

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)
на тему: **РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО СТЕНДУ
ДЛЯ ПОВІРКИ ДАТЧИКІВ КУТА ПОВОРОТУ
«ЕНКОДЕР»**

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи РНм – 61
спеціальності (напряму підготовки) 153

Мікро – та наноситемна техніка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Камуля П.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Стрембіцький М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Апостол Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра приладів та контрольно-вимірювальних систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр

Напрямок підготовки 15 Автоматизація та приладобудування

(шифр і назва)

Спеціальність _____

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Паламар М.І.

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Камулі Павлу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка інформаційно-вимірювального стенду для перевірки датчиків кута повороту (Енкодер)»

Керівник проекту (роботи) _____ Стрембіцький Михайло Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «_____» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
ВСТУП	8
1 ДОСЛІДНИЦЬКО–КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	10
1.1 Літературний огляд	10
1.1.1 Сфера і мета застосування	10
1.1.2 Типи датчиків залежно від принципу роботи	10
1.1.3 Класифікація енкодерів	11
1.1.4 Інкрементальний енкодер	12
1.1.5 Абсолютні енкодери	15
1.1.6 Різновиди абсолютних енкодерів	16
1.1.7 Код Грея	20
1.1.8 Оптичний енкодер	22
1.2 Опис конструкції та принципу роботи спроектованого пристрою	23
1.3 Вибір елементної бази та основні кінематичні розрахунку	27
1.3.1 Вибір повірочного енкодера	27
1.3.2 Вибір еталонного енкодера	31
1.3.3 Вибір крокового двигуна	35
1.3.4 Вибір серводвигуна	38
1.4 Висновок	43
2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ	44
2.1 Представлення мережі Петрі і використання для моделювання асинхронних процесів	45
2.2 Розроблення математичної моделі об'єкту дослідження	49
2.3 Результати дослідження	50
2.4 Висновки	52
3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР	53
3.1 Розроблення структурної, функціональної та принципової схем	54
3.2 Вибір елементної бази	56
3.2.1 Вибір мікроконтролера	56
3.2.2 Характеристика АЦП	60

3.2.3	Характеристика ЦАП	61
3.2.4	Вибір драйвера керування крокового двигуна	62
3.3	Алгоритм роботи електронного блоку	65
3.4	Висновок	68
4	ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	69
4.1	Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	70
4.2	Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи	72
4.3	Розрахунок витрат на електроенергію	75
4.4	Розрахунок витрат на матеріали	76
4.5	Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	77
4.6	Обчислення накладних витрат	77
4.7	Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	78
4.8	Розрахунок ціни НДР	79
4.9	Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень	79
4.10	Висновок	81
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	82
5.1	Встановлення зв'язку нещасного випадку з виробництвом	83
5.2	Проведення державного нагляду за охороною праці. Види та основні параметри проведення наглядових заходів	86
5.3	Завдання страхування від нещасного випадку. Принципи та види страхування	89
5.4	Підвищення стійкості роботи об'єктів приладобудівної промисловості у воєнний час	92
5.5	Забезпечення захисту населення та персоналу об'єктів приладобудування від впливу іонізуючих випромінювань	93
5.6	Висновок	96

6 ЕКОЛОГІЯ	97
6.1 Забруднення, які виникають на ділянках пайки та лудження методи їх знешкодження	97
6.2 Роль матеріалу та ресурсозбереження у вирішенні екологічних проблем	99
6.3 Висновок	101
ВИСНОВКИ	102
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	104
ДОДАТОК А (Код програми математичної моделі)	106
ДОДАТОК Б (Розводку радіо-електронної плати)	109
ДОДАТОК В (Принципова схема)	110
ДОДАТОК Г (Код програми)	111

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

Скорочення	Пояснення
АЦП	Аналогово-цифровий перетворювач
ДКП	Датчик кутового переміщення, або енкодер
ЕБК	Електронний блок керування
ЕОМ	Електронно обчислювальна машина
ІВС	Інформаційно-вимірювальна система
ІКМ	Імпульсно-кодова модуляція
КД	Кроковий двигун
МПС	Мікропроцесорна система
НС	Надзвичайна ситуація, надзвичайний стан
ОБФП	Однорядковий багатоелементний фото приймальний пристрій
ОГД	Об'єкт господарської діяльності
ЦАП	Цифро-аналоговий перетворювач
SSI	Synchronous Serial Interface (синхронний послідовний інтерфейс)
RS	Recommended Standard (стандарт передачі даних)

ВСТУП

Однією з важливих ознак сучасного розвитку української держави є спрямованість економіки на підвищення конкурентоспроможності підприємств, модернізацію виробництва, впровадження нових технологій та устаткування.

Провідна роль у цих процесах належить галузі приладобудування, машинобудування, які виробляють засоби вимірювань, аналізу, обробки і надання інформації, обладнання регулювання, автоматичні й автоматизовані системи управління. За рівнем наукоємності дана галузь повинна залишатись провідною галуззю вітчизняного виробництва.

Наукові ідеї, які народжувались у ній, забезпечували надійність роботи пристроїв в космонавтиці, радіоелектроніці, ракетобудуванні та літакобудуванні, в цілому відображали стан науково-технічного розвитку України.

На сьогоднішній день важко уявити сучасне автоматизоване виробництво, або пристрій який б не був оснащеним датчиком кутового повороту (ДКП) або як ще називають «Енкодер».

Енкодер – це електромеханічний пристрій, призначений для вирішення однієї з найважливіших задач в області промислової автоматизації вимірювання лінійних і кутових переміщень

Енкодер фактично є незамінним при вимірюванні швидкості і прискорення. Енкодери мають широку сферу застосування в друкованій промисловості, металообробці, ліфтової техніки, автоматах для фасування, пакування і розливу, в випробувальних стендах, а також в роботах і інших машинах, які потребують точної реєстрації показників руху частин. Вони практично повністю замінили широко поширені раніше сельсини.

Актуальність теми

На сьогоднішній день є чи мала кількість фірм, які займаються випуском даної продукції, і за для здешевлення свого товару, використовують неякісні матеріали, комплектуючі, що не відповідають технічним нормам, що в свою чергу безпосередньо впливає на результати вимірювання. Відповідно виникає необхідність перевірки давачів.

Мета роботи

Метою дипломного проекту є розробка інформаційно-вимірювальної моделі стенду для перевірки датчиків кута повороту, розроблених кафедрою приладів і контрольно-вимірювальних систем.

1 ДОСЛІДНИЦЬКО – КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

1.1 Літературний огляд

1.1.1 Сфера і мета застосування

Енкодер – це датчик, який застосовується в промисловості з метою перетворення підконтрольної величини в електричний сигнал. За допомогою нього визначається, наприклад, положення вала електричного двигуна.

У зв'язку з тим, кожен пристрій, в якому застосовується обертання, обов'язково повинен бути оснащений приладом, контролюючим точність обертального моменту. Популярними сферами використання подібних перетворювачів є системи точного переміщення.

Основна мета, з якою застосовується енкодер – це вимірювання кута повороту об'єкта під час обертання. Енкодери незамінні в процесі виробництва на верстатобудівних підприємствах, в робототехнічних комплексах.

Використовують їх також у багатьох сучасних вимірювальних приладах, які потребують реєстрації високоточних вимірювань кутів обертання, поворотів і нахилів. Наприклад використання енкодерів в антенах наведення проміння антени для відслідковування руху космічних апаратів.

1.1.2 Типи датчиків залежно від принципу роботи

За характеристиками роботи енкодери діляться:

- магнітні
- фотоелектричні.

Фізичний принцип роботи перших базується на застосуванні ефекту Холла, відкритого в 1879 році Е. Холлом. В даному випадку різниця потенціалів виникає лише при приміщенні провідника постійного струму в область магнітного поля.

За характеристиками дозволу і точності магнітний енкодер поступається фотоелектричному, але його реалізація простіше. Він є набагато менш вимогливим до умов функціонування.

Представник магнітного енкодера являє собою прилад, що фіксує цикл проходження магнітного полюса обертового магніту, розташованого поблизу

від чутливого елемента. Вираз даних передавача також має вигляд цифрового коду.

Фотоелектричний енкодер – це датчик, що функціонує на базі фотоелектричного ефекту, який спостерігається в результаті впливу світла на речовину. Відкрито даний принцип в 1887 році Г. Герцем.

У процесі роботи датчика даного типу спостерігається постійне перетворення світлового променя в електричний сигнал. Синонімом фотоелектричного енкодера є оптрон, оптичний і оптоелектронний.

Датчики даного типу більш вимогливі до характеристик виробництва, експлуатації і багато чому іншому, ніж інші енкодери, але це виправдано, оскільки потенціал їх точності значно вище, ніж у конкурентів.

1.1.3 Класифікація енкодерів

Всі нині відомі енкодери поділяються на:

- абсолютні;
- інкрементальні;
- резисторні;
- магнітні;
- оптичні.

Енкодери можуть працювати, як через промислові мережі, так і через шинний інтерфейс.

Залежно від загального принципу роботи виділяють дві великі групи енкодерів:

- абсолютні енкодери;
- інкрементальні енкодери.

Але без різниці ті чи інші досягають дуже високого розрізнення кута повороту – інкрементальні, зокрема.

Різниця між цими двома видами полягає в виконуваних ними завданнях.

Перелік завдань абсолютного енкодера набагато ширший переліку, який охоплюється енкодером інкрементального типу.

Абсолютний енкодер у будь-якому положенні валу виробляє цифровий код (Грея, двійковий чи двійково-десятковий), який безпосередньо свідчить про положення валу.

Абсолютні енкодери, крім цього, здатні підраховувати і зберігати кількість повних обертів осі

Інкrementальні енкодери – це імпульсний датчик. В процесі повороту об'єкта на його виходах фіксуються імпульси, кількість яких прямо пропорційна куту обертання предмета.

Зазвичай інкрементальні перетворювачі застосовують в процесі верстатобудування з метою реєстрації кутового переміщення валу або в автоматизованих системах в колі зворотного зв'язку для вимірювання та реєстрації швидкості повороту валу.

1.1.4 Інкrementальний енкодер

Інкrementальний енкодер – це пристрій, що функціонує на основі даних імпульсів, що утворюються при обертанні. Кількість імпульсів на одиницю обороту – це i є основним робочим параметром даного пристрою. Поточне значення визначається датчиком за методом підрахунку кількості імпульсів від точки відліку. З метою прив'язки систем відліку на імпульсному енкодері встановлюються референтні мітки, які є стартовими після включення обладнання.

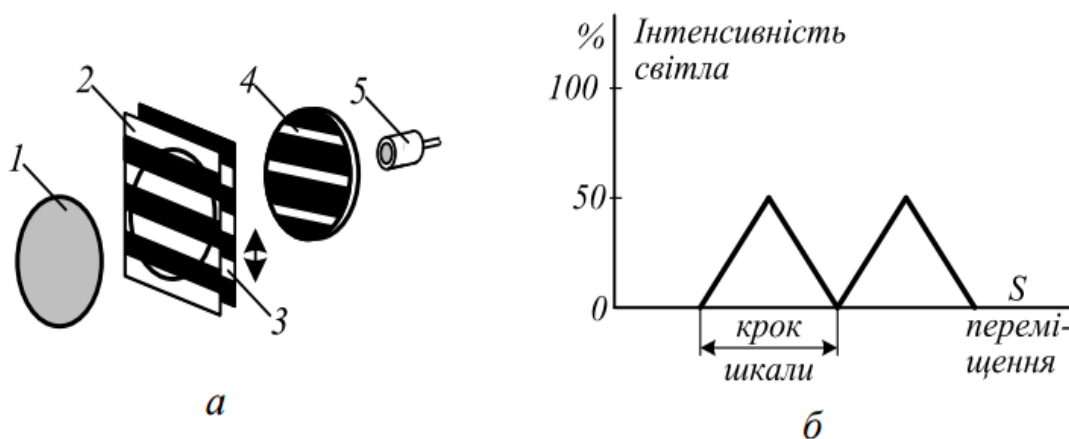
Визначення даних за допомогою інкрементального перетворювача можливо лише під час обертання або повороту. При зупинці обертання всі дані енкодера обнуляються. У підсумку при подальшому включенні попередні дані лічильника будуть невідомі. Для зручності його експлуатації слід привести вал у вихідне положення.

Інкrementальний енкодер ідеально справляється із завданням вимірювання швидкості повороту. За допомогою підрахунку кількості імпульсів від референтної мітки можна з точністю визначити також поточну координату кута обертання об'єкта.

Інкрементальний енкадер в принципі є оптичним давачем переміщення, побудованим на двох ґратках, що перекриваються, вони виконують роль модуляції інтенсивності світла (див.рис. 1.1 *а*).

Випромінювання від еталонного світлодіода спочатку потрапляє на першу стаціонарну ґратку, яка пропускає на другу рухому ґратку лише 50% світла. Коли непрозорі смужки рухомої ґратки точно збігаються з пропускальними зонами стаціонарної ґратки, шлях для світла буде повністю перекритим. Така комбінація ґраток дає змогу модулювати інтенсивність світлового потоку від 0 до 50 % інтенсивності еталонного світлодіода (див.рис. 1.1 *б*).

Світло, що пройшло через ґратку, фокусується на чутливу поверхню фотодіода (фотосенсора), за допомогою якого перетворюється в електричний сигнал.



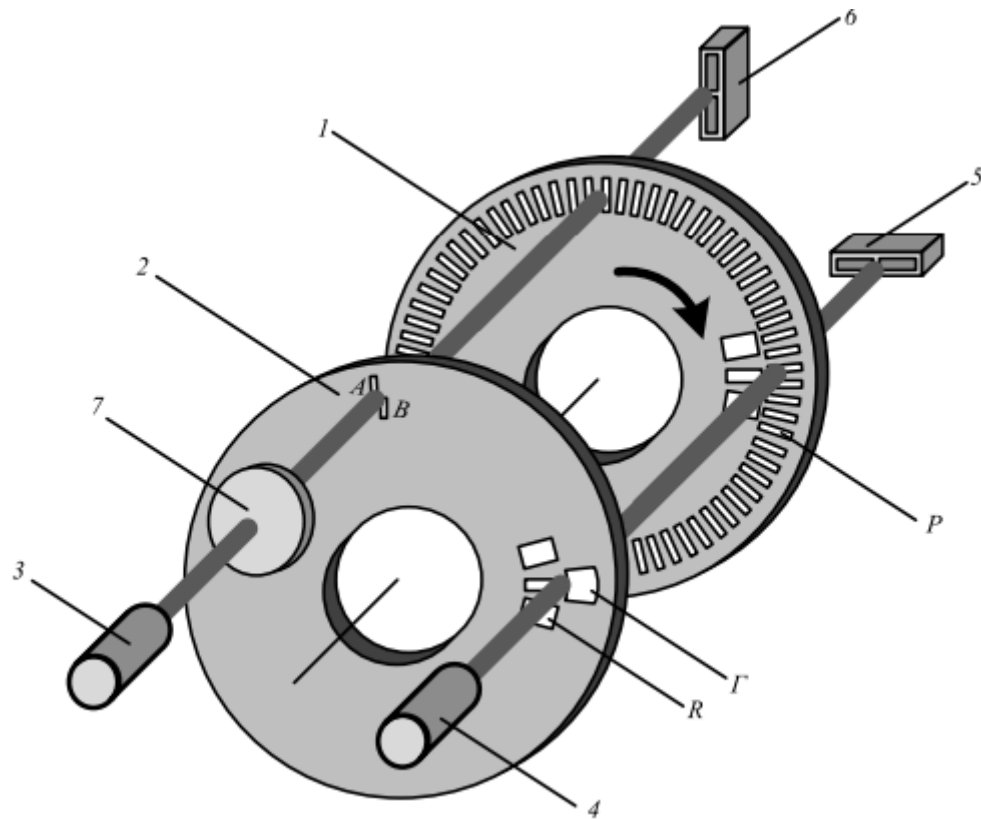
а – принцип будови:

- 1– еталонна лампа (світлодіод);
- 2– стаціонарна ґратка;
- 3– рухома ґратка;
- 4– лінза;
- 5– фотодіод;

б – передавальна функція

Рисунок 1.1 – Оптичний давач переміщення

Конструктивно в інкрементальних енкодерах замість використання ґраток використовують два диски: рухомий 1, жорстко зв'язаний з валом, і нерухомий 2, прив'язаний до станини (див. рис. 1.2).



1–рухомий диск;

2–нерухомий диск (діафрагма);

3–інфрачервоні світлодіоди для каналів А та В;

4–інфрачервоні світлодіоди для референтної мітки R (нульового сигналу) та опорного сигналу Г;

5,6–фотодіоди зчитування;

7–конденсор.

Рисунок 1.2 – Конструкція поворотного інкрементального енкодера

Рухомий диск зазвичай виготовляють із багат шарової пластмаси, а непрозорі ланки на ньому формують фотографічним методом. Такий диск має малу вагу та інерційність і невелику ціну, він стійкий до ударів і вібрацій.

Нанесені на ньому непрозорі і прозорі ділянки утворюють так звану растрову шкалу (лімба).

Для розширення температурного діапазону диски виготовляють з металу, тоді рисунок на них виготовляють за технологією травлення, і різницю між прозорими і непрозорими ділянками визначає полірування.

Працюють такі системи на відбитих променях. На нерухомому диску формують растровий аналізатор та вікна нульового відліку. Растровий аналізатор може бути простішим або складнішим. У найпростішому випадку растровий аналізатор представляє собою вікно А, узгоджене за формою з відповідною ділянкою лімба.

1.1.5 Абсолютні енкодери

Так називають абсолютний датчик положення. Зазвичай у подібних енкодерах спостерігаються більш складні процеси електронної обробки сигналів і є оптична схема. Але зате вони видають данні об'єкта відразу після включення, що найчастіше є обов'язковим для коректного функціонування системи в цілому. У порівнянні з інкрементальним використання абсолютних енкодерів дозволяє вирішувати значно ширше коло завдань, так як вимірювання проводяться не за допомогою фіксації імпульсів, а спеціальними цифровими кодами.

Одиниця виміру подібного апарату – це число унікальних цифрових кодів за одиницю обертання (1 оборот). У зв'язку з тим, що всі цифрові коди, що видаються датчиком, унікальні, визначити поточну координату лінійного переміщення відразу ж після включення приладу не складає труднощів і без використання референтної мітки. У момент включення на виходах датчика з'являється код з цифр. Він і є позначенням поточного положення кута повороту об'єкта.

Таким чином, абсолютний енкадер відмінно справляється не тільки з завданням відстеження швидкості повороту (обертання) об'єкта, але і видає коректні дані про його точне розташування в даний момент часу, незалежно від того, підключений він чи ні.

1.1.6 Різновиди абсолютних енкадерів

Залежно від особливостей характеристик абсолютні енкадери можуть відрізнятися типом кріплення, наявністю некрізного або наскрізного, пологового або виступаючого валу.

Асортимент таких пристроїв також дуже різноманітний з точки зору зовнішніх характеристик: довжини, діаметру корпусу і так далі. Крім того, відомо, що абсолютні датчики вимірювання положень під час обертання бувають багатооборотні і одно оборотними.

Одно оборотні виробляють визначення поточної координати в межах 1 обороту, а багатооборотні здатні до розпізнавання ще кількох додаткових обертів.

Абсолютний енкодер у складі своєї вимірювальної системи містить такі компоненти (див.рис. 1.3):

1. Вал, змонтований на двох високо прецизійних підшипниках;
2. Кодовий диск, закріплений на валу;
3. Фотоелектронна зчитувальна матриця;
4. Захисна діафрагма;
5. Джерело інфрачервоних променів, які випромінює матриця світлодіодів.

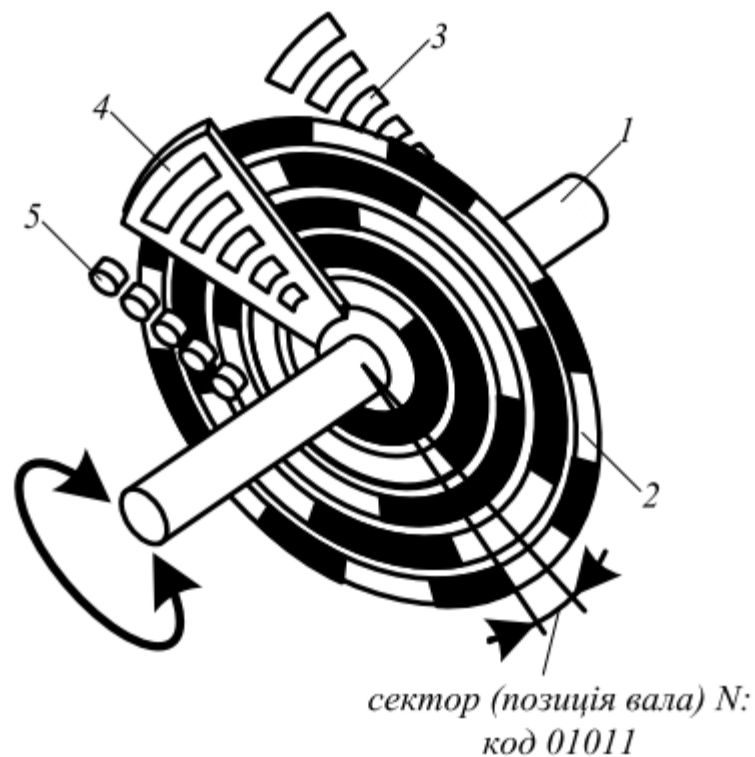


Рисунок 1.3 – Конструкція обертового абсолютного енкодера

■ – 0; □ – 1

На кожному кроці кутового положення кодового диска темні ділянки коду запобігають потраплянню світла на ті чи інші фотодіоди фотоелектронної зчитувальної матриці, розміщеної з протилежної сторони кодового диска.

Темні та ясні ділянки розташовують на кодовому диску по секторній зоні вздовж радіуса таким чином, щоб чергуванням темних та ясних ділянок відповідало цифровому кодові біжучого кута повороту валу, причому, темна ділянка – це логічний 0, а ясна – логічна 1.

Прочитані фотоелектронною матрицею темні та ясні ділянки перетворюються в електричні сигнали, які, своєю чергою, підсилюються і видаються у вигляді цифрового бінарного сигналу.

У таблиці 1.1 подано розгорнений диск з двійковим кодом.

Таблиця 1.1 Розгортка кодового диска із двійковим кодом

Сектор (позиція) №	Вага розрядів у доріжках			Десятковий еквівалент
	4	2	1	
0	■	■	■	0
1	■	■	□	1
2	■	□	■	2
3	■	□	□	3
4	□	■	■	4
5	□	■	□	5
6	□	□	■	6
7	□	□	□	7

Як відомо, кількість двійкових комбінацій m , а отже, кількість позицій валу, визначається кількістю двійкових розрядів і обчислюється за виразом(1.1).

$$m = 2^n \quad (1.1)$$

де, m – число комбінацій;

n – кількість розрядів (доріжок).

Отже, розрізнявальна здатність абсолютного енодера буде рівна кількістю доріжок на кодовому диску.

Так, у разі 10 доріжок ($n=10$) розрізнявальна здатність абсолютного енодера дорівнює

$$m = 2^n = 2^{10} = 1024 \text{ поз/оберт} \quad (1.2)$$

Зазначимо, що кількість виводів енодера відповідає кількості доріжок.

Недоліком цифрового двійкового коду є зміна стану значної кількості розрядів у разі переходу від одної деякої позиції в іншу.

Наприклад, при переході від позиції 3 до позиції 4 змінюються всі три розряди: розряд одиниць та розряд двійок – з 1 на 0, а розряд четвірок – з 0 на 1.

Зчитування такого коду з кодового диска призвело б до того, що через неминучі відхилення при виготовленні кодового диска зміна інформації від кожної окремої ділянки ніколи не відбудеться одночасно. Це значить, що при переході від одного числа до іншого короткочасно буде видана хибна інформація. Так, при вже згаданому переході від числа 3 до числа 4 дуже ймовірна короткочасна видача числа 7.

Використання звичайного двійкового коду може призвести до великих похибок, оскільки дві сусідні кодові комбінації можуть різнитися одна від іншої не в одному, а в декількох розрядах. Цього недоліку позбавлений так званий однокроковий код, Код Грея.

1.1.7 Код Грея

Код Грея має ту властивість, що при зміні будь-якого числа на одиницю кодова комбінація міняється тільки в одному розряді, тому його й називають однокроковим. Для коду Грея не існує поняття ваги розряду. У таблиці 1.2 подано двійковий і відповідно код Грея для чотирьох розрядів, а на рисунку 1.4 зображено кодовий диск абсолютного енкодера, побудованого на коді Грея.

Напрямок обертання абсолютного енкодера визначають шляхом порівняння величин двох сусідніх кодових комбінацій: якщо у числовому виразі різниця є додатною, то напрямок руху йде за годинниковою стрілкою, якщо від'ємною – то проти годинникової стрілки.

Таблиця 1.2 Двійковий код і відповідно Код Грея для чотирьох розрядів

Двійковий код			Код Грея			Десятковий еквівалент
4	2	1				
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	2
0	1	1	0	1	0	3
1	0	0	1	1	0	4
1	0	1	1	1	1	5
1	1	0	1	0	1	6
1	1	1	1	0	0	7

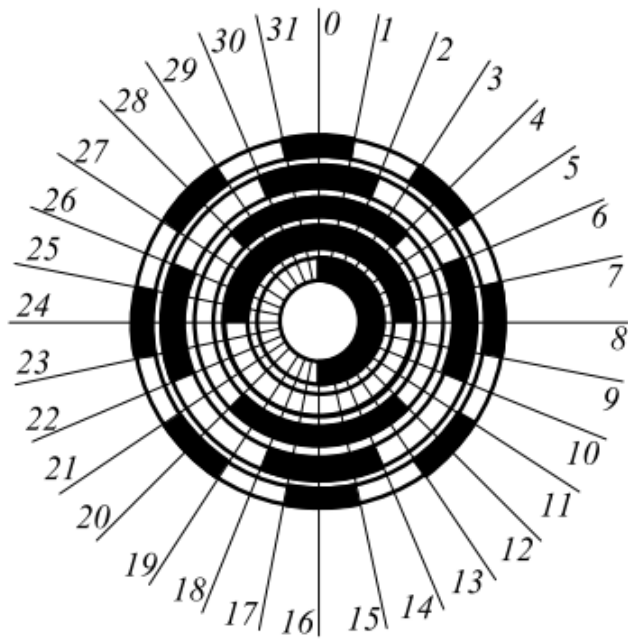


Рисунок 1.4– Кодовий диск абсолютного енкoдера, побудованого на кодi Грея

Характерною рисою абсолютного енкoдера є те, що він не втратить свого значення у разі втрати живлення, воно відновлюється з появою останнього; він не потребує у такому разі повернення в початкову позицію.

Крім того, якщо навіть кодований сигнал не може бути прочитаний енкoдером, наприклад, у разі надто швидкого обертання валу, правильний кут буде зареєстрований, коли частота обертання зменшиться.

За потреби перетворити код Грея у двійковий код застосовують схему, зображену на рисунку 1.5.

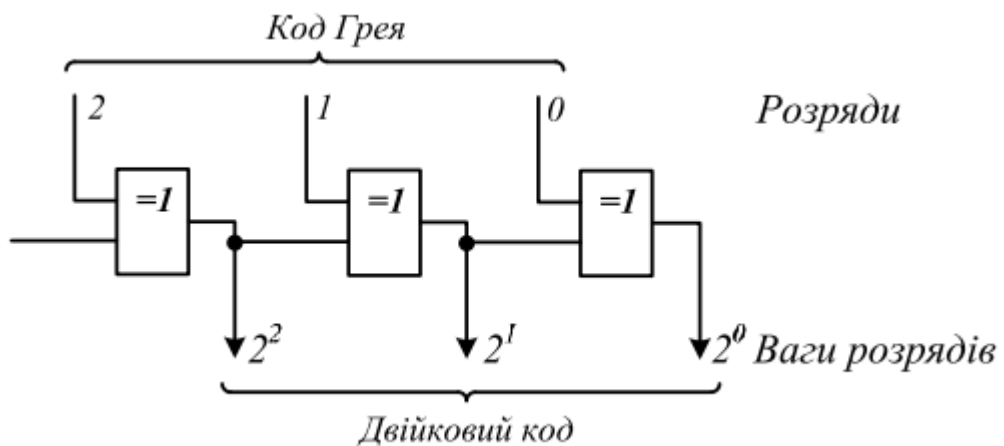


Рисунок 1.5– Функціональна логічна схема перетворення коду Грея у двійковий код

Абсолютний енкодер може бути одно оборотним, який видає абсолютні значення положення валу в границях одного оберта, або багатооборотним.

В однооборотних енкодерах після одного оберта код є повністю прочитаним і наступне зчитування починається з його початкового значення.

У разі лінійного переміщення застосування однооборотних енкодерів є неприйнятним. Лінійне переміщення може вимагати обертових приводів, у яких слід вести підрахунок кількості обертів приводного валу. Таку функцію виконують багатооборотні енкодери, які додатково до вимірювання кута повороту в границях одного оберта реєструють кількість обертів за допомогою додатково вбудованого своєрідного редуктора з декількома кодовими оптичними дисками.

За конструкцією розрізняють енкодери: осьового типу, з порожнистою віссю, з убудованою порожнистою віссю, з нормальним кабельним виводом або кабельним виводом з роз'ємом.

1.1.8 Оптичний енкодер

Даний перетворювач являє собою жорстко закріплений на валу диск, зроблений зі скла. Енкодер оптичний, на відміну від вищеописаних датчиків, додатково обладнаний оптичним растром, який в процесі повороту валу переміщається і перетворює обертальний момент в потік світла, що приймається згодом фотодатчиком.

Даний тип перетворювача фіксує кути обертання, де кожному унікальному положенню відповідає спеціальний неповторний код з цифр. Він разом з кількістю оборотів і являє собою одиницю виміру датчика.

Підключення енкодера і принцип його дії ідентичні функціонуванню інкрементального пристрою, описаного вище.

1.2 Опис конструкції та принципу роботи спроектованого пристрою

Згідно із технічним завданням дипломного проекту було розроблено інформаційно вимірювальну модель стенду для перевірки датчиків кута повороту.

На рисунку 1.6 представлена функціональна схема стенду для перевірки енкодерів

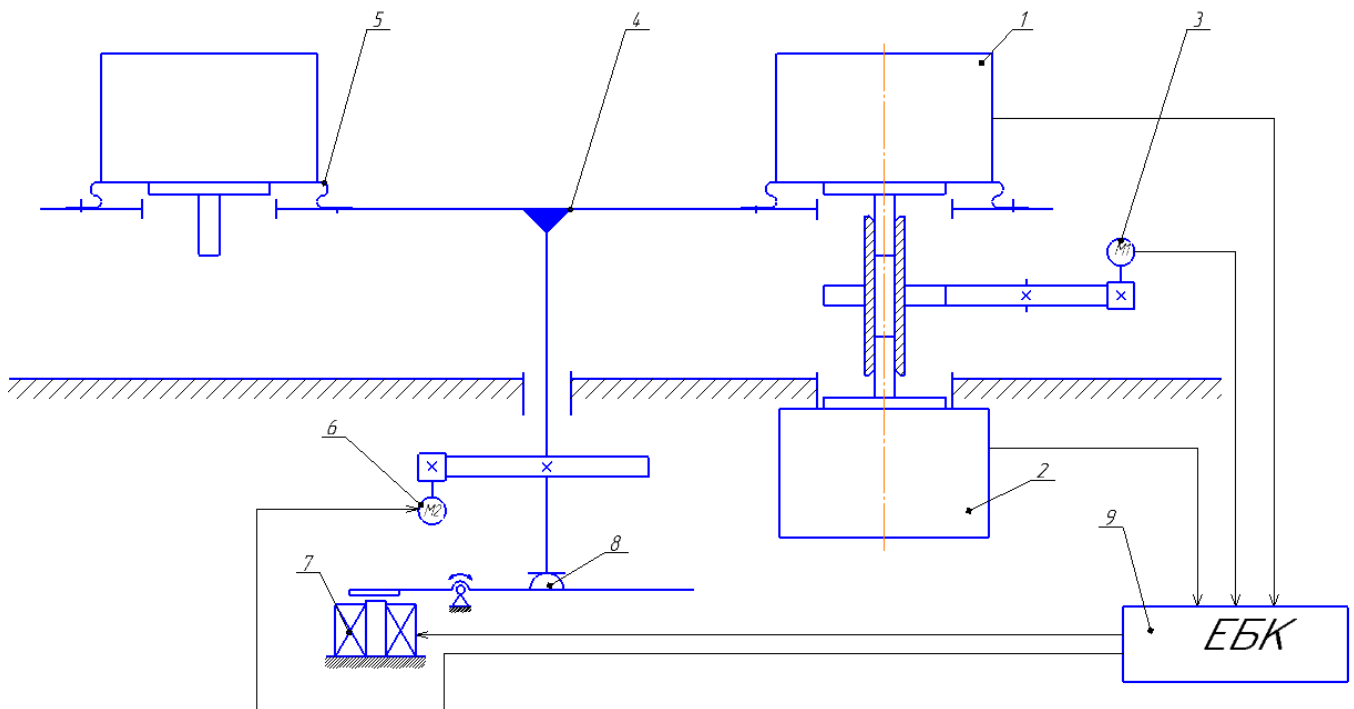


Рисунок 1.6– Функціональна схема стенду для перевірки енкодерів

Стенд складається з металевої станини, на якій змонтовані на кронштейнах кроковий двигун з редуктором (3), серводвигун (7), досліджуваний енкодер (1) і зразковий енкодер (2).

Осі досліджуваного і зразкового енкодерів жорстко зафіксовані в муфті, яка обертається за допомогою електромеханічного приводу. Даний електромеханічний привід представляє собою кроковий двигун і редуктор.

За допомогою електронного блоку керування (ЕБК) (9) подається керуюча дія на кроковий двигун та відбувається процедура перевірки енкодерів.

Вали повірочного і еталонного енкодера обертаються з однаковою швидкістю у всьому діапазоні вимірювання ($\varphi = 360^\circ$). Різниця між показами датчиків – це похибка повірочного енкодера.

По закінченню перевірки енкодерів за допомогою серводвигуна (7) підіймається стійка з диском (4), на якому закріпленні енкодери, що підлягають перевірці. Даний серводвигун призначений для підняття стійки з диском на висоту, яка забезпечить вихід валу повірочного енкодера із зачеплення з муфтою.

По закінченні відповідної операції за допомогою крокового двигуна (6) відбувається поворот стійки з диском на кут 60 градусів – таким чином відбувається перевірка наступного датчика. Даний алгоритм роботи буде виконуватись 6 разів, тобто рівний кількості енкодерів, які можна встановити на диску.

Роботою стенда керує персональний комп'ютер по спеціально розробленій програмі. Команди передаються до блоку системи керування та обробляються мікропроцесорним пристроєм, що входить до складу блока системи керування.

Система керування стендом забезпечує живлення датчиків кута повороту та крокового двигуна. Інформація, що надходить від обох датчиків кута повороту; перетворюється у цифровий код та передається по лінії зв'язку в стандарті інтерфейсу RS-485. Цифровий код від двох датчиків обробляється мікропроцесорним пристроєм і передається на персональний комп'ютер для подальшої обробки.

Послідовність повірочних операцій та тривалість повірочного процесу в цілому досліджені на математичній моделі.

Варто зазначити, що перед початком роботи стенду необхідно провести процедуру юстування.

Юстування – приведення приладу в робочий стан шляхом установки і орієнтування базових елементів у взаємно правильне положення, при якому прилад має визначені параметри та характеристики.

Юстування – це якісне завершення складальних операцій приладу у відповідності з технічними вимогами. Юстування механічних вузлів прийнято називати регулюванням, а електричних - налаштуванням.

Процедура юстування для даного станду включає в себе наступні етапи:

1. Необхідно виставити рівень. Суть даної процедури полягає в тому, що працівнику перед роботою необхідно виставити за допомогою рівня горизонтальне положення станду.
2. Перевірити надійність фіксації усіх виконавчих елементів станду, зокрема крокового двигуна та серводвигуна.
3. Перевірити правильність фіксації валів еncoderів еталонного та повірочного в муфті .

Процедура юстування є необхідна і обов'язкова, адже при її невиконанні в результаті вимірювання буде вноситись додаткова похибка.

Одним із недоліків роботи станду є фіксація валів еncoderів в муфті. Якщо муфта виготовлена не якісно і буде люфт між валом і муфтою, то результат перевірки виявиться невірним.

Для усунення даного недоліку було вирішено використовувати спеціальну пружину (5), для гасіння мікро биття вала через неузгодженості співвісності валів електроприводу і еncoderа, що в результаті позитивно позначається на терміні роботи підшипників еncoderа. Завдяки використанню пружини термін експлуатації еncoderа значно збільшується.

На рисунку 1.7 представлена 3D модель інформаційно-вимірювального станду для перевірки еncoderів, а на рисунку 1.8 зображено 3D модель еncoderа із вмонтованою пружиною.

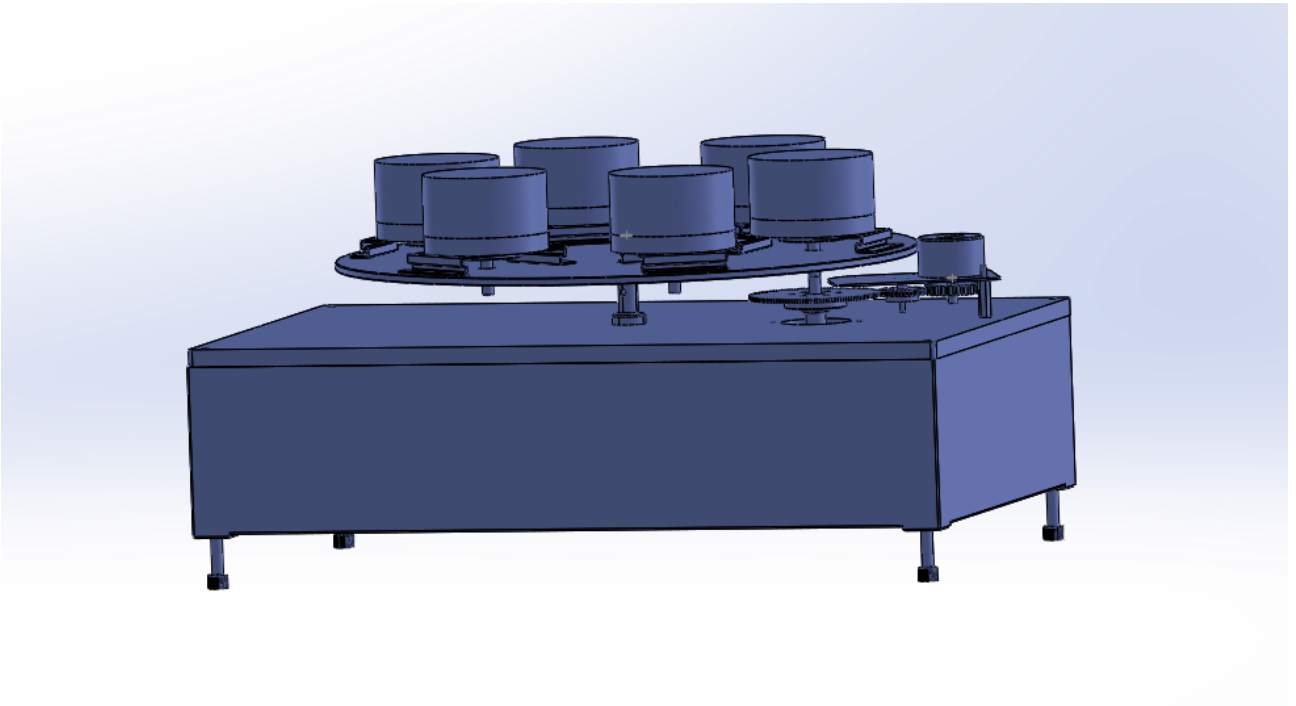


Рисунок 1.7 – 3D модель інформаційно-вимірального стану для перевірки енкодерів

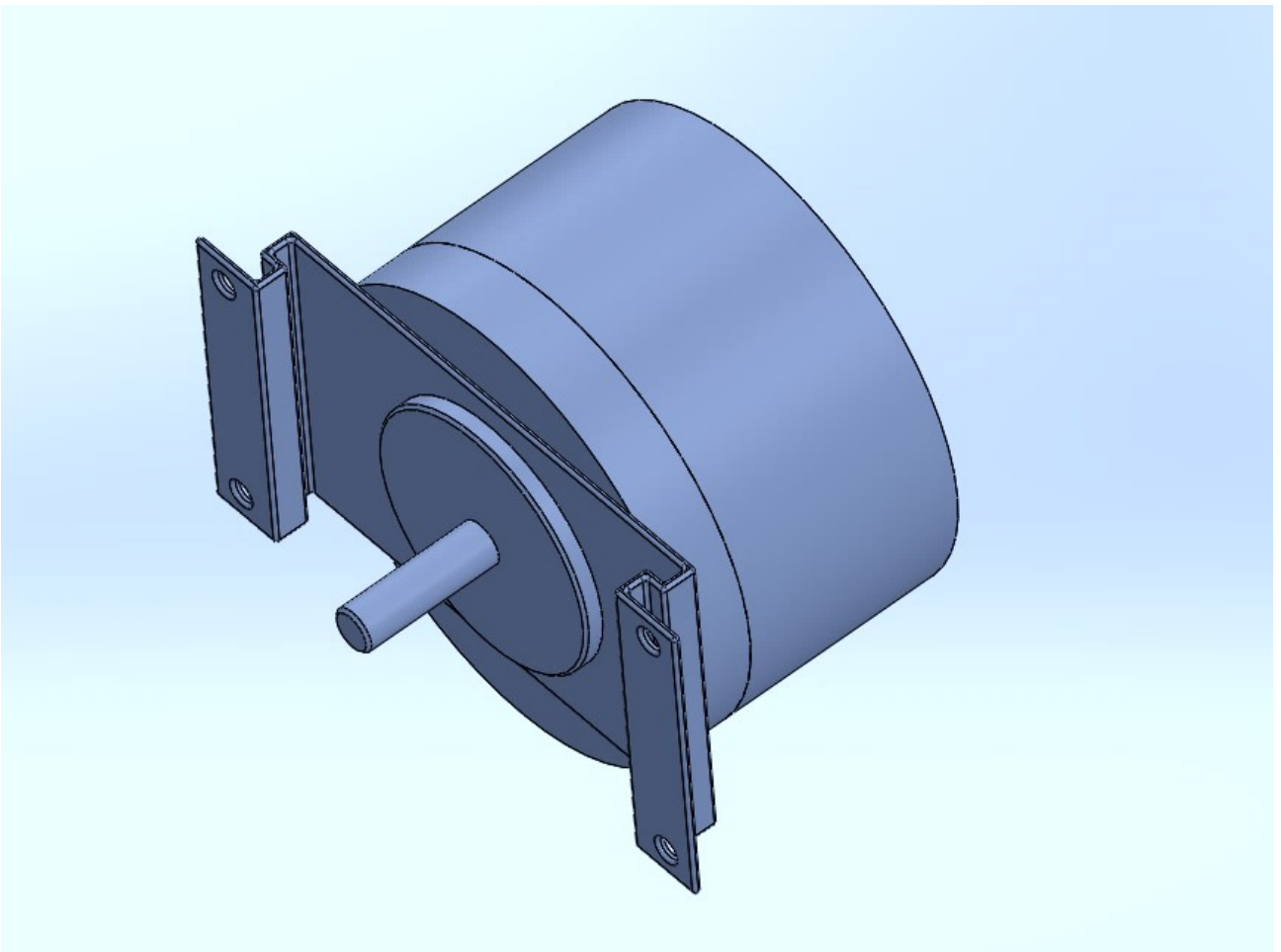


Рисунок 1.8 – 3D модель енкодера із вбудованою пружиною

Для автоматизації роботи стенду було розроблено електронний блок керування для управління виконавчими пристроями.

Автоматизація стенду покращує як результати вимірювання так і знімає рутину роботу з людини.

1.3 Вибір елементної бази та основні кінематичні розрахунки

Головними виконавчими пристроями в даному стенді є:

- повірочний енкодер;
- еталонний енкодер;
- кроковий двигун;
- серводвигун.

1.3.1 Вибір повірочного енкодера

В якості повірочного енкодера в даному стенді я використовую оптикоелектронний давач кутового положення, розроблений кафедрою приладів і контрольно-вимірювальних систем ТНТУ ім. І. Пулюя.

Прилад призначений для перетворення кутового переміщення валу в цифровий код та здатний передавати коректний результат зразу ж після ввімкнення.

Даний тип енкодера має широкий спектр застосування:

- антенні станції наведення та супроводу космічних апаратів;
- позиціонування телескопів;
- станки з числовим програмним керуванням;
- робототехніка.

Оптикоелектронний енкодер має ряд переваг порівняно з іншими давачами кутового положення, а саме :

- програма мікроконтролера окрім вимірювання реалізує додаткові сервісні функції такі як корекція систематичної похибки, регулювання світлового потоку , встановлення початкового положення та напрямку відліку кута, зберігання серійного номера та результатів повірки;
- вбудований термометр дозволяє оцінювати температуру на об'єкті вимірювання.

Будова оптоелектронного сенсора кута схематично представлена на рисунку 1.9.

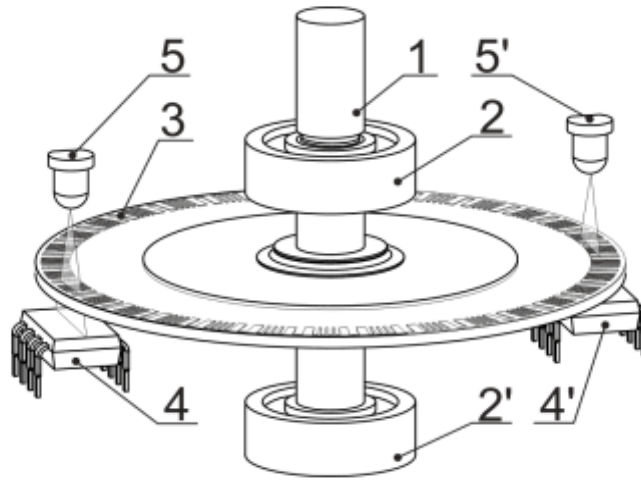


Рисунок 1.9 – Конструкція оптоелектронного енкодера

До осі (1), що вільно обертається в опорах (2), прикріплений диск (3), на який нанесена кодова послідовність із прозорих та непрозорих секторів різної ширини. Вздовж хорди диска розміщують однорядковий багатоелементний фотоприймальний пристрій (ОБФП) (4).

За допомогою точкового джерела світла (5) зображення кодової доріжки проєктується на світлочутливу поверхню одновимірного ОБФП у послідовність світлих та темних смуг, притому кодову послідовність будують таким чином, що будь-який фрагмент послідовності секторів, який проєктується на ОБФП, зустрічається лише раз для всієї кодової послідовності.

На рисунку 1.10 представлено оптоелектронний енкодер, та кодуючий диск.



а)



б)

Рисунок 1.10 – а) оптоелектронний енкодер, б) кодовий диск

Основні технічні характеристики оптоелектронного енкодера розробленого кафедрою приладів і контрольно-вимірювальних систем наведенні в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 Технічні характеристики оптоелектронного енкодера

Межі вимірювання, °	360
Роздільна здатність	20
Абсолютна похибка	10
Частота дискретизації, Гц	100
Вихідний інтерфейс	RS232, RS485
Швидкість обміну, бод	9600..115200
Напруга живлення, В	7..15
Клас захисту	IP55

На рисунку 1.11 зображено вхідні данні, які надходять на оптоелектронний енкодер після вимірювань, а на рисунку 1.12 зображена інформація після декодування.

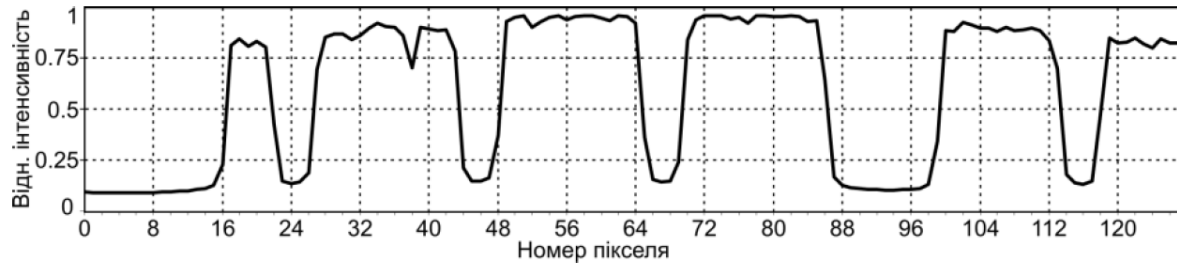


Рисунок 1.11 – Вхідні дані оптоелектронного енкодера

При передачі інформації через цифровий канал зв'язку, на першому етапі обробки, необхідно узгодити параметри сигналів з параметрами цифрових вузлів. Для цього використовують 2 види перетворення:

- форматування, яке передбачає перетворення вхідної інформації в набір цифрових символів;
- кодування, яке дозволяє забезпечити стиснення інформації для зменшення необхідного спектру в каналах зв'язку.

На наступному етапі використовують метод імпульсно-кової модуляції (ІКМ) для перетворення фізичних сигналів (потенціалів, інтенсивності світлового променя чи амплітуди, або фази електромагнітної хвилі), які поставлені у відповідність до одержаного цифрового коду.

Імпульсно-кова модуляція – процес перетворення аналогового сигналу у цифровий сигнал, коли через певні інтервали часу беруться відліки аналогового сигналу і незалежно один від одного квантуються і далі кодуються цифрами. ІКМ використовується для оцифровки аналогових сигналів перед їхньою передачею. Практично всі види аналогових даних (відео, голос, музика, дані телеметрії) допускають застосування ІК-модуляції.

На рисунку 1.12 представлена інформація яка надходить з датчика після операції декодування.

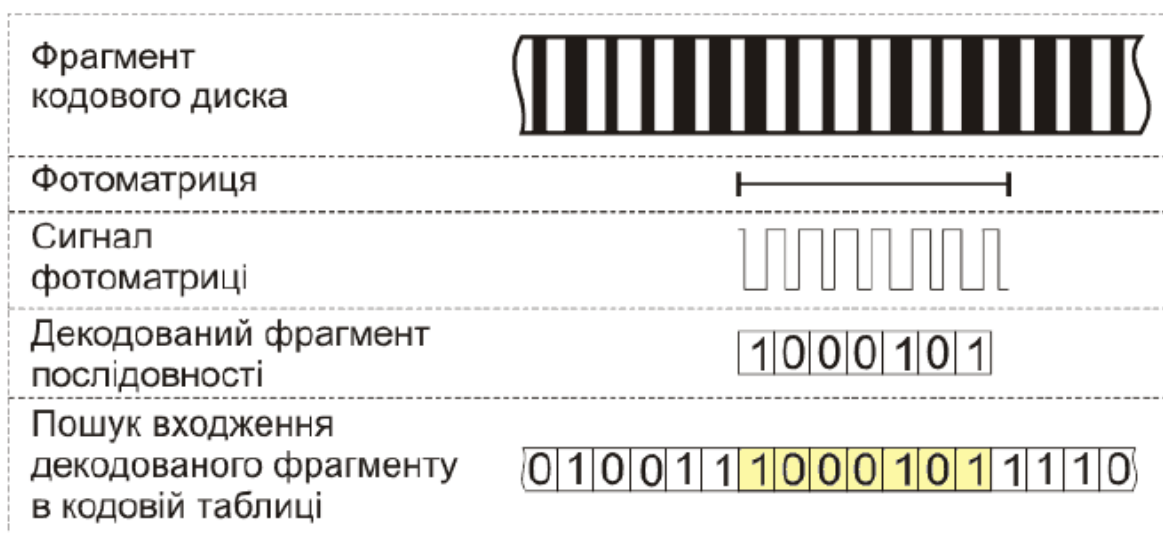


Рисунок 1.12 – Вхідні дані оптоелектронного енкодера після декодування
Більш розширену і детальну інформація розробленого енкодера можна
знайти в довіднику [2].

1.3.2 Вибір еталонного енкодера

Для вибору еталонного енкодера означимо параметри, яким повинен
відповідати еталонний енкодер

- висока роздільна здатність;
- висока швидкість обміну, бод;
- можливість передачі вихідного сигналу по стандарту RS232, RS485;
- можливість працювати в жорстких погодних умовах;
- невисока вартість.

Для забезпечення більшої точності вимірювань в якості еталонного
давача, слід використовувати давач, в якого похибка є на декілька порядків
менша, за похибку розробленого енкодера.

Згідно із таблицею 1.4 яка наведена в довіднику [3] із збільшенням
роздільної здатності енкодера відповідно зменшується похибка самого
енкодера.

Таблиця 1.4 Залежність між роздільною здатністю енкодера та його похибкою

Роздільна здатність	bit	10	11	12	13	14	17
	ppr	1024	2048	4096	8192	16384	131072
Похибка	градусах	0,352	0,176	0,088	0,044	0,022	0,0028
	мінутах	0:21:06	0:10:33	0:05:16	0:02:38	0:01:19	0:00:10
	секундах	1266	633	316	158	79	10

Відповідно технічним показниками давача, розробленого кафедрою приладів роздільна здатність енкодера становить 20біт (див. табл. 1.3).

За допомогою формули 1.3 визначемо похибку повірочного давача:

$$20 \text{ біт} \cdot 360^\circ = \frac{1}{2^{20}} \cdot 360^\circ = 0,34 \cdot 10^{-3} \quad (1.3)$$

Для більшої інформативності переведемо дану величину в секунди :

$$0,34 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 0,0205' \quad (1.4)$$

$$0,0205' \cdot 60 = 1.235'' \quad (1.5)$$

Отже похибка енкодера розробленого кафедрою становить 1.235'' .

Для вибору еталонного енкодера звернемось до довідника[5, ст.8-10], в якому наведено великий вибір енкодерів і їх технічні характеристики.

Згідно технічних міркувань в даному стенді в якості еталонного давача я використовую абсолютний енкодер виробництва Papperl+Fuchs GmbH серії AVS58-032AAR0BN-0016 з SSI інтерфейсом [Synchronous Serial Interface (синхронний послідовний інтерфейс)].

Основними перевагами енкодерів фірми Paperl+Fuchs GmbH є:

- Висока роздільна здатність до 30 біт
- Висока швидкість передачі даних 0,1...1,5 Мбіт/с
- Можливість передачі вихідного сигналу по стандарту RS-422
RS-485
- Степінь захисту по стандарту IPS 65
- Здатність безвідмовно працювати в жорстких умовах (діапазон робочих температур) -40..+85 °C
- Наявність SSI інтерфейсу

На рисунку 1.13 зображена будова та габаритні розміри абсолютного енкодера AVM58.

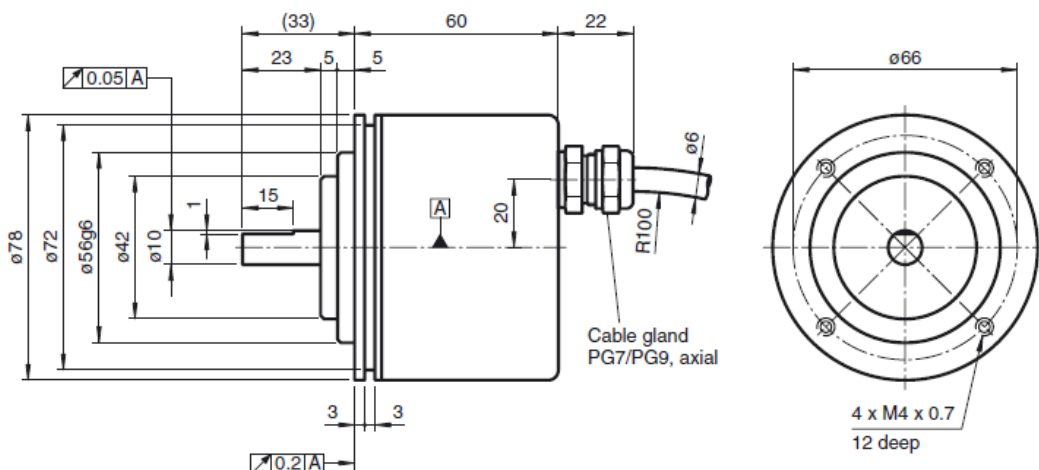


Рисунок 1.13 – Будова та габаритні розміри абсолютного енкодера AVM58

Даний еталонний давач призначений для повірки давача, виготовленого кафедрою приладів і контрольно-вимірювальних систем.

Згідно із документацією виробника роздільна здатність давача становить 30 біт.

По формулі (1.6) визначимо похибку, яку покаже давач на всьому діапазоні вимірювань:

$$30 \text{ біт} \cdot 360^\circ = \frac{1}{2^{30}} \cdot 360^\circ = 0,33 \cdot 10^{-6} \quad (1.6)$$

Отже похибка датчика в діапазоні 360 градусів буде складати $0,33 \cdot 10^{-6}^\circ$. Для зручності переведемо дану величину в секунди .

$$0,33 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 19,8 \cdot 10^{-6}' \quad (1.7)$$

$$19,8 \cdot 10^{-6}' \cdot 60 \cong 1188 \cdot 10^{-6}'' \cong 1,2 \cdot 10^{-3}'' \quad (1.8)$$

Отже згідно із розрахунків похибка еталонного датчика на діапазоні вимірювань 360 градусів становить менше 1,2 мілісекунди.

1.3.3 Вибір крокового двигуна

Для автоматизації роботи стенду було вирішено використовувати електромеханічний привід обертання, в склад якого входить кроковий двигун з редуктором. Це полегшує результати вимірювання, і в свою чергу знімає рутинну роботу з людини.

Кроковий двигун (КД) – електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається неперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від числа поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна.

Кут повороту двигуна під впливом одного імпульсу може мати різні значення в залежності від конструкції двигуна. Як правило це значення в діапазоні від кількох градусів до декілька десятків градусів. Крокові двигуни, залежно від призначення можуть здійснювати обертання від частки оберту на хвилину, до декількох тисяч обертів на хвилину.

Кроковий двигун має ряд переваг порівняно із простими двигунами постійного струму. До основних переваг крокового двигуна можна віднести:

- кут повороту двигуна пропорційний кількості вхідних імпульсів
- двигун працює з повним моментом у стані спокою (якщо обмотки підключені до живлення).
- прецизійне позиціонування і повторюваність кроку. Хороші крокові двигуни мають точність близько 3-5% кроку і ці помилки не накопичуються від кроку до кроку.
- можливість швидкого розгону, гальмування і зміни напрямку руху.
- безвідмовність у зв'язку з відсутністю щіток. Довговічність двигуна залежить тільки від довговічності підшипників.
- залежність обертів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати двигуном без зворотного зв'язку, завдяки чому кроковий двигун простіший і дешевший в керуванні.
- можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання з навантаженням, закріпленим безпосередньо на осі двигуна.
- широкий діапазон швидкостей обертання отримуваний завдяки тому, що швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів

Проте крокові двигуни мають і ряд недоліків до яких можна віднести:

- механічний резонанс з'являється при неправильному керуванні.
- складнощі при роботі з дуже високими швидкостями.
- можлива втрата контролю положення у зв'язку з роботою без зворотного зв'язку.
- споживання електроенергії не зменшується навіть без навантаження.
- невисока питома потужність.
- відносно складна схема управління.

В даному стенді для перевірки датчиків я використовую два крокових двигуна SP-35RC-600S.

Кроковий двигун в стенді виконує роль поворотного механізму. За допомогою крокового двигуна відбувається автоматичне обертання валів датчиків через спеціальний електромеханічний привід. Даний електромеханічний привід складається із системи зчеплень зубчастих коліс, та самого двигуна .

За допомогою першого крокового двигуна буде відбуватися автоматична перевірка давачів.

Другий кроковий двигун призначений для повороту валу на якому кріпиться конвеєрна касета із вмонтованими на ній датчиками для повороту на кут 60 градусів.

Данні крокові двигуни забезпечують плавність та точність руху, що в свою чергу покращує результати вимірювання.

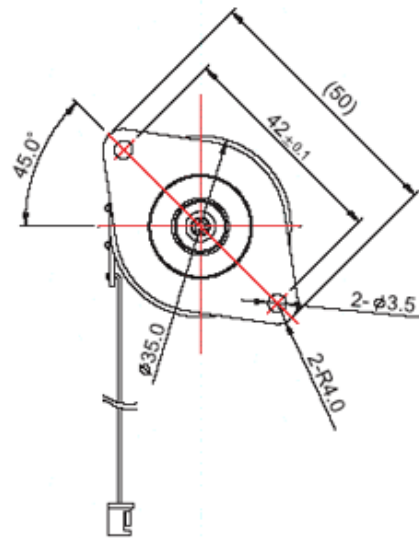


Рисунок 1.13 – Кроковий двигун SP-35RC-600S.

Основні параметри крокового двигуна представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 Технічні характеристики крокового двигуна SP-35RC-600S

Тип серії	600S	
Кут кроку φ	3,75°	
Напруга VDC	24	
Опір $\Omega_{\pm 7\%}$	23	
Струм	200mA	
Фаза	1-2	
Режим диска	Біполярний	
Крутний момент	Пусковий момент	Момент зупинки
	1100	10000

1.3.4 Вибір серводвигуна

Серводвигун – електромеханічний двигун, який часто використовують в робототехніці, машинобудуванні, верстатобудуванні в авіамоделюванні.

Основною відмінністю серводвигуна від звичайних двигунів постійного струму є здатність повертати регулюючий орган (в даному випадку важіль) на заданий кут в залежності від дії керуючих сигналів.

До основних характеристик серводвигуна можна віднести:

- крутний момент;
- швидкість повороту;
- динаміка двигуна;
- рівномірність руху;
- висока перевантажувальна здатність;
- висока точність позиціонування;
- енергоефективність.

Крутний момент – векторна фізична величина, що дорівнює добутку радіус–вектора d , проведеного від осі обертання до точки прикладання сили, на вектор цієї сили F і визначається по формулі (1.9) :

$$M = F \cdot d \quad (1.9)$$

Простіше кажучи, ця характеристика показує, наскільки важкий вантаж серводвигун здатний перемістити та утримати в режимі спокою на важелі заданої довжини.

Якщо сказано, що крутний момент серводвигуна становить $M = 5 \text{ кг} \cdot \text{см}$, то це означає, що серводвигун утримає в рівновазі в горизонтальному положенні важіль довжина якого становить 1 см, на вільний кінець якого підвісили вантаж вагою 5 кг. Або, що еквівалентно наступному, важіль довжина якого рівна 5 см, до якого підвісили вантаж масою в 1 кг.

Швидкість серводвигуна вимірюється інтервалом часу, який потрібно важелю серводвигуна, щоб повернутись на заданий кут.

Тобто, якщо сказано, що швидкість серводвигуна становить $\vartheta = 0,1 \text{ с} / 60^\circ$, то це означає, що серводвигун повертає свій регулюючий механізм (важіль) на кут, який становить $\varphi = 60^\circ$ за час рівний $t = 0,1 \text{ с}$. Звідси нескладно вирахувати швидкість в більш звичній величині - обертах на хвилину, але так склалося, що при описі серводвигуна найчастіше використовують саме таку форму представлення.

Для вибору серводвигуна означимо основні параметри, яким він повинен відповідати:

1. Здатність підносити вантаж (повірочні датчики, які вмонтовані на диску для повірки) на необхідну висоту.
2. Здатність утримувати вантаж в рівновазі після переходу в режим спокою.
3. Плавність роботи.
4. Здатність витримувати навантаження від сторонніх джерел.

Варто відзначити, що іноді доводиться шукати компроміс між цими двома характеристиками. Так якщо ми хочемо надійний серводвигун, який

витримує велику вагу то ми повинні бути готові, що ця могутня установка буде повільно повертатися, а якщо ми хочемо дуже швидкий привід, то його буде відносно легко вивести з положення рівноваги.

Звичайно, ми завжди можемо взяти установку, що споживає велику потужність, головне, щоб її характеристики задовольняли нашим потребам.

В даному стенді серводвигун відіграє роль підйомного механізму, а саме підіймає вал на якому закріплений диск із вмонтованими на ньому датчиками для перевірки на висоту 10 см. Ця висота необхідна для повного виходу валу повірочного датчика із зачеплення з муфтою. Після цієї операції за допомогою крокового двигуна відбувається поворот валу на кут 60 градусів і подальша фіксація наступного повірочного датчика в муфті. По закінченні фіксації, серводвигун повертається в початкове положення, опускаючи вал із вмонтованими датчиками на конвеєрній касеті. Відбувається перевірка наступного датчика.

Дана операція буде повторюватись 6 разів.

Основною вимогою для серводвигуна є здатність підняття валу із конвеєрною касетою на вказану висоту.

Для вибору серводвигуна необхідно визначити зусилля, яке йому необхідно подолати.

Дане зусилля визначаємо по формулі (1.10).

$$F = M_{\text{заг}} \cdot d \quad (1.10)$$

де, $M_{\text{заг}}$ – загальна маса конвеєрної лінії;

d – плече важеля серводвигуна.

$$d = 4,5 \text{ см} = 0,045 \text{ м.} \quad (1.11)$$

Загальна маса конвеєрної лінії визначається по формулі (1.12) :

$$M_{\text{заг}} = M_{\text{дав}} \cdot 6 + M_{\text{д}} \quad (1.12)$$

де, $M_{\text{дав}}$ – маса датчика кута повороту;

$M_{\text{д}}$ – маса диска на якому змонтовані 6 давачів для перевірки.

Згідно із технічними міркування маса диска повинна бути рівна або більша за загальну масу всіх давачів для надійної роботи конвеєрної касети.

$$M_d \geq M_{\text{дав}} \cdot 6 \quad (1.13)$$

Згідно технічних характеристик маса одного давача становить 300г.

Тоді маса диску повинна бути рівна:

$$M_d \geq 300 \cdot 6 = 1800\text{г.} = 1,8 \text{ кг} \quad (1.14)$$

Отже згідно із технічних міркувань розрахункова маса диска, на якому змонтовані давачі для перевірки, буде становити 2кг.

$$M_d = 2 \text{ кг} \quad (1.15)$$

А загальна маса конвеєрної лінії буде становити:

$$M_{\text{заг}} = 300 \cdot 6 + 2000 = 3800 \text{ г} \quad (1.16)$$

Отже згідно з формулою (1.10) серводвигун повинен подолати зусилля яке буде становити:

$$F = M_{\text{заг}} \cdot d = 3,8 \cdot 0,045 = 0,171 \text{ Н} \quad (1.17)$$

Даний розрахунок є наближеним, тому серводвигун вибираємо із запасом для забезпечення надійної роботи.

Виходячи з розрахунків для стенду я використовую серводвигун фірми Hitec HS-7956SHR. Основні параметри серводвигуна представленні нижче в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 Технічні характеристики сервоприводу Hitec HS-7956SHR

Виробник	Hitec
Тип	Цифровий сервопривід
Крутний момент	24,5кг/см
Швидкість повороту	0,12сек/60 градусів
Габаритні розміри	40мм x 27мм x 20мм
Вага	68грам
Тип підшипника	Подвійний кульковий підшипник
Тип редуктора	Металічний

На рисунку 1.14 зображено загальний вигляд серводвигуна Hitec HS-7956SHR та його габаритні розміри.

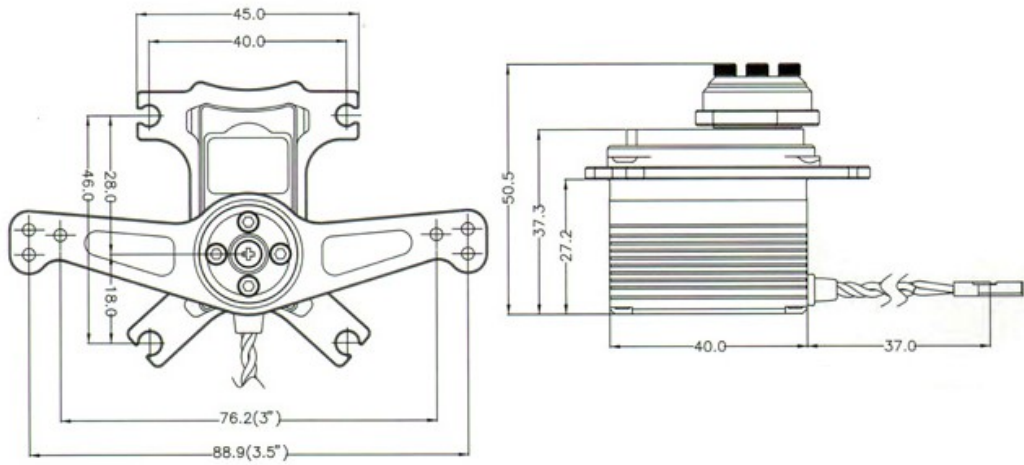


Рисунок 1.14 – Загальний вигляд серводвигуна Hitec HS-7956SHR та його габаритні розміри.

1.4 Висновок

В даному розділі проведено загальний огляд по енкодерах. Було наведено загальну класифікацію енкодерів та визначено плюси і мінуси кожного виду зокрема.

Було проведено літературний огляд по методах повірки енкодерів. В результаті систематизації отриманих знань було розроблено інформаційно-вимірювальну модель стенду для повірки енкодерів. Дана модель стенду складається із двох типів енкодерів: оптоелектронний енкодер, розроблений кафедрою приладів і контрольно-вимірювальних систем, та повірочний (еталонний) енкодер виробництва Pepperl+Fuchs GmbH в якого роздільна здатність становить 30 біт. Для автоматизації роботи стенду було вирішено використовувати спеціальний електромеханічний привід та серводвигун. Дана автоматизація дає змогу полегшити вимірювання та збільшити точність вимірювань в цілому. Було виконано основні кінематичні розрахунки.

2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ

Моделювання є найбільш ефективним способом дослідження складних систем різного призначення, – технічних, економічних, екологічних, соціальних, інформаційних – як на етапі їх проектування, так і в процесі експлуатації. Можливості моделювання систем далеко не вичерпані, тому постійно з'являються найновіші методи та технології моделювання.

Проте створення моделі – кропіткий і творчий процес, що вимагає від дослідника не тільки глибоких теоретичних знань з різних математичних та технічних дисциплін, але й творчого підходу до розв'язання задач, уміння генерувати певні евристики, що відповідають глибинній суті досліджуваного об'єкта.

Згідно із завданням дипломного проекту слід розробити математичну модель стенду для перевірки енкодерів та просимулювати роботу стенду, визначивши усі можливі етапи його роботи, та визначити тривалість процедури перевірки зокрема.

Слід розробити графічну програму, яка візуально продемонструє роботу розробленої моделі.

Для розробки математичної моделі було вирішено використовувати математичний апарат Мережі Петрі, адже даний апарат дозволяє моделювати паралельні (синхронні та асинхронні) системи і процеси.

2.1 Представлення мережі Петрі і використання для моделювання асинхронних процесів

Мережа Петрі – це графічний і математичний засіб моделювання систем і процесів. Як правило, мережами Петрі моделюють паралельні(синхронні та асинхронні) системи і процеси.

Мережа Петрі є орієнтованим дводольним графом, який має чотири базових елементи:

1. Позиції (places);
2. Переходи (transitions) ;
3. Вхідні і вихідні дуги (arcs) ;
4. Маркери (tokens).

Позиції позначаються кружками і ідентифікують подію-стан, в якому може знаходитись відповідний вузол модельованої системи.

Переходи - це активні елементи мережі, які позначають дії по зміні станів позицій. Для того щоб перехід міг спрацювати, необхідне виконання певних умов.

Умовою спрацювання переходу є наявність маркерів у всіх позиціях мережі, з'єднаних з переходом, причому кількість маркерів у кожній позиції повинна бути не меншою від дуг, що ведуть від позиції до переходу. Якщо умови настання подій виконано, то вважають, що перехід збуджений.

Переходи позначаються короткими вертикальними або горизонтальними лініями.

Вузли та переходи з'єднуються орієнтованими ребрами (дугами). Вузли, з яких виходять дуги до певного переходу, називаються вхідними вузлами переходу, а вузли, до яких ведуть дуги з певного переходу, - вихідними.

Два вузли або два переходи з'єднуватись між собою дугами не можуть.

В залежності від характеристик позицій і переходів розрізняють наступні різновиди мереж Петрі:

1. Часова мережа Петрі (мережа характеризується введенням затримок при переміщенні маркера, затримка може бути зв'язана як з переходом так і з позицією);
2. Стохастична мережа Петрі (затримки є випадковими параметрами);
3. Функціональна мережа Петрі (затримки визначаються як функції деяких аргументів, наприклад: кількості міток в будь-яких позиціях, стану деяких переходів);
4. Кольорова мережа Петрі (мітки можуть бути різних типів, що позначаються кольорами, тип мітки може бути використаний як аргумент у функціональних мережах).
5. Інгібіторна мережа Петрі - можливі інгібіторні дуги, що забороняють спрацьовування переходу, якщо у вхідній позиції, пов'язаної з переходом інгібіторною дугою, знаходиться мітка.
6. Ієрархічна мережа Петрі - містить не миттєві переходи, в які вкладені інші, можливо, також ієрархічні, мережі. Спрацьовування такого переходу характеризує виконання повного життєвого циклу вкладеної мережі.
7. Поточкова мережа Петрі (Work Flow Petri Nets – WF) - називається мережею потоків робіт (WF-мережею), використовують для моделювання потоків робіт в Workflow системах.
8. Мережі з пріоритетами - додають до дозволених переходів пріоритети і тим самим дозволяють понизити недетермінованість спрацьовувань, обмежуючи безліч дозволених переходів групою переходів з найвищим пріоритетом.

Основними властивостями мережі Петрі є:

- Обмеженість (число міток в будь-якій позиції мережі не може перевищити деякого значення K);
- Безпека (окремий випадок обмеженості);
- Збереженість (сталість завантаження ресурсів);

- Досяжність (можливість переходу мережі з одного заданого стану, що характеризується розподілом міток, в інше);
- Жвавість (можливістю спрацьовування будь-якого переходу при функціонуванні об'єкта, що моделюється).

Серед достоїнств апарату мереж Петрі можна вказати наступні:

- дозволяє моделювати асинхронність і недетермінізм паралельних незалежних подій (в мережі Петрі можуть одночасно і незалежно один від одного спрацювати кілька переходів), конфліктні взаємодії між процесами;
- дозволяє використовувати єдині методологічні позиції для опису програмного забезпечення, апаратних засобів і інформаційного обміну між системами;
- надає можливість введення будь-якого ступеня ієрархічної деталізації описуваних програмних і апаратних підсистем моделі;
- має велику аналізує потужність, яка дозволяє формальними засобами доводити існування або відсутність певних станів мережі Петрі.

Однак формальна модель мереж Петрі, в силу своєї універсальності, має ряд недоліків, що ускладнюють практичне застосування для моделювання складних систем.

До основних таких недоліків можна віднести наступні:

- висока трудомісткість аналізу мереж великої розмірності, а реальні бізнес-процеси підприємства моделюються саме мережами великої розмірності;
- описова потужність мереж Петрі недостатня для змістовного моделювання систем;
- звичайні мережі Петрі не відображають необхідні тимчасові характеристики модельованої системи;
- фішка мережі Петрі не представляє собою ніякої інформації, крім самого факту його наявності, тому надзвичайно складно відобразити перетворення інформації при спрацьовуванні переходів мережі Петрі;

- неможливість проведення логічних перетворень і, як наслідок, неможливість управління просуванням фішок по мережі.

Недоліки мереж Петрі не дозволяють описувати складні системи і в даний час використовуються для опису найпростіших операцій. Також ці фактори призвели до розробки підкласів і розширень мереж Петрі, в яких вводяться певні обмеження на структуру мережі, що дозволяє використовувати більш прості алгоритми для її аналізу або додаткові елементи формальної системи, покликані збільшити її описову потужність.

Великої уваги заслуговують мережі високого рівня, такі як розфарбовані мережі Петрі (Color Petri Net), що є модифікацією мереж Петрі і відрізняються добре розробленим математичним апаратом. Вони широко застосовуються для найрізноманітніших практичних цілей. Основною причиною високої ефективності цих формальних моделей є те, що вони без втрати можливостей формального аналізу дозволяють досліднику отримати значно коротші і зручніший опис, ніж ті, які можуть бути зроблені за допомогою мереж низького рівня. У мережах високого рівня складність моделей може бути розділена між структурою мережі, написами і описами. Це дозволяє здійснювати опис значно складніших систем і аналізувати процеси перетворення даних за допомогою загальноприйнятих математичних виразів замість складного набору позицій, переходів і дуг. Розфарбовані мережі Петрі, на відміну від звичайних мереж Петрі, дозволяють описувати структуру системи у вигляді ієрархії діаграм.

Але у даного апарату моделювання також не усунений ряд недоліків, які притаманні мереж Петрі. До таких недоліків можна віднести:

- необхідність знання розробником специфічної мови опису моделей ;
- відсутність використання принципів об'єктно-орієнтованого підходу;
- низьку гнучкість і трудомісткість опису систем в разі їх декомпозиції до рівня деяких елементарних операцій.

2.2 Розроблення математичної моделі об'єкту дослідження

В нашому випадку для опису роботи стенду мережею Петрі означимо:

P1- набір давачів, що підлягають повірці. Для даного випадку кількість давачів становить $P1=6$.

P2 - монтаж давачів на стенді. Під час даної операції оператор монтує на спеціальному диску давачі, які підлягають повірці.

P3- фіксація повірочного давача в робочому положенні.

P4- операція повірки. За допомогою електромеханічного блоку відбувається повірка давача на повному діапазоні вимірювання $\varphi = 360$ градусів.

P5, P6 - сортування повірочних давачів. Під час даної операції відбувається сортування давачів на придатні та браковані.

Придатними давачами вважаються ті, похибка яких не перевищує задану виробником. Браковані давачі – похибка яких перевищує похибку задану виробником та не підлягають ремонту.

P7- індикатор зайнятості стенду.

t1- час, який необхідний оператору для фіксації на робочій поверхні 6 давачів.

$$t1 = 120 \pm 20 \text{сек} \quad (2.1)$$

t2- час, який необхідний оператору для фіксації повірочного давача в робочому положенні.

$$t2 = 20 \pm 10 \text{сек} \quad (2.2)$$

t3- час, який відповідає повірці одного давача.

$$t3 = 10 \pm 5 \text{сек} \quad (2.3)$$

t4, t5 - час, який відповідає сортуванню давачів на придатні та браковані .

$$t4, t5 = 5 \pm 2 \text{сек} \quad (2.4)$$

Тоді стохастична мережа Петрі, яка імітує роботу стенду представлена на рисунку 2.1.

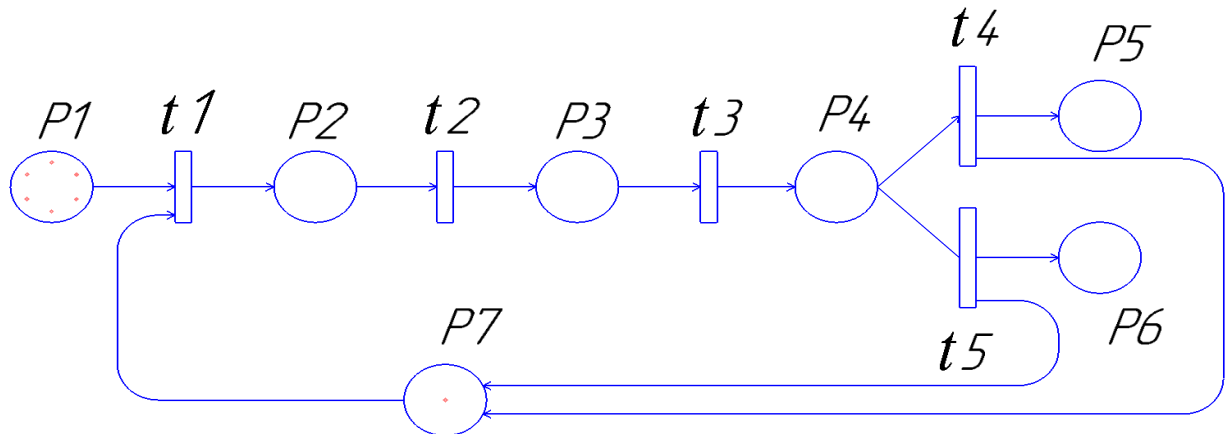


Рисунок 2.1 - Стохастична мережа Петрі для імітації роботи стенду для перевірки енкодерів

Часи, які відповідають переходам $t1-t5$, задаються випадковими числами з нормальним розподілом, характеристики якого (математичне сподівання, дисперсія) визначенні експериментально, і залежать від людського фактору.

2.3 Результати дослідження

Завдяки розробленій математичній моделі стенду було просимульовано роботу стенду і отримано данні про його функціонування.

На рисунку 2.2 представлена графічна залежність роботи стенду відносно імовірності затримки.

Відповідно з даного графіки слідує, що найбільша імовірність затримки припадає на операцію P2- монтаж давачів на стенді.

На рисунку 2.3 представлена графічна залежність роботи стенду відносно часу перевірки енкодерів.

В додатку А наведено код програми математичної моделі.

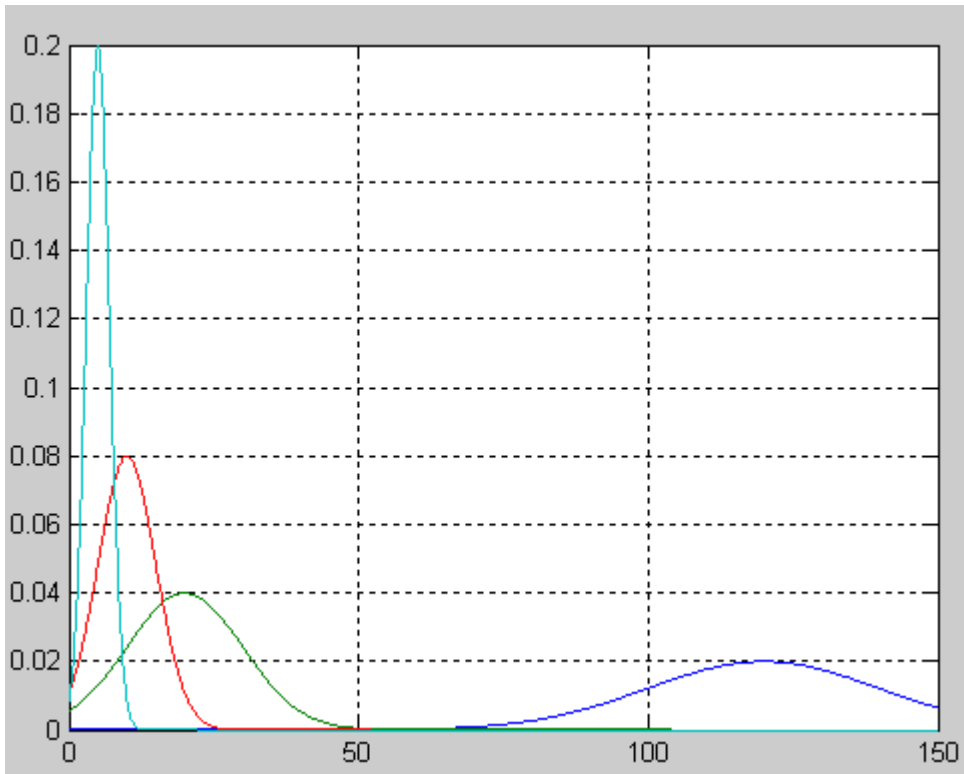


Рисунок 2.2 – Графік залежності роботи стану від імовірності затримок

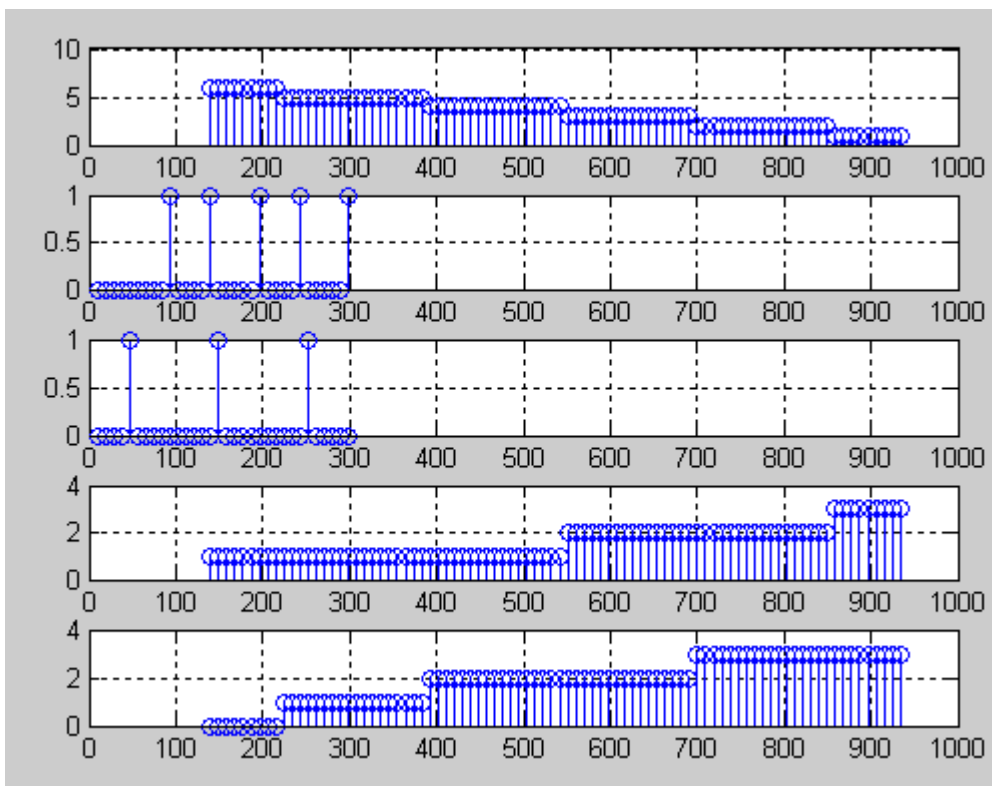


Рисунок 2.3 – Графік залежності роботи стану від часу

2.4 Висновок

У цьому розділі розглянуто основні поняття і види моделювання, а саме два його основних типи: аналітичне та імітаційне. Описано переваги і недоліки кожного типу моделювання, переваги використання кожного типу моделювання для вирішення певних завдань.

Для розробки математичної моделі стану для перевірки енкдерів було використано математичний апарат мережі Петрі, а саме стохастичну мережу Петрі для імітації роботи стану.

Імітаційне моделювання є більш гнучким у застосуванні і надає більше можливостей для моделювання обчислювальних мереж.

Згідно із результатами досліджень було отримано нові знання про функціонування стану. Симулюючи роботу досліджуваного стану на розробленій моделі системи, можна, вдосконалити функціонування модельованого об'єкту.

3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР

У даному розділі розглянемо розробку системи керування для «Інформаційно-вимірювального стенду для перевірки енкодерів». Пристрій відноситься до автоматизованих, де керування здійснюється за допомогою електронного блоку керування (ЕБК) по спеціально розробленій програмі.

Основу ЕБК складає схема побудована на основі мікроконтролера і розміщена на окремій платі.

Основним завданням розробленого ЕБК є автоматизоване керування усіма периферійними пристроями, а саме кроковим двигуном та серводвигуном. А також можливість виводити дані перевірки енкодерів на ПК для їх подальшої обробки.

3.1 Розроблення структурної, функціональної та принципової схем

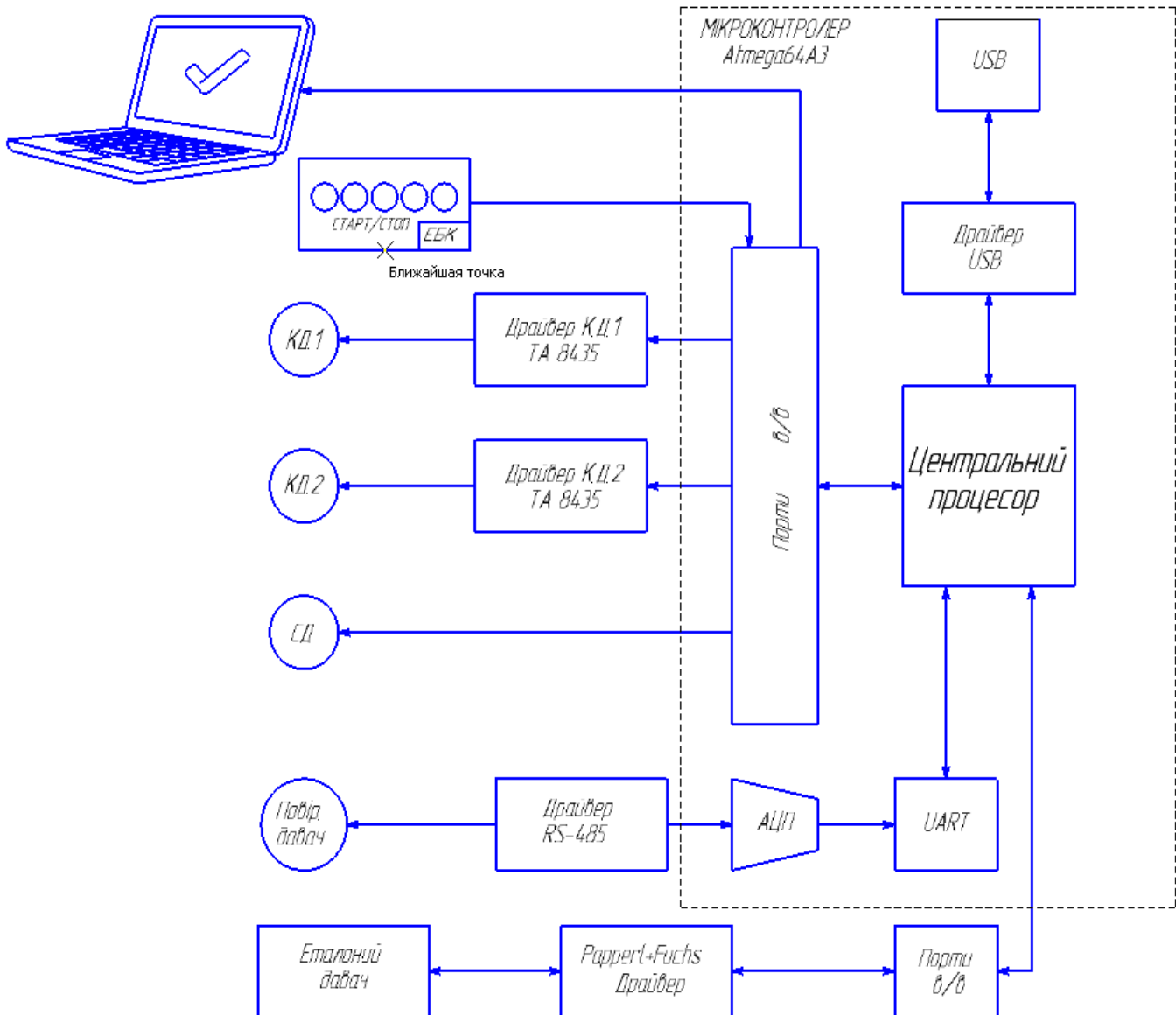


Рисунок 3.1 – Функціональна схема роботи стенду для повірки енкодерів

На рисунку 3.1 представлена розроблена функціональна схема роботи стенду. Дана схема включає в себе:

- блок керування для управління пристроєм перевірки енкодерів;
 - ПК призначений для виводу інформації на нього та подальшої її обробки.
- Блок керування призначений для автоматизованого управління роботою стенду.

Керуючий сигнал надходять на ЕБК з ПК за допомогою клавіатури.

Після подання команди «СТАРТ» і закріплення валів, повірочного та еталонного енкодерів в муфті, здійснюється запуск крокового двигуна (1).

Керуючий сигнал від центрального процесора через порти вводу/виводу подається на кроковий двигун. Керування кроковим двигуном здійснюється за допомогою спеціального драйвера.

З допомогою крокового двигуна відбувається процедура перевірки енкодерів. Через спеціально розроблений електромеханічний привід вали еталонного та повірочного енкодера прокручуються на весь діапазон вимірювань, що становить $\varphi = 360^\circ$. Після закінчення роботи крокового двигуна результати вимірювання повірочного та еталонного енкодера подаються через порти вводу/виводу на АЦП мікроконтролера, де відбувається декодування та порівняння результатів вимірювання.

По закінченні відповідної операції керуючий сигнал надходить на серводвигун. Серводвигун переходить в активний режим роботи і за допомогою важільного механізму підносить касету із вмонтованими давачами на задану висоту, після чого переходить в режим утримування. В даний момент часу керуюча дія переходить до крокового двигуна (2), який прокручує стійку на якій закріплено диск із вмонтованими давачами, що підлягають повірці. Після цього серводвигун знову переходить в активний режим та повертається в своє початкове положення.

По завершенні повірочної операції, результати подаються на ПК для їх подальшої обробки.

3.2 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

3.2.1 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер (MCU) – мікросхема, призначена для керування електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує в собі функції процесора і периферійних пристроїв, може містити ОЗУ і ПЗУ. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання.

Використання однієї мікросхеми, замість цілого набору, як у випадку звичайних процесорів, що застосовуються в персональних комп'ютерах, значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів.

На сьогоднішній день існує більше 200 модифікацій мікроконтролерів, що сумісні з I8051, випускаються двома десятками компаній, а також доступна велика кількість мікроконтролерів інших типів.

В даному випадку для вибору мікроконтролера означимо основні параметри, яким повинен відповідати мікроконтролер для забезпечення безвідмовного функціонування стенду:

1. Розширена периферія;
2. Висока швидкодія;
3. Великий обсяг внутрішньої пам'яті програм і оперативної пам'яті;
4. Низька вартість.

Під дані параметри підходять два види мікроконтролерів: **ADuC841** та **ATxmega64A3**.

Для того щоб вибрати мікроконтролер розглянемо більш розширені їх технічні характеристики. Порівняльні характеристики мікропроцесорів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Порівняльна характеристика мікроконтролерів

№	Параметри	ADuC841	ATxmega64A3
1	Архітектура ядра	MCS51	AVR
2	Швидкодія MIPS	<20	<32
3	Пам'ять програм	62k (flash)	64k (flash)
4	Оперативна пам'ять	256 RAM+2048 x RAM	4096 x RAM
5	Пам'ять даних	4k	2k
6	Таймери	3	7 RTC
7	UART	1	7
8	SPI	1	3
9	ШИМ	2	22
10	АЦП	12bit/420ksps/8ch/D МА	2x12bit/2000ksps/8ch
11	ЦАП	2x12bit/15μs	2x12/1000ksps
12	Програмування	Паралельне/UART/ користувач	Паралельне/SPI
13	Орієнтовна ціна, (грн)	700	160

Згідно технічних міркувань в даному стенді для перевірки енкодерів, я використовую мікроконтролер фірми **Atmel, ATxmega64A3**.

ATxmega64A3 виграє в свого конкурента відносно низькою ціною, більш високою швидкістю, більшим обсягом внутрішньої пам'яті програм і оперативної пам'яті.

На рисунку 3.2. зображено загальний вигляд мікроконтролера ATxmega64A3, а на рисунку 3.3 блок схема мікроконтролера відповідно.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд мікроконтролера ATxmega64A3

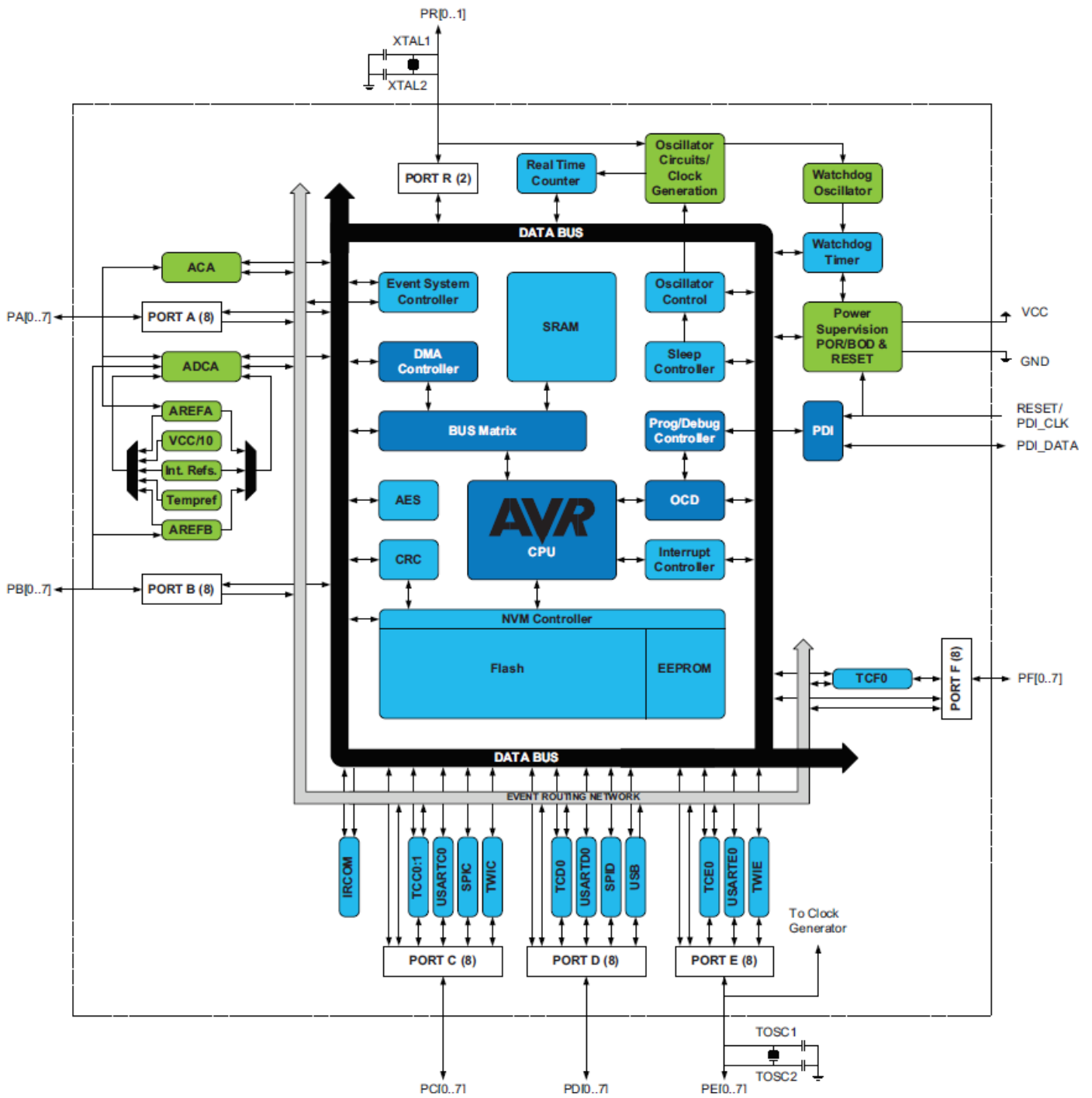


Рисунок 3.3 – Блок схема мікроконтролера ATxmega64A3

До основних переваг мікроконтролера можна віднести:

1. Продуктивність в реальному часі – система обробки подій спрощує взаємодію між периферійними пристроями, забезпечуючи 100% прогнозованість часу відгуку. Всі периферійні пристрої можуть використовувати прямий доступ до пам'яті (DMA) для передачі даних, що дозволяє зменшити навантаження ЦП.
2. Технологія Atmel *piCoPower* – повноцінне функціонування забезпечується при напрузі 1,6 В. Лічильник реального часу працює при струмі 100 мА, а дані повністю зберігаються в пам'яті SRAM для максимально швидкого пробудження.
3. Високий рівень інтеграції – пристрої AVR XMEGA об'єднують в собі крипто блоки AES (Advanced Encryption Standard) і DES (Data Encryption Standard), до 32 виходів широтно-імпульсної модуляції (ШИМ), 8 інтерфейсів UART, 4 інтерфейсу TWI (I2C) і 4 канали послідовного периферійного інтерфейсу (SPI), модуль генератора для циклічного контролю надмірності (CRC) і багато іншого.
4. Бібліотека програмного забезпечення AVR – повна бібліотека драйверів пристроїв і комунікаційних стеків дозволяє заощадити час і зусилля, зосередившись на більш важливих завданнях проектування.
5. Технологія сенсорного введення Atmel *QTouch* – підтримка бібліотеки *QTouch* дозволяє з легкістю реалізувати повноцінний ємнісний сенсорний інтерфейс для кнопок, повзунків і коліс прокрутки.
6. Підключення пристроїв USB – повно швидкісне функціонування без необхідності в зовнішніх кристалах, 31 вивід для підключення кінцевих пристроїв, а також спеціальна функція багато пакетної передачі.

Згідно із технічною документацією мікроконтролера [13] в його структуру входить два 12-бітних АЦП, та один двоканальний, 12-бітний ЦАП, більш детальні характеристики яких наведенні нижче.

3.2.2 Характеристика АЦП

Мікроконтролер XMEGA A3 мають два аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), технічні характеристики яких наведені нижче:

- Два 12-бітних АЦП;
- Частота дискретизації кожного ЦАП 1 МГц;
- Формат представлення результату зі знаком або без;
- регістра результату перетворення з роздільним керуванням вхідними каналами у кожного АЦП;
- 8 несиметричних входів у кожного АЦП;
- 8x4 диференціальних входів у кожного АЦП;
- внутрішніх входи:
- Вбудований датчик температури;
- Вихід ЦАП;
- Напруга VCC, поділена на 10;
- Напруга "Bandgap" елемента;
- Програмований підсилювач (коефіцієнт посилення 2, 4, 8, 16, 32 або 64);
- Програмний вибір роздільної здатності 8 або 12 біт;
- Вибіркове внутрішнє або зовнішнє джерело опорної напруги;
- Запуск перетворення по подіях;
- Передача результатів перетворення по каналу DMA;
- Генерація переривання / події за підсумками порівняння результату перетворення.

На рисунку 3.4 зображена структурна схема АЦП

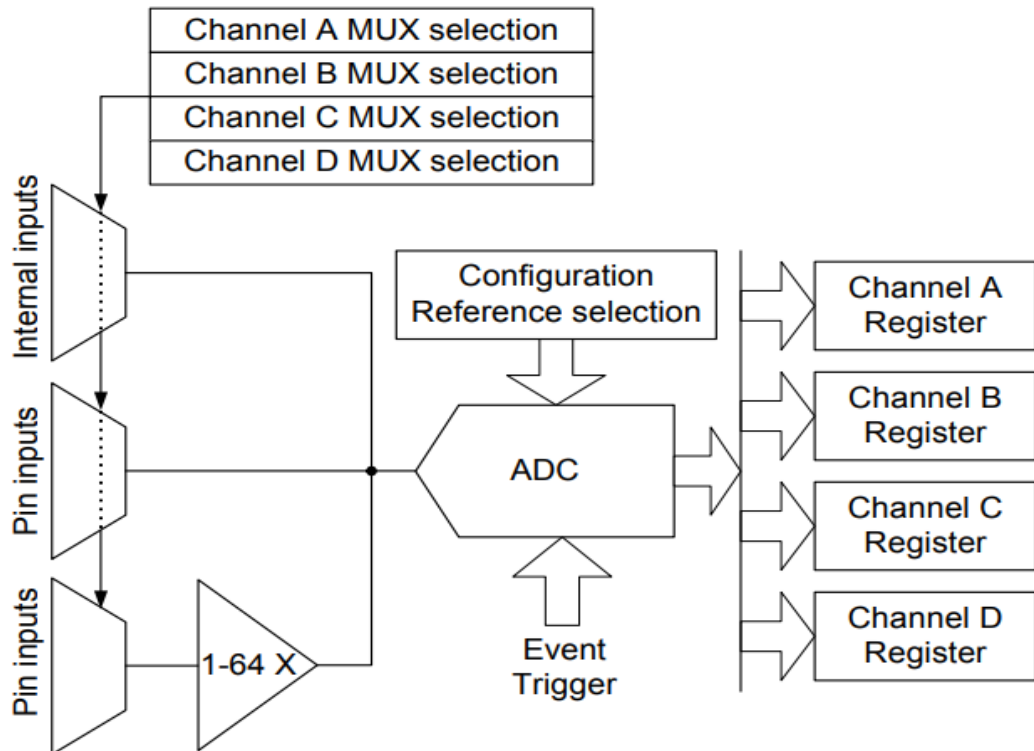


Рисунок 3.4 – Структурна схема АЦП

3.2.3 Характеристика ЦАП

ХМЕГА А3 має один двоканальний, 12-бітний, 1 Мпс ЦАП зі вбудованим зміщенням і калібруванням.

ЦАП перетворює цифрове значення в аналоговий сигнал. ЦАП може використовувати внутрішню напругу 1,0 в якості верхньої межі перетворення, але також можна використовувати напругу живлення або будь-яку застосовану напругу між ними.

Вхід зовнішньої опорної лінії спільно використовується з вхідним сигналом АЦП.

Технічні характеристики ЦАП наведені нижче:

- Один ЦАП із роздільною здатністю 12 біт ;
- Коефіцієнт перерахунку до 1 Msps для кожного ЦАП;
- Зручний діапазон переходів • Кілька джерел тригерів;
- 1 безперервний вихід або 2 виходи для вибірки для кожного ЦАП;
- Вбудований зсув і калібрування посилення;
- Високі можливості приводу;

- Режим низького енергоспоживання

На рисунку 3.5 приведена структурна схема ЦАП.

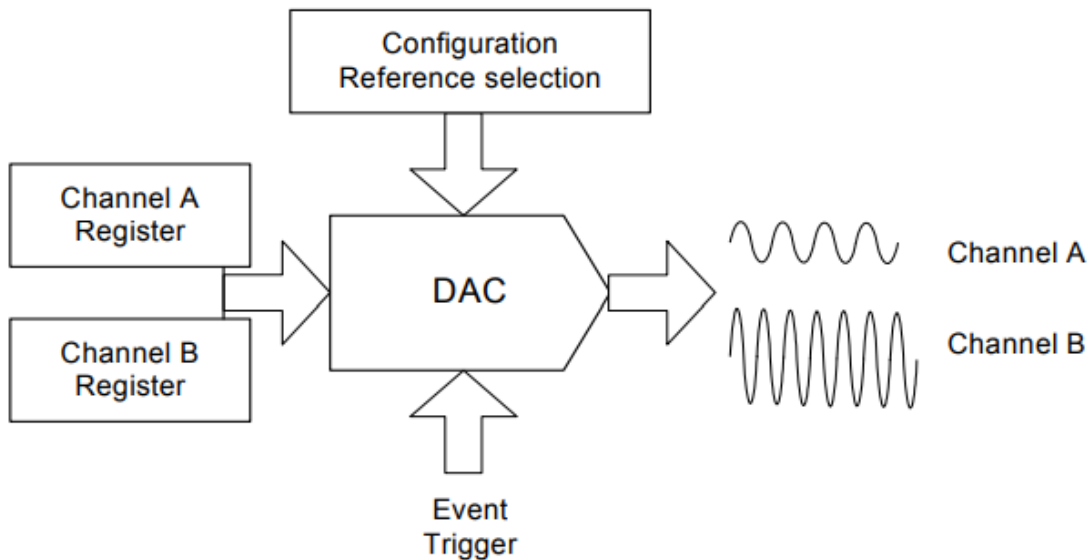


Рисунок 3.5 – Структурна схема ЦАП

3.2.4 Вибір драйвера керування крокового двигуна

Для управління кроковим двигуном необхідно пристрій, який би перетворював керуючі сигнали малої потужності в струми, достатні для управління двигунами. Такий пристрій називають драйвером двигунів.

На рисунку 3.6 зображена функціональна схема керування біполярним кроковим двигуном.

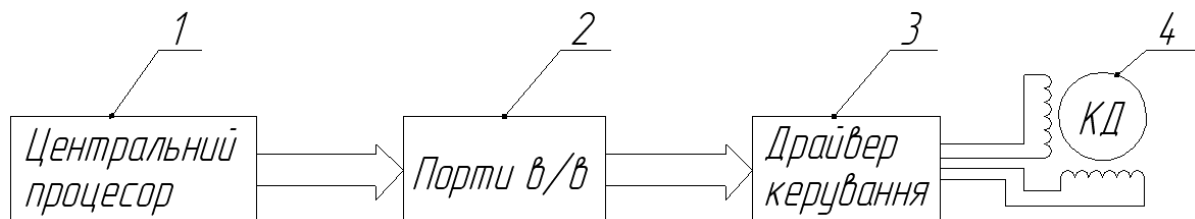


Рисунок 3.6 – Функціональна схема керування біполярним кроковим двигуном

Схема драйвера побудована на базі двох повних мостів на біполярних транзисторах. Використання повно мостової схеми для управління струмом в обмотках двигуна дозволяє швидко змінювати його значення і напрямок, чим досягається максимальна швидкість обертання з високим коефіцієнтом корисної дії.

На сьогоднішній день існує чимала кількість схем для керування електродвигунами. Вони різняться як за своєю потужністю, так і за елементною базою, на основі яких вони виконані.

В даному випадку драйвер керування призначений для управління кроковим біполярним двигуном, напруга живлення якого становить (24В), номінальний вихідний струм (1,5А), рівень сигналів управління (0-5В) по входах керування, що дозволяє керувати безпосередньо з портів мікроконтролера.

Згідно із технічними вимогами і параметрами крокового двигуна для керування двигуном я використовую схему драйвера TA8435 [15].

На рисунку 3.7 зображено загальний вигляд драйвера крокового двигуна TA 8435.



Рисунок 3.7 – Драйвер крокового двигуна TA 8435

Основні параметри схеми драйвера наведенні в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Основні параметри схеми драйвера TA8435

№	Основні параметри	Середнє значення	Максимальне значення
1	Струм обмоток	1,5 А	2,5 А
2	Напруга живлення логіки VCC	5 В	5,5 В
3	Напруга живлення	24 В	40 В
4	Робота в повний крок	1/2,1/4	1/8

Контролер крокового двигуна на базі мікросхеми TA8435Н зображено на рисунку 3.8.

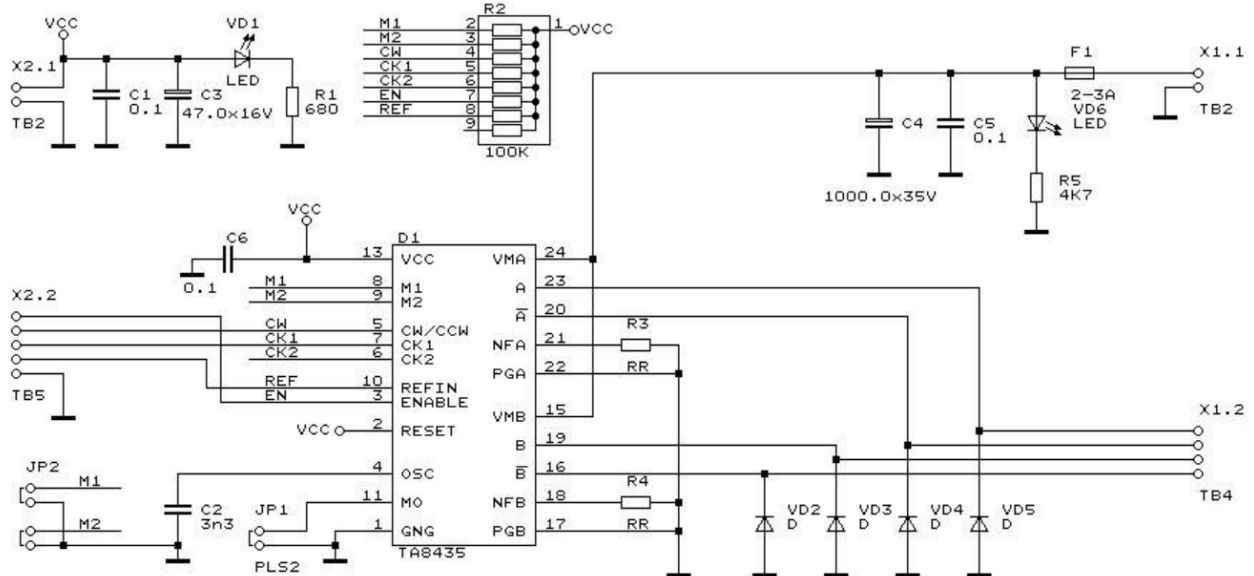


Рисунок 3.8 – Контролер крокового двигуна на базі мікросхеми TA8435Н

Драйвер схеми керування містить захисні діоди, які призначені для подавлення високої напруги, що виникає при перехідному процесі перемикання схеми.

Основними параметрами захисних діодів є:

- пікова зворотна напруга (максимальна робоча напруга, при якій протікаючий довгий період часу струм не викликає виходу із ладу діода);
- напруга пробою (значення напруги при якій відбувається різке збільшення струму, при чому швидкість збільшення струму перевищує швидкість збільшення напруги);
- напруга фіксації (максимальна напруга для нормалізованого максимального імпульсного пікового струму);
- піковий імпульсний струм (піковий струм в робочому режимі);
- прямий струм (максимальний піковий струм в прямому напрямку).

3.3 Алгоритм роботи електронного блоку

На рисунку 3.9 представлена блок–схема алгоритму роботи стенду, яка розкриває принцип роботи стенду для перевірки енкодерів. Послідовність алгоритму роботи стенду наступна.

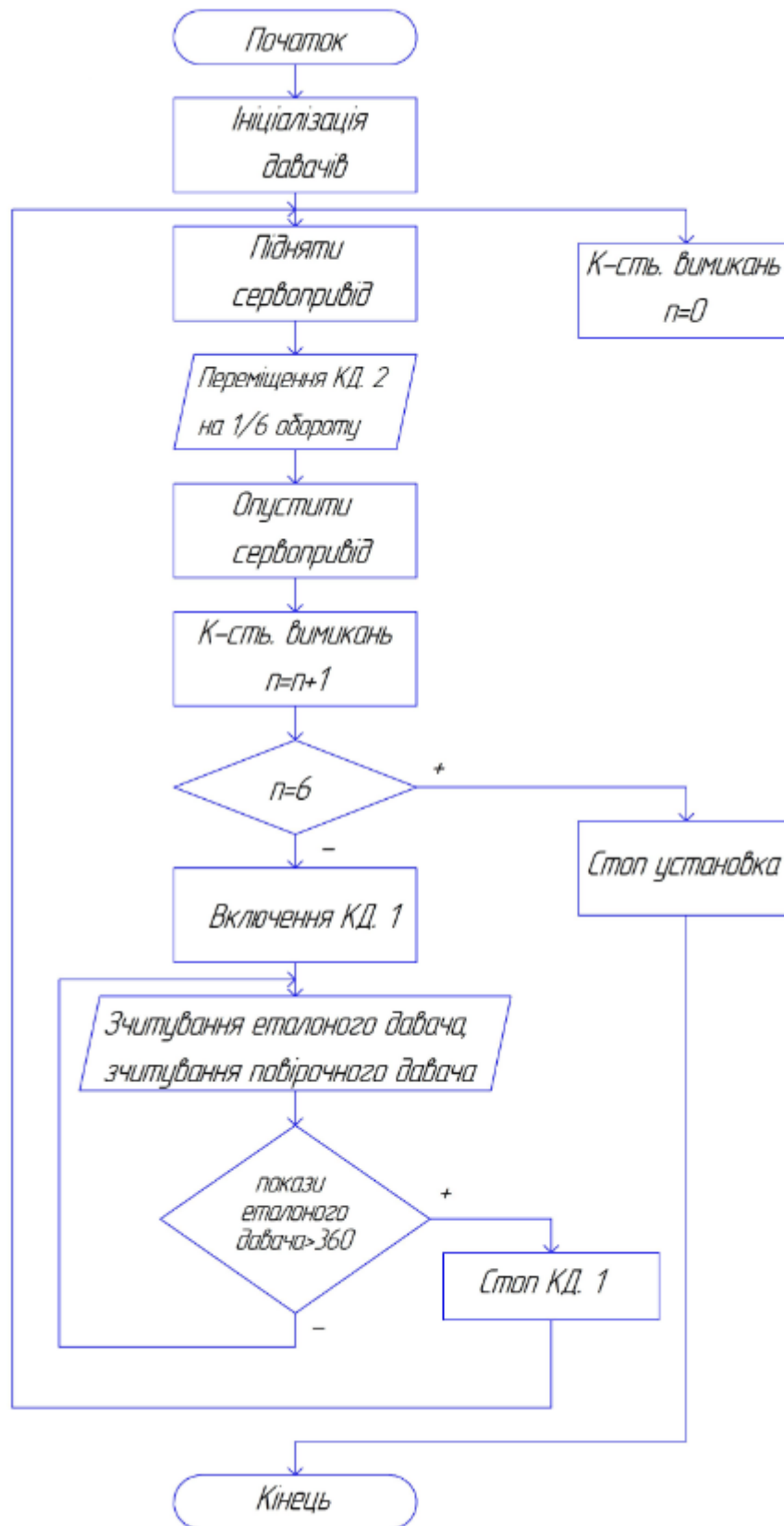


Рисунок 3.9 – Блок-схема алгоритму роботи стенду для перевірки енкодерів

При увімкненні стенду спочатку відбувається процедура ініціалізація давачів, клавіатури, крокових двигунів та серводвигуна. По закінченні процедури ініціалізації відбувається запуск серводвигуна. При натисканні на блоці керування кнопки «СТАРТ», керуючий сигнал по лініях зв'язку передається на серводвигуна який в свою чергу за допомогою важільного механізму підносить вал із диском, на якому змонтована касета із давачами.

Серводвигун підносить вал на висоту 10 см, яка необхідна для повного виходу валу датчика із муфти. По закінченні виконання відповідної операції серводвигун переходить в режим утримування. Керуюча дія переходить на кроковий двигун

Кроковий двигун 2, призначений для повороту валу на 1/6 обороту (60 градусів). При виконанні даної операції серводвигун повертається в активний режим і опускає диск із датчиками.

Після фіксації валів енкодера в муфті відбувається запуск крокового двигуна 1, який за допомогою системи зачеплень зубчастих коліс рівномірно прокручує вали еталонного та повірочного енкодерів на 360 градусів відбувається перевірка датчика. По завершенні роботи крокового двигуна 1 відбувається зчитування показників з еталонного та повірочного енкодера.

Даний алгоритм роботи буде проводити 6 разів для перевірки усіх енкодерів, які змонтовані на диску.

При натисненні на блоці керування кнопки «СТОП» завершується процедура перевірки. Результати перевірки виводять на РК-дисплей для подальшої обробки.

3.4 Висновок

Для автоматизованої роботи інформаційно-вимірювального стенду перевірки енкодерів було розроблено електронний блок керування за допомогою якого здійснюється управління усіма виконавчими органами, а саме : кроковими двигунами та серводвигуном. В процесі розробки ЕБК було проведено аналіз технічних характеристик двох типів мікроконтролерів **ATxmega64A3**, та **ADuC841**, і в результаті систематизації отриманих даних було вирішено використовувати мікроконтролер фірми **Atmel**, **ATxmega64A3**.

Було розроблено радіо-електронну плату побудовану на основі мікроконтролера **ATxmega64A3**.

В додатку Б, В представлено розводку радіо-електронної плати та електричну принципову схему , а в додатку Г представлено код програми роботи стенду .

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічне обґрунтування дипломної роботи магістра є суттю даного розділу, оскільки, дозволяє встановити доцільність проведення науково-дослідних робіт і економічно обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших засобів.

Метою магістерської роботи є розробка інформаційно-вимірювального стенду для перевірки датчиків кута повороту.

Для розробки інформаційної системи потрібно провести наступні економічні дослідження:

- 4.1 Визначення трудомісткості кожної технологічної операції;
- 4.2 Визначити суму витрат на оплату праці основного і допоміжного персоналу, включаючи відрахування на соціальні заходи;
- 4.3 Визначити суму матеріальних затрат;
- 4.4 Обчислити витрати на електроенергію для науково– виробничих цілей;
- 4.5 Нарахувати суму амортизаційних відрахувань;
- 4.6 Визначити суму накладних витрат;
- 4.7 Скласти кошторис та визначити собівартість НДР;
- 4.8 Розрахувати ціну НДР;
- 4.9 Визначити економічну ефективність та термін окупності продукту.

4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Для оцінки тривалості виконання окремих робіт використовують нормативи часу або попередній досвід. До таких нормативів відносять тривалість написання операцій (команд), які в деяких підприємствах становлять: для одної операції від 30 хвилин до 1,6 годин та 8 годин для п'яти операцій (тривалість зміни).

У разі їх відсутності звертаються до експертних оцінок по встановленню тривалості кожного етапу (стадії):

при трьох оцінках:

$$T_{BC} = \frac{(t_{min} + 4t_{н.й.} + t_{max})}{6} \quad (4.1)$$

при двох оцінках:

$$T_{BC} = \frac{(3t_{min} + 2t_{max})}{5} \quad (4.2)$$

де, T_{bc} – очікуване (середнє) значення тривалості виконання етапу (стадії);

t_{min} , $t_{н.й.}$, t_{max} – відповідно мінімальна, найбільш імовірна і максимальна оцінки тривалості виконання етапу (стадії).

Розробку даної інформаційної системи можна поділити на такі етапи:

- Постановка задачі;
- Проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням методиками повірки датчиків кута повороту;
- Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;
- Аналіз математичної моделі інформаційної системи;
- Розробка алгоритму програми інформаційної системи;
- Розробка технічного креслення інформаційно вимірювального стенду для повірки енкодерів;
- Налаштування та тестування готової моделі;
- Написання і оформлення документації (електронної та паперової).

Для визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблицю

Витрати часу наукового керівника на виконання окремих стадій (етапів) при недостатній кількості інформації доцільно приймати в межах 5% сумарних витрат часу інженерів на виконання цих стадій (етапів).

Таблиця 4.1 Основні етапи і час їх виконання у НДР

№ п/п	Етап	Середній час виконання етапу, год.	
		Інженер	Керівник
1	Постановка задачі	2	1
2	Проведення огляд публікацій авторів, які займались питанням розробкою інформаційно вимірювального стенду	20	8
3	Прийняття рішень щодо вибору оптимального шляху розв'язання поставленої задачі;	5	2
4	Аналіз математичної моделі інформаційної системи	2	1
5	Розробка алгоритму програми інформаційної системи	10	5
6	Розробка технічного креслення інформаційно вимірювального стенду для перевірки енкодерів	25	8
7	Налаштування та тестування готової моделі	5	2
8	Написання і оформлення документації (електронної та паперової)	15	4
Разом		82	31

Отже, сумарний час виконання операцій технологічного процесу інженером становить 82 години, керівником – 31 годину.

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Заробітна плата — винагорода, обчислена, зазвичай, у грошовому виразі, яку за трудовим договором власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір зарплати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно – ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства. Заробітна плата складається з основної та додаткової оплати праці.

Основна заробітна плата нараховується на виконану роботу за тарифними ставками, відрядними розцінками чи посадовими окладами і не залежить від результатів господарської діяльності підприємства.

Додаткова заробітна плата – це складова заробітної плати працівників, до якої включають витрати на оплату праці, не пов'язані з виплатами за фактично відпрацьований час. Нараховують додаткову заробітну плату залежно від досягнутих і запланованих показників, умов виробництва, кваліфікації виконавців. Джерелом додаткової оплати праці є фонд матеріального стимулювання, який створюється за рахунок прибутку.

Основна заробітна плата складається із прямої заробітної плати та доплати, яка при укрупнених розрахунках становить 25% – 35% від прямої заробітної плати. При розрахунку заробітної плати кількість робочих днів в місяці слід приймати – 25,4 дні/міс., що відповідає 203,2 год./міс. Розмір місячних окладів керівника та інженерів слід приймати згідно існуючих на даний час норм. Основна заробітна плата розраховується за формулою (4.3):

$$Z_{\text{осн}} = T_c \cdot K_r \quad (4.3)$$

де, T_c – тарифна ставка, грн.;

K_r - кількість відпрацьованих годин.

Посадові оклади (тарифні ставки) за розрядами Єдиної тарифної сітки визначаються шляхом множення окладу (ставки) працівника 1 тарифного розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. У разі коли посадовий оклад (тарифна ставка) визначені у гривнях з копійками, цифри до 0,5 відкидаються, від 0,5 і вище – заокруглюються до однієї гривні.

З 1 січня 2019 року в Україні мінімальна заробітна плата: у місячному розмірі 1 січня – 4173 гривні; у погодинному розмірі – 25,13 гривні. Прийmemo 65 грн. для інженера, для керівника — 81 грн.

Тарифні ставки: керівник проекту – 81 грн./год., інженер – 65 грн./год.

Тоді скориставшись формулою (4.4–4.5) розрахуємо основну заробітну плату для інженера та керівника проекту.

Керівник проекту:

$$Z_{\text{осн}} = 81 \cdot 31 = 2511 \text{ грн} \quad (4.4)$$

Інженер:

$$Z_{\text{осн}} = 65 \cdot 82 = 5330 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Додаткова заробітна плату визначаємо по формулі (4.6) і становить 10–15% від суми основної заробітної плати:

$$Z_{\text{дод}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{допл}} \quad (4.6)$$

де, $K_{\text{допл}}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам.

$$K_{\text{допл}} = 0,1.$$

Керівник проекту:

$$Z_{\text{дод}} = 2511 \cdot 0,1 = 251 \text{ грн} \quad (4.7)$$

Інженер:

$$Z_{\text{дод}} = 5330 \cdot 0,1 = 533 \text{ грн} \quad (4.8)$$

Звідси загальні витрати на оплату праці ($B_{\text{оп}}$) визначаються за формулою (4.9).

$$B_{\text{оп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}} \quad (4.9)$$

Керівник проекту:

$$B_{\text{оп}} = 2511 + 251 = 2762 \text{ грн} \quad (4.10)$$

Інженер:

$$B_{\text{оп}} = 5330 + 533 = 5863 \text{ грн} \quad (4.11)$$

Загальну суму виплат визначаємо по формулі (4.12).

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{опк}} + V_{\text{опі}} \quad (4.12)$$

Таким чином загальна сума виплат буде становити

$$V_{\text{заг}} = 2762 + 5863 = 8625 \text{ грн} \quad (4.13)$$

Крім того, слід визначити відрахування на соціальні заходи:

- Податок на доходи фізичних осіб: 18%;
- Військовий збір 1,5%;
- Єдиний соціальний внесок 22%.

У сумі зазначені відрахування становлять 41,5%.

Загальна сума відрахувань на соціальні заходи визначаємо відповідно формулі (4.14):

$$V_{\text{с.з.}} = \text{ФОП} \cdot 0,415 \quad (4.14)$$

де, ФОП – фонд оплати праці, грн

Отже, загальна сума відрахувань на соціальні заходи буде становити:

$$V_{\text{с.з.}} = 8,625 \cdot 0,415 = 3579 \text{ грн} \quad (4.15)$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 Зведені розрахунки на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн			Додаткова заробітна плата, грн	Нарах на ФОП, грн	Всього витрати на оплату праці, грн 6=3+4+5
		Тарифна ставка, грн	К-сть відпрацьованих годин	Фактично нарах. з/пл., грн			
А	Б	1	2	3	4	5	6
1	Керівник проекту	81	31	2511	251	1146	3908
2	Інженер	65	82	5330	533	2433	8296
Разом				7841	784	3579	12204

4.3 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію 1-ці обладнання визначаються за формулою (4.16).

$$Z_E = W \cdot T \cdot S \quad (4.16)$$

де, W – необхідна потужність, кВт;

T – кількість годин роботи обладнання;

S – вартість кіловат-години електроенергії.

Згідно з постановою НКРЕ України від 11.12.2018 року № 1844 вартість електроенергії становить 1,680 грн./кВт·год.

Корисна потужність комп'ютера – 300 Вт з підключеним маршрутизатором і комутатором, кількість годин роботи обладнання згідно таблиці – 113 год.

$$Z_E = 0,3 \cdot 113 \cdot 1,680 = 57,0 \text{ грн} \quad (4.17)$$

4.4 Розрахунок витрат на матеріали

Результати розрахунку затрат на матеріали зводяться в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 Визначення величини затрат на матеріали

Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна за одиницю грн	Затрати матеріалів грн	Транс-поротно-заготівельні витрати, грн	Загальна сума витрат на матеріали, грн
Папір А4 ZOOM	Пачка	1	82	82	-	82
Папір А0 ZOOM	Пачка	1	305	305	-	305
Сервопривід Hitec HS7956SHR	Штук	1	4320	4320	360	4680
Кроковий двигун SP-35RC-600S	Штук	2	180	360	-	360
Енкодер Raperl+Fuchs GmbH AVM58	Штук	1	9280	9280	800	10080
Драйвер для крокового двигуна TA8435	Штук	2	420	840	-	840
Разом						16347

4.5 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю застосування основних фондів у процесі виробництва є їх відновлення. Для відновлення засобів праці у натуральному виразі необхідне їх відшкодування у вартісній формі, яке здійснюється шляхом амортизації.

Амортизація – це процес перенесення вартості основних фондів на вартість новоствореної продукції з метою їх повного відновлення. Для заміщення зношеної частини основних засобів виробництва підприємства роблять амортизаційні відрахування, тобто відрахування певних грошових сум відповідно до розмірів фізичного і морального зносу засобів виробництва.

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Для цієї групи річна норма амортизації дорівнює 60 % (квартальна – 15 %).

Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу (4.18).

$$A = \frac{B_B \cdot H_A}{100} \quad (4.18)$$

де, A – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.

B_B – балансова вартість комп'ютера, на початок звітного періоду, грн.

H_A – норма амортизації, %.

Для роботи використовується один комп'ютер (вартість якого становить 17500 грн.), який працює 113 години.

$$A = \frac{17500 \cdot 15}{100} = 2625 \text{ грн} \quad (4.19)$$

4.6 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням виробництва, утриманням апарату управління підприємства (фірми) та створення необхідних умов праці.

Накладні витрати можуть становити 20% від суми основної та додаткової заробітної плати працівників:

$$H_B = V_{O.P.} \cdot 0,2 \quad (4.20)$$

$$H_B = 8625 \cdot 0,2 = 1725 \text{ грн} \quad (4.21)$$

4.7 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблицю 4.4. Собівартість (СВ) НДР розрахуємо за формулою (4.22).

$$C_B = B_{O.P.} + B_{C.3.} + Z_{M.B.} + Z_E + T_B + A + H_B \quad (4.22)$$

$$C_B = 8625 + 3579 + 16347 + 57,0 + 1160 + 2625 + 1725 = 34118 \text{ грн} \quad (4.23)$$

Таблиця 4.4 Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	У % до загальної суми
1	2	3
Витрати на оплату праці (основну і додаткову заробітну плату)	12204	35,76
Відрахування на соціальні заходи	3579	10,49
Матеріальні витрати	16347	47,91
Витрати на електроенергію	57,0	0,16
Амортизаційні відрахування	2625	7,69
Накладні витрати	1725	5,05
Собівартість	34118	100

4.8 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою (4.24):

$$Ц = \frac{C_B \cdot (1 + P_{рен}) + K \cdot B_{н.і.}}{K} \cdot (1 + ПДВ), \quad (4.24)$$

де, $P_{рен}$ – рівень рентабельності, 30 %;

K – кількість замовлень, од. (встановлюється лише при розробці програмного продукту та мікропроцесорних систем);

$B_{н.і.}$ – вартість носія інформації, грн. (встановлюється лише при розробці програмного продукту);

$ПДВ$ – ставка податку на додану вартість, (20 %).

Оскільки розробка є прикладною, і використовуватиметься тільки для одного підприємства, то для розрахунку ціни не потрібно вказувати коефіцієнти K та $B_{н.і.}$, оскільки їх в даному випадку не потрібно.

Тоді, формула для обчислення ціни розробки буде мати вигляд (4.25):

$$Ц = C_B \cdot (1 + P_{рен}) \cdot (1 + ПДВ) \quad (4.25)$$

Звідси ціна на проект складе:

$$Ц = 34118 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 53224 \text{ грн} \quad (4.26)$$

4.9 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень

Ефективність виробництва – це узагальнене і повне відображення кінцевих результатів використання робочої сили, засобів та предметів праці на підприємстві за певний проміжок часу. Економічна ефективність (E_p) полягає у відношенні результату виробництва до затрачених ресурсів:

$$E_p = \frac{\Pi}{C_B} \quad (4.28)$$

де, Π – прибуток;

C_B – собівартість.

$$E_p = \frac{10177,10}{34118} = 0,2980 \quad (4.29)$$

Поряд із економічною ефективністю розраховують термін окупності капітальних вкладень (T_p) по формулі (4.30):

$$T_p = \frac{1}{E_p} = \frac{1}{0,2980} = 3,355 \text{ роки} \quad (4.30)$$

Про доцільність розробки програми можна сказати при врахуванні критеріїв, які наведено у таблиці 4.5.

Таблиця – Техніко – економічні показники НДР

№ п/п	Показник	Значення
1	Собівартість, грн.	34118
2	Плановий прибуток, грн.	10177,10
3	Ціна, грн.	53224
4	Економічна ефективність	0,2980
5	Термін окупності, рік	3,355

4.10 Висновок

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок: розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,2980 і термін окупності становитиме більше трьох років (3,355 роки). Варто зазначити, що дані розрахунки мають номінальний характер і основна їх мета оцінити приблизну вартість дослідження та створення даного продукту. Номінальний характер розрахунків зумовлений тим, що даний програмний продукт має дослідницьке призначення.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Формування безпечного та здорового виробничого середовища важливий аспект збереження на ринку праці працівників, яким для продовження роботи потрібно залишатися міцними та здоровими. Високий рівень виробничого травматизму і професійної захворюваності значно впливає на згуртованість суспільства та продуктивність праці.

Аналіз останніх досліджень показує, що на сьогодні в Україні ймовірність травматизму та професійних захворювань у 5–8 разів вище, ніж в інших промислово розвинутих країнах ЄС.

Стан охорони праці залишається незадовільним. Проблема виробничого травматизму є дуже гострою – щорічно на виробництві травмується близько 50 тис. чоловік, з них 1,5 тис. гинуть, понад 3,5 тис. отримують професійні захворювання.

Ціль дипломного проекту полягає в отриманні та систематизації нових даних щодо оцінки і управління професійними ризиками, прогнозування професійного здоров'я, оптимізації методів медико–соціальної експертизи, ефективного планування заходів оздоровлення, профілактики, реабілітації і соціальної компенсації втраченого здоров'я за результатами аналізу чинників впливу і системних механізмів формування професійної захворюваності пилової етіології.

В даному розділі розглянемо такі важливі питання з охорони праці як:

- встановлення зв'язку нещасного випадку з виробництвом;
- проведення державного нагляду за охороною праці, види та основні параметри проведення наглядових заходів;
- завдання страхування від нещасного випадку, принципи та види страхування ;

А також розглянемо питання з безпеки, а саме:

- підвищення стійкості роботи об'єктів приладобудівної промисловості у воєнний час;

- забезпечення захисту населення та персоналу об'єктів приладобудування від впливу іонізуючих випромінювань.

5.1 Встановлення зв'язку нещасного випадку з виробництвом

Визначаються пов'язаними з виробництвом нещасні випадки, що сталися з працівниками, під час виконання трудових обов'язків, у тому числі у відрядженні, а також ті, що сталися у період:

- перебування на робочому місці, на території підприємства, або в іншому місці, пов'язаному з виконанням роботи, починаючи з моменту прибуття працівника на підприємство до його відбуття, який повинен фіксуватися відповідно до вимог правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства, у тому числі протягом робочого та надурочного часу, або виконання завдань роботодавця в неробочий час, під час відпустки, у вихідні, святкові та неробочі дні;
- підготовки до роботи та приведення в порядок після закінчення роботи знарядь виробництва, засобів захисту, одягу, а також виконання засобів особистої гігієни, пересування по території підприємства перед початком роботи і після її закінчення;
- проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі, що належить підприємству, або іншому транспортному засобі, наданому роботодавцем;
- використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу, або за дорученням роботодавця в установленому роботодавцем порядку;
- виконання дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий, тобто дій, які не належать до трудових обов'язків працівника (подання необхідної допомоги іншому працівникові, дії щодо запобігання аваріям або рятування людей та майна підприємства, інших дій за розпорядженням або дорученням роботодавця);

- ліквідації аварії, наслідків надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру на виробничих об'єктах і транспортних засобах, що використовуються підприємством;
- надання необхідної допомоги або рятування людей, виконання дій, пов'язаних із запобіганням нещасним випадкам з іншими особами у процесі виконання трудових обов'язків;
- надання підприємством шефської допомоги;
- перебування у транспортному засобі або на його стоянці, на території вахтового селища, у тому числі під час змінного відпочинку, якщо настання нещасного випадку пов'язане з виконанням потерпілим трудових обов'язків або з впливом на нього небезпечних чи шкідливих виробничих чинників або середовища;
- прямування працівника до об'єкта (між об'єктами) обслуговування за затвердженими маршрутами, або до будь-якого об'єкта за дорученням роботодавця;
- прямування до чи з місця відрядження згідно з установленим завданням.

Нещасні випадки, пов'язані із завданням тілесних ушкоджень іншою особою, або вбивство працівника під час виконання чи у зв'язку з виконанням ним трудових посадових обов'язків чи дій в інтересах підприємства незалежно від порушення кримінальної справи також визначаються пов'язаними з виробництвом, крім випадків, що сталися з особистих мотивів.

Нещасні випадки, що сталися внаслідок раптового погіршення стану здоров'я працівника під час виконання ним трудових посадових обов'язків визначаються пов'язаними з виробництвом за умови, що погіршення стану здоров'я працівника сталося внаслідок впливу небезпечних чи шкідливих виробничих чинників, що підтверджено медичним висновком, або якщо потерпілий не проходив медичного огляду, передбаченого законодавством, а робота, що виконувалася, протипоказана потерпілому відповідно до медичного висновку про стан здоров'я.

Не визначаються пов'язаними з виробництвом нещасні випадки, що сталися з працівниками:

- за місцем постійного проживання на території польових і вахтових селищ;
- під час використання ними в особистих цілях транспортних засобів, машин, механізмів, устаткування, інструментів, що належать, або використовуються підприємством (крім випадків, що сталися внаслідок їх несправності);
- унаслідок отруєння алкоголем, наркотичними засобами, токсичними чи отруйними речовинами, а також унаслідок їх дії (асфіксія, інсульт, зупинка серця тощо), за наявності відповідного медичного висновку, якщо це не пов'язане із застосуванням таких речовин у виробничих процесах чи порушення вимог безпеки, щодо їх зберігання і транспортування або якщо потерпілий, який перебував у стані алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння, до нещасного випадку був відсторонений від роботи відповідно до вимог правил внутрішнього трудового розпорядку підприємства або колективного договору;
- у разі підтвердження відповідним медичним висновком алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння, не зумовленого виробничим процесом, яке стало основною причиною нещасного випадку за відсутності технічних та організаційних причин його настання;
- під час скоєння ними злочину, що встановлено обвинувальним вироком суду;
- у разі смерті або самогубства (крім випадків, зазначених вище).

Всю систему нагляду і контролю з охорони праці, передбачену чинним законодавством, умовно можна розділити на:

- державний нагляд;
- відомчий, адміністративний нагляд;
- громадський контроль.

Додержання законодавства про працю контролюють місцеві ради та їх виконавчі і розпорядчі органи. На міністерства і відомства покладено внутрішньовідомчий контроль у підпорядкованих їм підприємствах, установах, організаціях. Адміністративний контроль покладено на роботодавців.

Найвищий нагляд і контроль за обов'язковим і однаковим виконанням законів і нормативів з охорони праці здійснює Генеральна прокуратура України та підпорядковані їй прокурори на місцях.

Перевірки поділяються на:

- планові;
- позапланові.

Планові перевірки встановлюються структурним підрозділом з урахуванням специфічних особливостей, стану охорони праці та промислової безпеки на конкретних підприємствах, об'єктах. Періодичність проведення планових перевірок встановлюється в залежності від характеру економічної діяльності цих суб'єктів, їх кількості та навантаження на посадову особу структурного підрозділу.

З урахуванням значення прийнятного ризику всі суб'єкти господарювання, що підлягають нагляду і контролю, належать до одного з трьох ступенів ризику:

- високого;
- середнього;
- незначного.

Залежно від ступеня ризику органом державного нагляду контролю визначається періодичність проведення планових заходів державного нагляду контролю. Критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності і визначається періодичність проведення планових заходів, затверджуються Кабінетом Міністрів України за поданням органу державного нагляду контролю.

Забороняється проведення планових заходів державного нагляду контролю щодо одного суб'єкта господарювання протягом календарного року окремо різними органами державного нагляду контролю, за винятком випадків, передбачених актами законодавства.

Позапланові перевірки проводяться у разі:

- росту виробничого травматизму;
- допущення аварії або групового чи смертельного нещасного випадку;
- надходження скарги;
- невиконання роботодавцем вимог раніше виданого припису;
- ненадходження інформації щодо усунення недоліків, вказаних у приписі.

Позапланові перевірки проводяться за наказом територіального управління або Держнаглядохоронпраці України.

Планові та позапланові перевірки, в залежності від їх мети та завдань, поділяються на:

- оперативні;
- цільові;
- комплексні.

Оперативна перевірка - це перевірка стану охорони праці; організації робіт з безпеки праці; контролю достовірності наданої роботодавцем інформації про усунення порушень нормативних актів з питань охорони праці, зазначених у раніше виданих приписах, щодо прийняття рішення про поновлення експлуатації тимчасово зупиненого об'єкта; здійснення нагляду за об'єктами, що будуються, та участі в роботі комісій з прийняття їх в експлуатацію тощо.

Оперативні перевірки проводяться посадовою особою

Держнагляд охорони праці України протягом, як правило, 1-2 робочих днів у різні зміни, у тому числі у вихідні та святкові дні.

Цільова перевірка - це перевірка з метою поглибленого вивчення конкретних питань з охорони праці відповідних виробничих підрозділів і служб. Цільові перевірки проводяться посадовою особою, або комісією тривалістю до 5 робочих днів. Результат оперативної, цільової перевірки оформлюється актом перевірки.

Комплексна перевірка - це всебічна і детальна перевірка безпеки праці, функціонування системи управління охороною праці, технічного стану обладнання, що експлуатується, безпечного ведення робіт на підприємствах (об'єктах), в установах, організаціях, в адміністративному районі, місті тощо. Тривалість комплексної перевірки встановлюється, як правило, до 10 робочих днів.

У випадку специфічних особливостей виробництва підвищеної небезпеки, значної кількості технологічних процесів, кількості робочих місць з важкими та шкідливими умовами праці, чисельності працівників, а також складності використовуваного обладнання, устаткування, машин, механізмів, різновидностей використовуваної сировини, енергоносіїв тощо тривалість комплексної перевірки може бути продовжено до 15 робочих днів. Результат комплексної перевірки оформлюється актом перевірки.

Результат комплексної перевірки підприємств, об'єктів, адміністративного району, міста тощо розглядається на засіданні відповідної Ради з питань безпечної життєдіяльності населення (за згодою) або Ради територіального управління за участю членів комісії, представників організацій, які брали участь в перевірці, керівників і посадових осіб підприємств, організацій, установ із заслуховуванням роботодавців окремих підприємств, де встановлено незадовільний стан охорони праці та низький рівень профілактичної роботи. Результати комплексної перевірки окремого підприємства (об'єкта), у разі необхідності, розглядаються на Раді територіального управління з заслуховуванням звіту роботодавця з цих питань.

Рішення про проведення і тривалість цільової чи комплексної перевірки та про склад комісії приймається відповідним територіальним органом Держнаглядодохоронпраці України. Склад комісії у кожному конкретному випадку визначається з урахуванням специфічних особливостей підприємств (об'єктів) та завдань перевірки. До складу комісії включаються державні інспектори різних видів нагляду. Це оформлюється наказом відповідного структурного підрозділу Держнаглядодохоронпраці України. До складу комісії можуть включатися (за їх згодою) представники центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України, галузевих профспілок, регіональних профоб'єднань та інших організацій.

Письмове повідомлення про проведення планової комплексної перевірки (планової цільової перевірки, що проводить комісія) надсилається роботодавцю, місцевим державним адміністраціям (органам місцевого самоврядування) за 30 робочих днів до початку перевірки.

За необхідності, результати перевірок висвітлюються в засобах масової інформації та друкуються в інформаційних листках.

5.3 Завдання страхування від нещасного випадку. Принципи та види страхування.

Всі питання страхування від нещасного випадку регламентовані Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».

Завданнями страхування від нещасного випадку є:

- проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози здоров'ю застрахованих, викликаним умовами праці;

- відновлення здоров'я та працездатності потерпілих на виробництві від нещасних випадків, або професійних захворювань;
- відшкодування шкоди, пов'язаної з втратою застрахованими особами заробітної плати, або відповідної її частини під час виконання трудових обов'язків, надання їм соціальних послуг у зв'язку з ушкодженням здоров'я, а також у разі їх смерті здійснення страхових виплат непрацездатним членам їх сімей.

Страхування від нещасного випадку є самостійним видом загальнообов'язкового державного соціального страхування, за допомогою якого здійснюється соціальний захист, охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності.

Дія цього Закону поширюється на осіб, які працюють за умовами трудового договору (контракту) на підприємствах, в установах, організаціях, незалежно від їх форм власності та господарювання, на фізичних осіб, і на осіб, які забезпечують себе роботою самостійно, та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності.

Держава гарантує усім застрахованим громадянам забезпечення прав у страхуванні від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання.

Законодавство про страхування від нещасного випадку складається із: Основ законодавства України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про охорону праці" та інших нормативно-правових актів.

Якщо міжнародним договором України, згода на обов'язковість якого надана Верховною Радою України, встановлено інші норми, ніж ті, що передбачені законодавством про страхування від нещасного випадку, то застосовуються норми міжнародного договору.

Принципи та види страхування

Основними принципами страхування від нещасного випадку є:

- паритетність держави, представників застрахованих осіб та роботодавців в управлінні страхуванням від нещасного випадку;
- своєчасне та повне відшкодування шкоди страховиком;
- обов'язковість страхування від нещасного випадку осіб, які працюють за умовами трудового договору (контракту) та інших підставах, передбачених законодавством про працю, а також добровільність такого страхування для осіб, які забезпечують себе роботою самостійно, та громадян – суб'єктів підприємницької діяльності;
- надання державних гарантій реалізації застрахованим громадянам своїх прав;
- обов'язковість сплати страхувальником страхових внесків;
- формування та витрачання страхових коштів на солідарній основі;
- диференціювання страхового тарифу з урахуванням умов і стану безпеки праці, виробничого травматизму та професійної захворюваності на кожному підприємстві;
- економічна заінтересованість суб'єктів страхування в поліпшенні умов і безпеки праці;

Враховуючи різноманіття об'єктів, що підлягають страхуванню, відмінності в обсязі страхової відповідальності і категоріях страхувальників, всю сукупність відносин страхування можна поділити на п'ять наступних галузей:

1. майнове страхування;
2. соціальне страхування;
3. особисте страхування;
4. страхування відповідальності;
5. страхування підприємницьких ризиків.

Об'єктами майнового страхування є матеріальні цінності; соціального страхування — рівень добробуту громадян; особистого страхування — життя, працездатність і здоров'я громадян.

5.4 Підвищення стійкості роботи об'єктів приладобудівної промисловості у воєнний час

Дослідження стійкості роботи об'єкту — це всебічне вивчення обстановки, яка може скластися під час надзвичайної ситуації та визначення її впливу на виробничу діяльність підприємства. Мета дослідження полягає в тому, щоб виявити слабкі місця в роботі об'єкта та виробити найбільш ефективні пропозиції, спрямовані на підвищення його стійкості.

Стійкість роботи промислового об'єкту - здатність його в умовах надзвичайного стану, або у воєнний час (НС) виробляти продукцію у запланованому обсязі та номенклатурі, а при отриманні слабких та середніх руйнувань або порушень зв'язків з кооперації та поставок - відновлювати виробництво у мінімальні терміни.

Стійка робота об'єктів досягається:

- підвищенням надійності роботи та створенням дублюючих джерел енерго- газо- та водопостачання, а також створенням запасів сировини, палива, комплектуючих деталей, обладнання та матеріалів;
- вдосконаленням технологічних процесів виробництва, забезпеченням автоматичного відключення при виході з ладу установок;
- будівництвом та обладнанням сховищ на підприємствах для робітників та службовців (для цього можуть бути використані шахти та інші виробітки);
- підготовкою в замській зоні баз для розміщення науково-дослідних, конструкторських відділів та інших невиробничих підрозділів об'єкта;
- створенням на об'єктах захисних споруд для пунктів керування;
- постійною готовністю аварійно-рятувальних формувань до проведення рятувальних та невідкладних аварійних робіт;
- проведенням організаційних та інженерно-технічних заходів щодо підготовки об'єкта до особливого режиму роботи.

Підвищення стійкості роботи об'єкта господарської діяльності (ОГД) у НС досягається передчасним дослідженням його стійкості та проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, що

забезпечують максимальне зниження впливу вражаючих факторів НС, в тому числі зброї масового ураження, та створення умов для швидкої ліквідації їх наслідків. Дослідження стійкості роботи ОГД складається з всебічного вивчення умов, які можуть виникнути у НС, з визначенням їх впливу на виробничу діяльність та життєзабезпеченість робітників та службовців.

Мета дослідження полягає у виявленні уразливих місць в роботі об'єкту у НС та у розробленні ефективних рекомендацій, які спрямовані на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості здійснюється силами інженерно-технічного персоналу ОГД із залученням фахівців науково-дослідницьких та проектних організацій, що співпрацюють з даним підприємством. Організовує та очолює дослідження керівник підприємства - начальник цивільної охорони об'єкту.

5.5 Забезпечення захисту населення та персоналу об'єктів приладобудування від впливу іонізуючих випромінювань

Іонізуюча радіація є найважливішим елементом навколишнього середовища і постійно здійснює свій вплив на стан біосфери, включаючи людину. Її властивості і біологічна активність залежать від інтенсивності випромінювання, що стало особливо наглядним з розвитком науково-технічного прогресу, який наклав відбиток на всі сфери діяльності і життя людей. Внаслідок забруднення повітря, води і ґрунту радіоактивними речовинами збільшилось опромінення людей.

Сьогодні, як ніколи, людині дуже важливо мати чітке уявлення про іонізуючі випромінювання та основні заходи профілактики при повсякденній роботі або дії в надзвичайних ситуаціях, що пов'язані з радіоактивністю.

Іонізуючі випромінювання застосовують в машино- та приладобудуванні для автоматичного контролю технологічних операцій і керування ними, визначення зносу деталей, якості зварних швів, структури металу і ін. Робота з радіоактивними речовинами і джерелами іонізуючих випромінювань являє потенційну загрозу здоров'ю і життю людей, які приймають участь в їх використанні.

Іонізація живої тканини викликає розрив молекулярних зв'язків і зміну хімічної структури різних сполук. Зміни в хімічному складі значної кількості молекул викликають загибель клітин. Під впливом випромінювання у живій тканині утворюються нові хімічні з'єднання, не властиві здоровій тканині. У результаті змін, які відбулися, порушується нормальний хід біологічних процесів і обміну речовин. Під впливом іонізуючих випромінювань в організмі функції кровотворних органів можуть загальмуватись, порушується нормальне скипання крові і збільшується крихкість кровоносних судин, розладнується діяльність шлунково-кишкового тракту, організм виснажується, знижується його опір інфекційним захворюванням.

Під час роботи з радіоактивними речовинами інтенсивному опроміненню можуть піддаватись руки, ураження шкіри яких може бути хронічним або гострим. Гірші ознаки хронічного ураження виявляються не відразу після початку роботи. Вони проявляються сухістю шкіри, тріщинами на ній, покриттям її виразками, ламкістю нігтів і випаданням волосся. При гострому променевому опіку кистей рук спостерігається набряк, пухирі і омертвіння тканини. Можуть з'являтися також променеві виразки, які довго не заживають. На місці утворення виразок можливі ракові захворювання. Жорсткі рентгенівські і гама-промені можуть спричинити смерть, не викликавши при зовнішньому опроміненні зміни шкірного покриття. Альфа- і бета- частинки, маючи незначну проникну здатність, викликають при зовнішньому опроміненні лише шкірні ураження. Внутрішнє опромінення відбувається тоді, коли радіоактивні речовини потрапляють всередину організму при вдиханні повітря, забрудненого радіоактивними елементами, через травний тракт (під час їжі, пиття забрудненої води, паління) і рідко через шкіру. При попаданні радіоактивної речовини всередину організму людина піддається безперервному опроміненню доти, поки радіоактивна речовина не розкладеться повністю або не виведеться з організму в результаті фізіологічного обміну. Це опромінення дуже небезпечне, бо спричиняє виразки, які довго не заживають і уражають різні органи.

Безпека працюючих з радіоактивними речовинами здійснюється шляхом:

- встановлення гранично допустимих доз опромінення різними видами іонізуючих випромінювань;
- застосування захисту часом, відстанню;
- проведення загальних заходів захисту;
- використання засобів індивідуального захисту.

Велике значення має використання приладів індивідуального загального контролю для визначення інтенсивності радіоактивного випромінювання. Приміщення, які відводяться для роботи з радіоактивними ізотопами, повинні бути окремими, ізольованими від інших приміщень і спеціально обладнаними. У приміщенні обов'язковим є пристрій припливно-витяжної вентиляції з не менш ніж п'ятикратним обміном повітря.

Утримання приміщень в чистоті, а устаткування в повній справності є основною вимогою. При несправності устаткування його експлуатацію необхідно негайно припинити.

Для захисту від гама-випромінювань застосовують матеріали з більшою атомною масою і великою густиною (свинець, вольфрам та ін).

Часто використовують більш легкі матеріали, але менш дефіцитні і дешевші (сталь, чавун, сплави міді). Стаціонарні екрани, які є частиною будівельних конструкцій, доцільно виготовляти із бетону і барибетону.

Необхідно періодично проводити контроль захисту при допомозі дозиметричних приладів, оскільки з часом вони можуть частково втратити свої захисні властивості.

5.6 Висновок

Аналіз останніх досліджень показує, що на сьогодні в Україні стан охорони праці залишається незадовільним. Щорічно на виробництві травмується близько 50 тис. чоловік, з них 1,5 тис. гинуть, понад 3,5 тис. отримують професійні захворювання.

Проблема виробничого травматизму, ймовірність травматизму та професійних захворювань у 5–8 разів вища, ніж в інших промислово розвинутих країнах ЄС.

В даному розділі розглянуто такі важливі питання як: підвищення стійкості роботи об'єктів приладобудівної промисловості у воєнний час, та забезпечення захисту населення та персоналу об'єктів приладобудування від впливу іонізуючих випромінювань. Відповідно до отриманої інформації було сформульовано основні правила, яких людина повинна дотримуватись для створення безпечних умов праці на виробництві.

В розробленому стенді для підвищення надійності роботи було вирішено, розробити спеціальний корпус, який захищає основні виконавчі елементи такі як: серводвигун, кроковий двигун, еталонний енкодер. Використовувати спеціальні опори (стійки) які дозволяють зменшити вплив віброударів, які можуть утворюватись під час настання надзвичайних ситуацій

Також при виході стенду з ладу, або при несправності роботи окремих вузлів, в розробленому електронному блоці керування передбачено спеціальний режим аварійного вимкнення, який дозволяє вимкнути живлення усіх периферійних пристроїв в разі настання надзвичайної ситуації.

6 ЕКОЛОГІЯ

В даному розділі розглядаються такі важливі питання як:

- забруднення, які виникають на ділянках пайки та лудження методи їх знешкодження;
- роль матеріалу та ресурсозбереження у вирішенні екологічних проблем.

6.1 Забруднення, які виникають на ділянках пайки та лудження методи їх знешкодження

Нині майже усі електромонтажні з'єднання радіоелектронної апаратури здійснюються пайкою.

Технологічний процес пайки включає випалювання ізоляції і лудіння.

При виконанні пайки на працюючих можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:

- запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- наявність інфрачервоних випромінювань від розплавленого припою у ванні або від паяльника;
- наявність електромагнітного випромінювання високої частоти;
- дія ультразвуку на організм монтажника при пайці хвилиною, яка утворюється за рахунок дії ультразвуку на розплавлений припій ;
- дія електричного заряду;
- незадовільна освітленість робочих місць або підвищена яскравість;
- незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні;
- дія бризок і крапель розплавленого припою;
- враження електричним струмом;

Операції пайки лудіння і випалення ізоляції супроводжується забрудненням повітряного середовища. В приміщеннях повітря забруднюється парами свинцю, олова, сурми, інших елементів, що входять до складу припою, парами канифолі і різних рідин, вживаних до флюсу, змиву і розчиненням різних лаків, які застосовуються для покриття друкованих плат, а також парами соляної кислоти, газами (оксиді вуглецю ,вуглеводнів) і т.д.

Пари, потрапляючи в атмосферу цеху конденсуються і перетворюються в

аерозоль такої конденсації, частки якої за своєю дисперсністю наближаються до димів.

Знаходячись в запиленій атмосфері виробники піддаються дії пилу і парів шкідливих речовин, які осідають на поверхні шкірного покриву, потрапляють на слизову оболонку порожнини роту, очей, верхніх дихальних шляхів, а із слиною потрапляють в травний тракт, і вдихаються в легені. Разом із забрудненням повітряного середовища забруднюються робочі поверхні і одяг.

Особливо шкідливі при пайці олов'яно–свинцевими припоєм є пари свинцю. Свинець і його сполуки є дуже отруйні. Частини свинцю, що потрапили в організм, виводиться через кишківник та нирки, а частини затримуються в кістковій речовині, м'язах, мозку, печінці.

За несприятливих умов свинець починає циркулювати в крові, викликаючи явища свинцевого отруєння. Свинець викликає зміни у складі крові, вражає нервову систему, нирки і печінку.

Властивість свинцю накопичуватись в організмі призводить до хронічного отруєння при систематичному надходженні в організм навіть в малих кількостях. Для запобігання гострим і професійним захворюванням вміст свиню в повітряних середовищах не повинен перевищувати гранично допустимої концентрації – $0,01\text{мг/м}^3$.

Враховуючи шкідливість компонентів, що входять до складу припоїв і флюсів для досягнення сприятливих умов праці необхідно провести комплекс заходів, що зменшать вплив отруйних речовин на організм людини. Необхідно виконувати наступні заходи, а саме:

- максимальна механізація операцій з обробки матеріалів, які містять свинець;
- герметизація джерел виникнення свинцю;
- зволоження матеріалів, що виділяють пил;
- обладнання виробничих зон раціональною витяжною вентиляцією,
- механічна очистка робочих приміщень від пилу;
- ділянки, на яких зосереджують операції пайки, виділяють в окремі

приміщенні;

Найбільш ефективним профілактичним заходом є заміна свиню на виробництві іншим нетоксичними речовинами.

Експлуатація ділянок пайки, необладнаних витяжною вентиляцією забороняється. Вентиляційні установки повинні вмикатись до початку робіт і вимикатись після їх закінчення. Дані норми прописані в законі України «Про охорону праці».

В розробленому стенді перевірки еncoderів використовується електронний блок керування, в якому є плата.

В процесі напайки електронної плати для зменшення впливу шкідливих парів на організм людини було вирішено використовувати припій ПОС 61, та відмовитись від використання різноманітних миючих засобів для очищення плати від флюсу.

Операції пайки вирішено проводити в окремих приміщеннях із вбудованими витяжками. Процес пайки виконується за допомогою паяльної станції яка в собі містить паяльник та фен призначений для витяжки шкідливих парів які утворюються під час пайки.

6.2 Роль матеріало та ресурсозбереження у вирішенні екологічних проблем

На сучасному етапі розвитку людства виникають значні екологічні проблеми, причинами яких є недбале, нераціональне використання ресурсів. Рішення таких проблем, особливо актуальних для України, можливе за рахунок екологізації виробництва та переходу до збалансованого сталого розвитку та збереження ресурсів.

Ресурсозбереження — це прогресивний напрям використання природно-ресурсного потенціалу, що забезпечує економію природних ресурсів та зростання виробництва продукції при тій самій кількості використаної сировини, палива, основних і допоміжних матеріалів. Основні стратегічні напрямки ресурсозбереження можуть бути зведені до таких: комплексне використання мінерально-сировинних і паливних ресурсів, впровадження

ресурсозберігаючої техніки і технології, широке використання в галузях переробної промисловості вторинної сировини.

Подальший розвиток приладобудування. передбачається у двох головних напрямках:

перший – пов'язаний з вирішенням проблем, які пов'язанні із інформаційно обчислювальним забезпеченням;

другий – з проблемою зменшення використання електроенергії.

Отже, важливо створювати нові прилади, спроможні обробляти більшу кількість інформації, і водночас менші за розмірами, економніші у споживанні енергії, дешевші та якісніші.

В нашому випадку в блоці керування розробленого стенду використовується плата, побудована на мікроконтролері. Мікроконтролер це універсальна мікросхема, яка містить в собі багато елементів радіоелектронної техніки, а саме резисторів, конденсаторів, діодів, транзисторів, які необхідно було б використати для побудови такої плати. Використання одної універсальної мікросхеми дозволяє зекономити як фізичні ресурси, так і час, який би був необхідний для напайки усіх радіо компонентів. Дане рішення дозволяє в свою чергу зменшити габарити самої плати, що в свою чергу зменшує вартість виготовлення плати.

6.3 Висновок

Суть даного розділу полягає в формуванні основних правил за для створення безпечного, екологічно чистого середовища для роботи людини.

Відповідно до розглянутих питань в даному розділі за для зменшення впливу шкідливих речовин (парів), які виникають під час пайки, лудіння радіо компонентів було вирішено використовувати припій який має менший вміст свинцю. Сам процес напайки радіо компонентів було вирішено виконувати за допомогою паяльної станції із вбудованим феном.

Для здешевлення плати було вирішено використовувати універсальну мікросхему мікроконтролер , який в собі містить ряд інших радіо компонентів, а саме резистори, конденсатори, транзистори, діоди.

Дане рішення позитивно впливає як на ресурсозбереження, (зменшуються габарити плати, відповідно менше затрачається текстоліту для виготовлення плати, відбувається економія ресурсів, які необхідно було б використати, щоб виготовити відповідні радіо компоненти) так і зменшується час, який необхідно було б людині витрати для напайки усіх вищеперерахованих компонентів.

ВИСНОВКИ

Важко на сьогодні уявити сучасне автоматизоване виробництво, де б не використовувались датчики кута повороту, або як їх ще називають енкодери.

Завдяки своїм можливостям енкодери набули широкого застосування в різноманітних галузях від верстатобудування до складних антенних комплексів, де їх використовують для наведення проміння антени, щоб відслідкувати рух космічних апаратів.

На сьогоднішній день існує чи мала кількість фірм які займаються розробкою та випуском енкодерів і за для здешевлення свого товару, використовують неякісні матеріали і комплектуючі, що не відповідають технічним характеристикам, або метрологічним умовам в яких вони експлуатуються, що в свою чергу безпосередньо впливає на результати вимірювання. Відповідно виникає необхідність перевірки давачів.

В процесі виконання дипломної роботи було проведено загальний огляд літератури по енкодерах та методах їх перевірки. Набуту інформацію було систематизовано та завдяки чому було розроблено модель інформаційно-вимірювального стенду для перевірки енкодерів.

Дана модель являє собою металеву станину до якої закріплено два типи датчиків, один з яких є еталонний енкодер, розроблений фірмою Papperl+Fuchs GmbH AVM58 і призначений для виконання перевірки другого енкодера, розробленого кафедрою приладів та контрольно вимірювальних систем. Процес перевірки полягає в тому, що вали еталонного та повірочного енкодерів зафіксовані в муфті і одночасно обертаються за допомогою електромеханічного приводу. Різниця показів між давачами це і є похибка вимірювання.

В структуру стенду входить кроковий двигун та серводвигун, які служать для автоматизації роботи пристрою. В процесі виконання дипломної роботи було визначено та вибрано основні виконавчі елементи пристрою, а саме кроковий двигун фірми SP-35RC-600S та серводвигун Hitec HS-7956SHR.

Виконано основні кінематичні та силові розрахунки,

Було розроблено математичну модель стенду в програмному середовищі MATLAB а саме, за допомогою математичного апарату Мережі Петрі.

Досліджено принцип роботи стенду, та визначено тривалість повірочних процесів в цілому. Також розроблено радіо-електрону плату, побудовану на основі мікроконтролера фірми Atmel, ATxmega64A3 з допомогою якої відбувається керування усіма периферійними пристроями.

Виконано економічне обґрунтування розробки стенду, відповідно до якої розробка матиме оптимальну економічну ефективність 0,2980 і термін окупності становитиме більше трьох років (3,355 роки).

Проведено загальний аналіз заходів, які потрібно виконати для підвищення стійкості роботи приладу, та зменшення впливу іонізуючого випромінювання.

Розглянуто як впливають на здоров'я людини забруднення, що виникають на ділянках пайки та лудження, та визначено ряд заходів, які необхідно виконати для забезпечення безпечного екологічно чистого середовища, де б людина могла працювати.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бурштинський М.В., Хай М.В., Харчишин Б.М. Давачі / М.В. Бурштинський, М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн. – Львів: ТЗОВ „Простір М”, 2014. – 202 с.
2. Інтелектуальні оптоелектронні сенсори кута: схемотехнічні та програмно-алгоритмічні методи синтезу: Монографія / М.І. Паламар, А. В. Чайковський; ТНТУ ім. І. Пулюя. – Тернопіль: вид-во "Джура", 2015. – 144 с. ISBN 978-966-185-123-7.
3. Енкодери і вимірювальні системи [Сайт]-
<http://www.servotechnica.ru/catalog/type/index.pl?id=118> (Дата звернення 12.12.2019)
4. Богданович В. Б., Свечников С. В., Ушенин Ю. В. и др. Фотоэлектрический преобразователь перемещений в код. Патент РФ № 2043698.
5. Жданкин В.К. Поворотные шифраторы фирмы Pepperl+Fuchs// Современные технологии автоматизации. — 2001. —№1.
6. Жданкин В.К. Поворотные шифраторы: основные типы и некоторые особенности применения// Современные технологии автоматизации. — 2001. — № 2.
7. Свечников С. В., Ушенин Ю.В., Богданович В.Б. и др. Многоэлементный фотоприемник для преобразователей линейных и угловых перемещений в код. Авторское свидетельство № 1571759 на изобретение.
8. ADDICOUNT APCI/CPCI 1710, Synchronous Serial Interface, Technical documentation, second edition. — Ottersweier: ADD-IDATA GmbH Mess und Steuerungstechnik, 1999.
9. Стеценко І.В., Бойко О.В. Технологія імітаційного моделювання систем управління засобами сіток Петрі // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси, 2006.

10. Стеценко І.В., Бойко О.В. Система імітаційного моделювання засобами сіток Петрі // Математичні машини і системи – Київ, 2009.
11. Зайцев Д.А. Математичні моделі дискретних систем: Навчальний посібник // Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004.
12. Вибір серводвигуна [Сайт] - <https://radiomodel.in.ua/budova-ta-printsip-roboti-servoprivodu/> (Дата звернення 12.12.2019).
13. Мікроконтролер Atmel, ATxmega64A3 [Сайт] - <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATXMEGA64A3> (Дата звернення 12.12.2019).
14. Мікроконтролер Atmel, ATxmega64A3 [Сайт] – <https://ru.mouser.com/ProductDetail/Microchip-Technology-Atmel/ATXMEGA64A3-AU?qs=iKytVS9glgYO%252Bjn7yBgv%252BQ==> (Дата звернення 12.12.2019).
15. Драйвер крокового двигуна ТА 8435 [Сайт] - http://www.radioradar.net/datasheet_search/T/A/8/TA8435_Toshiba.pdf.html (Дата звернення 13.12.2019).

ДОДАТОК А

(Код програми математичної моделі)

```
clear all
%генерування випадкових чисел за заданим законом
N=6;
M1=120;
D1=20;
t1=normrnd(M1, D1, 1, N);

M2=20;
D2=10;
t2=normrnd(M2, D2, 1, N);

M3=10;
D3=5;
t3=normrnd(M3, D3, 1, N);

M4=5;
D4=2;
t4=normrnd(M4, D4, 1, N);

q=rand(1, N);

%функції густини розподілу
x=[0:.1:30];
f1=normpdf(x, M1, D1);
f2=normpdf(x, M2, D2);
f3=normpdf(x, M3, D3);
f4=normpdf(x, M4, D4);

plot(x, f1, x, f2, x, f3, x, f4)
grid
```

```

%позиції P0 P1 P2 P4 P5
k=100;
tt=0;
s1=0;
s2=0;
i1=1;
i2=0;
for i=1:N
    T(i)=t1(i)+t2(i)+t3(i)+t4(i);
    Ni(i)=N-i+1;
        if ((q(i)>=.3)&(i==1))
            s1=1;
        end
        if ((q(i)>=.3)&(i>1))
            s1=s1+1;
        end

        if ((q(i)<.3)&(i==1))
            s2=1;
        end
        if ((q(i)<.3)&(i>1))
            s2=s2+1;
        end
    end
    p4(i)=s1;
    p5(i)=s2;
    tt=tt+T(i);
    t(i)=tt;
    tii=[0:T(i)/50:T(i)];
    n=length(tii);
    i2=i2+n;

    p1(i1:i2)=0;
    p2(i1:i2)=0;
    for j=1:n
        if (tii(j)>=t1(i))&&(tii(j)<(t2(i)+t1(i)))
            p1(j)=1;
        end
        if
(tii(j)>=(t1(i)+t2(i)))&&(tii(j)<(t2(i)+t3(i)+t(1)))
            p2(j)=1;
        end
    end

end

```

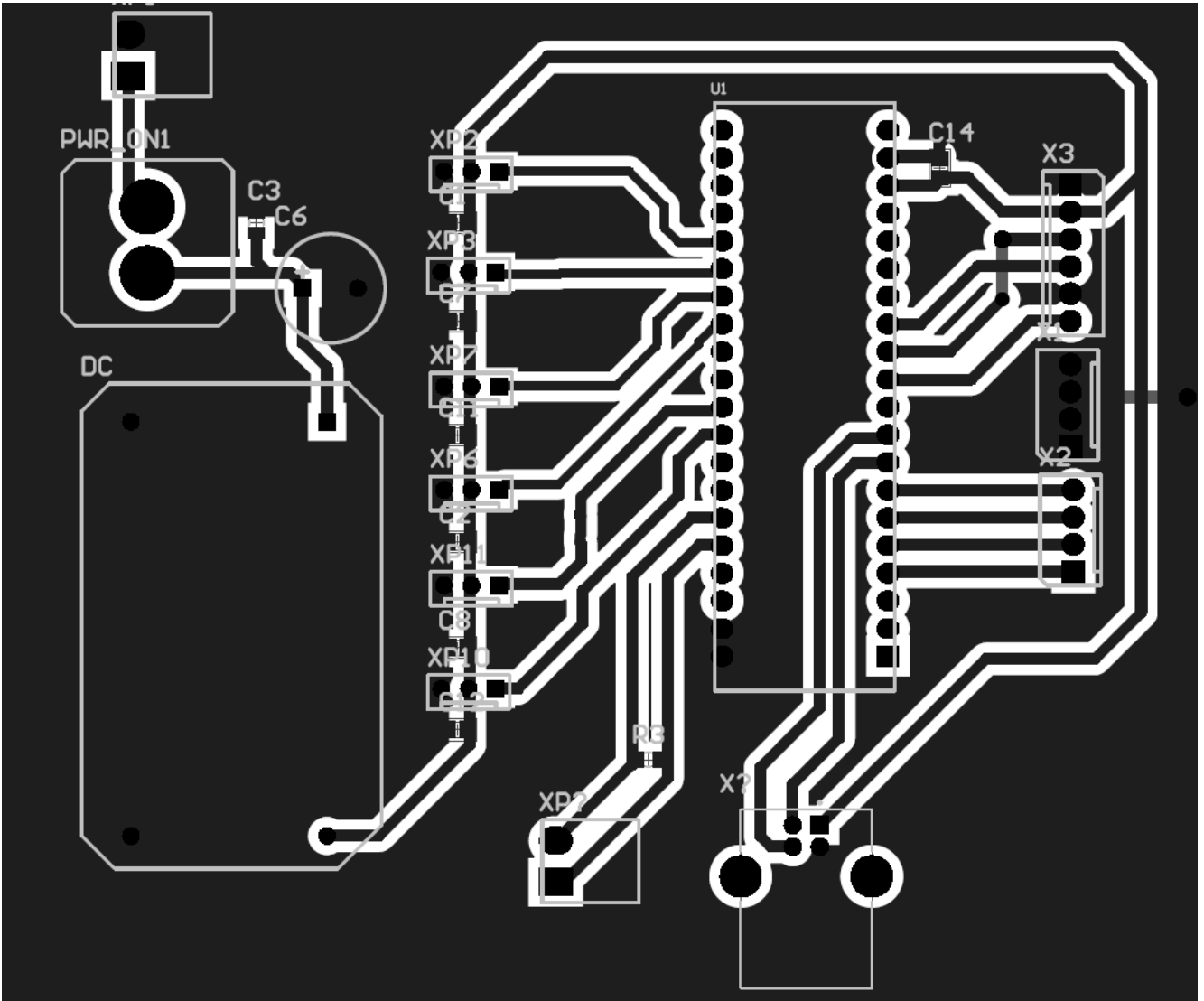
```

    P1(i1:i2)=p1(1:n);
    P2(i1:i2)=p2(1:n);
    i1=i2+1;
end
nP1=length(P1);
nP2=length(P2);
figure
ti=[0:t(N)/k:t(N)];
Ni1=interp1(t,Ni,ti,'nearest');
p11=interp1((1:nP1),P1,ti,'nearest');
p21=interp1((1:nP2),P2,ti,'nearest');
p41=interp1(t,p4,ti,'nearest');
p51=interp1(t,p5,ti,'nearest');

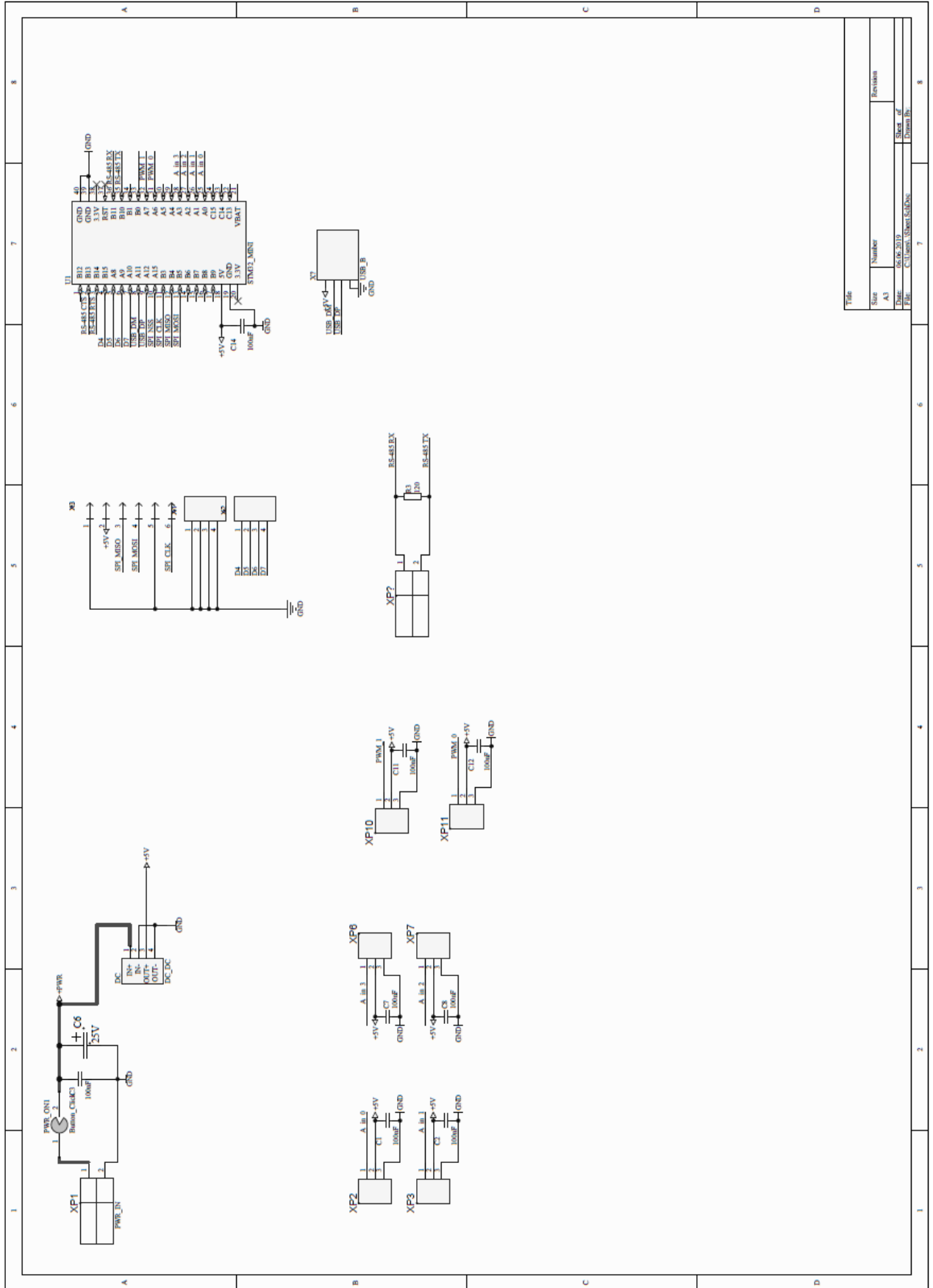
subplot(5,1,1)
stem(ti,Ni1,'o')
grid
subplot(5,1,2)
stem(ti,p11,'o')
grid
subplot(5,1,3)
stem(ti,p21,'o')
grid
subplot(5,1,4)
stem(ti,p41,'o')
grid
subplot(5,1,5)
stem(ti,p51,'o')
grid

```

ДОДАТОК Б
(Розводку радіо-електронної плати)



ДОДАТОК В (Принципову схема)



Title		Revision	
Size	Number		
A3			
File	Sheet 2 of 2	Sheet 2	
File	C:\Users\... \Sheet 2.Dwg	Sheet 2	

ДОДАТОК Г

(Код програми)

```

/* Includes -----*/
#include "main.h"
#include "usb_device.h"
#define SDRAM_ADDR ((uint32_t)0xD0000000)
// SDRAM bank 2 FMC address

/* double buffering (RGB888 frame buffer) */
#define FRAMEBUFFER_SIZE (DISPLAY_WIDTH * DISPLAY_HEIGHT
* 3)
#define FRAMEBUFFER1_ADDR (SDRAM_ADDR)
// frame buffer 1 address (external RAM)
#define FRAMEBUFFER2_ADDR (SDRAM_ADDR + FRAMEBUFFER_SIZE)
// frame buffer 2 address (external RAM)

enum framebuffer
{
    FRAMEBUFFER1, FRAMEBUFFER2
};

/* USER CODE END PD */

/* Private macro -----*/
/* USER CODE BEGIN PM */

/* USER CODE END PM */

/* Private variables -----*/
ADC_HandleTypeDef hadc1;

SPI_HandleTypeDef hspi1;

TIM_HandleTypeDef htim3;

UART_HandleTypeDef huart3;

/* USER CODE BEGIN PV */

/* USER CODE END PV */

/* Private function prototypes -----*/
void SystemClock_Config(void);
static void MX_GPIO_Init(void);
static void MX_ADC1_Init(void);
static void MX_SPI1_Init(void);
static void MX_TIM3_Init(void);
static void MX_USART3_UART_Init(void);

```

```

void LCD(void);
/* USER CODE BEGIN PFP */

/* USER CODE END PFP */

/* Private user code -----*/
/* USER CODE BEGIN 0 */
void LTDC_init(void)
{
    /* initialize SDRAM */
    SDRAM_init();

    /* fill framebuffers with black */
    for (int i = 0 ; i < DISPLAY_WIDTH * DISPLAY_HEIGHT * 3 ; i++)
        ((int8_t*)FRAMEBUFFER1_ADDR)[i] = 0x00;
    for (int i = 0 ; i < DISPLAY_WIDTH * DISPLAY_HEIGHT * 3 ; i++)
        ((int8_t*)FRAMEBUFFER2_ADDR)[i] = 0x00;

    /* LTDC initialization code */
    /* ..... */

    /* layer1 initialization code */
    /* ..... */
    LTDC_Layer1->CFBAR = FRAMEBUFFER1_ADDR;    // frame buffer 1 is the front
buffer
    active = FRAMEBUFFER1;

    /* other LTDC initialization code */
    /* ..... */
}

void LTDC_switch_framebuffer(void)
{
    if (active == FRAMEBUFFER1)
    {
        LTDC_Layer1->CFBAR = FRAMEBUFFER2_ADDR;
        active = FRAMEBUFFER2;
    }
    else
    {
        LTDC_Layer1->CFBAR = FRAMEBUFFER1_ADDR;
        active = FRAMEBUFFER1;
    }
    LTDC->SRCR = LTDC_SRCR_VBR;                // reload shadow registers on
vertical blank
    while ((LTDC->CDSR & LTDC_CDSR_VSYNCS) == 0) // wait for reload
        ;
}

void LCD(void)
{

```



```

        uint32_t tmp = (LCD_DATA_PORT->ODR & 0xfe00);
        SET_LCD_RDS;
        LCD_DATA_PORT->ODR = tmp | ((pixdata >> 9) & 0x01ff);
        RESET_LCD_WR;
        SET_LCD_WR;

        LCD_DATA_PORT->ODR = tmp | (pixdata & 0x01ff);
        RESET_LCD_WR;
        SET_LCD_WR;
    }

void Servo_Control(void)
{
    HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,GPIO_PIN_12,GPIO_PIN_SET);
    htim2.Instance ->CCR1 = 25;
    HAL_Delay(200);
}
/* USER CODE END 0 */

int main(void)
{
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    /* Initialize all configured peripherals */
    MX_GPIO_Init();
    MX_ADC1_Init();
    MX_SPI1_Init();
    MX_TIM3_Init();
    MX_USART3_UART_Init();
    MX_USB_DEVICE_Init();
    LTDC_init();
    /* Infinite loop */
    /* USER CODE BEGIN WHILE */
    while (1)
    {
        LCD();
        Servo_Control();
        Check();
    }
}

void SystemClock_Config(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct = {0};
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct = {0};
    RCC_PeriphCLKInitTypeDef PeriphClkInit = {0};

```

```

/** Initializes the CPU, AHB and APB busses clocks
*/
RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSI;
RCC_OscInitStruct.HSIState = RCC_HSI_ON;
RCC_OscInitStruct.HSICalibrationValue = RCC_HSICALIBRATION_DEFAULT;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSI_DIV2;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLMUL = RCC_PLL_MUL2;
if (HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
/** Initializes the CPU, AHB and APB busses clocks
*/
RCC_ClkInitStruct.ClockType = RCC_CLOCKTYPE_HCLK|RCC_CLOCKTYPE_SYSCLK
                              |RCC_CLOCKTYPE_PCLK1|RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV1;
RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;
RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;

if (HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_0) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
PeriphClkInit.PeriphClockSelection = RCC_PERIPHCLK_ADC|RCC_PERIPHCLK_USB;
PeriphClkInit.AdcClockSelection = RCC_ADCPCLK2_DIV2;
PeriphClkInit.UsbClockSelection = RCC_USBCLKSOURCE_PLL;
if (HAL_RCCEx_PeriphCLKConfig(&PeriphClkInit) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
}

/**
 * @brief ADC1 Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_ADC1_Init(void)
{
    /* USER CODE BEGIN ADC1_Init 0 */

    /* USER CODE END ADC1_Init 0 */

    ADC_ChannelConfTypeDef sConfig = {0};

```

```

/* USER CODE BEGIN ADC1_Init 1 */

/* USER CODE END ADC1_Init 1 */
/** Common config
*/
hadcl.Instance = ADC1;
hadcl.Init.ScanConvMode = ADC_SCAN_DISABLE;
hadcl.Init.ContinuousConvMode = DISABLE;
hadcl.Init.DiscontinuousConvMode = DISABLE;
hadcl.Init.ExternalTrigConv = ADC_SOFTWARE_START;
hadcl.Init.DataAlign = ADC_DATAALIGN_RIGHT;
hadcl.Init.NbrOfConversion = 1;
if (HAL_ADC_Init(&hadcl) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
/** Configure Regular Channel
*/
sConfig.Channel = ADC_CHANNEL_0;
sConfig.Rank = ADC_REGULAR_RANK_1;
sConfig.SamplingTime = ADC_SAMPLETIME_1CYCLE_5;
if (HAL_ADC_ConfigChannel(&hadcl, &sConfig) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
/* USER CODE BEGIN ADC1_Init 2 */

/* USER CODE END ADC1_Init 2 */

}

/**
 * @brief SPI1 Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_SPI1_Init(void)
{
    /* USER CODE BEGIN SPI1_Init 0 */

    /* USER CODE END SPI1_Init 0 */

    /* USER CODE BEGIN SPI1_Init 1 */

    /* USER CODE END SPI1_Init 1 */
    /* SPI1 parameter configuration*/

```

```

hspi1.Instance = SPI1;
hspi1.Init.Mode = SPI_MODE_MASTER;
hspi1.Init.Direction = SPI_DIRECTION_2LINES;
hspi1.Init.DataSize = SPI_DATASIZE_8BIT;
hspi1.Init.CLKPolarity = SPI_POLARITY_LOW;
hspi1.Init.CLKPhase = SPI_PHASE_1EDGE;
hspi1.Init.NSS = SPI_NSS_HARD_INPUT;
hspi1.Init.BaudRatePrescaler = SPI_BAUDRATEPRESCALER_2;
hspi1.Init.FirstBit = SPI_FIRSTBIT_MSB;
hspi1.Init.TIMode = SPI_TIMODE_DISABLE;
hspi1.Init.CRCCalculation = SPI_CRCCALCULATION_DISABLE;
hspi1.Init.CRCPolynomial = 10;
if (HAL_SPI_Init(&hspi1) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
/* USER CODE BEGIN SPI1_Init 2 */

/* USER CODE END SPI1_Init 2 */

}

/**
 * @brief TIM3 Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_TIM3_Init(void)
{
    /* USER CODE BEGIN TIM3_Init 0 */

    /* USER CODE END TIM3_Init 0 */

    TIM_SlaveConfigTypeDef sSlaveConfig = {0};
    TIM_MasterConfigTypeDef sMasterConfig = {0};
    TIM_OC_InitTypeDef sConfigOC = {0};

    /* USER CODE BEGIN TIM3_Init 1 */

    /* USER CODE END TIM3_Init 1 */
    htim3.Instance = TIM3;
    htim3.Init.Prescaler = 0;
    htim3.Init.CounterMode = TIM_COUNTERMODE_UP;
    htim3.Init.Period = 0;
    htim3.Init.ClockDivision = TIM_CLOCKDIVISION_DIV1;
    htim3.Init.AutoReloadPreload = TIM_AUTORELOAD_PRELOAD_DISABLE;
    if (HAL_TIM_Base_Init(&htim3) != HAL_OK)
    {
        Error_Handler();
    }
    if (HAL_TIM_PWM_Init(&htim3) != HAL_OK)
    {

```

```

    Error_Handler();
}
sSlaveConfig.SlaveMode = TIM_SLAVEMODE_EXTERNAL1;
sSlaveConfig.InputTrigger = TIM_TS_ITR0;
if (HAL_TIM_SlaveConfigSynchronization(&htim3, &sSlaveConfig) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
sMasterConfig.MasterOutputTrigger = TIM_TRGO_RESET;
sMasterConfig.MasterSlaveMode = TIM_MASTERSLAVEMODE_DISABLE;
if (HAL_TIMEx_MasterConfigSynchronization(&htim3, &sMasterConfig) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
sConfigOC.OCMode = TIM_OCMODE_PWM1;
sConfigOC.Pulse = 0;
sConfigOC.OCpolarity = TIM_OCPOLARITY_HIGH;
sConfigOC.OCFastMode = TIM_OCFAST_DISABLE;
if (HAL_TIM_PWM_ConfigChannel(&htim3, &sConfigOC, TIM_CHANNEL_1) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
if (HAL_TIM_PWM_ConfigChannel(&htim3, &sConfigOC, TIM_CHANNEL_2) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
/* USER CODE BEGIN TIM3_Init 2 */

/* USER CODE END TIM3_Init 2 */
HAL_TIM_MspPostInit(&htim3);

}

/**
 * @brief USART3 Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_USART3_UART_Init(void)
{
    /* USER CODE BEGIN USART3_Init 0 */

    /* USER CODE END USART3_Init 0 */

    /* USER CODE BEGIN USART3_Init 1 */

```

```

/* USER CODE END USART3_Init 1 */
huart3.Instance = USART3;
huart3.Init.BaudRate = 115200;
huart3.Init.WordLength = UART_WORDLENGTH_8B;
huart3.Init.StopBits = UART_STOPBITS_1;
huart3.Init.Parity = UART_PARITY_NONE;
huart3.Init.Mode = UART_MODE_TX_RX;
huart3.Init.HwFlowCtl = UART_HWCONTROL_RTS_CTS;
huart3.Init.OverSampling = UART_OVERSAMPLING_16;
if (HAL_UART_Init(&huart3) != HAL_OK)
{
    Error_Handler();
}
/* USER CODE BEGIN USART3_Init 2 */

/* USER CODE END USART3_Init 2 */

}

/**
 * @brief GPIO Initialization Function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void MX_GPIO_Init(void)
{

    /* GPIO Ports Clock Enable */
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();
    __HAL_RCC_GPIOB_CLK_ENABLE();

}

/* USER CODE BEGIN 4 */

/* USER CODE END 4 */

/**
 * @brief This function is executed in case of error occurrence.
 * @retval None
 */
void Error_Handler(void)
{
    /* USER CODE BEGIN Error_Handler_Debug */
    /* User can add his own implementation to report the HAL error return state */

    /* USER CODE END Error_Handler_Debug */
}

```

```
#ifndef USE_FULL_ASSERT
/**
 * @brief Reports the name of the source file and the source line number
 *         where the assert_param error has occurred.
 * @param file: pointer to the source file name
 * @param line: assert_param error line source number
 * @retval None
 */
void assert_failed(uint8_t *file, uint32_t line)
{
    /* USER CODE BEGIN 6 */
    /* User can add his own implementation to report the file name and line
    number,
    tex: printf("Wrong parameters value: file %s on line %d\r\n", file, line)
    */
    /* USER CODE END 6 */
}
#endif /* USE_FULL_ASSERT */

/***** (C) COPYRIGHT STMicroelectronics *****END OF FILE*****/
```