення відповідають встановленим параметрам якості. Далі необхідно визначити передавальну функцію, яка є еквівалентною, але вже для замкненої та скоригованої системи. Для цього використовуються структурні перетворення, що полягають у перетворенні структурної схеми з метою отримання лише одного блоку з відомою передавальною функцією [17, с. 84].

Передавальна функція з паралельним з'єднанням дорівнює сумі початкових передавальних функцій, а з послідовним – добутку. Результат цих перетворень представлено на рис. 3.6, де рисунки 3.6а та 3.6б відповідають перетворенню з паралельним з'єднанням, а рисунки 3.6в та 3.6г – з послідовним.

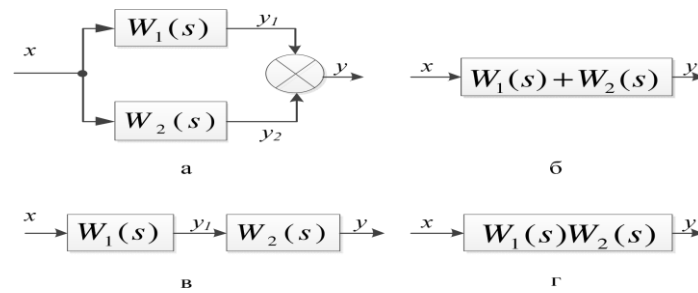


Рисунок 3.6 – Еквівалентні перетворення: паралельне з'єднання (а, б), послідовне з'єднання (в, г)

Після визначення передавальних функцій для замкненої та скоригованої системи можна переходити до подальшого аналізу та оптимізації системи автоматичного керування. Наприклад, можна використовувати отримані передавальні функції для подальшого синтезу контролера з метою поліпшення характеристик системи.

Отже, наступним кроком буде аналіз отриманих результатів та їх використання для подальшої оптимізації та покращення характеристик системи автоматичного керування.

Хід перетворень для розімкнутої системи представлено на рис. 3.7.

У результаті проведених дій було отримано передавальну функцію системи автоматичного керування, яка може бути представлена у наступному вигляді (3.1):

Продовжуючи аналіз, можна зазначити, що передавальна функція системи автоматичного керування, позначена як (3.1), є ключовим елементом для подальшого дослідження та налаштування системи. Ця функція визначає зв'язок між вхідним та вихідним сигналами системи, що є важливим для аналізу її поведінки та ефективності [21, с. 47].

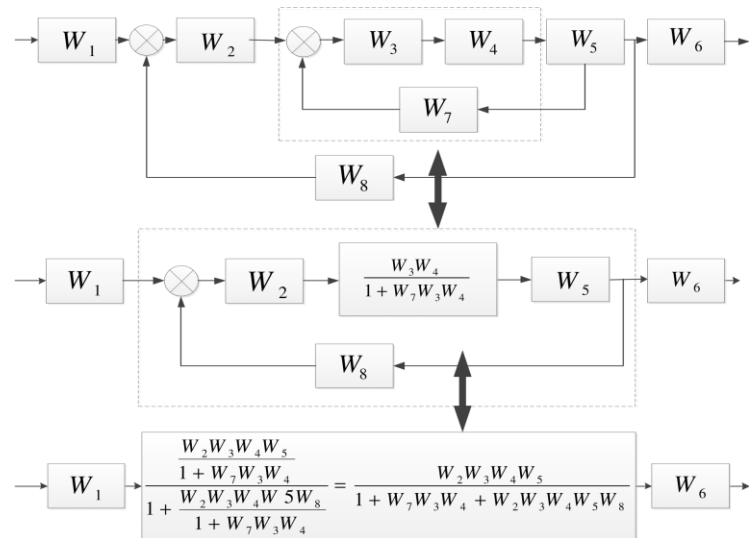


Рисунок 3.7. Хід еквівалентних перетворень розімкненої САК

Цей результат дозволить нам визначити запас стійкості системи. Запас стійкості – це міра стійкості системи, яка вказує, наскільки близько фаза АФЧХ системи до фази -180° у точці частоти зростання АФЧХ. Чим більший запас стійкості, тим більша стійкість системи. Важливо мати достатній запас стійкості для уникнення нестійкості та перехресних збурень в системі. Тому отримана амплітудно-фазова характеристика дозволить нам оцінити стійкість системи та вжити заходів для її покращення, якщо це необхідно.

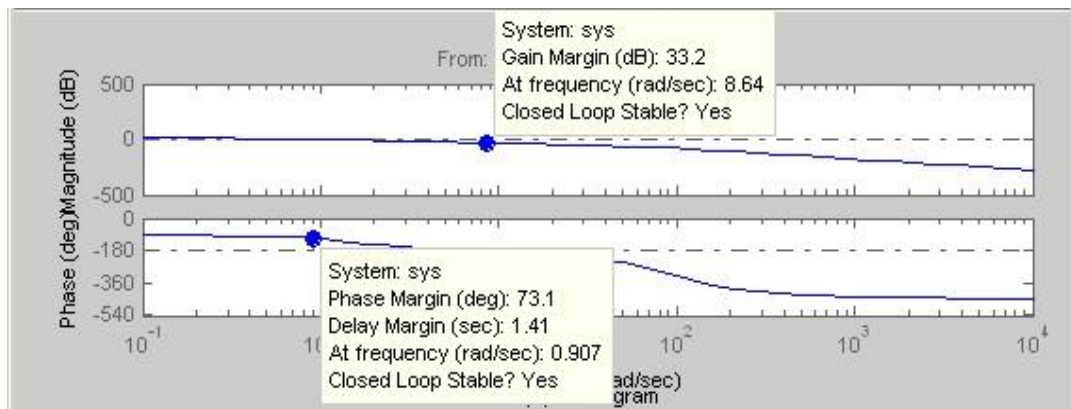


Рисунок 3.8 – Амплітудно-фазова частотна характеристика САК

Враховуючи, що у нашому випадку запас стійкості перевищує мінімально допустимі значення, можна підтвердити, що система відповідає вимогам стійкості. Запас стійкості визначається як різниця між фазовим і амплітудним маржами стійкості та критичним значенням, яке визначається на основі параметрів системи та вимог щодо стійкості. У нашому випадку обидва показники перевищують мінімально допустимі значення, що свідчить про стійкість системи [39 ,с. 54].

Отже, ми розглянули процес аналізу та моделювання системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора. Починаючи з визначення стійкості системи та обчислення передавальних функцій, ми продовжили з побудови амплітудно-фазової частотної характеристики та визначення запасу стійкості. Завершивши цей процес, ми прийшли до висновку, що розроблена система автоматичного керування приводом робота-маніпулятора є стійкою і відповідає вимогам ефективності та надійності.

3.3. Аналіз впливу автоматизації на продуктивність та якість послуг СТО.

Вплив використання робота-маніпулятора на продуктивність та якість послуг на СТО може бути вирішальним для підвищення ефективності та конкурентоспроможності сервісу. Роботи-маніпулятори можуть значно збільшити продуктивність роботи завдяки автоматизації рутинних операцій, що раніше виконувалися вручну. Замість того, щоб витрачати час механіків на підйом важких деталей або розбірку складних конструкцій, робот-маніпулятор може виконувати ці завдання швидко і ефективно [37, с. 60].

Це сприяє збільшенню обсягу робіт, які можна виконати за один робочий день, що в свою чергу може позитивно позначитися на прибутковості бізнесу. Крім того, використання робота-маніпулятора може підвищити якість виконаних робіт завдяки точності та стабільності його рухів, що дозволяє уникнути помилок, характерних для ручного втручання. Також, роботи-маніпулятори

можуть забезпечити безпеку для персоналу, оскільки вони виконують важкі та небезпечні операції без прямого втручання людини.

У результаті використання роботів-маніпуляторів на СТО може сприяти збільшенню задоволення клієнтів за рахунок покращення якості обслуговування та скорочення часу, необхідного для виконання ремонтних робіт. Крім того, підвищення продуктивності роботи СТО може призвести до збільшення обороту клієнтів та покращення репутації бізнесу в сфері автосервісу.

Важливо також враховувати, що використання робота-маніпулятора може потребувати додаткових витрат на його придбання, установку, програмне забезпечення та обслуговування. Однак ці витрати можуть відштовхуватися значними перевагами у вигляді збільшення продуктивності, підвищення якості послуг та зниження ризику випадкових пошкоджень.

Таблиця 3.1.

Переваги використання робота-маніпулятора на СТО

Підвищення продуктивності	Робот-маніпулятор може виконувати рутинні операції швидше та ефективніше, звільняючи механіків для інших завдань.
Підвищення якості обслуговування	Роботи, виконані робота-маніпулятором, можуть бути більш точними та однаковими, що сприяє покращенню якості послуг.
Зменшення ризику пошкоджень	Роботи мають менше шансів на помилки або неправильні дії, що може знизити ризик випадкових пошкоджень автомобілів.
Підвищення безпеки працівників	Роботи можуть виконувати важкі та небезпечні завдання, зменшуючи ризик травм для працівників.
Ефективне використання ресурсів	Оптимальне використання роботів дозволяє оптимізувати розподіл ресурсів, зменшуючи зайві витрати.
Покращення репутації бізнесу	Використання сучасних технологій може підвищити репутацію бізнесу та його привабливість для клієнтів.

Використання робота-маніпулятора на СТО може мати значний позитивний вплив на діяльність підприємства, забезпечуючи підвищену

продуктивність, покращену якість обслуговування, безпеку працівників та ефективне використання ресурсів [18, с. 56].

У цілому, впровадження робота-маніпулятора на автосервісному підприємстві може значно покращити ефективність його роботи, забезпечити високу якість обслуговування, підвищити безпеку працівників та оптимізувати використання ресурсів. Такий інноваційний підхід сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства та задоволенню потреб клієнтів, що в свою чергу сприятиме його успішному розвитку на ринку автосервісних послуг.

Для досягнення економічної ефективності ми спрямовуємося на оптимізацію процесу прийом нових автомобілів та їх розподіл на необхідні пункти, що призведе до зменшення часу, витраченого на обслуговування кожного клієнта. Перед розпочатком розрахунків нам потрібно збирати вихідні дані про автомобіль і клієнта, скласти перелік необхідних робіт та розрахувати витрати на їх виконання. Завдяки розробленому програмному забезпеченню вихідні форми будуть готові до друку практично миттєво. У підсумку, ми досягнемо скорочення часу, потрібного на виконання розрахунків, що призведе до наступних переваг.

Таблиця 3.2.

Чисельність персоналу СТО.

	Чисельність, люд.
Механічна	2
Покрасочная	2
Шиномонтаж	2

Перед впровадженням системи автоматизації було проведено хронометраж при виконанні конкретних операцій, що дозволило отримати наступні результати. Аналізуючи час, витрачений на кожну окрему дію, ми змогли отримати докладну інформацію про ефективність та продуктивність процесу.

Таблиця 3.3.

Хронометраж операцій до впровадження

Майстерня	Операція	Час виконання
Механічна	Прийом нового клієнта: Опитування Запис несправностей	27 хв. 20 хв. 7 хв.
Покрасочная	Прийом нового клієнта: Огляд Розрахунки витрати фарби Запис	39 хв. 25 хв. 10 хв. 4 хв.
Шиномонтаж	Прийом нового клієнта: Огляд Запис	6 хв. 3 хв. 3 хв.
Електрики	Прийом нового клієнта: Огляд Запис	10 хв. 5 хв. 5 хв.

Внаслідок впровадження системи автоматизації, відбулися значні зміни в організаційній структурі СТО. Особливо відмінною є зміна у методології прийом нових автомобілів для ремонту, що спричинило значне скорочення робочого часу працівників. Введено нову функцію, яку здійснює інженер-механік – прийом автомобіля.

Таблиця 3.4.

Хронометраж операцій після впровадження робота-маніпулятора

Майстерня	Операція	Час виконання
Прийом автомобіля	Постановка автомобіля в чергу на ремонт: Опитування Огляд Запис Розрахунки	31 хв 15 хв 5 хв 6 хв 5 хв
Механічна	Прийом автомобіля на пост	5 хв
Покрасочная	Прийом автомобіля на пост	5 хв
Шиномонтаж	Прийом автомобіля на пост	5 хв
Електрики	Прийом автомобіля на пост	5 хв

Впровадження автоматизованої системи в автосервісі призвело до значної економії робочого часу працівників, що становить 32 хвилини при постановці автомобіля в чергу. Для оцінки реального економічного виграшу було проведено порівняльний аналіз часу, витраченого на обслуговування одного автомобіля до та після впровадження автоматизованої системи оформлення автомобіля. Для цього аналізу була обрана одна з найбільш розповсюджених операцій – ремонт проколотої колеса [24, с. 88].

Отже, впровадження робота-маніпулятора на автосервісному підприємстві сприятиме автоматизації та оптимізації процесів обслуговування автомобілів. Це дозволить підвищити продуктивність, знизити ризик помилок та нещасних випадків, покращити якість послуг та забезпечити більш ефективне використання ресурсів підприємства. Такий крок сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства та забезпечить задоволення потреб клієнтів.

Висновки до розділу 3.

Таким чином, була проведена розробка математичної моделі, яка дозволяє адекватно описати роботу роботизованої системи на автосервісному центрі. Були враховані різні аспекти, такі як рух маніпулятора, взаємодія з автомобілем та інші фактори, що впливають на функціонування системи.

Проведено дослідження стійкості роботизованої системи. Аналізувалися різні сценарії та умови експлуатації, щоб визначити, як система реагує на різні впливи та чи може вона забезпечити стабільну та надійну роботу в реальних умовах.

Зроблено аналіз впливу впровадження роботизованої системи на продуктивність та якість послуг, що надаються автосервісним центром. Дослідження включало оцінку часу виконання робіт, точність виконання завдань,

а також зменшення кількості помилок та відхилень від стандартів якості обслуговування.

Ці розділи дозволяють отримати комплексне уявлення про процес розробки та реалізації роботизованої системи для автосервісних центрів. Аналіз стійкості та впливу автоматизації допомагає зрозуміти переваги та можливі ризики використання таких систем у практичній діяльності.

Отже, висновки до цього розділу підкреслюють значущість розробки та реалізації роботизованої системи для автосервісних центрів. Побудова математичної моделі дозволяє краще розуміти та прогнозувати роботу системи, дослідження її на стійкість забезпечує впевненість у її надійності, а аналіз впливу автоматизації допомагає визначити її ефективність та користь для підвищення якості обслуговування. Реалізація такої системи в СТО може принести значні позитивні зміни, сприяючи підвищенню продуктивності та покращенню якості послуг, що відповідає сучасним вимогам автомобільного ринку.

ВИСНОВКИ

Таким чином, робот маніпулятор є складовою частиною системи автоматизації на СТО, яка призначена для виконання різноманітних завдань, пов'язаних з обслуговуванням та ремонтом автомобілів. Основні особливості його використання полягають у високій точності та швидкості виконання робіт, а також у можливості працювати у складних умовах та виконувати завдання, які вимагають великої фізичної сили або дотримання певних стандартів безпеки. Завдяки своїм характеристикам, роботи маніпулятори дозволяють оптимізувати процес обслуговування автомобілів на СТО. Вони можуть бути використані для піднімання важких деталей, переміщення обладнання, забезпечення доступу до важкодоступних місць для проведення ремонтних робіт тощо.

Однією з особливостей використання робота маніпулятора на СТО є можливість програмування його рухів для виконання конкретних завдань, що спрощує автоматизацію стандартних процесів обслуговування. Крім того, використання робота маніпулятора дозволяє зменшити ризик помилок та підвищити якість виконаних робіт завдяки стабільності та повторюваності його дій.

У цілому, робот маніпулятор є важливою складовою автоматизованих систем на СТО, яка допомагає оптимізувати робочі процеси, підвищувати ефективність роботи центру та покращувати якість послуг для клієнтів. Автоматизація стандартних послуг СТО за допомогою роботів дозволяє значно підвищити продуктивність та ефективність обслуговування автотранспорту, зменшити час ремонту та обслуговування, а також знизити ризик помилок. Використання робота маніпулятора в удосконаленні роботи СТО виявилось вкрай корисним. Завдяки точному та швидкому виконанню робіт, маніпулятори дозволяють значно скоротити час, необхідний для проведення різних процедур

обслуговування та ремонту автомобілів, забезпечуючи при цьому високу якість виконаних робіт.

У першому розділі було проведено аналіз сучасного стану автоматизації стандартних послуг на автосервісних центрах (СТО). Оцінено рівень використання різноманітних технологій та систем, що спрямовані на підвищення ефективності роботи цих центрів. Проаналізовано переваги та недоліки існуючих підходів до автоматизації, виявлено основні проблеми та недоліки, що перешкоджають повному використанню потенціалу автоматизації в даній галузі.

Другий розділ роботи присвячений розробці узагальненої моделі системи автоматизації роботи автосервісного центру за допомогою роботів. Використання блок-схеми для наочного демонстрування взаємозв'язків між компонентами системи допомагає краще зрозуміти архітектуру системи автоматизації. Було розглянуто основні принципи побудови такої системи, визначено її складові частини та взаємозв'язок між ними. Проведено аналіз сучасних технологій та методів, які можуть бути застосовані при розробці та впровадженні системи автоматизації на СТО.

У третьому розділі розглянуто процес розробки та реалізації роботизованої системи для автосервісного центру. Описано етапи розробки, побудови та впровадження системи на практиці. Проаналізовано особливості використання роботів на СТО, виявлено переваги та можливі труднощі в їх впровадженні. Проведено оцінку результатів впровадження роботизованої системи та її впливу на якість та ефективність обслуговування клієнтів.

Кваліфікаційна робота висвітлює ключові аспекти використання автоматизації та роботизації на сучасних СТО. Шляхом аналізу стану автоматизації, розробки узагальненої моделі системи та реалізації роботизованої системи надається комплексне розуміння можливостей цих технологій для підвищення ефективності та якості обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абракітов В. Е. Конспект лекцій з курсу «Автоматизація технологічних процесів» / В. Е. Абракітов; Харків. нац. ун-т ім. С. П. Корюків. — Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. — 80 с.
2. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. — Вінниця: ВНТУ, 2020. — 123 с.
3. Автоматизація виробничих процесів : Підручник для студ. ВТНЗ / Б. М. Гончаренко, С. І. Осадчий, Л. Г. Віхрова, В. М. Каліч, О. К. Дідик. — Кіровоград: Лисенко В. Ф., 2016. — 352 с.
4. Автоматизація виробничих процесів: Підручник. / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015 — 300 с.
5. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О. В., Самойленко П. Г., Гранат С. Є., Ковальов В. О. — К.: Аграрна освіта, 2010. — 557 с.
6. Бобух А. О.. Автоматизовані системи керування технологічними процесами : Навч. посібник. — Харків: ХНАМГ, 2006. — 185 с
7. Болтак, О. Л. Шляхи вдосконалення системи управління підприємством [Електронний ресурс] / О. Л. Болтак // Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна». — Режим доступу: \www/URL: <http://nauka.zinet.info/9/boltak.php>
8. Герасимyak Р. П. Теорія автоматичного керування. Збірник задач: навчальний посібник / Р. П. Герасимyak. — О.: Наука і техніка, 2003. — 108 с.
9. Гладчук, О. Інноваційна економіка [Текст] / О. Гладчук // Науково-виробничий журнал. — 2013. — № 10(48). — С. 167–174.
10. Гоголюк П. Ф. Теорія автоматичного керування: навч. посіб. / П. Ф. Гоголюк, Т. М. Гречин. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. — 280 с.

11. Дубовой В. М., Моделювання та оптимізація систем: підручник / В.М. Дубовой, Р.Н. Кветний, О.І. Михальов, А.В.Усов. – Вінниця: «ТД «Еднльвейс», 2017. – 804 с.
12. Електромеханичні системи автоматичного керування та електрориводи: навч.посібник / М.Г. Поповіч, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; за ред. М.Г.Поповіча, О.Ю.Лозинського. – К. : Либідь, 2005. – 680 с.
13. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. — Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. — 2014. — 250 с
14. Казачковський М.М. Комплектні електроприводи: навч. посібник / М. М. Казачковський. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 226 с.
15. Кім Д.П. Теорія автоматичного керування. Том 2. Багатовимірні, нелінійні, оптимальні й адаптивні системи/ Д.П. Кім. – Фізматліт, 2004. – 32 с.
16. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи: підручник / С.П. Вислоух, О.В. Волошко, Г.С. Тимчик, М.В. Філіппова. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 228 с.
17. Лєвошич О. Л., Крак Ю. В. Елементи теорії керування. Навчально- методичний посібник для студентів факультету кібернетики спеціальності «Інформатика». – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2002. – 85 с.
18. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напр. «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані Технології» / М.В. Лукінюк ; Нац. техн. ун-т України «Київськ. політехн. ін-т». – К. : КПІ, 2008. – 236 с.
19. Мехатроніка: підручник / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький. – К.: ЦП „Компрінт”, 2020. – 404 с.

20. Мокін Б. І. Математичні методи ідентифікації електромеханічних процесів: навч. посіб. / Б.І. Мокін, В.Б. Мокін, О.Б. Мокін. – Вінниця: «Універсум-Вінниця», 2005. – 300 с.
21. Нікулін О.А. Основи теорії автоматичного управління. Частотні методи аналізу та синтезу систем. / О.А. Нікулін. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 640 с.
22. Огляд та перспективи використання платформи Arduino Nano 3.0 у вищій школі /Кривонос О.М., Кузьменко Є. В., Кузьменко С. В.// Інформаційні технології і засоби навчання [Електронний ресурс] / Ін-т інформ. технологій і засобів навчання НАПН України, Ун-т менеджменту освіти НАПН України; гол. ред.: В. Ю. Биков. – 2016. – № 6 (56). – С. 77-87.
23. Основи мехатроніки: навч. посіб. / О.М. Артюх, О.В. Дударенко, В.В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 372 с.
24. Основи мехатроніки: навчальний посібник / С.М. Пересада, М.В. Пушкар. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 137 с.
25. Основи побудови комп'ютерно-інтегрованих систем [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньопрофесійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кіберенергетичних систем» /Укладачі: С. В. Любицький, П. В. Новіков ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 77 с.
26. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування: Підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – Київ: «Либідь», 2007. – 656 с. – ISBN: 966-06-0447
27. Посібник з лекцій із дисципліни «Автоматизовані системи керування технологічними процесами» напрям підготовки 6.050202 «Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладач : Карташов В.В. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 148 с.

28. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: Навчальний посібник / Я.І. Проць. — Тернопіль : Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя, 2008. – 232 с.

29. Проць Я.І., Данилюк О.А., Лобур Т.Б. Автоматизація неперервних технологічних процесів: Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2008. – 239 с.

30. Рекомендації щодо розроблення навчальних планів / Уклад. В. П. Головенкін. – К. : Нац. техн. ун-т України «Київ. політех. ін-т», 2012. – 23 с.

31. Репнікова Н. Б. Теорія автоматичного керування: класика і сучасність; підручник / Н. Б. Репнікова. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 328 с.

32. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій [Електронний ресурс]: для підготовки докторів філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікація за спеціальністю 171 Електроніка за спеціалізацією «Електронні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. О. Терещенко – Електронні текстові данні (1 файл:5544 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 192 с.

33. Румбешта В.О. Основи технології складання приладів: Підручник/ В.О. Румбешта. – К. : ІСДО, 2013.– 303 с.

34. Системи автоматичного проектування САПР [Електронний ресурс]. — Режим доступу: \www/URL: <http://joiner.org.ua/2rozrjad/2009-07-08-13-19-32/2009-07-24-08-10-10/2009-07-24-08-42-32.html>. — Загол. з екрану.

35. Сучасні електромехатронні комплекси і системи: навч. посібник / Т.П. Павленко, В.М. Шавкун, О.С. Козлова, Н.П. Лукашова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.

36. Талюпа, Н. Сучасні підходи до удосконалення технології управління [Текст] / Н. Талюпа // Інвестиції: практика та досвід. — 2009. — № 8. — С. 49–50.
37. Теорія автоматичного керування: Навчальний посібник./Л.М. Артюшин, Б.В. Дурняк, О.А. Машков, М.С. Сівов. – Львів:Вид-тво УАД, 2004. – 272 с.
38. Теорія автоматичного управління: Підручник/За ред. Г.Ф. Зайцева. – К.:Техніка, 2002. – 668 с.
39. Технологія машинобудування. Посібник довідник для виконання кваліфікаційних робіт. Навч. посібник / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є Грицай, М.Л.Кукляк, Я.М. Кусий, В.В. Ступницький, В.А. Яцюк, А.М.Кук, Є.М.Махоркін, В.П. Свіхінський // За ред. І.І. Юрчишина. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка» , 2009. – 528 с.
40. Трегуб В.Г. Автоматизація технологічних процесів: Курс лекцій для студентів напрямку 0925 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” заочн. форми навчання – К.: НУХТ, 2007. – 42 с.
41. Цвіркун Л. І., Грулер Г. О. Робототехніка та мехатроніка: навчальний посібник. – Д. : Національний гірничий університет, 2007. – 216 с.
42. Шапуров, О. Сутність, роль і об’єктивна необхідність удосконалення управління підприємствами [Текст] / О. Шапуров // Актуальні проблеми економіки. — 2008. — № 8. — С. 138–146.

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Факультет комп'ютерних наук
Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
галузь знань: 15 – Автоматизація та приладобудування
спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри теоретичної
та прикладної системотехніки
 д.т.н., проф. Шматков С. І.
«21» грудня 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Алієва Ярослава Олеговича
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «**Модель системи автоматизації стандартних послуг СТО**»

керівник роботи Мороз Ольга Юріївна, PhD, старший викладач ЗВО кафедри
теоретичної та прикладної системотехніки.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» травня 2024 року № 4101-5/909

2. Строк подання студентом роботи 31 травня 2024 року

3. Перелік питань, які потрібно розробити

- 1) Аналіз стандартних послуг, що можуть бути автоматизовані в обслуговуванні автомобілів автосервісу.
- 2) Аналіз типів робіт, що застосовуються для автоматизації послуг в автосервісі.
- 3) Переваги та недоліки автоматизації стандартних процесів за допомогою робіт.
- 4) Вплив автоматизації на продуктивність та якість послуг СТО.
- 5) Опис моделі автоматизації стандартних послуг СТО.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Аналіз стандартних послуг, що можуть бути автоматизовані в обслуговуванні автомобілів автосервісу.	21.12.2023 – 25.01.2024
2	Аналіз типів роботів, що застосовуються для автоматизації послуг в автосервісі.	19.12.2023 – 2.01.2024
3	Визначення ключових процесів, придатних для автоматизації.	2.01.2024 – 2.02.2024
4	Технології роботизації. Огляд типів роботів та їх застосування.	2.01.2024 – 2.02.2024
5	Переваги автоматизації. Дослідження впливу системи автоматизації стандартних послуг СТО на ефективність надання послуг на автосервісних станціях	3.02.2024 – 30.03.2024
6	Аналіз впливу застосування моделі на продуктивність та якість послуг СТО.	3.03.2024 – 30.04.2024
7	Опис підсистеми призначеної для автоматизації послуг СТО.	3.03.2024 – 30.04.2024
8	Висновки та рекомендації. Підсумки дослідження та напрямки подальшого розвитку.	3.03.2024 – 30.04.2024
9	Підготовка статті за темою кваліфікаційної роботи.	31.03.2024 – 27.05.2024
10	Підготовка звіту з переддипломної практики.	15.05.2024 – 30.05.2024
11	Підготовка пояснювальної записки.	15.05.2024 – 30.05.2024

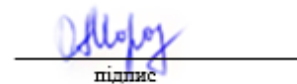
5. Дата видачі завдання 21.12.2023

Студент

Я.О. Алієв
ініціали, прізвище


підпис

Керівник роботи

О.Ю. Мороз
ініціали, прізвище


підпис

Додаток Б

Технічне завдання
на розробку програмного виробу
«Система автоматизації розробки програмного забезпечення на основі
використання архітектурних підходів»

Назва розділу	Назва і зміст підрозділу
1. Введення	1.1. Назва проекту: Роботизована система для оптимізації стандартних послуг СТО. 1.2. Галузь застосування: автосервіс та технічне обслуговування.
2. Підстава для розробки	2.1. Освітній курс за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. 2.2. Завдання на дипломну роботу бакалавра, затверджено наказом ХНУ імені В. Н. Каразіна № 4101-5/909 від «03» травня 2024 р. (представить як Додаток А до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).
3. Призначення розробки	3.1. Мета: Збільшення ефективності та безпеки обслуговування в СТО через використання роботизованих рішень. 3.2. Призначення: Розробка системи, здатної автоматизувати рутинні операції, такі як заміна масла, діагностика автомобілів та інші стандартні послуги. 3.3. Початкові дані для розробки: лист задач, їх характеристики.
4. Технічні вимоги до програмного виробу	4.1. Вимоги до функціональних характеристик: - Автоматизація процесів заміни масла, фільтрів та виконання рутинних перевірок. - Виконання діагностичних процедур з високою точністю. - Інтеграція з існуючими системами СТО для ведення бази даних обслуговувань. 4.2. Надійність: - Система повинна мати вбудовані засоби для моніторингу її стану і діагностики помилок. - Резервування важливих компонентів для забезпечення безперервності роботи.

	4.3. Умови експлуатації: Система повинна бути адаптована до роботи в умовах високої запиленості та коливань температури, типових для СТО. 4.4. Вимоги до складу і параметрів технічних засобів: Використання промислових ПК, мережевих засобів і спеціалізованого обладнання для збору даних. 4.5. Сумісність з популярними оперативними системами і програмним забезпеченням для автосервісів. 4.6. Вимоги до маркування та упаковки: Маркування електронних компонентів і програмного забезпечення згідно з міжнародними стандартами. 4.7. Вимоги до транспортування і зберігання: Особливих умов не потрібно, окрім захисту від вологості для електронних компонентів. 4.8. Спеціальні вимоги: Вимоги до інтеграції з системами штучного інтелекту для оптимізації процесів діагностики.		
5. Вимоги до програмної документації.	Повинна бути створена комплексна документація, яка включатиме: Технічне завдання: Опис замовлення, цілі проекту, вимоги до системи. Керівництво користувача: Інструкції з експлуатації системи, включаючи кроки по налаштуванню, використанню та усуненню несправностей. Технічний опис системи: Опис архітектури системи, використаних технологій, інтеграції з іншими системами. Керівництво з обслуговування: Положення щодо регулярного обслуговування та профілактичних робіт.		
6. Техніко-економічні показники	Очікується, що автоматизація знизить час на діагностику та ремонт автомобілів на 35%, а також знизить загальні витрати на обслуговування на 25% завдяки підвищенню точності та зниженню помилок. Роботизація дозволить зменшити фізичне навантаження на працівників, що сприятиме кращому дотриманню стандартів безпеки та здоров'я на робочому місці.		
7. Стадії і етапи розробки	1 етап	Аналіз стандартних послуг, що можуть бути автоматизовані в	21.12.2023 – 25.01.2024

		обслуговуванні автомобілів автосервісу.	
	2 етап	Аналіз типів робіт, що застосовуються для автоматизації послуг в автосервісі.	19.12.2023 – 2.01.2024
	3 етап	Визначення ключових процесів, придатних для автоматизації.	2.01.2024 – 2.02.2024
	4 етап	Технології роботизації. Огляд типів робіт та їх застосування.	2.01.2024 – 2.02.2024
	5 етап	Переваги автоматизації. Дослідження впливу системи автоматизації стандартних послуг СТО на ефективність надання послуг на автосервісних станціях	3.02.2024 – 30.03.2024
	6 етап	Аналіз впливу застосування моделі на продуктивність та якість послуг СТО.	3.03.2024 – 30.04.2024
	7 етап	Опис підсистеми призначеної для автоматизації послуг СТО.	3.03.2024 – 30.04.2024
	8 етап	Висновки та рекомендації. Підсумки дослідження та напрямки подальшого розвитку.	3.03.2024 – 30.04.2024
	9 етап	Підготовка статті за темою кваліфікаційної роботи.	31.03.2024 – 27.05.2024

	10 етап	Підготовка звіту з переддипломної практики.	15.05.2024 – 30.05.2024
	11 етап	Підготовка пояснювальної записки.	15.05.2024 – 30.05.2024
8. Порядок контролю і приймання	Внутрішній контроль: Проводиться технічним керівником проекту на кожному етапі розробки для забезпечення відповідності технічному завданню і стандартам якості. Зовнішній контроль: Включає тестування залученими експертами та кінцевими користувачами для оцінки функціональності та зручності системи. Приймання робіт: Фінальне затвердження системи кафедрою та замовником після успішного завершення всіх тестів і корекцій.		

Виконавець

студент групи КУ-41

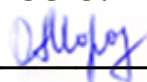
Алієв Я.О.



Замовник

 PhD, ст.викл.ЗВО кафедри
теоретичної та прикладної
системотехніки

МОРОЗ Ольга Юріївна



Програма і методика випробувань програмного виробу

«Система автоматизації розробки програмного забезпечення на основі
використання архітектурних підходів»

1 Об'єкт випробувань

1.1 Назва: Автоматизована система обслуговування для СТО.

1.2 Область застосування: Сервісні центри, що займаються технічним обслуговуванням та ремонтом автомобілів.

2. Мета випробувань

Загальна мета: Перевірка ефективності системи у автоматизації процесів діагностики, ремонту та обслуговування автомобілів.

Специфічні цілі: Зменшення часу на обслуговування, підвищення точності діагностики, зниження помилок, що виникають через людський фактор.

3. Загальні положення

3.1 Підстави для проведення випробувань

Підстави для проведення випробувань: Завершення етапу розробки системи та потреба у її атестації перед впровадженням в експлуатацію.

3.2 Місце і тривалість випробувань

Місце і тривалість випробувань: Випробування проводяться на території розробника системи та в одному з пілотних СТО протягом одного місяця.

3.3 Обсяг випробувань

Приймальні випробування програмного виробу проводяться в обсязі відповідному цієї Програми і методики випробувань.

3.4 Організації, які беруть участь у випробуваннях

Приймальні випробування проводяться атестаційною комісією напередодні засідання (або в процесі засідання) за участю Замовника, Виконавця та інших осіб, присутніх на засіданні.

4. Вимоги до програми або програмного виробу

4.1. Вимоги до функціональних характеристик:

- Автоматизація процесів заміни масла, фільтрів та виконання рутинних перевірок.

- Виконання діагностичних процедур з високою точністю.
- Інтеграція з існуючими системами СТО для ведення бази даних обслуговувань.

4.2. Надійність:

- Система повинна мати вбудовані засоби для моніторингу її стану і діагностики помилок.
- Резервування важливих компонентів для забезпечення безперервності роботи.

4.3. Умови експлуатації: Система повинна бути адаптована до роботи в умовах високої запиленості та коливань температури, типових для СТО.

4.4. Вимоги до складу і параметрів технічних засобів: Використання промислових ПК, мережевих засобів і спеціалізованого обладнання для збору даних.

4.5. Сумісність з популярними оперативними системами і програмним забезпеченням для автосервісів.

4.6. Вимоги до маркування та упаковки: Маркування електронних компонентів і програмного забезпечення згідно з міжнародними стандартами.

4.7. Вимоги до транспортування і зберігання: Особливих умов не потрібно, окрім захисту від вологості для електронних компонентів.

4.8. Спеціальні вимоги: Вимоги до інтеграції з системами штучного інтелекту для оптимізації процесів діагностики.

5. Вимоги до програмної документації

Повинна бути створена комплексна документація, яка включатиме:

- **Технічне завдання:** Опис замовлення, цілі проекту, вимоги до системи.
- **Керівництво користувача:** Інструкції з експлуатації системи, включаючи кроки по налаштуванню, використанню та усуненню несправностей.
- **Технічний опис системи:** Опис архітектури системи, використаних технологій, інтеграції з іншими системами.
- **Керівництво з обслуговування:** Положення щодо регулярного обслуговування та профілактичних робіт.

6. Засоби і порядок випробувань

6.1 Засоби випробувань

Використання спеціалізованого діагностичного обладнання, комп'ютерів, тестового програмного забезпечення, і автомобілів для тестування в реальних умовах.

6.2 Порядок проведення випробувань

Тест №1: Тест на оптимізацію параметрів коригуючих пристроїв:

- **Ціль:** Оптимізація параметрів для досягнення стабільної роботи системи згідно з заданими характеристиками перехідного процесу.
- **Метод:** Використання математичних моделей та Z-перетворень для налаштування системи, аналіз за допомогою передавальних функцій елементів системи.
- **Аналіз результатів:** Представлення результатів у формі графіків та таблиць, які ілюструють ефективність досягнутих налаштувань і відповідність встановленим критеріям.

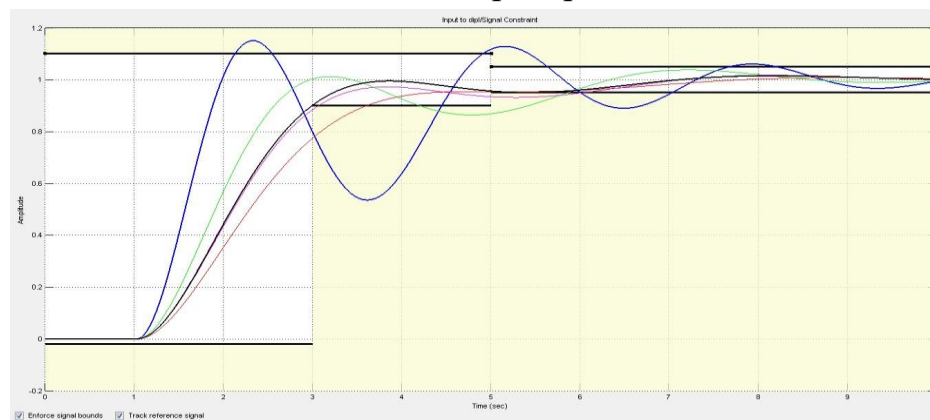


Рисунок В.1 – Оптимізація перехідного процесу

В результаті оптимізації були отримані такі значення параметрів підсилювача та коригуючих пристроїв:

$$-k_p = 0.4205;$$

$$-k_i = 1.3792;$$

$$-k_d = 0.3556;$$

$$-T_d = 0.8965.$$

	Variable	Value	Minimum	Maximum	Scale
☒	Td	0.8965	-Inf	Inf	1
☒	kd	0.3556	-Inf	Inf	0.5
☒	ki	1.3792	-Inf	Inf	2
☒	kp	0.4205	-Inf	Inf	0.5

Рисунок В.2 – Результати підбору параметрів з використанням блоку Signal Constraint

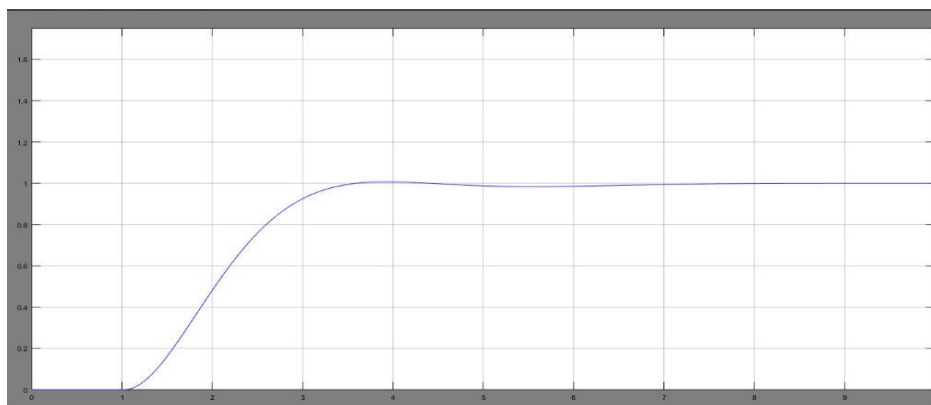


Рисунок В.3 – Перехідний процес скорегованої системи

Отримані параметри підсилювача та коригуючих пристроїв в подальшому використовуються для аналізу перехідного процесу. Після налаштування підсилювача та коригуючого пристрою за вказаними параметрами, був отриманий перехідний процес, який відповідає встановленим критеріям якості.

Тест №2. Тест розробки математичної моделі системи автоматичного керування приводом:

- **Ціль:** Валідація дискретної лінійної стаціонарної математичної моделі системи.
- **Метод:** Побудова математичної неперервної моделі, включаючи тиристорний перетворювач, фільтр, і двигун постійного струму. Визначення передавальних функцій для кожного елементу і аналіз системи за допомогою частотних характеристик (діаграма Боде).
- **Аналіз результатів:** Оцінка частотної відповіді системи та її стабільності. Визначення оптимального періоду квантування для системи на основі амплітудної частотної характеристики, виявлення частоти, при якій амплітуда вихідного сигналу зменшується в сто разів у порівнянні з вхідним сигналом.

Передавальна функція для фільтра може бути представлена у вигляді:

$$W3=20.015s+1$$

Аналогічно, передавальна функція для двигуна постійного струму може бути представлена як: $W4=10.03s+1$

Передавальна функція $W5$ представлена у вигляді: $W5=30.6s+1$

де s – комплексна частота.

Отже, композиція W_H передавальних функцій $W3$, $W4$ та $W5$ може бути виражена як: $W_H=W3 \cdot W4 \cdot W5$

Отримуємо передавальну функцію W_N у вигляді:

$$W_N = 60.00027s^3 + 0.02745s^2 + 0.645s + 1$$

Отже, для обчислення періоду квантування за часом насамперед потрібно побудувати діаграму Боді $bode\ W_N$. Ця діаграма дасть нам інформацію про частотну відповідь системи та дозволить знайти частоту ω , яка відповідає вказаній амплітудній амплітуді на виході.

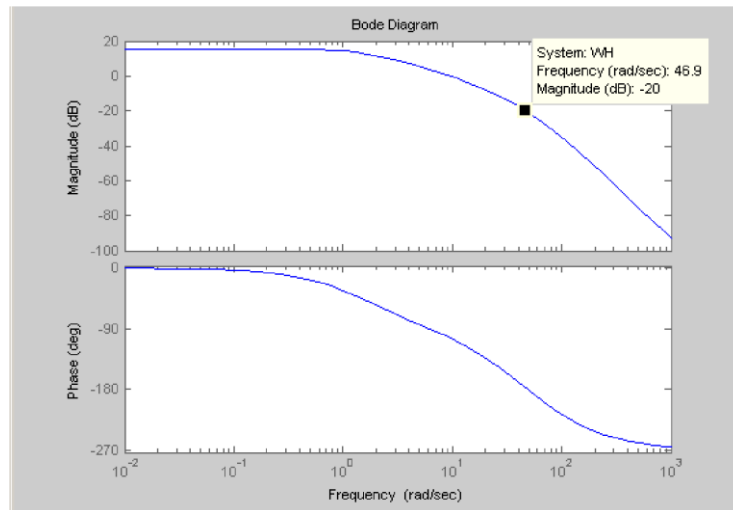


Рисунок В.4 – Діаграма Боді

Тест №3. Тест перетворення математичних моделей на дискретні:

- **Ціль:** Перевірка адекватності дискретних моделей, визначених на основі часу квантування T_0 , для контролю в реальному часі.
- **Метод:** Обчислення дискретних передавальних функцій за часом T_0 з використанням різних моделей, включаючи моделі DD, D, та I. Аналіз відповідності цих моделей до неперервних аналогів.
- **Аналіз результатів:** Оцінка ефективності та точності дискретних моделей через порівняння їх реакцій із аналоговими моделями. Представлення результатів через графічні діаграми та таблиці, зокрема аналіз перехідних процесів у цифрових та аналогових налаштуваннях.

Після цього визначається частота в точці, де діаграма Боді має нахил -20 дБ, що відповідає $\omega = 46.9$ рад/с.

Відповідно до теореми Котельникова, період квантування за часом визначається як $T_0 = \omega\pi = 46.9\pi \approx 0.067$

Після цього проводиться обчислення дискретних математичних моделей. Зокрема, для моделі D з використанням часу квантування T_0 отримуємо:

$$D=c2d(H,T_0)=1.977z-0.1115$$

Аналогічно для інших моделей отримуємо:

$$D=c2d(G,T_0)=0.8928z-0.1072$$

$$D=c2d(I,T_0)=0.4245z-0.001233$$

Після цього проводиться побудова математичної неперервної моделі коригуючого пристрою:

$$G_c=0.42050.01s+1$$

$$G_c=0.35560.89s+1$$

Для цих моделей також обчислюється дискретна математична модель за часом T_0 :

$$D=c2d(G_c,T_0)=0.4205z-0.001253$$

$$D=c2d(G_c,T_0)=0.8923z-0.1077$$

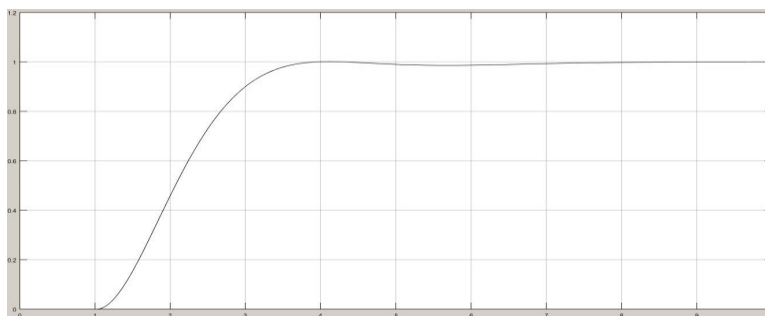


Рисунок В.5 – Перехідний процес аналогової САК приводом
роботаманіпулятора

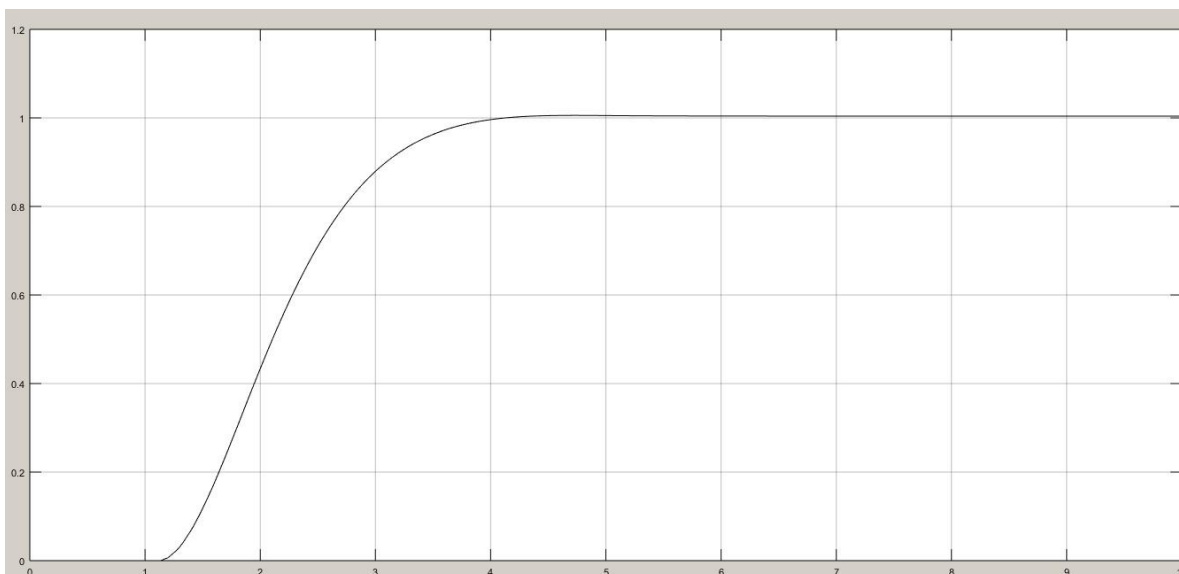


Рисунок В.6 – Перехідний процес системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора в цифровому середовищі

Тест №4. Тест дослідження системи на стійкість:

- **Ціль:** Перевірка стійкості системи автоматичного керування приводом на підставі амплітудно-фазової частотної характеристики.
- **Метод:** Використання Matlab Simulink LTI Viewer для побудови амплітудно-фазової частотної характеристики розімкненої системи. Аналіз реакції системи на одиничний стрибок та визначення частоти в точці з нахилом -20 дБ.
- **Аналіз результатів:** Оцінка стійкості на основі перерегулювання, часу наростання та тривалості перехідного процесу. Перехідна функція та показники якості перехідного процесу будуть представлені у вигляді графічних діаграм.

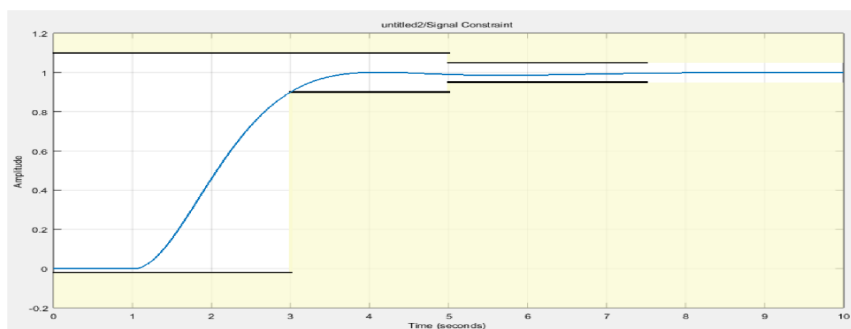


Рисунок В.7 – Перехідна функція системи

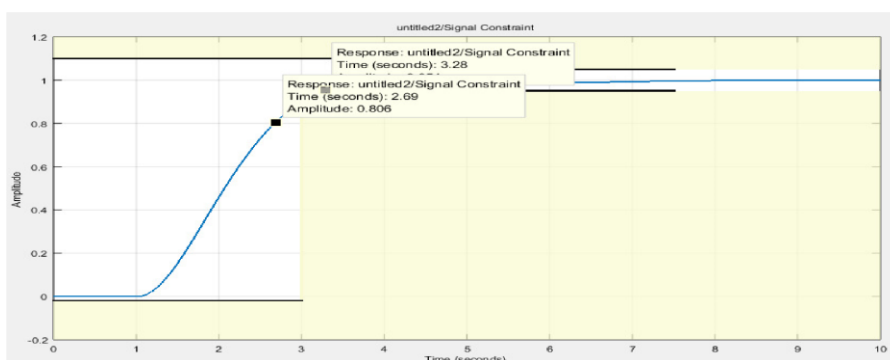


Рисунок В.8 – Показники якості перехідного процесу

Проводиться оцінка якості перехідного процесу. Згідно з рисунком 3.6, отримані такі значення:

- перерегулювання: 0;
- час наростання: 2,69 с;
- тривалість перехідного процесу: 3,28 с.

Висновки: при вдалому виконанні всіх 4 тестів випробування розробленого додатку вважаються успішними.

Виконавець

студент групи КУ-41

Алієв Я.О.

Алієв