

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

ТИМКО ДМИТРО ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 621.011.56

**РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО
СОРТУВАННЯ**

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Автореферат
магістерської роботи
на здобуття кваліфікації магістра з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих
технологій

Миколаїв – 2021

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

Керівник: кандидат технічних наук, доцент
Запальський Володимир Миколайович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
завідувач кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент
Бойко Анжела Петрівна,
ЧНУ ім. Петра Могили,
декан факультету
комп'ютерних наук

Консультант: кандидат технічних наук, доцент
Щербак Юрій Георгійович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
доцент кафедри екології
Медичного інституту

Захист відбудеться « 25 » червня 2021 р. о 10³⁰ на засіданні екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-403.

З магістерською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений « 14 » червня 2021 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сьогоднішній день в умовах інтенсивної конкуренції, ефективність виробництва, як правило, розглядається як ключ до успіху. Ефективність виробництва включає швидкість, з якою виробниче обладнання та виробнича лінія можуть знижувати матеріальну та робочу вартість продукту, покращуючи якість та знижуючи шанс браку, мінімізуючи простої виробничого обладнання та низьку собівартість виробничого обладнання. Враховуючи це питання, розробляється проект, який дуже корисний для виробничих галузей.

Мета роботи полягає в визначенні оптимального методу сортування великої кількості об'єктів. Створенні прототипу пристрою, що виконував би цю задачу належним чином та не був занадто дорогим в виготовленні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- основу для подальшого дослідження є загальні вимоги та характеристики засобів автоматизації сортування об'єктів, проведений аналіз існуючих рішень сортування об'єктів, патентний пошук, огляд основних елементів побудови системи сортування продукції та дослідження теорії кольорів;
- формування технічного завдання для подальшого створення функціональної та структурної схеми системи сортування об'єктів за кольором;
- провести розрахунок основних елементів та підібрати оптимальне рішення враховуючи технічне завдання;
- за створеними схемами та технічних характеристиках основних елементів розробити алгоритм роботи системи сортування;
- розробити та розрахувати електричну принципову схему та представити схему з'єднань;
- написати програму керування для системи сортування та представити алгоритм роботи;

– виконати імітаційне дослідження системи керування автоматизованого комплексу сортування об'єктів.

Об'єкт: фізичні процеси показників при застосуванні методології, що протікають при сортуванні об'єктів.

Предметом дослідження в роботі є конструкторське рішення системи та методи забезпечення вдосконалення засобів керування сортувальних систем.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувались методи теорій електричних ланцюгів; фізичне та математичне моделювання за допомогою програмних продуктів Matlab/Simulink.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблений та досліджений комплекс автоматизованого сортування об'єктів за кольором є реально виготовлену системою з подальшим впровадженням у навчальний процес кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Чорноморського національного університету імені Петра Могили.

Особистий внесок здобувача в розробку нових наукових результатів які виносяться на захист: вибір, побудова структурної та функціональної схеми, розрахунок основних вузлів системи; архітектурно-дизайнерське рішення щодо розробки корпусу механізму; комп'ютерна модель дослідження.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати роботи доповідались на «Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів» (Миколаїв, 2020) [1].

Публікації наукових досліджень:

Тимко Д. О. «Розробка та дослідження засобів автоматизації сортування об'єктів»/Тимко Д. О., Запальський В. М.// Могилянські читання–2020 [1].

Тимко Д. О. «Розробка та дослідження засобів автоматизації сортування об'єктів»/Тимко Д. О., Запальський В. М.// Інтелектуальні інформаційні системи : Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів 2021 [2].

Тимко Д. О. «Розробка та дослідження засобів автоматизації сортування об'єктів»/Тимко Д. О., Запальський В. М.//Ольвійський форум – 2021 [3].

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 40 найменувань, 4 додатків на 8 сторінках. Основна частина роботи становить 100 сторінки, серед яких 54 рис. та 3 табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано обґрунтування актуальності теми бакалаврської роботи, зазначено її зв'язок із науковою програмою, сформульовано мету роботи, завдання дослідження, визначений об'єкт та предмет дослідження, вказані використані методи дослідження, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок в розробку нових наукових результатів. Основні переваги розробленої системи автоматизованого сортування об'єктів – це зменшення часу, необхідного для сортування продукту, оскільки вся робота виконується машиною та ймовірність помилки зведена до мінімуму.

У **першому розділі** магістерської роботи «**Загальні вимоги та характеристики засобів автоматизації сортування об'єктів**» розглянуто технічні умови щодо сортування продукції та основні типи сортувальної техніки для овочів, плодів і фруктів, а також проведено побіжний аналіз позитивних і негативних сторін тієї чи іншої технології калібрування реалізованої в сортувальній техніки. Приведені існуючі технічні рішення та патенти систем сортування продукції за ознакою кольору. Розглянута теорія кольорового простору, який являє собою модель представлення кольору, заснована на використанні колірних координат. Колірна модель – абстрактна модель опису представлення кольорів у вигляді кортежів (наборів) чисел, зазвичай з трьох або чотирьох значень, званих колірними компонентами або колірними координатами. Проаналізувавши загальні вимоги та характеристики засобів автоматизованого сортування представлені переваги використання методу кольорової ідентифікації для сортування об'єктів:

- забезпечується контроль якості кожної одиниці продукції;

- виключається «людський фактор» на операціях сортування і відбраковування;
- машинний зір керує механічними пристроями сортування і відбраковування в режимі реального часу;
- інтеграція в існуючі виробничі лінії, АСУ ТП і MES.

Додаткові можливості системи: можливість організувати, за допомогою однієї системи, комбінований вихідний контроль якості: вимірювання, перевірка складання виробу, відсутність зовнішніх пошкоджень, наявності маркування та правильності упаковки.

У другому розділі магістерської роботи «Аналітичне обґрунтування побудови системи автоматизованого сортування об'єктів» виконано аналіз та розробку структурної схеми (рис. 1), що визначає основні функціональні частини системи сортування, їх призначення і взаємозв'язки між ними.

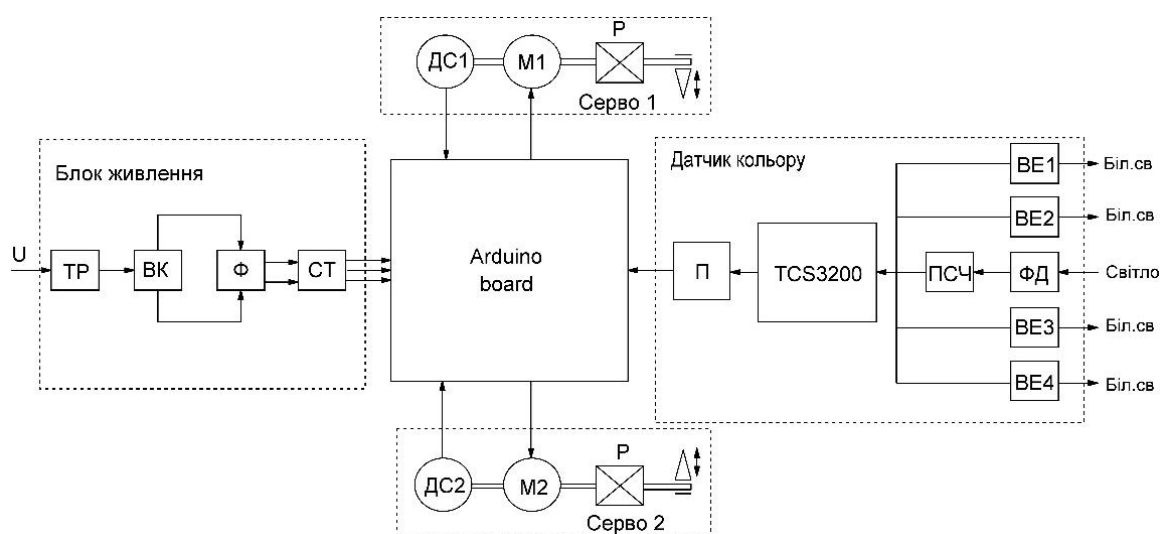


Рисунок 1 – Структурна схема системи автоматизованого сортування об'єктів

На рис. 1 прийняті позначення: ТР – трансформатор; ВК – вентиляльний комплект; Ф – фільтр; СТ – стабілізатор; ДС1, ДС2 – датчик сервоприводу; М1, М2 – мотор; Р – резольвер; П – підсилювач; ПСЧ – перетворювач струм-частота; ВЕ1-4 – випромінювальний елемент; ФД – фото-діод.

До контактів на платі Arduino підключені наступні блоки: блок живлення, сервоприводи та датчик кольору. У мікроконтролер Arduino завантажена програма, яка буде керувати всіма пристроями за заданим алгоритмом.

Побудована та реалізована функціональна схема, що показує сигнали, які протікають під час роботи системи автоматизованого сортування (рис. 2).

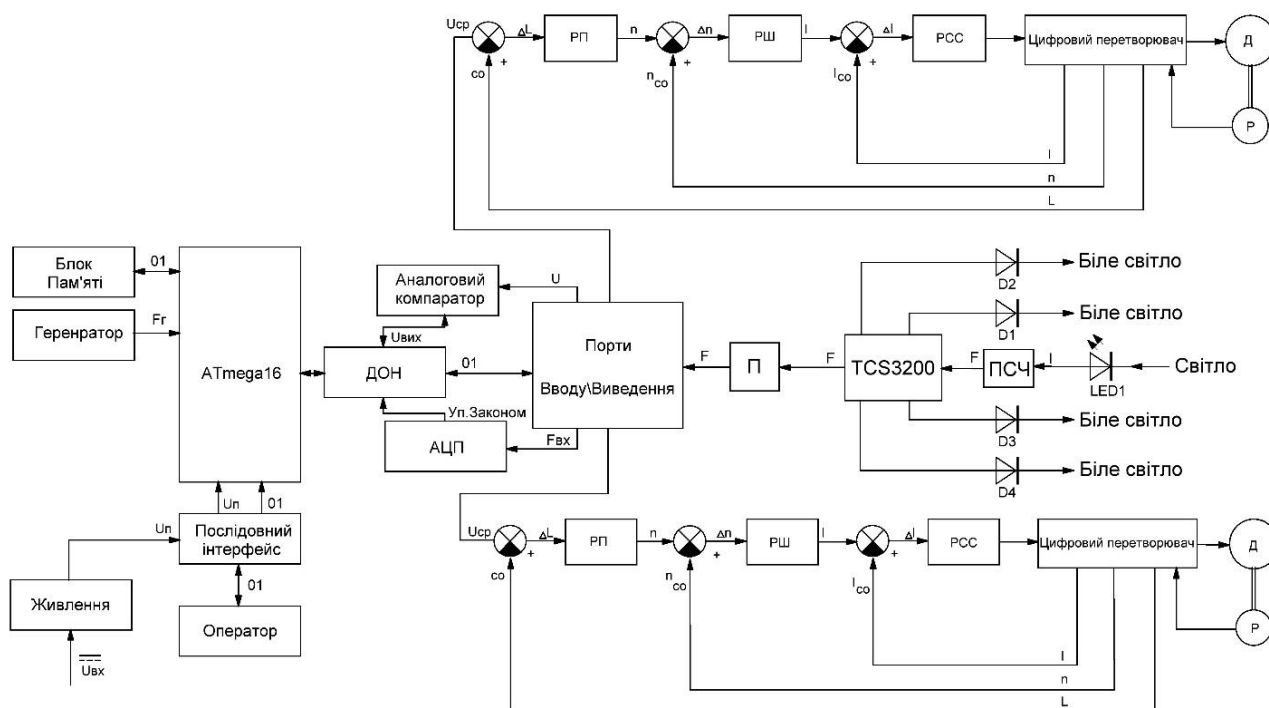


Рисунок 2 – Функціональна схема системи автоматизованого сортування

На рис. 2 прийняті позначення: РП – регулятор положення; РШ – регулятор швидкості; РСС – регулятор сили струму; Д - двигун; Р – резольвер; ДОН – джерело опорної напруги; АЦП – аналого-цифровий перетворювач.

Обрані основні вузли системи автоматизованого сортування об'єктів за кольором:

- плата Arduino Nano;
- сервопривід SG90;
- датчик кольору GY-31 TCS3200.

Для подальшої розробки система автоматизованого сортування було

проведено розрахунки живлення для всіх обраних вузлів за наступною формулою:

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{пл}} + 2W_{\text{ср}} + W_{\text{дк}}, \quad (1)$$

де $W_{\text{заг}}$ – це сума потужності всіх компонентів системи; $W_{\text{пл}}$ – потужність плати Arduino; $W_{\text{ср}}$ – потужність сервоприводу; $W_{\text{дк}}$ – потужність датчика кольору.

Розрахуємо загальну потужність для системи автоматизації:

$$W_{\text{заг}} = 0.48 + 2 * 0.336 + 0.22 = 1.372 \text{ Вт.}$$

Виходячи з розрахунків блок живлення для коректної роботи система автоматизованого сортування об'єктів повинен мати потужність 2 Вт.

Також для точної оцінки кольору об'єкту необхідно розрахувати рівень освітлення світлодіодів датчика TCS3200.

Для цього скористаємося наступною формулою:

$$E_{\text{дчк}} = \frac{n_{\text{дд}} * \Phi}{S_{\text{об}}}, \quad (2)$$

де $E_{\text{дчк}}$ – рівень освітлення датчиком; $n_{\text{дд}}$ – кількість діодів; Φ – світловий потік світлодіоду; $S_{\text{об}}$ – площа освітлення світлодіодів.

До складу датчика TCS3200 входить 4 світлодіода, звідси $n_{\text{дд}} = 4$. Світловий потік світлодіоду $\Phi = 250$ Лм.

Тоді:

$$E_{\text{дчк}} = \frac{4 * 250}{1.22} = 819.67 \text{ Лк.}$$

Рівень освітлення датчиком TCS3200 забезпечує коректну роботу системи.

На підставі розрахунку основних вузлів системи побудована електрична принципова схема системи автоматизованого сортування об'єктів за кольором (рис. 3).

Для управління системою, було написано керуючу програму в програмному середовищі Arduino IDE.

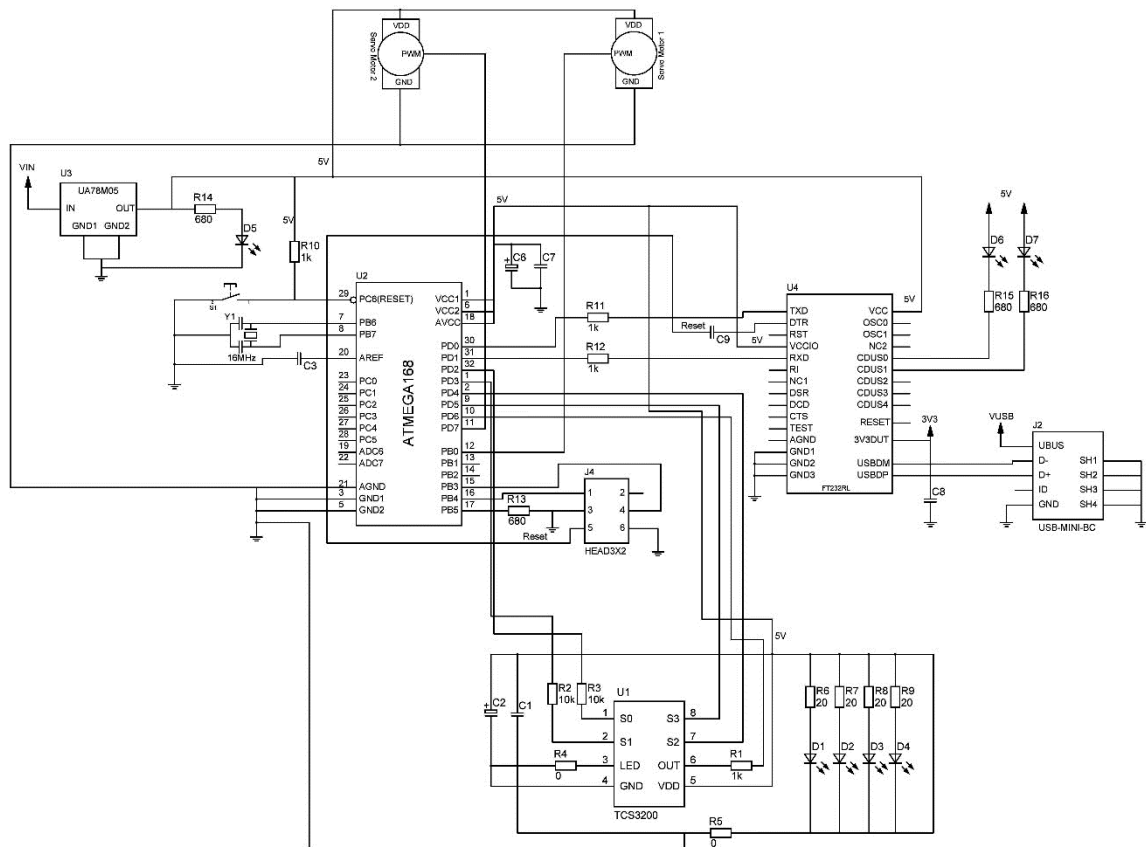


Рисунок 3 – Електрична принципова схема системи сортування об'єктів

Скориставшись програмою Onshape, програмна система автоматизованого проектування, було створено 3Д-модель корпусу (рис.4).

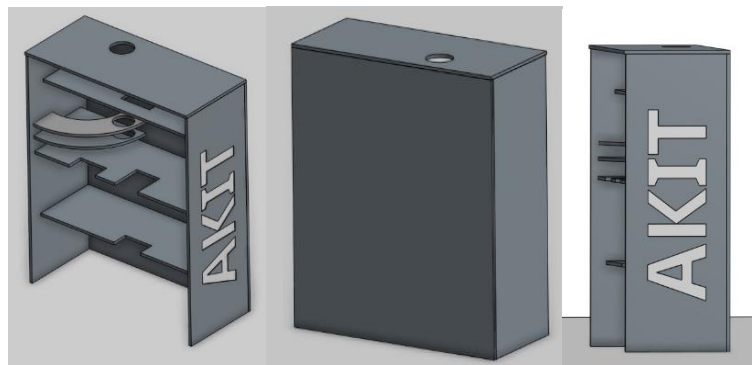


Рисунок 4 – 3Д-модель корпусу системи автоматизованого сортування

У третьому розділі магістерської роботи «**Модельне дослідження та практичне впровадження системи автоматизації сортування об'єктів**» було проведено дослідження кольорового простору та імітаційне моделювання автоматизованої системи керування комплексу у програмному продукті

Matlab/Simulink.

На рис. 5 представлена класична хроматична діаграма моделі XYZ з довжинами хвиль кольорів. Значення x і y в ній відповідають X , Y і Z згідно з такими формулами:

$$x = X/(X + Y + Z), \quad (3)$$

$$y = Y/(X + Y + Z). \quad (4)$$

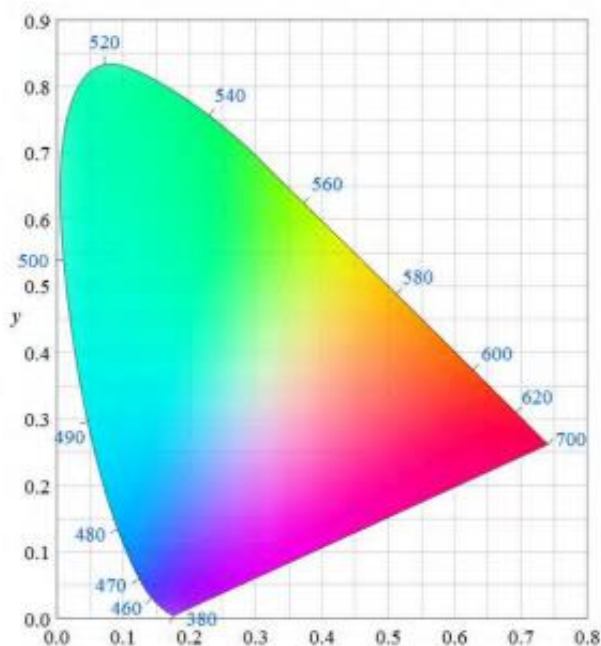


Рисунок 5 – Хроматична діаграма з довжинами хвиль кольорів

Колірні координати середовища що пропускає світло будуть мати наступний математичний опис:

$$X = \int_{\lambda_m}^{\lambda_n} \bar{x}_\lambda * \Phi_0(\lambda) * \tau(\lambda) d\lambda, \quad (5)$$

$$Y = \int_{\lambda_m}^{\lambda_n} \bar{y}_\lambda * \Phi_0(\lambda) * \tau(\lambda) d\lambda, \quad (6)$$

$$Z = \int_{\lambda_m}^{\lambda_n} \bar{z}_\lambda * \Phi_0(\lambda) * \tau(\lambda) d\lambda; \quad (7)$$

Для світло відбиваючого середовища функція пропускання $\tau(\lambda)$ замінюється функцією спектрального відображення $\rho(\lambda)$. У наведеному випадку розглянутий розрахунок координат кольору для системи CIEXYZ.

Реалізована структурної схеми дослідження автоматизованої системи керування комплексу за якою було створено математичну модель (рис. 6).

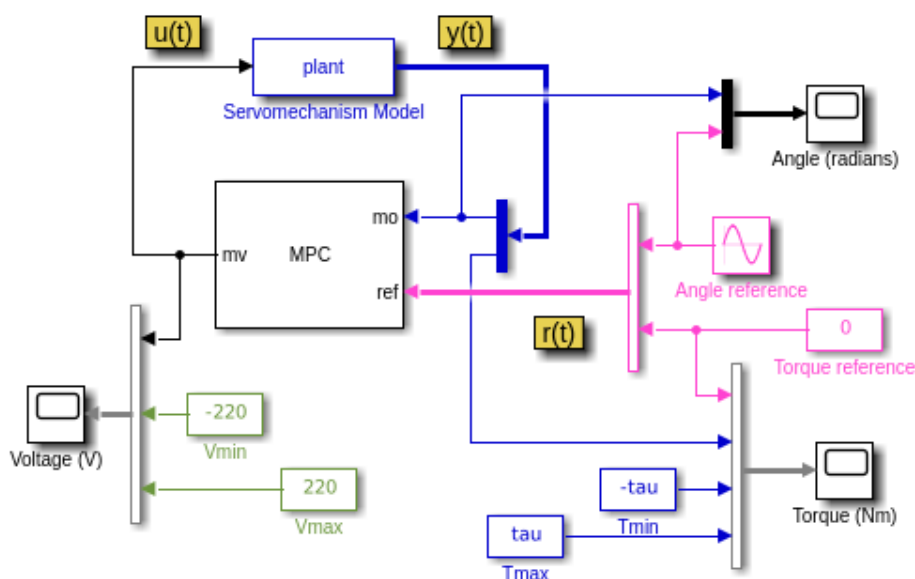


Рисунок 6 – Модель системи керування у Matlab/Simulink

Дана модель дає можливість дослідити кутову позицію, момент та вольтаж системи сортування (рис.7).

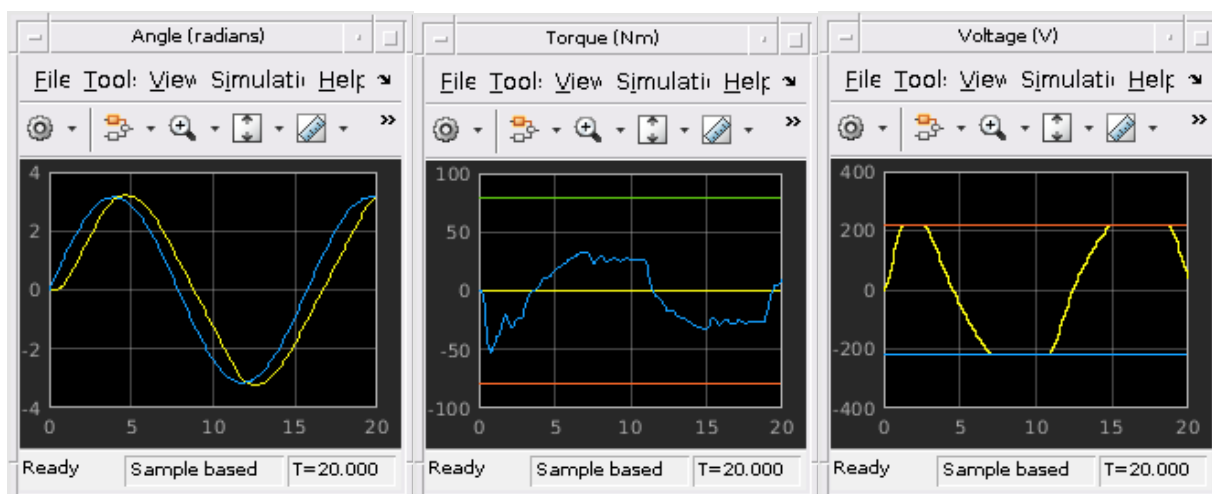


Рисунок 7 – Результат моделювання кутової позиції, моменту та вольтажу

Розроблена робота модель системи автоматизованого сортування об'єктів буде впроваджена у лабораторію кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЧНУ ім. Петра Могили.

Додатки містять вихідний код програми (скетч).

У спеціальній частині «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» проведено опис обраного виробничого приміщення, робочих місць, їх обладнання та складання вихідних даних для кількісної оцінки умов праці.

Проведена інтегральна оцінка умов праці в обраному виробничому приміщенні та оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці.

Приведені заходи для забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайної ситуації пов'язаної з порушенням вимог пожежної безпеки та електробезпеки.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи було:

1. Розглянуто технічні умови щодо сортування продукції та основні типи сортувальної техніки. Проведено побіжний аналіз позитивних і негативних сторін тієї чи іншої технології калібрування реалізованої в сортувальній техніки. Приведені існуючі технічні рішення та патенти систем сортування продукції за ознакою кольору. Розглянута теорія кольорового простору. Представлені переваги використання методу кольорової ідентифікації для сортування об'єктів.

2. Виконано аналіз та розробку структурної схеми, побудована, та реалізована функціональна схема. Обрано та розраховано основні вузли системи автоматизованого сортування об'єктів за кольором. На підставі розрахунку основних вузлів системи побудована електрична принципова схема. Створена 3Д-модель корпусу у програмі Onshape.

3. Проведено дослідження кольорового простору та імітаційне моделювання автоматизованої системи керування комплексу у програмному продукті Matlab/Simulink, яка дає можливість дослідити кутову позицію, момент та вольтаж системи сортування.

4. У спеціальній частині з охорони праці та безпека у надзвичайних ситуаціях описано виробниче приміщення, робочі місця, їх обладнання та складання вихідних даних для кількісної оцінки умов праці. Приведені заходи для забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайної ситуації пов'язаної з порушенням вимог пожежної безпеки та електробезпеки.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Тимко Д. О. «Розробка та дослідження засобів автоматизації сортування об'єкти»/Тимко Д. О., Запальський В. М.// Інтелектуальні інформаційні системи : Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів 9–12 лют. 2021 р., м. Миколаїв : тези / Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили ; М-во освіти і науки України. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. – 91 с.

2. Тимко Д. О. «Розробка та дослідження засобів автоматизації сортування об'єкти»/Тимко Д. О., Запальський В. М.// Інтелектуальні інформаційні системи : Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів 9–12 лют. 2021 р., м. Миколаїв : тези / Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили ; М-во освіти і науки України. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. – 91 с.

3. Тимко Д. О. «Розробка та дослідження засобів автоматизації сортування об'єкти»/Тимко Д. О., Запальський В. М.//Ольвійський форум – 2021: стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі : XV міжнар. наук. конф. 10-13 червня 2021 р., м. Миколаїв : тези доп. : Комп'ютерна інженерія. Інтелектуальні інформаційні системи. Моделі, методи та засоби програмної інженерії. Автоматизація то комп'ютерно-інтегровані технології/Чорном. нац. ун-т ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 86 с.

АНОТАЦІЯ

Тимко Д. О. Розробка та дослідження засобів автоматизованого сортування. – Кваліфікаційна магістерська робота із спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2021.

У роботі пропонується система автоматизованого сортування об'єктів за кольором, яка за допомогою систем кольорової ідентифікації може виконувати сортування за кількома показниками, що дозволить вирішувати завдання

ідентифікації, пошуку дефектів та відхилення параметрів від допустимого значення. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення проводиться комп'ютерна обробка зображення і аналіз, на основі якого автоматично робиться висновок про належність об'єкту до того чи іншого класу (кольору).

У першому розділі проведено аналіз загальних вимог та характеристик засобів автоматизації сортування об'єктів. У другому розділі приведено аналітичне обґрунтування побудови системи автоматизованого сортування об'єктів. У третьому розділі виконано модельне дослідження та практичне впровадження системи автоматизації сортування об'єктів. У четвертому розділі розглядається охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях на місцях інженера у лабораторії, а також заходи для забезпечення безпеки персоналу в умовах надзвичайної ситуації пов'язаної з порушенням вимог пожежної безпеки та електробезпеки.

Дипломна робота містить 100 с., 3 додатки, 54 рис., 3 табл., 40 посилань.

Ключові слова: регулятор положення, регулятор швидкості, регулятор сили струму, джерело опорного напруги, аналого-цифровий перетворювач, датчик сервоприводу, резольвер, перетворювач струм-частота, випромінювальний елемент, фото-діод.

ABSTRACT

Tymko D. O. Development and research of automated sorting tools. – Qualifying master's thesis in the specialty 151 Automation and computer-integrated technologies. – Petro Mohyla Black Sea National University, 2021.

The paper proposes a system of automated sorting of objects by color, which with the help of color identification systems can perform sorting by several indicators, which will solve the problem of identification, defect detection and deviation of parameters from the allowable value. With the help of specialized software, computer image processing and analysis is performed, on the basis of which an automatic conclusion is made about the object's belonging to a particular

class (color).

The first section analyzes the general requirements and characteristics of object sorting automation tools. The second section provides an analytical rationale for building an automated object sorting system. In the third section, a model study and practical implementation of the system of automation of sorting objects. The fourth section discusses occupational health and safety in the field of the engineer in the laboratory, as well as measures to ensure the safety of personnel in an emergency situation related to violations of fire safety and electrical safety.

This thesis contains 100 pages, 3 appendices, 54 figures, 3 tables, 40 references.

Keywords: position regulator, speed regulator, current strength regulator, reference voltage source, analog-to-digital converter, servo sensor, resolver, current-frequency converter, radiating element, photo-diode.