

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Перетворювач кутових переміщень

Назва теми

КвРТР.2020017.01.04

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Шифр, назва

Освітня програма «Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології»

Назва

Виконав:


студент III курсу, група ТР1с-20-1


Підпис

Анастасія ОЧЕРЕТНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис, дата

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та
робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«14» червня 2023 р.

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

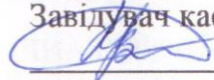
Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АКІТтаР

 Валерій МАРТИНІУК

01.02.2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Очеретнюк Анастасія Володимирівна

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Перетворювач кутових переміщень
2. Керівник роботи Сельський А.А., к.ф-м.н, доцент
Затверджено наказом ректора університету від 01.03.2023р. № 5
2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 03.06.2023р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Огляд методів розв'язання поставленої задачі, Розробка схемотехнічних рішень, Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення, висновки
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1. Принципова схема перетворювача кутових переміщень. 2. Функціональна схема перетворювача кутових переміщень. 3. Діаграма роботи перетворювача кутових переміщень.





Завдання отримав



Керівник



6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7. Дата видачі завдання 01.02.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	01.02.2023	Виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2023	Виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2023	Виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2023	Виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2023	Виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2023	Виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2023	Виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	03.06.2023	Виконано

Студент



Анастасія ОЧЕРЕТНЮК

Керівник роботи



Андрій СЕЛЬСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Перетворювач кутових переміщень».

Автор роботи: Очеретнюк Анастасія Володимирівна.

Керівник роботи: Сельський Андрій Анатолійович

Пояснювальна записка: 63 с., 28 рис., 0 табл., 3 дод., 49 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ, РАСТРОВИЙ ДАТЧИК,
ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ПОХИБКИ, ДИНАМІЧНА ПОХИБКА.

Метою роботи є розробка перетворювача кутових переміщень.

Розглянуто методи вимірювання кутових переміщень. Проведено аналіз обробки вихідних сигналів із растрового датчика. Розраховані основні конструктивні співвідношення датчика кутових переміщень. Розроблено схему електрична принципова датчика кутових переміщень. Розраховані інструментальні похибки датчика кутових переміщень, а також динамічна похибка.

Підпис студента



Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ	4
1.1 Огляд та класифікація датчиків кутових переміщень	4
1.2 Опис методів перетворення вихідних сигналів з растрових датчиків.....	10
1.3 Висновки до першого розділу.....	19
2 РОЗРОБКА РАСТРОВОГО ДАТЧИКА КУТОВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ	20
2.1 Узагальнена схема заміщення растрового трансформаторного датчика кутових переміщень	20
2.2 Пристрій та робота перетворювача кутових переміщень	24
2.3 Висновки до другого розділу	27
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ВТОРИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА.....	28
3.1 Призначення та основні технічні характеристики.....	28
3.2 Пристрій та робота блоку	30
3.3 Пристрій та робота компаратора імпульсів.....	38
3.4 Пристрій та робота пристрій живлення давача.....	40
3.5 Аналіз похибок перетворення.....	42
3.6 Динамічні похибки растрових датчиків.....	50
3.7 Висновки до третього розділу.....	57
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	59
ДОДАТОК А Принципова схема перетворювача кутових переміщень.....	64
ДОДАТОК Б Функціональна схема перетворювача кутових переміщень	65
ДОДАТОК В Діаграма роботи перетворювача кутових переміщень.....	66

					КвРТР.2020017.01.04 ПЗ		
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб.		Очеретнюк Д.В.	<i>Д.В.</i>	19.06.23			
Перевір.		Сельський А.А.	<i>А.А.</i>		Літ	Лист	Листів
						1	
Н. Контр.		Корецька Л.О.	<i>Л.О.</i>	19.06.23	П еретворювач кутових переміщень Пояснювальна		
Затв.		Мартинович Б.	<i>Б.</i>	19.06.23			

ВСТУП

У системах автоматичного контролю та управління широко використовуються різні датчики переміщення, значну частину яких складають датчики кутових переміщень.

Від надійності, точності та швидкодії перетворювача частоти значною мірою залежать техніко-економічні показники всієї системи керування. Практика показала, що трансформаторні перетворювачі переміщення є найбільш надійними в складних умовах експлуатації (вібрація, удари, висока температура тощо).

Розширення сфери застосування трансформаторних перетворювачів ставить завдання розробки перетворювачів, що працюють у широкому діапазоні температур (-50 +2000С) і виводять інформацію у двійковому коді.

Розробка перетворювача для роботи при таких високих температурах накладає обмеження на використовувані матеріали. Таким чином, завдання цього проекту полягає в розробці перетворювача кутового переміщення, який може працювати при впливі різних температур навколишнього середовища. Необхідно також розробити електроніку, щоб усунути температурні проблеми з вихідного сигналу датчика та сформувати двійковий код, пропорційний руху.

У цьому випадку неможливо використовувати існуючий перетворювач потенціалу кутового електродвигуна (типу МУ-617), тому що під дією механічних факторів (вібрації, удари, значні лінійні прискорення) струмоприймач втрачає контакт з резистором і в результаті Вихідний сигнал зникає.

Оптичні перетворювачі з кутовим переміщенням також нестійкі до зовнішніх механічних факторів через наявність скляних елементів. Конструкція оптичних перетворювачів кутового переміщення має

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			2

фотоприймачі та освітлювачі, які є тимчасово нестабільними по температурі, тому не можуть працювати в діапазоні температур від мінус 500С до плюс 2000С.

В результаті проектування розроблено датчик переміщення решітки трансформатора з електронним блоком. Основними перевагами даного перетворювача є незначна величина температурної похибки (близько 0,001% на 100С за рахунок теплового розширення елементів конструкції), кутове переміщення за рахунок сигналу датчика ґратки, обробленого методом амплітудної логіки, і стабільність.

У перспективі такі перетворювачі можуть бути використані не тільки в ракетно-космічній промисловості та в автомобілебудуванні, а й у тих галузях, де потрібна висока точність вимірювань під впливом високих температур і механічних факторів.

					КВРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			3

1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ

1.1 Огляд та класифікація датчиків кутових переміщень

Сучасний розвиток зразків спецтехніки багато в чому залежить від рівня технологічного розвитку датчиків і перетворювальної апаратури. Аналого-цифрові перетворювачі зміщення (АЦП) в даний час широко використовуються при створенні складних комплексів приладів спеціального призначення. АЦП призначені для надання аналогової інформації про виміряний рух у дискретній формі. Вони використовуються в системі числового керування різними об'єктами багатьох спецобладнань. АЦП є перетворювачами вимірювань, тому від якості вирішення функціональних завдань значною мірою залежать характеристики системи керування, які вони інформують, зокрема їх точність і швидкодія. В даний час відомо велика кількість різних типів АЦП. Їх різноманітність пояснюється не тільки широким спектром функціональних завдань, які вони вирішують, але й можливістю використання різноманітних конструктивних, фізичних та інших конструктивних принципів.

Практика використання АЦП ставить перед розробником деякі базові та часто суперечливі вимоги, яким повинен відповідати первинний перетворювач. В основному це точність, надійність, гнучкість, швидкість, малі розміри, технологічність тощо.

Найсуровіші вимоги до АЦП пов'язані з необхідністю підвищення їх точності при одночасному зменшенні загальних розмірів, в основному пов'язаних з широким використанням перетворювачів на рухомих об'єктах, де зменшення розмірів і ваги пристрою підвищує загальну ефективність. Кількість об'єктів і сформована інформація Це особливо важливо, коли перетворювач працює в обмеженому просторі: генератори, двигуни, внутрішні

					КвРТР.2020017.01.04	4
		№ докум.	Підпис			

оС. Але нові можливості з'являються при використанні джерел когерентного випромінювання, голографії, лазерних технологій, оптичних волокон тощо. У той же час, фотоелектричні АЦП є складними і дорогими, що вимагає високого рівня культури виробництва для забезпечення масового виробництва цих пристроїв.

В даний час розроблені гібридно-інтегровані датчики Холла, які крім мікропідсилювачів містять тонкоплівкові мікросхеми [2]. За роздільною здатністю магнітомодульовані перетворювачі поступаються лише фотоелектричним. Ширина мітки кодуєчих пристроїв цих перетворювачів може бути зменшена до 10-12 мкм. Електростатичні (ємнісні) АЦП засновані на вимірюванні напруги електростатичного поля плоского конденсатора при зміні зазору між пластинами. Ємнісні перетворювачі мають низьку роздільну здатність і багато специфічних особливостей, які обмежують їх використання. В даний час розроблено велику кількість електромагнітних перетворювачів А/С, які відрізняються структурою і способом обробки сигналів ЧЕ.

Найбільш поширені типи електромагнітних перетворювачів:

- електромагнітна АЦП переміщень з масковою шкалою;
- індукція, екран АЦП переміщень;
- АЦП переміщень з часовою модуляцією.

Принцип роботи електромагнітного перетворювача з масковою шкалою заснований на перетворенні лінійного руху в коди за допомогою просторового кодування.

Mask EM АЦП мають багато позитивних якостей порівняно з перетворювачами пам'яті. Перш за все, це незалежність результату перетворення від попереднього положення шкали коду, відсутність можливості накопичення помилок, незалежність результату від зникнення напруги живлення, а також відносна простота реалізації за рахунок до того, що логіка перетворення вбудована в кодову маску, електронну схему. Серед

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			6

недоліків насамперед слід назвати низьку роздільну здатність (8-9 дв. розрядів) і значну технічну складність виготовлення кодових масок.

У загальній номенклатурі первинних перетворювачів переміщень важливе місце займають електромагнітні перетворювачі переміщень, особливо взаємні індуктивні (трансформаторні) перетворювачі переміщень. Вони характеризуються високою надійністю в важких умовах експлуатації, відносно малою вагою, широким діапазоном вимірювальних рухів, лінійністю передатної функції, відсутністю гальванічного зв'язку між ланцюгом живлення та ланцюгом вимірювання, значною точністю вимірювання, простотою виготовлення та експлуатації.

В даний час в спецтехніці, особливо авіаційної, для вимірювання руху широко застосовуються трансформаторні датчики різних конструкцій, що зменшує їх послідовну ємність, підвищує ціну і вимагає різноманітних вторинних перетворювачів. Використовувані датчики мають багато недоліків, наприклад, потенціометричні датчики з обмеженим ресурсом і низькою вібростійкістю через наявність ковзних електричних контактів, безконтактні трансформатори та датчики вихрових струмів з лінійним переміщенням, діапазон вимірювання яких залежить від їх якості та розмірів. Також всі перераховані вище датчики мають обмежений діапазон робочих температур і досить високу температурну похибку (0,01% на 1°C). Тому необхідно розробити датчик кутового переміщення з такими характеристиками: мала температурна похибка, висока точність вимірювання, малий зовнішній розмір і незалежність від діапазону вимірювання.

Технічні характеристики трансформаторних датчиків переміщення можна покращити за рахунок використання в конструкції комбінованих комбінацій решіток.

Основною перевагою даного типу перетворювача є незначне значення температурної похибки (приблизно 0,001% на 10 °C за рахунок теплового

					КВРТР.2020017.01.04	7
		№ докум.	Підпис			

розширення елементів конструкції), завдяки використанню амплітудного логічного методу обробки ґраткового датчика від кутового переміщення та метрологічного показника Стійкість до зберігання.

Переваги електромагнітних перетворювачів обумовлені великою різноманітністю їх схемних і конструктивних рішень, що часто ускладнює вибір при вирішенні задач вимірювання і контролю руху. Для спрощення завдань використовуються різні види класифікації.

До недоліків більшості таксономій можна віднести прагнення автора об'єднати всі типи перетворювачів в одну таксономічну структуру, що з одного боку призводить до її надзвичайної громіздкості, а з іншого – не дозволяє розглянути всі можливі варіанти побудови перетворювачів. На рисунку 1.1 запропоновано класифікацію електромагнітних датчиків за конструктивними особливостями.

За призначенням і завданням електромагнітні датчики переміщення можна розділити на датчики кутових переміщень - використовуються для моніторингу та вимірювання кутових переміщень персоналу, датчики лінійних переміщень і комбіновані датчики переміщень, які можуть використовуватися для вимірювання як лінійних, так і кутових переміщень об'єктів (Кут повороту).

Всі перетворювачі поділяються на великі групи за типом підключення до контрольованого об'єкта:

- мати механічний зв'язок з об'єктом контролю у вигляді стрижнів, валів або тросів;
- відсутність механічного з'єднання.

У свою чергу перетворювачі з механічними зв'язками поділяються на ковзні контакти (підпружинені стрижні, вали), які мають жорсткий зв'язок з об'єктом керування. Тип підключення визначає характер впливу на об'єкт і важливий для замовників перетворювального обладнання.

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			8

За принципом перетворення всі електромагнітні датчики поділяються на індукційні, індукційні, взаємоіндуктивні (трансформаторні) і вихроструміві. Найбільше занепокоєння викликає перетворювач взаємної індуктивності, який характеризується ланцюгом джерела живлення та ланцюгом вимірювання з розділенням струму, сильнішим захистом від перешкод, кращою лінійністю вихідної характеристики та вищим індексом вимірювання. Ці переваги VILP роблять його найпоширенішим з усіх електромагнітних датчиків переміщення. І навпаки, конструктивно ВПП можна розділити на перетворювачі зі змінним зазором, які механічно не пов'язані з об'єктом керування [12,27,44,45,49], датчики соленоїдного типу [3], на виході яких сигнал залежить від положення стрижня, один кінець якого міцно з'єднаний з об'єктом контролю або притиснутий до контрольованої поверхні за допомогою пружини, і нового ВПП - датчика з ґратковим з'єднанням.

Залежно від типу чутливого елемента датчики зі змінним зазором, залежно від технології їх виконання, можна віднести до датчиків з металокерамікою, у яких живлення та вимірювальна обмотки виконані шляхом нанесення гвинтових витків котушки з електропровідної пасти на кераміку. підкладки, датчики metalop, виготовлені за технологією багат шарових друкованих плат і, нарешті, перетворювачі з дротяними чутливими елементами, обмотки яких виготовлені з ізолюваних мідних або мідно-нікелевих проводів.

За формою з'єднання датчики, пов'язані з ґратками, поділяються на датчики з циліндричною ґраткою, спіральні датчики та датчики з ноніусом [10,42,46,48]. Цей клас перетворювачів найменш розроблений як в теорії, так і в практичних конструкціях і має великий потенціал.

Запропонована таксономія охоплює основні категорії електромагнітних датчиків переміщення та полегшує порівняльний аналіз різних типів датчиків (рис. 1.1).

					КВРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			9



Рисунок 1.1-Класифікація електромагнітних перетворювачів

1.2 Опис методів перетворення вихідних сигналів з растрових датчиків

Існуючі електромагнітні перетворювачі з періодичними вихідними сигналами, такі як сельсини, резольвери, редуктозини, індуктозини та ін. Перетворення вихідного зміщення або амплітуди чи фази вихідного сигналу. Функція перетворення зазвичай пропорційна синусу і косинусу вхідних параметрів. Це пояснюється тим, що такі трансформатори вперше були використані в апаратурі автоматичної навігації, яка вимагала розкладання векторів, заданих або фіксованих уздовж координатних осей.

Поява багатьох нових типів перетворювачів вимагає аналізу можливих

методів обробки періодичних несинусоїдальних сигналів у цифрові коди.

Найзручніше мати справу з проміжними параметрами перетворення: взаємною індуктивністю, індуктивністю, ємністю, добротністю, опором, електрорушійною силою Холла.

Інформація про рух зазвичай міститься в амплітуді (A), фазі (ψ) або частоті (f) електричного сигналу, дивіться малюнок 1.2.

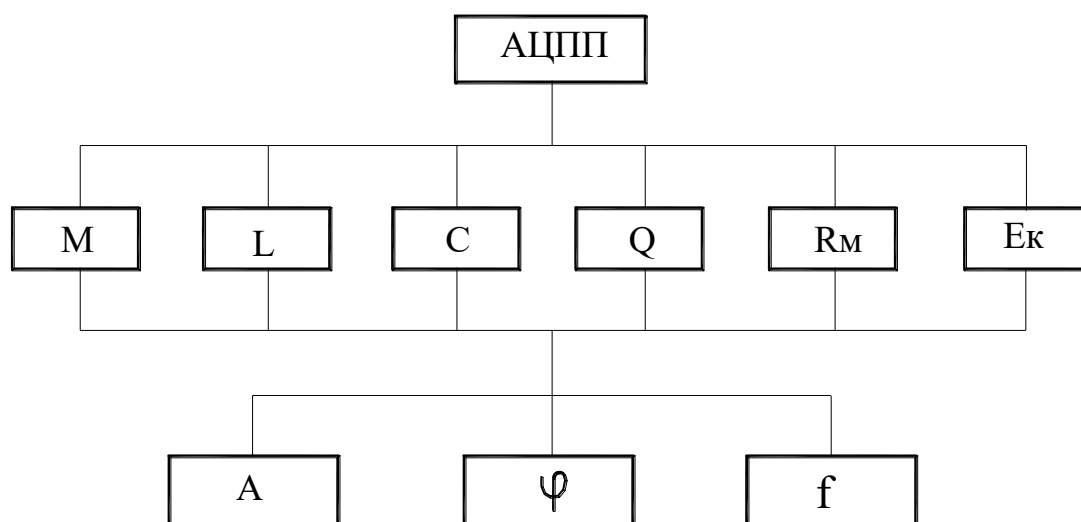


Рисунок 1.2 - Класифікація АЦП переміщень за принципом перетворення

Важлива частина схеми обробки сигналу перетворення заснована на поділі функції періодичного перетворення на частини. Потім завдання зводиться до зворотного функціонального перетворення (лінеаризації) вихідної функції в кожній із цих областей.

Під час аналого-цифрового перетворення періодичних сигналів необхідно виконувати такі функції:

- а) неоднозначність перетворень;
- б) Лінеаризований вихідний сигнал;
- в) Розробити вихідний код.

Розглянемо можливість реалізації кожної з цих функцій окремо. На рисунку 1.3 зображено систему двох еквіперіодичних сигналів з довільними передаточними функціями f_1 і f_2 .

$$f_1 = f \cdot (\alpha \pm kT), \quad f_2 = f \cdot (\alpha + \Delta\varphi \pm kT) \quad (1.1)$$

Таким чином, при обробці для перетворення каналів можна використовувати не більше двох функцій, а вимога висувається до кількості екстремумів, яка не повинна перевищувати двох. Якщо ця умова не виконується, кількість каналів обробки потрібно збільшити. Порядок екстремальних напрямків має фундаментальне значення для побудови логіки усунення неоднозначностей. Наприклад, на малюнку 1.3 показані крайні значення відносно f_1 :

$$\Delta\alpha_1 = \alpha_{11} - \alpha_{21} > 0,$$

$$\Delta\alpha_2 = \alpha_{12} - \alpha_{22} < 0$$

Для цього випадку рекомендується вибрати три зони обробки:

$(0 - \alpha_1; \alpha_1 - \alpha_2; \alpha_2 - T)$, причому першому і третьому ділянках обробляється функція f_1 , але в другому f_2 . Можливі такі варіанти екстремумів:

а) $\Delta 1 > 0, \quad \Delta 2 < 0$

б) $\Delta 1 > 0, \quad \Delta 2 > 0$

в) $\Delta 1 < 0, \quad \Delta 2 > 0$

г) $\Delta 1 < 0, \quad \Delta 2 < 0$

Слід зазначити, що використання всефазної сигнальної системи дає змогу значно спростити реалізацію функції лінеаризації схеми обробки.

Розглянемо можливість прямого сценарію перетворення. У цьому перетворювачі, як показано на рис. 1.5, функціональні сигнали з блоків W1 і W2 надходять в секційний селектор SU2, який керує комутатором, перетворювачем напруги - кодом ПНК і модулями генерації вихідного коду. Залежно від співвідношення вхідного сигналу до SU2 він підключає той чи інший сигнал до ПНК через перемикач К, але останній змінюється під час перемикачання. Наприклад, коли є сигнал від SU2. ПНК перетворює функції в додатковий код. Builder - FVK узагальнює вихідний код FVK і SU2. Спосіб простий тим, що в даній схемі використовується тільки лінійний перетворювач ПНК, до того ж у цьому випадку синусоїдальний характер функції суми. Крім того, вибір відхилення від \sin до лінійного в області зменшує похибку методу для лінеаризації. слід замінити на, щоб це працювало в найпростішому випадку, області вибору повинні мати однакову довжину

$$l_c = const, \text{ а похідні } \frac{df_1}{d\alpha} = -\frac{df_2}{d\alpha} = const$$

Лінеаризацію перед кодуванням можна виконати в конвертері. Однією з таких схем є структура, показана на малюнку 3.4, але вона повинна включати інвертор нелінійної керованої функції в точці б. Спосіб використання розрахункових операцій лінеаризації можна аналогізувати. Одна з таких операцій для $f_1 = \sin \alpha$, а $f_2 = \cos \alpha$:

$$U(\alpha) \approx U_0 \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\sin \alpha - \cos \alpha}{0,93 + 0,34 \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha)} \right] \quad (1.3)$$

Загальна структурна схема (рис. 1.6) складається з обчислювача лінеаризації (LVP), за яким слідує лінійний РМК. Звичайно, алгоритм для LVU буде відрізнятися від (1.3) та інших алгоритмів, розроблених для SVT.

Схеми обробки сигналів з комутаційними переходами мають потенціал для реалізації з високою точністю. За своєю природою вони є тестовими методами вимірювання.

Їх основна ідея полягає у виконанні кількох операцій вимірювання, а потім у виконанні функціональної обробки результатів вимірювань. Конструктивно це здійснюється шляхом перемикавання вхідного сигналу або зміни структури в послідовних етапах перетворення. Самі схеми побудовані таким чином, що для компенсації помилок додавання використовується підсумовування, а ділення – множення. Наприклад, в пристроях, описаних у Quadrature PP Winding Modulation, подальше знаходження середнього значення виміряних значень дозволяє значно зменшити похибки вимірювань. Цей підхід є перспективним для несинусоїдальних ПП з періодичними сигналами, однак він погіршує динамічні характеристики, оскільки алгоритм обробки виконується послідовно.

Масштабні перетворювачі широко використовуються в системах періодичної обробки сигналів. Метод розгорнутого балансування передбачає порівняння виміряних значень із залежними від часу еталонними значеннями. Ці залежності можуть бути лінійними і нелінійними. Найпростіша лінійна розгортка. Час переходу пропорційний значенню, розширеному в інтервалі часу. Експоненціальні функції найчастіше використовуються в обробці функцій, оскільки їх найпростіше реалізувати в схемах. Перетворення часових інтервалів у коди є технічно простим. Все це призвело до широкого використання методу розгорнутої рівноваги. За структурою сканування можна розділити на безперервне аналогове, дискретне аналогове і цифрове. Розширені перетворення дозволяють виконувати диференціальну, інтегральну, функціональну обробку з простою системою кодування, тому можна припустити, що цей тип обробки буде застосовано до растрових несинусоїдальних перетворювачів.

1.3 Висновки до першого розділу

Розглянуто методи вимірювання кутових переміщень та обрано растровий трансформаторний датчик кутових переміщень для роботи в умовах повітряної температури навколишнього середовища від -60 до +200 0 С.

Проведено аналіз обробки вихідних сигналів із растрового датчика. У результаті виявлено, що схеми для обробки синусоїдальних сигналів застосовні для обробки несинусоїдальних сигналів.

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			19

2 РОЗРОБКА РАСТРОВОГО ДАТЧИКА КУТОВИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ

2.1 Узагальнена схема заміщення растрового трансформаторного датчика кутових переміщень

На рисунку 2.1 зображено структурну схему лінійного датчика руху на основі: 1-корпус, 2-статор, 3-ротор, 4 лапки, 5 вимірювальних обмоток, 6 підшипників.

Завдяки аналізу структурної схеми можна розробити загальну схему її заміни, як показано на рисунку 2.1.

Перетворювач складається з рухомого ротора і нерухомого статора. Магнітний потік замикає статор і ротор через опори ротора і статора, робочий зазор (провідність якого змінюється при обертанні ротора) і через опори, що витікають з торців відповідно. $E = W_1 \cdot i(t)$ - магніторушійна сила обмотки збудження.

За допомогою узагальнених варіантів можна розрахувати різні конструкції датчиків із зовнішніми роторами, при цьому необхідно переходити до варіантів із зосередженими параметрами. Для того, щоб уніфікувати решітку DUP, при розробці СНЕ датчика лінійного переміщення була прийнята конструкція, показана на рис. 2.1. Схема заміни магнітопровода в цьому прикладі матиме вигляд, зображений на рисунку 2.2.

Щоб знайти зв'язок між параметрами схеми та вихідними характеристиками, ми використовуємо метод струму петлі. Вибираємо профіль і напрямок струму, як показано на малюнку 2.2. При розрахунку враховуємо, що кожна петля ланцюга має свій контурний струм. Для кожного контуру складемо рівняння відповідно до другого закону Кірхгофа. Тоді рівняння мають вигляд:

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			20

Запишемо систему рівнянь (2.3) у матричній формі:

$$[z] \times [e] = [F], \quad (2.4)$$

де [Z] - матриця опорів:

$$[z] = \begin{vmatrix} z_{11} & z_{12} & 0 & 0 & 0 \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & 0 & 0 \\ 0 & z_{32} & z_{33} & z_{34} & 0 \\ 0 & 0 & z_{43} & z_{44} & z_{45} \\ 0 & 0 & 0 & z_{54} & z_{55} \end{vmatrix}, \quad (2.5)$$

$$\text{де } z_{11} = \left(z_c' + R_y + \frac{1}{G_{11}} + z_p' \right); \quad z_{12} = \frac{1}{G_{11}};$$

$$z_{21} = \frac{1}{G_{11}}; \quad z_{22} = \left(\frac{1}{G_{11}} + \frac{1}{G_{21}} + z_p + z_c \right); \quad z_{23} = \frac{1}{G_{21}};$$

$$z_{32} = \frac{1}{G_{21}}; \quad z_{33} = \left(\frac{1}{G_{31}} + \frac{1}{G_{21}} + z_p + z_c \right); \quad z_{34} = \frac{1}{G_{31}};$$

$$z_{43} = \frac{1}{G_{31}}; \quad z_{44} = \left(\frac{1}{G_{31}} + \frac{1}{G_{41}} + z_p + z_c \right); \quad z_{45} = \frac{1}{G_{41}};$$

[e] - матриця вихідних ЕРС

$$[e] = \begin{vmatrix} e_1 & e_2 & 0 & 0 & 0 \\ e_1 & e_2 & e_3 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & e_3 & e_4 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 & e_4 & e_5 \\ 0 & 0 & 0 & e_4 & e_5 \end{vmatrix},$$

[F] - матриця МРС

$$[F] = \begin{vmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ F_5 \end{vmatrix} \times W_2$$

Топологічна структура схеми та її робочий режим повністю

визначаються матрицею реактивності, матрицею MDS та матрицею магнітного потоку. Якщо визначник системи (2.5) $D = \det [z] \neq 0$, то система рівнянь має єдине рішення.

Запропонована математична модель як альтернатива ДУП дозволяє надійно формувати на її основі методи інженерних розрахунків.

2.2 Пристрій та робота перетворювача кутових переміщень

Перетворювач переміщення призначений для перетворення кута повороту блоку, що рухається продукту, в електричний сигнал.

Він складається з механічного редуктора 2 і чутливого елемента 6 (рис. 2.6). Механічна коробка передач, що складається з корпусу 12, пластини 9, кронштейна 11, трьох зубчастих передач 3, що входять в зачеплення без люфту, призначена для перетворення кутового переміщення вихідного вала 1 у вал ротора чутливого елемента кутового переміщення із заданим передавальним числом. Зубчаста передача встановлена в коробці передач на підшипнику 10 і шарнірно закріплена від поздовжнього переміщення. Чутливий елемент встановлюється в гніздо в корпусі коробки передач і закріплюється від переміщення двома затискачами 7 за допомогою гвинтів 8 . Ротор чутливого елемента з'єднаний із зубчастою передачею коробки передач через шестерню 4, яка насаджена на його вал і закріплена шпильками 5. Чутливий елемент (ЧЕ) (візок). складається зі статорного вузла 1, роторного вузла 2 і кабелю 7 зі штекерним з'єднувачем. Муфта зубчастої решітки для статора і ротора показана на малюнку 2.4, зуби на сполучених гранях розташовані під кутом один до одного, тангенс якого визначається співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{q}{\lambda},$$

де q - крок зубцевого сполучення,

λ - Довжина поверхні, що сполучається.

СНЕ служить для перетворення кутового переміщення вихідного вала перетворювача в електричний сигнал і виведення цього сигналу на вхід вторинного перетворювального пристрою. Чотири набори силових і вимірювальних обмоток Z розміщені в пазах вузла статора. Кінці обмотки і кабелю припаяні до висновку 5 контактної колодки 4. Трос закріплений на кришці 6 зубчастого блоку з люфтом - вільним зачепленням (рис. 2.8), що складається з вала (стрижня) 1, рухомого зубчастого положення. 2. Фіксоване положення шестерні. 3. Два положення пружини. 4 З'єднайте ходове та нерухоме колеса.

Рухома шестерня повертається на певний кут відносно нерухомої шестерні, позиціонується та фіксується шпилькою. 5. Під дією пружини зуби динамічного і статичного колеса щільно притискають зуби, так що труби з обох сторін зачіпаються з нею, усуваючи щілину зубів у зачепленні.

При повороті вихідного вала перетворювача на певний кут він передається на вал ротора чутливого елемента через зубчасту передачу із заданим передавальним числом. При обертанні ротора його зуби переміщуються відносно зубів статора. Рух зубців ротора відносно зубців статора призводить до модуляції вихідної ЕРС на вимірювальних обмотках, з'єднаних між собою за схемою, наведеною на рисунку 2.3. За рахунок нахилу зубців ротора вихідний сигнал зсувається на $1/4$ періоду. Отриманий таким чином електричний сигнал надсилається через штепсельний роз'єм на вхід вторинного перетворювального пристрою.

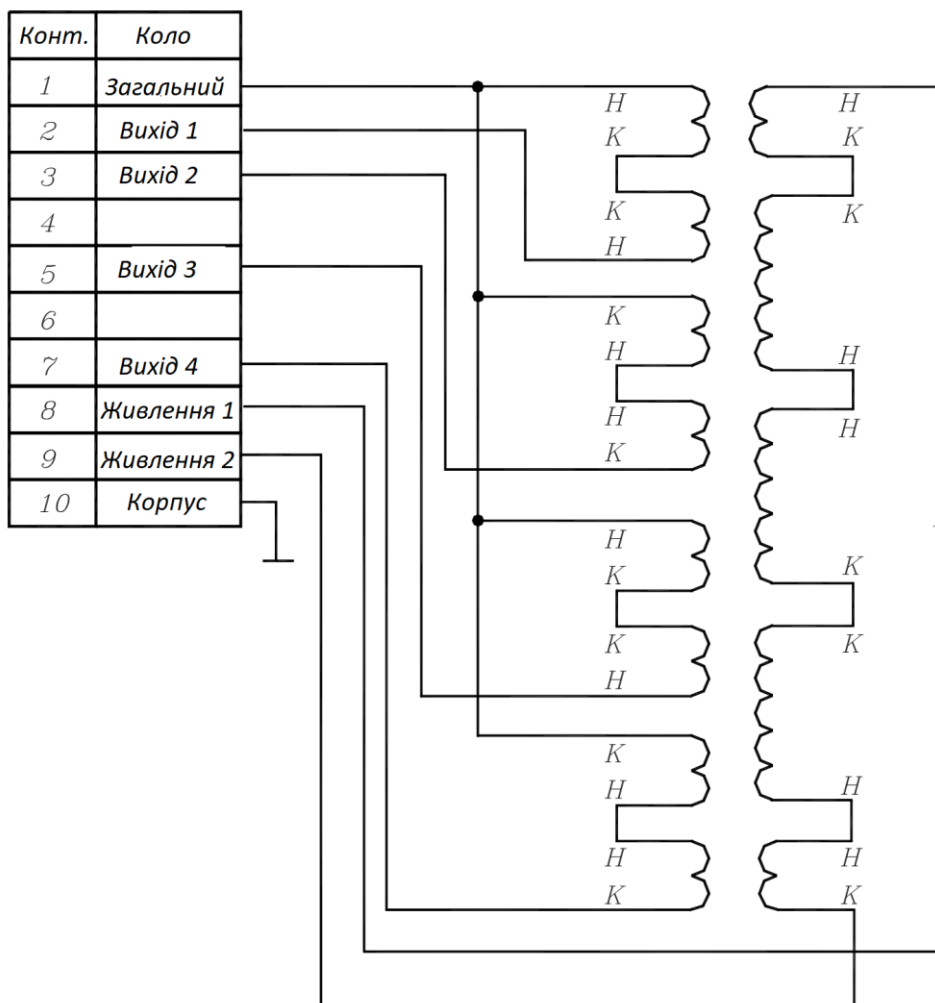


Рисунок 2.3 - Схема електрична принципова чутливого елемента

При використанні методу амплітудної логіки можна «ідентифікувати» ділянки D1, D2...D8 в межах періоду відповідного ступеня передачі. Наприклад, у розділі D3:

$$U_1 > U_2 > U_4 > U_3,$$

де U_1 ; U_2 ; U_4 ; U_3 -вихідна напруга з обмоток каналу лінійних переміщень.

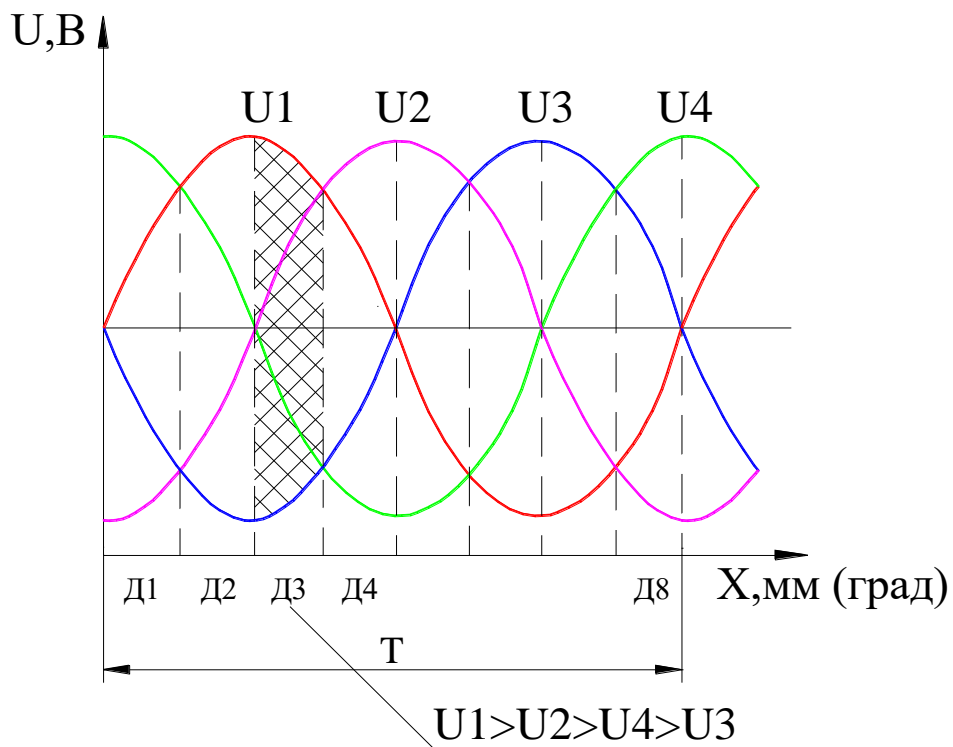


Рисунок 2.4 - Модуляція вихідної напруги з обмоток датчика

2.3 Висновки до другого розділу

Розраховані основні конструктивні співвідношення датчика кутових переміщень, та обраний діаметр ротора, діаметр статора, кількість зубів ротора та статора, діаметр та довжина моточного дроту.

Розроблено схему електрична принципова датчика кутових переміщень.

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ВТОРИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

3.1 Призначення та основні технічні характеристики

Блок перетворення кодової інформації призначений для здійснення амплітудної логічної обробки електричного сигналу датчика кутового переміщення решітки та передачі обробленої інформації на реєстратор у вигляді паралельного дворозрядного коду.

Блок має один вимірювальний канал.

Технічні дані:

1. Маса блоку трохи більше 1,5 кг.

Пристрій повинен живитися від джерела постійного струму напругою (27_{-3}^{+7}) при цьому допускається пульсація напруги живлення з амплітудою до 1,5 В з частотою від 150 до 10000 Гц включно.

3. Струм споживання трохи більше 0,15 А.

4. Опір ізоляції має бути:

- не менше 20 МОм у нормальних кліматичних умовах;
- не менше 5 МОм при температурі 50 ° С;
- не менше 1 МОм за температури навколишнього середовища (25±10) °С;
- та відносної вологості до 98%.

1) Цифрові виходи блоку мають 14 паралельних дворозрядних кодів (вихідних слів).

2) Перші 11 біт забезпечують передачу вимірювальної інформації.

3) Біт 12 є контрольним.

4) Біт 13 використовується для імпульсної передачі супровідної

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			28

інформації, щоб визначити, коли вихідне слово можна прочитати з вихідної шини блоку.

5) 14-а цифра визначає напрямок руху штока

б) (ротор) датчик.

7) Параметри вихідного імпульсу з опором навантаження не менше 50 кОм і ємністю не більше 10000 пФ:

8) 1) Рівень логічний «0» - 0-0,3;

9) 2) Рівень логічної «1» - (5,0±0,5);

10)3) Тривалість прямого перерізу не повинна перевищувати 40 мкс.

11) Модуль живить на датчик синусоїдальний змінний струм частотою (10 ± 1) кГц і амплітудою () А.

12) Цей блок повинен забезпечувати стабілізацію струму в котушці поля датчика:

13) з нестабільністю амплітуди ±1% у разі зміни опору обмотки збудження від 10 до 80 Ом у нормальних кліматичних умовах;

14) з нестабільністю амплітуди ± 9 % при зміні опору обмотки збудження від 10 до 80 Ом за температури навколишнього середовища від мінус 50 до +50 °С.

Блок повинен бути працездатним при зміні частоти вхідного сигналу від 0 до 600 Гц.

Осередок має поріг активації не менше 40 мВ.

Статистична похибка блоку трохи перевищує номінальну ціну первинного вихідного струму.

Пристрій зберігає свої робочі та технічні характеристики при температурі навколишнього середовища від -50 °С до +50 °С. За нормальних погодних умов тривалість безперервної роботи установки не повинна перевищувати 2 годин.

Інтервал пуску не повинен бути меншим за час безперервної роботи

					КвРТР.2020017.01.04	29
		№ докум.	Підпис			

установки.

3.2 Пристрій та робота блоку

На передній стінці блоку встановлені чотири амортизатори роз'єми ВХІД, КРОС, ВИХІД, штир " $\frac{\perp}{\equiv}$ " для зняття статистичної електрики.

На вхідний роз'єм (X1) надходять сигнали від датчиків кутового і лінійного руху. Роз'єм КРОС (X2) - це перехресне поле. Вихідний роз'єм (X4) використовується для зв'язку із записуючим обладнанням.

Блок конструктивно складається з трьох панелей. Монтаж друкованої плати. Ці плати поміщають у звичайний герметичний ящик, заповнений сухим азотом.

На одній платі знаходиться вимірювальний канал (ВІ); на другій - блок живлення датчика (БПД), генератор імпульсів синхронізації (ГІС), генератор імпульсів інформаційного забезпечення (ГІ); на третій - блок живлення (БП).

Принцип роботи блоку заснований на порівнянні амплітуд сигналів 4-х вихідних обмоток датчика, значення яких змінюються за законом руху:

$$\begin{aligned}U_1(\theta) &= n_1 \cdot U_n \cdot [1 + m \cdot \cos \cdot (2\pi\theta/l)]; \\U_2(\theta) &= n_2 \cdot U_n \cdot [1 + m \cdot \sin \cdot (2\pi\theta/l)]; \\U_3(\theta) &= n_3 \cdot U_n \cdot [1 - m \cdot \cos \cdot (2\pi\theta/l)]; \\U_4(\theta) &= n_4 \cdot U_n \cdot [1 - m \cdot \sin \cdot (2\pi\theta/l)];\end{aligned}\tag{3.1}$$

де - величина переміщення у фізичних величинах;

U_n – падіння напруги в обмотці збудження. В;

n_i – коефіцієнт трансформації обмотки;

m – глибина модуляції;

$U_1 - U_4$ - амплітуда вихідних сигналів,;

1 – крок зубців.

Сигнал від датчика періодичний. Їх період дорівнює кроку зубців датчика (43,1).

Блок порівнює аналогові сигнали від датчиків в інтервалі 1 і формує 3-розрядний двійковий (позиційний) код з результату порівняння.

Наступний 8-значний код формується шляхом підрахунку кількості інтервалів 1с, які минули з моменту початку зворотного відліку.

Функціональна схема цього блоку наведена на рисунку 3.1. Це включає:

- чотири компаратора (SU 1-SU4);
- чотири накопичувачі (ZU 1-ZU4);
- декодер позиційного коду (DPK);
- акаунт Pulser (FIB);
- генератор імпульсів синхронізації (PSI);
- ідентифікатор напрямку руху (INP);
- генератор імпульсів інформаційної підтримки (FISD);
- вгору-вниз лічильник (ПК);
- формування схеми контролю викидів (СФКР);
- формувач вихідного рівня (PFU);
- генератор тактової частоти (ГТЧ);
- цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП);
- фільтр низьких частот (LFF);
- перетворювач напруги в струм (ПНТ);
- стабілізатор первинної напруги (PSP);
- регулюючий транзистор (РТ);
- двотактний перетворювач напруги (ДПН);
- випрямлячі напруги (HV, HV2);
- каналні регулятори (КСН1, КСН2).

Блок працює наступним чином. Синусоїдальний струм надходить у первинну обмотку датчика (обмотку збудження), створюючи в його магнітопроводі магнітний потік, зміна якого створює електрорушійну силу у вихідній (вимірювальній) обмотці датчика.

Сигнали з чотирьох вихідних обмоток датчиків (U1 - U4) надходять на входи модуля.

Напруги (U 1-U 4) порівнюються один з одним за величиною через SU 1-SU4. На виході блоку керування формується логічний рівень «1», якщо різниця вхідних сигналів позитивна, або логічний рівень «0», якщо різниця вхідних сигналів негативна.

Логічні рівні з SU перезаписуються в ZU 1-ZU4 на передньому фронті синхронізуючого імпульсу (SI) і зберігаються там до прибуття наступного SI.

DPC перетворює 4-значний двійковий код ZU1-ZU4 у 3-значний двійковий (позиційний) код, робота якого описується таким логічним рівнянням:

$$P1 = \bar{X}1 \cdot \bar{X}2 \cdot \bar{X}3 \cdot \bar{X}4 \vee X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot \bar{X}4 \vee \bar{X}1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4 \vee \bar{X}1 \cdot \bar{X}2 \cdot \bar{X}3 \cdot X4$$

$$P2 = X2 \cdot \bar{X}4 \vee \bar{X}2 \cdot X4$$

$$P3 = \bar{X}4, \text{ где}$$

Pi - вихідний сигнал ЦОД, відповідний першій цифрі двійкового (позиційного) коду;

X n - Вихідний сигнал з i-ї пам'яті.

Сигнал P1-RZ від DPC надсилається до FIS. FIS випромінює імпульси підрахунку PC під час переходу від одного інтервалу 1 до іншого, тобто коли код у DPC змінюється зі 111 на 000 або з 000 на 111.

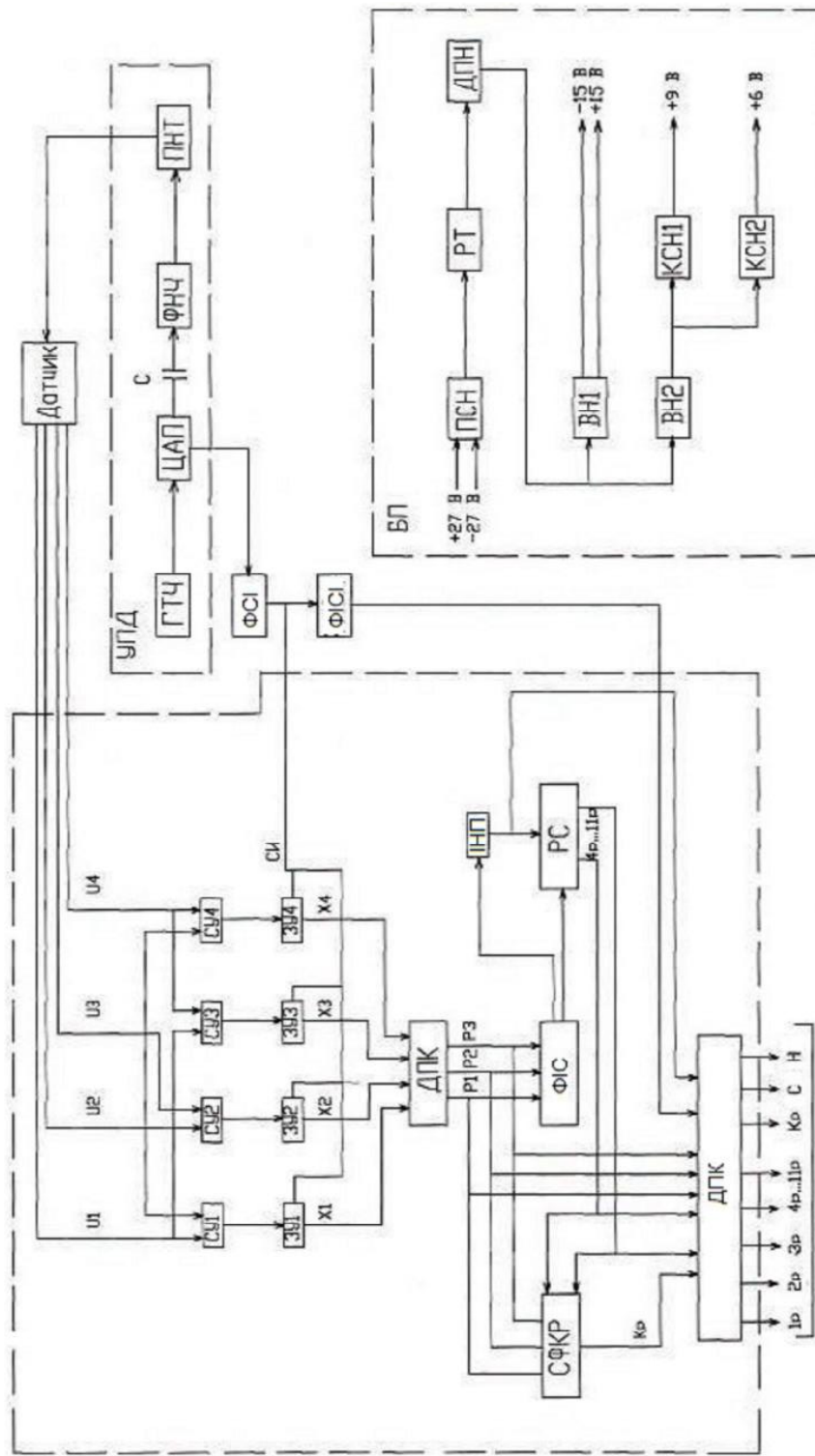


Рисунок 3.1 - Діаграма роботи блоку в залежності від переміщення та часу

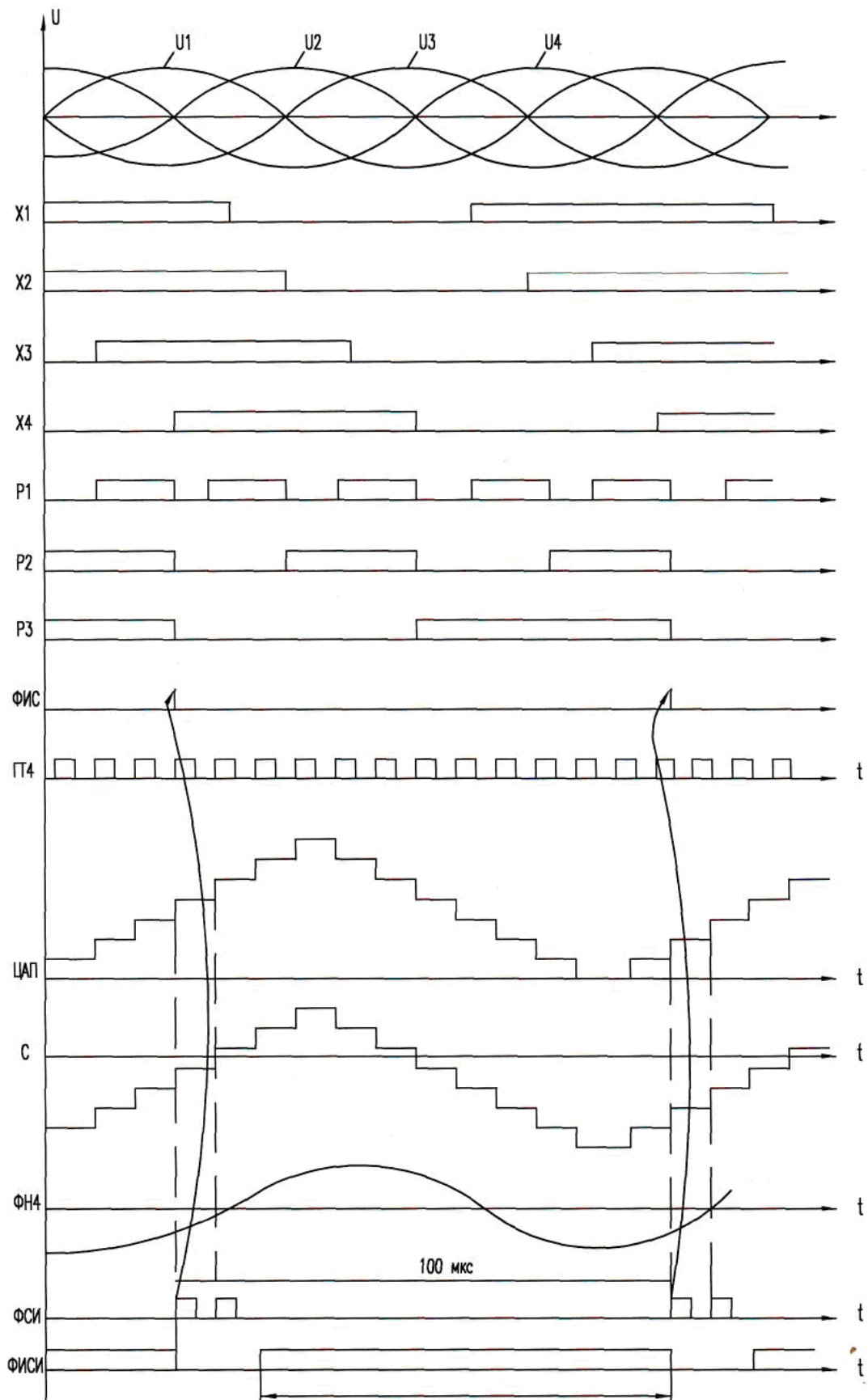


Рисунок 3.2 - Діаграма роботи блоку в залежності від переміщення та часу

модуля.

Стрижень датчика (ротор) під час вимірювання переміщення зазнає кутовий рух. Вихідний код блоку (Y) то збільшується, то зменшується. на рис. 3.3 вказує значення коду Y під час вимірювання переміщення. Частина 1 показує зміну значення Y , коли ротор датчика обертається без переповнення лічильника.

Розділ 2 ілюструє зміну величини Y при переміщенні штока (ротора) датчика в прямому напрямку руху з двома переповненнями лічильника. Розділ 3 показує зміну значення Y при переповненні лічильника, коли ротор (стрижень) датчика рухається в напрямку від'ємних значень переміщення. На станції 4 ротор датчика зупиняється.

У параграфах 1, 2 і 3 значення Y збільшується або зменшується з дискретністю молодших бітових одиниць вихідного коду.

Значення молодших 3 бітів вихідного коду (код позиції) після подачі напруги живлення та сигналу RESET до пристрою використовується як початкова контрольна точка.

Сигнал RESET забезпечує нульовий масштаб.

На вихід VFU надходить код позиції з виходу DPC, 8-бітний код з виходу PC, ISI, KR, INP, а VFU забезпечує відповідність рівня вихідного сигналу блоку записуючому обладнанню.

Блок живлення забезпечує необхідну напругу для пристрою.

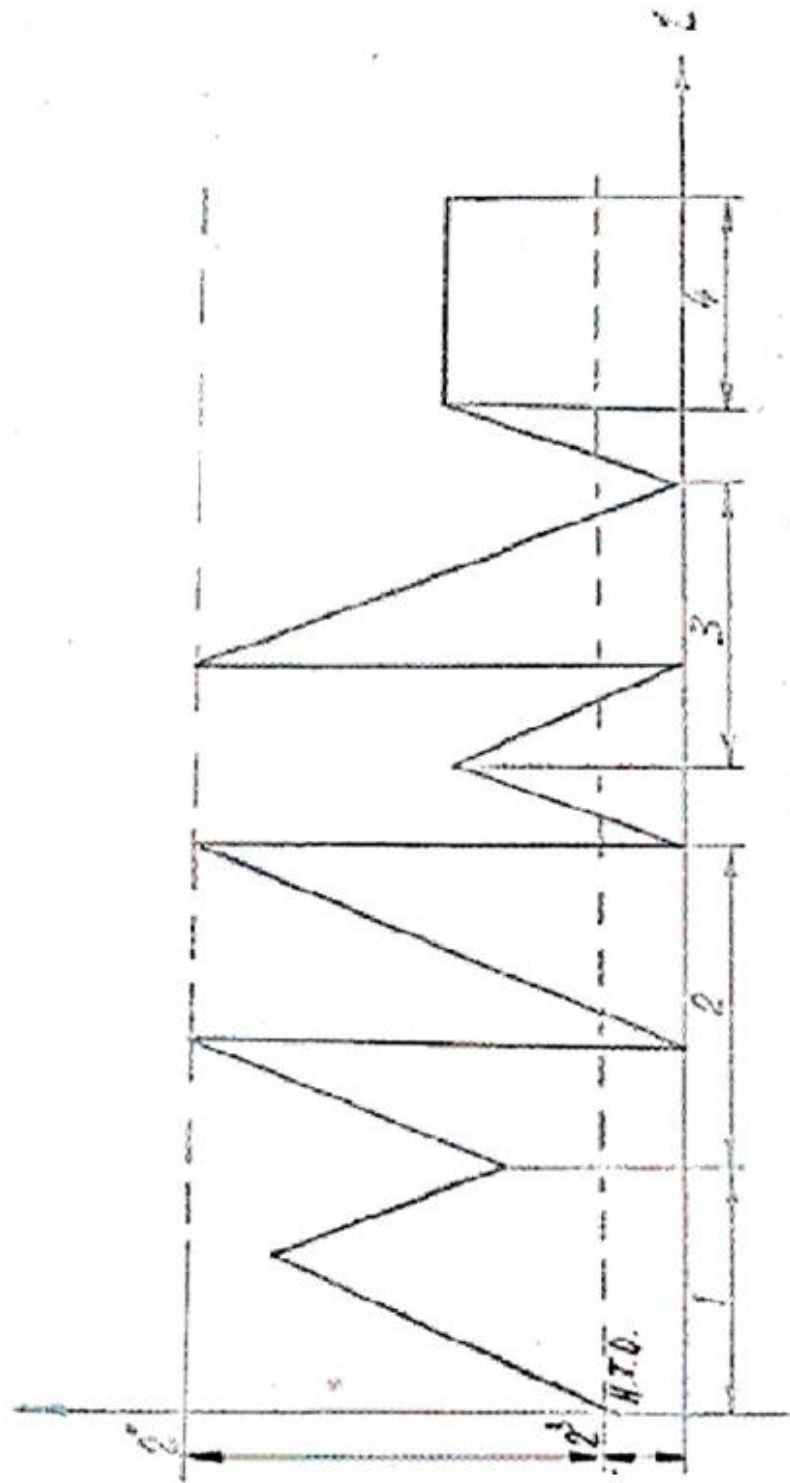


Рисунок 3.3 - Вихідний код блоку (Y)

3.3 Пристрій та робота компаратора імпульсів

Напруга з вихідної обмотки датчика подається на входи SU1-SU4, реалізовані в мікросхемі DA 1-DA 4 140 UD14. Мікросхеми DA 1 - DA 4 включені за схемою двовхідного компаратора, що забезпечує порівняння вхідних сигналів від датчиків.

Польові транзистори 2П303Б типу BT 1-BT 4 з перемикачами, призначені для регулювання амплітуди сигналу з мікросхем DA 1-DA 4 в мікросхемі DD 12, DD 13.

Як ЗУ використовуються мікросхеми DD 12, DD 13, які зберігають логічні рівні з виходів SU1-SU4 (мікросхеми DA1-DA4).

Логічні комбінації, записані в DD 12, DD 13, обробляються ЦОД, реалізованими на мікросхемах DD 5-DD 9.1, DD 9.2.

ФІС виготовлено на мікросхемах DD 9.3, DD 9.4, DD 10.2, DD 10.5, DD 11, DD 15.1.

INP реалізований на мікросхемі DD 14 і на його виході виробляє сигнал, що вказує на режим роботи ПК.

Часова діаграма роботи FIS та INP наведена на рисунку 3.4.

Інформація про величину руху накопичується в ПК, який складається з мікросхем DD16, DD17.

Виконати СФКР на мікросхемах DD 22, DD 26, DD 29.

ВФУ реалізовані на мікросхемах DD 19 - DD 21, DD 23 - DD 25, DD 27, DD 28, DD 30 - DD 34, які забезпечують узгодження блоків із записуючими пристроями.

3.4 Пристрій та робота пристрій живлення давача

Генератор тактової частоти реалізовано на мікросхемах DD 35.1-DD 35.3, резисторах R 44, R 45, конденсаторі С30.

ЦАП виготовлений на мікросхемах DD 36 з резисторами R 47* - R 53*.

Фільтр низьких частот реалізований на мікросхемі DD38.

Перетворювач напруги струму виготовлений на мікросхемі DD 40, має негативний і позитивний зворотний зв'язок, резистори - R 67, R 68. До складу перетворювач напруги струму входить підсилювач потужності на транзисторах VT 7, VT 8. Резистори R70-R73 визначають початковий трансформатор струму 7, VT8. Виберіть резистор R 75*, щоб встановити потрібний струм у навантаженні. Резистор R 76 є стандартним, і про величину струму навантаження можна судити по величині падіння напруги на ньому.

Пристрій та робота формувача імпульсу підрахунку та формувача імпульсу синхронізації

Формувач імпульсу підрахунку був виготовлений на мікросхемах DD 39.1. На елементах DD 37, DD 49, DD 50 і роз'ємі CROSS реалізована схема керування, за допомогою якої формується SI (16 точок) по відношенню до фази вихідної напруги обмотки датчика (рис. 3.5). Фази формування CI Визначають хрестом.

Фазування SI відносно вихідної напруги датчика виконується таким чином, що стан SU в пам'яті перезаписується, коли виникає максимальна різниця в глибині модуляції двох вхідних сигналів. Таким чином досягається синхронізація основних вузлів блоку, що дозволяє усунути динамічні похибки в заданому діапазоні частот.

Формувач імпульсу синхронізації виготовлений на мікросхемі DD 39.2.

3.5 Аналіз похибок перетворення

Під час амплітудної логічної обробки значення амплітуд чотирьох сигналів датчиків порівнюються між собою чотирма компараторами. Логічний сигнал з виходу компаратора перетворюється в двійковий позиційний трирозрядний код в логічному блоці. У цьому блоці формуються лічильні імпульси для підсумувального каналу грубого рахунку.

Вхідну частину електронного блоку можна побудувати за двома структурними схемами (рис. 3.8, 3.9).

У першому приладі (рис. 3.8) амплітуда сигналу визначається амплітудним детектором 1. Амплітудні значення сигналів потім порівнюються компаратором 2.

Тут похибка вторинного перетворювача визначається похибкою амплітудного детектора і компаратора.

У пристроях, побудованих за другою структурою (рис. 3.9), компаратор 2 порівнює миттєве значення вихідного сигналу датчика. Запис стану компаратора в пристрої 4 відбувається в момент проходження сигналом від датчика максимального значення.

У цьому випадку похибка вторинного перетворювача визначається похибкою компаратора і неінвертуючим сигналом від датчика.

Коефіцієнт виявлення K_{det} пасивного амплітудного детектора (рис. 3.10) для синусоїдального сигналу та ідеального діода дорівнює:

$$K'_{det} = \cos\left(\sqrt[3]{3\pi / SR_n}\right), \quad (3.11)$$

де S -крутизна вольтамперної характеристики діода,

R_n - Опір навантаження.

Для сигналів довільної форми

$$K_{\text{дет}} \approx a_1 \left(1 - \frac{R_3}{R_p} \right) \cdot (1 + \delta_\Omega) \cdot (1 + \delta_f), \quad (3.12)$$

де $a_1 = \frac{R_u}{(R_{\text{и}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{н}})},$

$$R_3 = (R_{\text{и}} + R_{\text{пр}}) / R_{\text{н}},$$

$$R_p = (R_{\text{и}} + R_{\text{обр}}) / R_{\text{н}},$$

$$\delta_\Omega = \frac{1 - \exp(-a_1 \cdot g)}{1 - \exp(-a_1)} - 1,$$

$$\delta_f = \frac{1 - \exp[-a_2 \cdot (1 - g)]}{a_2(1 - g)} - 1,$$

$$a_2 = \frac{R_{\text{н}}}{(R_{\text{и}} + R_{\text{обр}} + R_{\text{п}})},$$

Ω - Свердловина сигналу, $g = \Omega^{-1}$,

$R_{\text{пр}}$ - прямой опір діода,

$R_{\text{обр}}$ - зворотний опір діода.

Для напруги менше одного вольт вольтамперна характеристика діода описується виразом:

$$i = I_s (\exp(\lambda \cdot U_g) - 1), \quad (3.13)$$

де I_s - λ параметри апроксимації.

Для синусоїдальної вхідної напруги вихідна напруга амплітудного детектора становить:

$$E = U_m \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{\lambda \cdot U_m} \cdot \ln \left[\sqrt{2\pi \cdot \lambda \cdot U_m} \cdot \left(\frac{E}{I_s \cdot R_H} + 1 \right) \right] \right\}. \quad (3.14)$$

Коли подається імпульсна напруга, функція передачі визначається:

$$E = U_m \cdot \left(1 - \frac{1}{\lambda \cdot U_m} \cdot \ln \left[\frac{E \cdot \Omega}{I_s \cdot R_H} + 1 \right] \right). \quad (3.15)$$

Для зменшення помилок необхідна ідентичність амплітудного детектора.

Похибка через неоднаковість $i^{ГО}$ і $j^{ГО}$ детектори дорівнює:

$$\Delta E = \frac{1}{\lambda_i} \cdot \ln \left(\frac{E \cdot \Omega}{I_{si} \cdot R_{Hi}} + 1 \right) - \frac{1}{\lambda_j} \ln \left(\frac{E \cdot \Omega}{I_{sj} \cdot R_{Hj}} + 1 \right). \quad (3.16)$$

Для отримання високоточного перетворювача необхідно підібрати чотири однакових діода як мінімум за трьома параметрами:

- прямий опір;
- нелінійний;
- температурний коефіцієнт, що практично неможливо.

Максимальна похибка перетворювача через помилку при порівнянні сигналів:

$$\Delta \alpha = \pm \frac{1}{n} \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{2 \cdot \Delta}}{B} \right), \quad (3.17)$$

де Δ - Похибка від порівняння сигналів,

B – максимальна зміна амплітуди сигналу на виході датчика

z – кількість зубів ротора.

Похибка через 20% розкиду параметра λ діодів визначається за формулами (3.16) та (3.17) при:

$$\Omega = 2; I_{si} = I_{sj} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ A}; \lambda_i = 35 \text{ B}^{-1}; \lambda_j = 1,2 \lambda_i = 42 \text{ B}^{-1} \quad R_H = 50 \text{ кОм}; E = 0,5 \text{ В}; z=32 \text{ (ротор датчика має 32 зуби)} \quad \lambda = 0,3 \text{ В} \text{ дорівнює:}$$

за напругою $\Delta E = 20 \text{ мВ}$;

по куту $\Delta \alpha_\lambda = \pm 3 \cdot 10^{-3} \text{ рад} = \pm 0,17^\circ$, *т.е.* $\approx 10,2'$.

З такими помилками можна будувати перетворювачі з розрядністю не більше 9, що працюють в статичному режимі.

Наведені вище вирази стосуються повільно мінливих процесів.

Сигнали з датчика $U_1 \div U_4$ модульовані за амплітудою. Амплітуда сигналу $U(\alpha)$ міняється від кута повороту валу α за законом, що нагадує гармонічний:

$$U(\alpha) = (1 + m \cdot \sin \alpha) \cdot U_0, \quad (3.18)$$

де m – глибина модуляції,

U_0 - середнє значення сигналу.

За постійної швидкості обертання валу ω швидкість зміни амплітуди

$$\frac{dU(\alpha)}{dt} = \omega \cdot z \cdot m \cdot U_0 \cdot \cos \alpha, \quad (3.19)$$

де $\alpha = \omega \cdot t$.

Максимальна зміна амплітуди за період T

$$\Delta U = \omega \cdot m \cdot z \cdot U_0 \cdot T. \quad (3.20)$$

Детектор повинен відстежувати амплітуду, тобто. Коли амплітуда датчика джерела напруги потрапляє в період T на ΔU (рисунок 3.11) ємність детектора повинна розрядитися на величину $\Delta U_o \geq \Delta U$.

Для максимальної частоти обертання вала повинні бути виконані такі умови:

$$\Delta U_o \geq \omega_m \cdot m \cdot z \cdot U_o \cdot T. \quad (3.21)$$

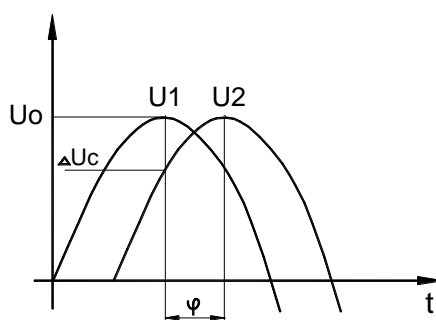
Із збільшенням амплітуди максимальне значення пульсацій на виході детектора дорівнюватиме:

$$U_n = \Delta U_o + \Delta U \geq 2\omega_m \cdot m \cdot z \cdot U_o \cdot T. \quad (3.22)$$

Рівняння (3.18) і (3.22) дозволяють зв'язати максимальну частоту обертання вала датчика, частоту живлення $f_o = 1/T$ та похибку, викликану інерційними властивостями детектора $\Delta\alpha_g$:

$$\Delta\alpha_g = \pm \frac{1}{n} \cdot \arcsin \sqrt{2} \cdot \omega \cdot z \cdot T. \quad (3.23)$$

При малих значеннях $\Delta\alpha_g$



φ - Зсув фаз.

де f_0 - Частота струму живлення;

f_D - частота дискретизації.

Якщо припустити, що вісь датчика решітки обертається з кутовою швидкістю, то кут повороту вхідної осі датчика дорівнює

$$\alpha = \omega \cdot t, \quad (3.30)$$

де t – час повороту вхідного валу растрового датчика.

Кут повороту вхідного валу датчика на один період перетворення α_D згідно з принципом роботи та виразом (3.18):

$$\alpha_D = \frac{2\pi}{z} = \omega \cdot t_D = \frac{\omega}{f_D}, \quad (3.31)$$

де z – кількість зубів ротора;

t_D - час повороту вхідного валу на один період (на один зуб), тоді

$$f_D = \frac{\omega \cdot z}{2\pi}. \quad (3.32)$$

З (3.30) випливає, що

$$f_{0>} 8f_D = \frac{4z}{\pi} \cdot \omega = 1,27\omega \cdot z. \quad (3.33)$$

Загальна похибка перетворювача нормалізована до половини ціни коефіцієнтного ділення діапазону, що дає можливість припустити, що фактичний діапазон може бути половиною розрахованого діапазону. Це призводить до подвоєння частоти опитування, тому (3.33) ми отримуємо:

$$f_{0>} > 2,54 \cdot \omega \cdot z. \quad (3.34)$$

Вихідний сигнал датчика містить генератор електрорушійної сили, яка викликається впливом вимірюваної швидкості руху. ЕРС – це шум відносно інформаційної складової сигналу. Він формує динамічну похибку датчика решітки.

Для його оцінки представимо потокозчеплення однієї вимірювальної обмотки датчика наступним чином:

$$\Psi = W_2 \cdot F(t) \cdot G(\alpha, t), \quad (3.35)$$

де W_2 - Число витків вимірювальної обмотки;

$F(t)$ - магніторушійна сила;

$G(\alpha, t)$ - Магнітна провідність робочого зазору.

У майбутньому для аналізу будуть використані такі припущення:

- опір магнітопроводу значно менше опору робочого повітряного проміжку $\ll R$;
- вихрові струми в магнітопроводі не враховуються;
- два полюси не впливають один на одного;
- магнітна проникність робочого зазору модулюється за синусоїдальним законом.

Використовуючи закон електромагнітної індукції, з виразу (3.35) можна знайти значення вихідного сигналу датчика ґратки:

$$e = -\frac{d\Psi}{dt} = -W_2 \cdot \left[\frac{dF(t)}{dt} \cdot G(\alpha, t) + \frac{dG(\alpha, t)}{dt} \cdot F(t) \right]. \quad (3.36)$$

Розроблений ґратковий перетворювач живиться стабільним струмом. Для згладжування впливу коливань температури використовується

електроенергія від генератора струму. Усі обмотки збудження з'єднані послідовно. Генератор струму формує струм:

$$I(t) = \frac{2I_m}{\pi} \cdot \arcsin(\sin 2\pi f_0 t), \quad (3.37)$$

де I_m – максимальне значення струму.

Представимо проникність робочого зазору для полюсного розподілу у вигляді:

$$G(\alpha, t) = G_0 + G_a \cdot \sin(\omega, zt). \quad (3.37)$$

Магніторухійну силу полюсної секції з урахуванням (3.37) виразимо так:

$$F(t) = \frac{2I_m \cdot W_1}{\pi} \cdot \arcsin(\sin 2\pi f_0 t), \quad (3.38)$$

де W_1 – Число витків обмотки збудження.

Продиференціювавши вирази (3.37) і (3.38) за рівнянням (3.14), враховуючи рівняння (3.18), отримаємо вираз для вихідного сигналу:

$$e = -W_1 \cdot W_2 \left\{ \Gamma(t) \cdot G_0 + \Gamma(t) \cdot G_a \cdot \left[\sin(z \cdot \alpha) + \frac{\omega \cdot z \cdot I(t)}{\Gamma(t)} \cdot \cos(z \cdot \alpha) \right] \right\}.$$

Проаналізувавши вираз видно, що вихідний сигнал складається з трьох складових $e = e_0 + e_T + e_{\Gamma}$:

де $e_0 = W_1 \cdot W_2 \cdot G_0 \cdot \Gamma(t)$ – постійна складова для $\Gamma(t) = \text{const}$;

$e_T = W_1 \cdot W_2 \cdot G_a \cdot \Gamma(t) \cdot \sin(z \cdot \alpha)$ – трансформаторна ЕРС, яка є інформаційним сигналом;

$e_{\Gamma} = W_1 \cdot W_2 \cdot \omega \cdot z \cdot G_a \cdot \Gamma(t) \cdot \cos(z \cdot \alpha)$ - генераторна ЕРС, амплітуда якої пропорційна швидкості обертання валу.

ЕРС генератора є джерелом динамічних похибок. Він змінює фазу вихідного сигналу. Щоб оцінити цей зсув, пропонуємо:

$$\sin(z \cdot \alpha) + \frac{\omega \cdot z \cdot I(t)}{\Gamma(t)} \cdot \cos(z \cdot \alpha) = C \cdot \sin(z \cdot \alpha + \psi) \quad (3.39)$$

Нескладно показати, що при цьому

$$C = \sqrt{1 + \left[\frac{\omega \cdot z \cdot I(t)}{\Gamma(t)} \right]^2}, \quad (3.40)$$

$$\psi = \arctg \left[\frac{\omega \cdot z \cdot I(t)}{\Gamma(t)} \right]. \quad (3.41)$$

Враховуючи (3.39), (3.40) та (3.41), отримуємо:

$$e = -W_1 \cdot W_2 \cdot \left[\Gamma(t) \cdot G_o + G_a \sqrt{[\Gamma(t)]^2 + [\omega \cdot z \cdot I(t)]^2} / \Gamma(t) \times \right. \\ \left. \times \sin \left[z \cdot \alpha + \arctg \frac{\omega \cdot z \cdot I(t)}{\Gamma(t)} \right] \right] \cdot \arcsin[\sin(2\pi f_o t)]. \quad (3.42)$$

ЕРС генератора зсуває всі вихідні сигнали на однаковий фазовий кут, тому всі межі варіації коду також зсуваються однаково, це не зменшує квантовий розмір масштабу і, отже, не впливає на точність електронного блоку обробки сигналів.

Абсолютне значення динамічної похибки одного циклу:

$$\delta_{\text{Д}} = \frac{\psi}{\omega} = \frac{\arctg[\omega \cdot z \cdot I(t) / \Gamma(t)]}{\omega}. \quad (3.43)$$

ефектом гістерезису компаратора. Завдяки малому розміру датчика решітки і великому повітряному зазору використання генераторної ЕРС у високошвидкісних вимірюваннях дозволяє збільшити чутливість. Звичайно, при цьому найкраще провести ретельний аналіз сумарної похибки датчика решітки.

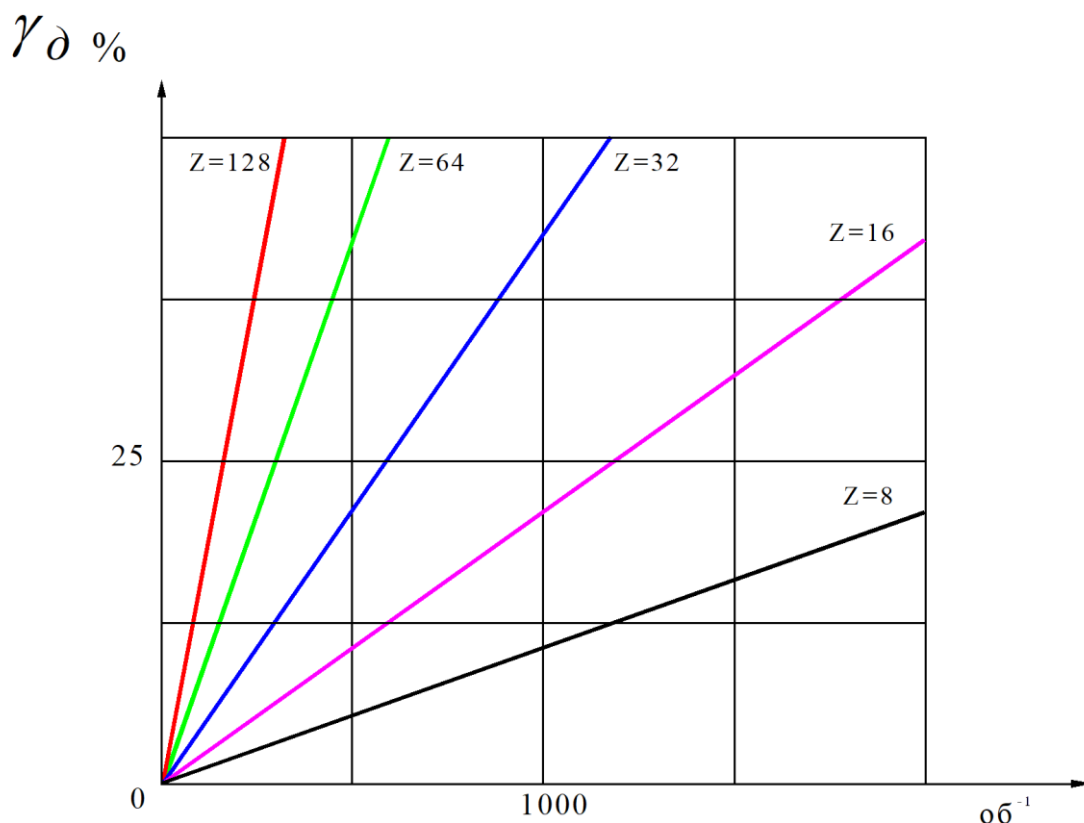


Рисунок 3.17 – Залежність динамічної похибки від швидкості обертання вхідного валу датчика

Аналіз виразу динамічної похибки дозволяє зробити висновок, що при спробі підвищити точність перетворення (чого можна досягти збільшенням числа зубців решітки z і числа обмоток зчитування n) динамічна похибка відповідно зростає ІЕ. Швидкість змінює точність. Наведені вирази (3.43), (3.44) та (3.45) можна використати для аналізу та синтезу трансформаторів переміщення грат-трансформаторів.

3.7 Висновки до третього розділу

Розроблено функціональну та електричну принципову схему вторинного перетворювача, а застосування амплітудно-логічного методу обробки сигналів дозволило знизити температурну похибку перетворювача до 0,001 % на 10 0С.

Розраховані інструментальні похибки датчика кутових переміщень, а також динамічна похибка. Розрахована сумарна основна похибка перетворювача = 0,0998% вбирається у задану по Т.З. рівню 0,1%.

Розроблений перетворювач кутових переміщень код повністю відповідає вимогам зазначеним у завданні і може бути використаний для визначення положення заслінки паливного агрегату.

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			57

ВИСНОВКИ

Розглянуто спосіб вимірювання кутових переміщень та обрано гратчастий трансформаторний датчик кутових переміщень для роботи в умовах температури навколишнього повітря від -60 до +200 0 С.

Проаналізовано обробку вихідного сигналу датчика решітки. У результаті було виявлено, що схеми, які використовуються для обробки синусоїдальних сигналів, придатні для обробки несинусоїдальних сигналів.

Розраховується основний конструктивний коефіцієнт датчика кутового переміщення, а також обраний діаметр ротора, діаметр статора, кількість зубів ротора і статора, діаметр і довжина дроту обмотки.

Розроблено принципову схему елементів електричного датчика кутового переміщення.

Розроблено функціональну та електричну принципову схему вторинного перетворювача, а застосування амплітудного логічного методу обробки сигналів дозволило знизити температурну похибку перетворювача до 0,001%/10 0С.

Розрахувати приладову похибку датчика кутових переміщень, а також динамічну похибку. Розрахована загальна основна похибка перетворювача = 0,0998% поглинена в значення, визначене Т.З. Дорівнює 0,1%.

Розроблений кодовий перетворювач кутового переміщення повністю відповідає вимогам, зазначеним у місії, і може бути використаний для визначення положення клапанів паливної установки.

					КвРТР.2020017.01.04	
		№ докум.	Підпис			58

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах: Підручник / ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., БУХКАЛО С.І., КАПУСТЕНКО П.О. та ін. – К.: ЦУЛ, 2011. – 832 с. – (МОН України. НТУ “ХПІ”)
2. Коруд В.І., Електротехніка: Підручник / В.І. Коруд, О.Є. Гамола, С.М. Малинівський; За заг. ред. В.І. Коруда. – 3-є вид., переробл. і доп. – Львів: Магнолія Плюс, 2006. – 447 с.
3. Михайленко В.Є., Інженерна та комп’ютерна графіка: Підручник / В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, С.М. Ковальов; За ред. В.Є. Михайленка. – 6-е вид. – К.: Каравела, 2012. – 368 с.
4. Титаренко М.В., Електротехніка: Навчальний посібник/ М.В. Титаренко. – К.: Кондор, 2013. – 240 с.
5. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : Підручник / М. С. Будіщев. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.
6. Колонтаєвський Ю. П. Промислова електроніка і мікросхемотехніка / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков. під ред. А. Г. Соскова. – Вид. 2-ге, виправл. і доповн. – Харків : ХДАМГ, 2003. – 281 с.
7. Теорія електропривода : Підручник / [М. Г. Попович, М.Г. Борисик, В.А. Гаврилюк та ін.] ; за ред. М. Г. Поповича. – Київ : Вища шк., 2003. – 454 с.
8. Руденко В. С. Промислова електроніка / В. С. Руденко, В. Я. Ромашко, В. В. Трифонюк. – Київ : Либідь, 2003. – 432 с.
9. Костін М. О. Теоретичні основи електротехніки [Текст]: підручник у 3 т. / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Дніпро: Видво ДНУЗТ, 2006. – Т. 1. – 336 с; 2007.- Т.2.- 276 с; 2011. – Т.3, Ч.1. – 224 с; 2012.– Т.3, Ч.2. – 352 с.
10. Качан Ю. Г. Лінійна електротехніка (теоретичні основи) [Текст]: навч. посібник / Ю. Г. Качан.– Запоріжжя: Вида-во Запорізької держ. інж. академії, 2005. – 206 с.

20. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г.,Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

21. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

22. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

23. Загальна електротехніка з основами автоматики: Навчальний посібник / Т.В.Левченко. – К., 2010. – 358 с.

24. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 404 с.

25. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко,В.Ф. Яковлев та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.

26. Електроніка та мікросхемотехніка: Навчальний посібник / За ред. проф. В.Ф. Яковлева. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329 с.

27. Електротехнологія. Навчально-методичний посібник із контрольними завданнями. Укладач: Кашенко П.С.

28. Монтаж електрообладнання і систем керування / За заг. ред. проф. Яковлева В.Ф. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 348 с.

29. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник/ П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грічаненко та ін. –К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.

30. Електроніка і мікропроцесорна техніка / Сенько В.І., Лисенко В.П., Юрченко О.М., Лукін В.Є., Руденський А.А. — К. : «Агроосвіта», 2015. — 676 с.

					КВРТР.2020017.01.04	61
		№ докум.	Підпис			

31. Електропостачання агропромислового комплексу : підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.

32. Ремонт машин та обладнання : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Агроосвіта, 2014. – 665 с.

33. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 584 с.; іл.

34. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 434 с.; іл.

35. Комп'ютери та комп'ютерні технології : навч. посіб. Ч. 1. Програмування в математичному пакеті MathCAD / В.П. Лисенко. І.М. Болбот. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 229 с.

36. Костинюк Л.Д. Моделювання електроприводів/ Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук.. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2004. - 404 с.

37. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування/ М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. -Київ, “Либідь”, 1997.-504 с.

38. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.

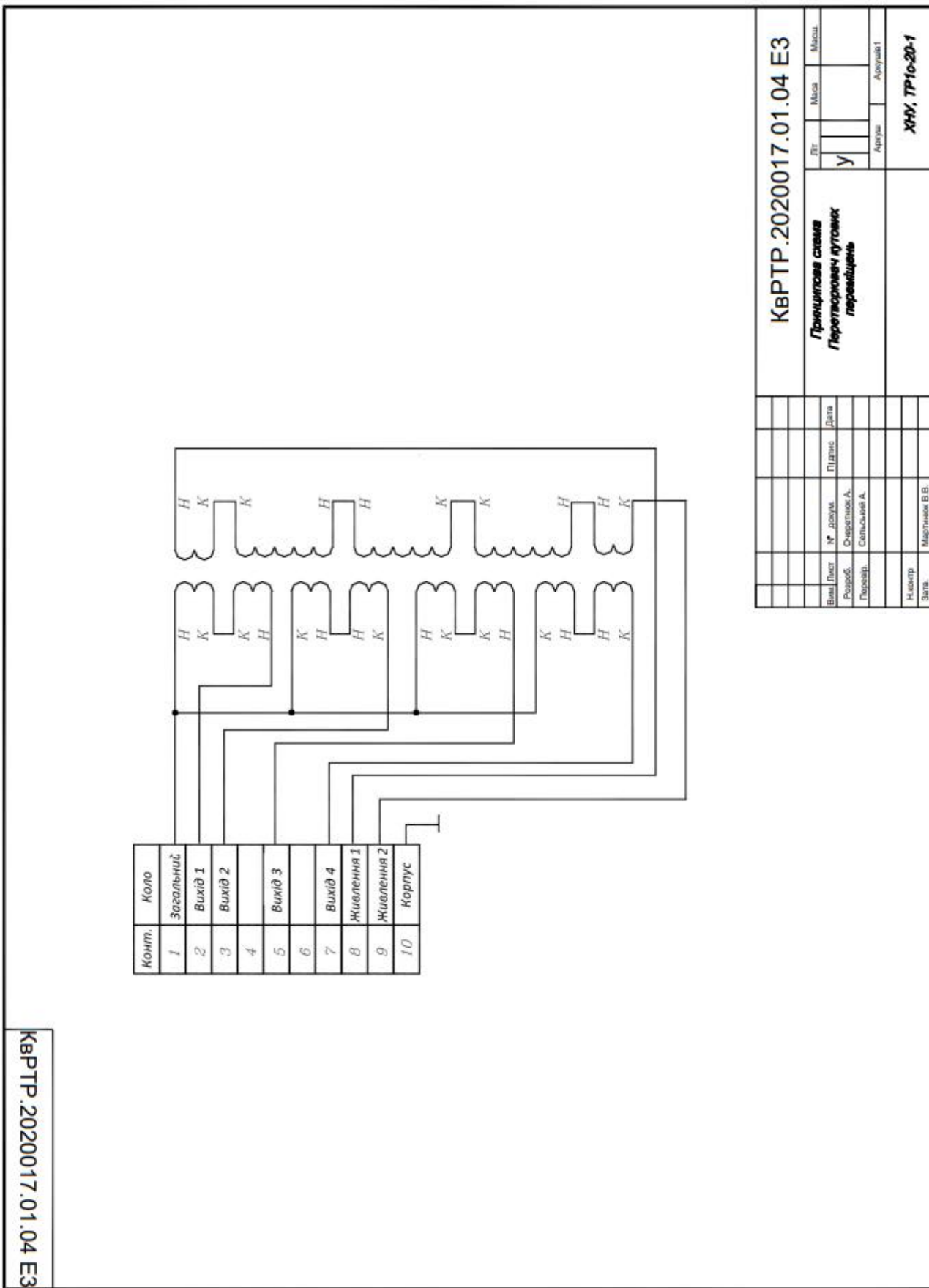
39. Виговський В. С. Автоматизація керування живильними насосами енергоблоку потужністю 200 МВт / В. С. Виговський, Ю. С. Грищук // Вісник НТУ «ХП». Серія : Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – 2015. – № 13 (1122). – С. 20–31.

					КВРТР.2020017.01.04	62
		№ докум.	Підпис			

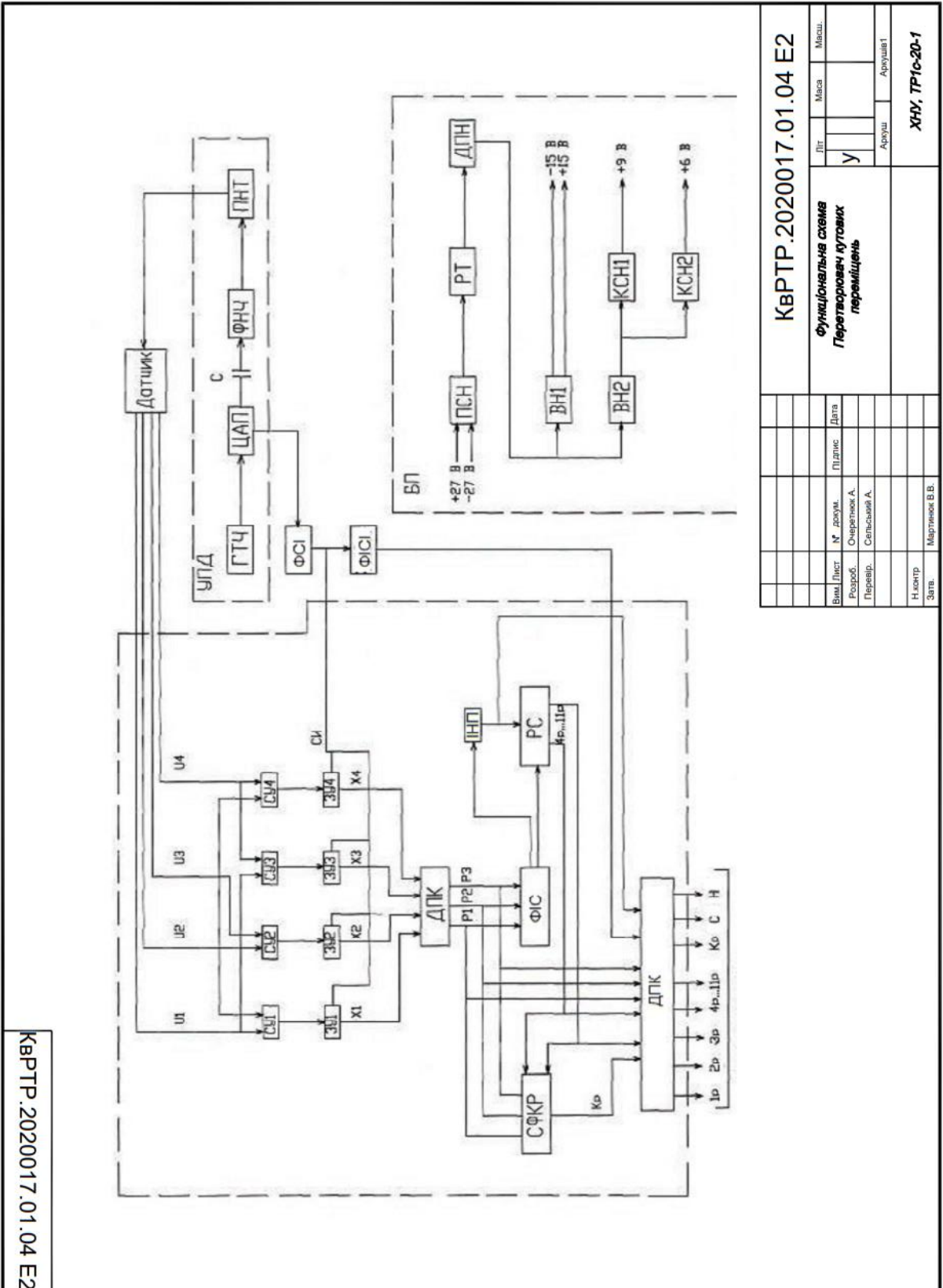
40. Gonzales R. C. Digital Image Processing Using MATLAB / R. C. Gonzales , R. E. Woods, S. Eddins. – Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2004. – 492 p.
41. Greenspan D. Introduction to Numerical Analysis and Applications / D. Greenspan. – Markham : Chicago, 1971. – 176 p.
42. Image Processing Toolbox For Use with Matlab, User's Guide. Version 3. – The Math Works Inc., 2004. – 775 p.
43. Kvyetnyy R. Basics of Modelling and Computational Methods / R. Kvyetnyy. – Вінниця : ВДТУ, 2007. – 147 с.
44. Дубовой В. М. Основи застосування ЕОМ у інженерній діяльності / В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний. – К. : ІСДО України, 1994. – 285 с.
45. Коржик М. В. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab: навч. посіб. Для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Коржик. – Київ : НТУУ "КПІ", 2016. – 174 с.
46. Жученко А.І. Математичні моделі цифрових систем керування: Навч. посібник / А.І. Жученко. – К.: ІЗМН, 1997. – 240 с.
47. Краснопрошина А.А. Сучасний аналіз систем управління із застосуванням MatLab, Simulink, Control System : Навчальний посібник / А.А. Краснопрошина, Н.Б. Репнікова, О.А. Ільченко. – К. : "Корнійчук", 1999. – 144 с.
48. Simulink. Dynamic System Simulation for MatLab : Using Simulink[Electron resource]. – Natick, MA : The MathWorks, Inc, 1999. – 605 p
49. Акопов, А. С. Імітаційне моделювання: підручник і практикум для академічного бакалаврату / А. С. Акопов. - К. : "Корнійчук", 2017. – 136с.

Додаток А

Принципова схема перетворювача кутових переміщень



Додаток Б
Функціональна схема перетворювача кутових переміщень

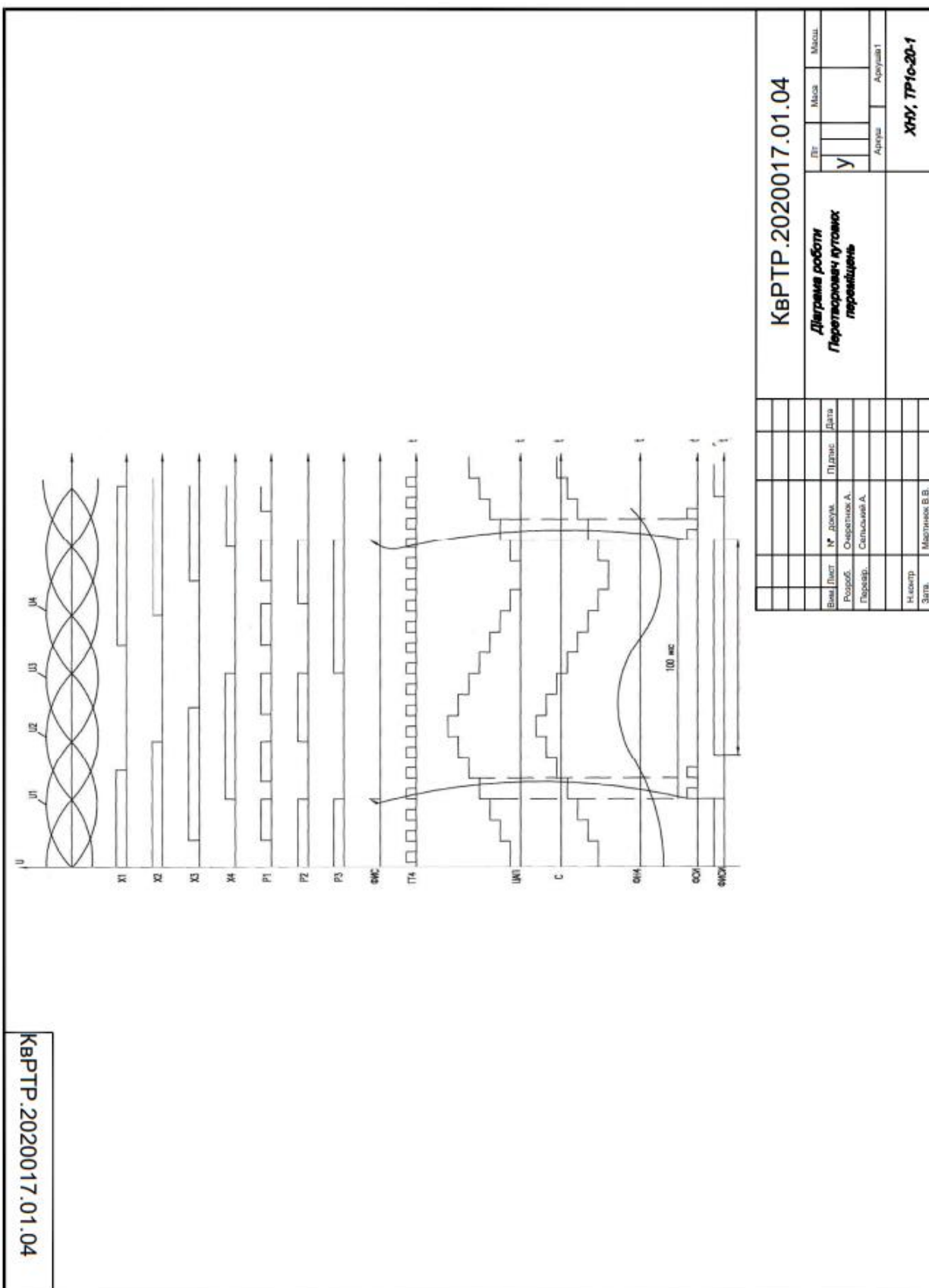


КвРТР.2020017.01.04 Е2

КвРТР.2020017.01.04 Е2			
Функціональна схема Перетворювач кутових переміщень			
Види Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Очеретюк А.		
Перевір.	Сельський А.		
Н.контр.	Мартинюк В.В.		
Затв.			
Літ.	Маса	Маш.	
У			
Архив			Архив 1
ХНУ, ТР16-20-1			

Додаток В

Діаграма роботи перетворювача кутових переміщень



Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

Дата перевірки:
13.06.2023 00:10:52 EEST

Дата звіту:
13.06.2023 00:58:54 EEST

ID перевірки:
1015575498

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005862

Назва документа: **Очеретнок**

Кількість сторінок: 65 Кількість слів: 9546 Кількість символів: 69745 Розмір файлу: 2.65 MB ID файлу: 1015225943

1321 слово позначене як "вилучене" та не враховується у підрахунку слів

0.57% Схожість

Найбільша схожість: 0.12% з Інтернет-джерелом (<http://nik.net.ua/uploads/%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%>)

0.57% Джерела з Інтернету

54

Сторінка 67

Не знайдено джерел з Бібліотеки

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

0.09% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0.02% Вилучення з Інтернету

6

Сторінка 68

0.06% Вилученого тексту з Бібліотеки

10

Сторінка 68

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

174

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%**Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 9%**

ID: 115819 Назва: БКР Перетворювач кутових переміщень Додано в БД: 2023-06-13 Автора: Анастасія ОЧЕРЕТНЮК Керівники: Андрій СЕЛЬСЬКИЙ Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	51657	494	1907 (4%)	31 (6%)

Джерело плагиату

ID	Опис	Наявність плагиату в документі	
		Символи	Лексеми

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Очеретнюк Анастасія Володимирівна

Тема: Перетворювач кутових переміщень

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 63

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено перетворювач кутових переміщень

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі розглянуто методи вимірювання кутових переміщень та обрано растровий трансформаторний датчик кутових переміщень для роботи в умовах повітряної температури навколишнього середовища від -60 до +200 °С. Проведено аналіз обробки вихідних сигналів із растрового датчика. У другому розділі розраховані основні конструктивні співвідношення датчика кутових переміщень, та обраний діаметр ротора, діаметр статора, кількість зубів ротора та статора, діаметр та довжина моточного дроту. Розроблено схему електричну принципову датчика кутових переміщень. У третьому розділі розроблено функціональну та електричну принципову схему вторинного перетворювача, а застосування амплітудно-логічного методу обробки сигналів дозволило знизити температурну похибку перетворювача до 0,001 % на 10 °С. Розраховані інструментальні похибки датчика кутових переміщень, а також динамічна похибка. Розрахована сумарна основна похибка перетворювача = 0,0998% вбирається у задану по Т.З. рівню 0,1%.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі наявні граматичні та стилістичні помилки

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,25/В)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Кльос Юрій Павлович, к.т.н., голова
зав. кафедрою кібербезпеки

“ 13 ” 06 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Очеретнюк А.В.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи ТР1с-20-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

14.06.2023

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Перетворювач кутових переміщень

Автор: Очеретнюк Анастасія Володимирівна

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма: Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології

Науковий керівник: к.ф.-м.н. доц. Сельський А.А.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	<u>Відповідає</u>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.


Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,57% і адресується до 54 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

19.06.23

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи


Валерій МАРТИНЮК

Денис МАКАРИШКІН

Андрій СЕЛЬСЬКИЙ