

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

Бакалавр

Освітній рівень

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

на тему Фазочастотний перетворювач на ПЛІС

КПТР.2017008.01. 08 ПЗ

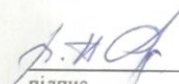
Виконав:

студент 4 курсу, група ТР-17-1


підпис

Д.С.Магола
Ініціали, прізвище

Керівник: канд. техн. наук, доц.


підпис

В.С.Петрушак
Ініціали, прізвище

Нормоконтроль


підпис

О.С.Ковалев
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри: д-р техн. наук, доц.


підпис

С.К.Підченко
Ініціали, прізвище

4 06 2021 р.

Хмельницький, 2021

Хмельницький національний університет

Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра телекомунікації, медійних та інтелектуальних технологій
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою

« 10 » 02 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ**

дипломнику Маголі Дмитру Сергійовичу .
(Прізвище, ім'я, по батькові студента)

1 Тема проекту: Фазочастотний перетворювач на ПЛІС .

керівник проекту Петрушак Володимир Степанович, к.т.н., доцент .
(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено

Наказом ректора по університету від «5» лютого 2021р. № 11.

2 Строк подання студентом проекту на кафедру: 01.06.2021р.

3 Вихідні дані до проекту Ескіз схеми електричної принципової

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): 1. Техніко-економічне обґрунтування.

2. Конструкторський розділ

3. Технологічний розділ

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1.Схема електрична структурна. 2.Схема електрична принципова.

3.Креслення печатної плати. 4.Складальне креслення печатної плати.

5.Складальне креслення пристрою. 6.Деталювання.

Завдання отримав 


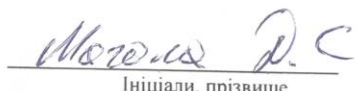

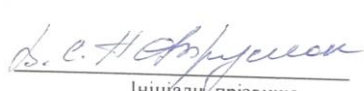
Науковий керівник 

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою

« 10 » 02 2021 р.

ПЛАН ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Найменування виду роботи	Форма звітності, термін виконання	Відмітка наукового керівника
1	Аналіз пристроїв вимірювання частоти	10.05.2021	Виконано
2	Вступ	12.05.2021	Виконано
3	Техніко-економічне обґрунтування	13.05.2021	Виконано
4	Конструкторський розділ	15.05.2021	Виконано
5	Технологічний розділ	20.05.2021	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	22.05.2021	Виконано
7	Оформлення креслень	8.06.2021	Виконано

Студент	 Підпис	 Ініціали, прізвище
Керівник роботи	 Підпис	 Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційний проект на тему "Фазочастотний перетворювач на ПЛІС": 64 сторінки, 34 рисунки, 7 таблиць, 27 джерел.

Об'єкт розробки – фазочастотний перетворювач, який призначено для вимірювання кута фазового зсуву більше 360 градусів.

Мета розробки - конструкторське проектування фазочастотного перетворювача з метою подальшого виготовлення.

Методи дослідження - використання сучасних САПР, порівняльний аналіз, використання існуючих баз даних для створення конструкції фазочастотного перетворювача.

В кваліфікаційному проекті розглядається принцип роботи фазочастотного перетворювача, розробка структурної та принципової схеми, аналіз елементної бази, аналіз конструкторських аналогів, розробка просторової структури перетворювача, аналіз умов електромагнітної сумісності, захист від дестабілізуючих факторів, проводяться розрахунки теплового режиму корпусу фазочастотного перетворювача.

Розглянуті питання схемотехнічного проектування і конструювання фазочастотного перетворювача. Наведено огляд існуючих аналогів. Обґрунтовано застосування фазочастотного перетворювача в галузі сучасної вимірювальної техніки. Разом з тим обґрунтовано вибір елементної бази та розглянуті питання конструювання двосторонньої печатної плати, конструювання печатного вузла фазочастотного перетворювача з застосуванням технології поверхневого монтажу. Крім того розглянуто питання вибору несучої конструкції, захисту від зовнішніх дестабілізуючих факторів та ін.

Фазочастотний перетворювач рекомендується до застосування в якості пристрою для вимірювання кутів закручування довгих валів, що обертаються.

КУТ ФАЗОВОГО ЗСУВУ, КУТ ЗАКРУЧЕННЯ, ДОВГИЙ ВАЛ, ПОРІВНЯННЯ ЧАСТОТ, ПОХИБКА ВИМІРЮВАННЯ, ПАРАЛЕЛЬНИЙ ІНТЕРФЕЙС.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП	4
1.ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	6
1.1. Обґрунтування обраних способів та методів.....	6
1.2. Вибір та обґрунтування аналогів.....	7
1.3. Розробка технічного завдання.....	12
2. СХЕМОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1. Принцип роботи пристрою на рівні структурної схеми	16
2.2. Розробка лічильника фазових циклів.....	17
2.3. Розробка пристрою порівняння частоти.....	23
2.4. Розробка пристрою пошуку максимальних значень.....	29
2.5. Вибір дешифратора сигналів.....	32
2.6. Вибір схеми генератора квантуючих імпульсів.....	34
2.7. Аналіз схеми електричної принципової.	35
2.7.1. Розрахунок лінійного стабілізатора напруги.....	36
2.7.2.Розрахунок обмежувального резистора для світлодіода.....	37
2.8. Аналіз елементної бази.....	38
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	40
3.1. Розробка просторової структури виробу	40
3.1.1. Виділення структурних рівнів конструкції.....	40
3.1.2. Визначення форми виробу.....	41
3.1.3. Визначення габаритних розмірів виробу.....	41
3.1.4. Зовнішнє компонування.....	42
3.1.5. Внутрішнє компонування РЕЗ.....	43
3.1.6. Аналіз ефективності компонування.....	44
3.2. Конструювання печатної плати.....	50
3.2.1 Топологічне конструювання печатної плати.....	50
3.2.2 Розрахунок розмірів провідників друкованого монтажу.....	50
3.3. Конструювання несучих елементів пристрою.....	54
3.3.1 Аналіз вібростійкості печатного вузла.....	54
3.4. Конструктивні заходи захисту від дестабілізуючих чинників...	55
3.5.Електромонтаж.	56
3.6. Забезпечення ремонтпридатності.	56
3.7. Складання і монтаж виробу.	57
3.8.Оцінка показників ефективності розробленої конструкції.....	57
3.9. Маркування виробу.	60
3.10. Тара та упаковка.	60

					<i>КПТР.2017008.01.08 ПЗ</i>				
					<i>Фазочастотний перетворювач на ПЛІС</i>				
					<i>Пояснювальна записка</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>Літ.</i>				
					<i>Арк.</i>				
					<i>Аркушів</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>ФПТКС, ХНУ</i>				
					<i>1 62</i>				
					<i>Аркушів</i>				

ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	63
ДОДАТКИ.....	65

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Печатна плата	ПП
Технічне завдання	ТЗ
Системи автоматизованого проектування	САПР
Персональна електронно-обчислювальна машина	ПЕОМ
Електрорадіоелемент	ЕРЕ
Радіоелектронний засіб	РЕЗ
Заробітна плата	ЗП
Коефіцієнт корисної дії	ККД
Надвисокі частоти	НВЧ
Військовий промисловий комплекс	ВПК
Інформаційні комп'ютерні технології	ІКТ
Програмована логічна інтегральна схема	ПЛІС
Велика інтегральна схема	ВІС
Інтегральна мікросхема	ІМС

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Широке впровадження електроніки й автоматики в усі сфери людської діяльності, що спостерігається в даний час, пред'являє все більш жорсткі вимоги до виробів електронної техніки. Це пов'язано, з одного боку, зі зростанням важливості і складності розв'язуваних задач, а, з іншого боку, необхідністю поліпшення таких характеристик, як швидкодія, надійність, споживана потужність, габарити, вартість та інше. Одним з шляхів вирішення даної проблеми є широке використання програмувальних логічних інтегральних схем (ПЛІС - Programmable Logic Devices - PLDs).

ПЛІС являють собою нову елементну базу, що володіє гнучкістю замовлених ВІС і доступністю традиційної "твердої" логіки.

Головною відмінною властивістю ПЛІС, на відміну від "жорсткої" логіки, є можливість настроювання на виконання заданих функцій самим користувачем. Сучасні ПЛІС характеризуються низькою вартістю, високою швидкодією, значними функціональними можливостями, багаторазовістю перепрограмування, низькою споживаною потужністю й інше.

При цьому час розробки на основі ПЛІС навіть досить складних проектів може складати усього кілька годин. Власно кажучи, розробка пристроїв на основі ПЛІС являє собою нову технологію проектування електронних схем, включаючи їх виготовлення і супроводження. Доказом перспективності нової елементної бази служить щорічна поява нових поколінь ПЛІС, а також постійно зростаючий обсяг випуску вже розроблених ПЛІС.

Істотною перешкодою широкого практичного використання ПЛІС є відсутність ефективних методів синтезу. Справа в тому, що в основу архітектури сучасних ПЛІС покладена структура програмувальних логічних матриць (ПЛМ — Programmable Array Logics — PALs), що являє собою пари матриць: І й АБО, у якій програмується матриця І, а матриця АБО має фіксоване положення. Методи й алгоритми синтезу на такій структурі одержали назву дворівневого синтезу і бурхливо розвивалися в 80-х роках. З часом інтерес дослідників на багато років залучив багаторівневий синтез, використовуваний при проектуванні цифрових систем на основі FPGA (Field Programmable Gate Array).

Застосування фазочастотного методу у різноманітних галузях науки та техніки досить широке. Це зумовлено високими метрологічними характеристиками і інформаційною ємністю таких параметрів, як кут фазового зсуву (КФЗ) – φ та частота сигналу - f . Завдяки цьому частотні та фазові вимірювання завжди використовувались в наукових дослідженнях різних галузей науки і техніки, де первинний інформаційний

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметр намагаються перетворити на частоту або фазу електричного сигналу, які забезпечують найвищий рівень точності вимірювань у порівнянні з амплітудними методами.

Фазометр - це пристрій, який вимірює різницю фаз між еталонним і досліджуваним гармонійними сигналами. Фазою гармонійної напруги $U(t)=U_m\sin(\omega t+\varphi_0)$ називається аргумент функції $U(t)$, яка описує коливальний процес. Фаза гармонійного напруги є лінійною функцією часу. Кут зсуву фаз є модуль різниці фаз двох гармонійних сигналів $U_1(t)$ та $U_2(t)$ однакової частоти. Таким чином, якщо $U_1(t)=U_{1m}\sin(\omega t+\varphi_1)$, а $U_2(t)=U_{2m}\sin(\omega t+\varphi_2)$, то згідно з визначенням кут зсуву фаз $\Delta\varphi$ дорівнює $\Delta\varphi = |\varphi_1-\varphi_2|$. Якщо φ_1 і φ_2 постійні в часі, то $\Delta\varphi$ від часу не залежить. При $\Delta\varphi=0$ гармонійні напруги називаються синфазними, при $\Delta\varphi=\pm\pi$ - протифазні. Вибір методу вимірювання кута зсуву фаз залежить від діапазона частот, амплітуди сигналу і, головним чином, від необхідної точності вимірювання. Вимірювання кута зсуву фаз може виконуватися як методом безпосередньої оцінки, так і методом порівняння. Результат вимірювання виражається або в градусах, або в радіанах. Вимірювальні прилади, спеціально призначені для вимірювання кута зсуву фаз, називаються фазометром.

Розробка фазочастотного перетворювача на ПЛІС дозволить поєднати у собі високу точність вимірювання фазового зсуву разом із компактністю та малою потужністю споживання притаманну ПЛІС.

В цій роботі розробка технічної документації для виробництва фазочастотного перетворювача буде здійснена у відповідності до наступної послідовності:

- розробка технічного завдання;
- техніко-економічне обґрунтування;
- конструкторський аналіз ТЗ;
- розробка технічних вимог до конструкції;
- виділення структурних рівнів конструкції;
- розробка просторової структури виробу;
- конструювання складальних одиниць;
- конструкторські розрахунки.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1.ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1. Обґрунтування обраних способів та методів

В основі роботи цифрових фазометрів всіх систем лежить принцип перетворення вимірюваного кута зсуву фаз в часовий інтервал, тривалість якого пропорційна значенню вимірюваної величини. Тривалість часового інтервалу визначається при цьому методом дискретного рахунку безпосередньо, або з проміжним перетворенням тривалості часового інтервалу в пропорційне йому значення величини напруги постійного струму.

Фазометри з безпосереднім перетворенням значення тривалості часового інтервалу в код в свою чергу поділяються на дві групи: з вимірюванням за один період вхідного сигналу і з вимірюванням за кілька періодів вхідного сигналу. Фазометри першої групи називаються фазометром миттєвого значення, а другої групи - фазометром середнього значення. Фазометри середнього значення, які також називають фазометрами з постійним часом вимірювання, завдяки хорошим характеристикам набули найбільшого поширення.

Дана робота присвячена розробці фазочастотного перетворювача на програмованих логічних інтегральних схемах. За своєю функціональністю цей перетворювач можна віднести до цифрових фазометрів. Відмінністю схеми фазочастотного перетворювача є те, що він дозволяє виміряти значення фазового зсуву за один період.

На даний час відома велика кількість як аналогових так і цифрових вимірювачів фазового зсуву. Всі вони мають пристрій для відображення інформації, а деякі цифрові ще й зовнішній інтерфейс для передачі даних. В якості пристрою для відображення інформації використовується, або стрілочний індикатор у аналогових пристроях, або цифровий індикатор у цифрових вимірювачів фазового зсуву. Зовнішній інтерфейс для передачі даних як правило мають лише цифрові вимірювачі фазового зсуву. В якості зовнішнього інтерфейсу може виступати як паралельний: Centronics, так і послідовний: RS-232. Внутрішня схема цифрових фазометрів побудована на базі цифрових мікросхем, які розташовані на печатних платах.

Реалізація фазочастотного перетворювача на програмованих логічних інтегральних схемах дозволить зменшити масо-габаритні характеристики пристрою і покращити енергоспоживання пристрою.

Як і в цифрових фазометрів, фазочастотний перетворювач буде мати цифровий індикатор для відображення вимірювальної інформації. Крім того розроблюваний фазочастотний перетворювач буде мати пара-

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

лельний інтерфейс для передачі даних про виміряне значення фазового зсуву.

1.2. Вибір та обґрунтування аналогів

Сучасна промисловість випускає велику кількість цифрових фазометрів. В якості одного з функціональних аналогів може бути вимірювач різниці фаз Ф2-28, який представлено на рис.1.1[1].



Рисунок 1.1 - Вимірювач різниці фаз Ф2-28

Вимірювач різниці фаз Ф2-28 призначений для вимірювання фазового зсуву між двома синхронними гармонійними сигналами, і для вимірювання збільшень та флуктуації фази з цифровим відображенням інформації.

Діапазон робочих частот від 5 Гц до 500 кГц.

Діапазон вхідних напруг від 0,01В до 10В.

Межі вимірювань кутів фазового зсуву в робочому діапазоні частот 0-360°.

Габаритні розміри приладу 340x200x315мм .

Маса приладу не більше 11кг.

Прилад може використовуватися в лабораторних і цехових умовах в автоматичному і дистанційному режимах управління.

Умови експлуатації приладу:

- напруга мережі 220 ± 22 В частотою $50 \pm 0,5$ Гц і частоти 400 ± 12 Гц;

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

13. Передбачена можливість дистанційного керування часом вимірювання режимом роботи: одноразовим або автоматичним.

14. Прилад забезпечує свої технічні характеристики в межах норм через 5 хвилин, після його включення і зберігає їх протягом 16 годин безперервної роботи.

15. Потужність, споживана приладом від мережі при номінальній напрузі, не перевищує 75 В·А.

16. Напрацювання на відмову не менше 7000 годин.

17. Середній термін служби не менше 10 років, середній ресурс не менше 10000 годин.

18. Термін зберігання в умовах опалюваних і неопалюваних приміщень - не менше 8 років.

19. Габаритні розміри приладу 340x200x315 мм.

20. Маса приладу в транспортній упаковці не більше 41 кг.

Наступним аналогом є фазометр низькочастотний цифровий Ф5131 (рис.1.2)[2], який призначений для вимірювання фазового зсуву між гармонійними напругами, визначення фазочастотних характеристик чотириполосників при вимірюванні динамічних параметрів мікросхем, транзисторів, налаштування фільтрів, фазових детекторів, регулювання і перевірки фазозадаючої і фазовимірювальної апаратури, при дослідженнях вібрацій різних конструкцій.

Сфера застосування: науково-дослідні лабораторії і виробничі ділянки.

Фазометри Ф5131 є лабораторними переносними приладами і призначені для експлуатації в сухих опалюваних приміщеннях.

Технічні характеристики Ф5131:

Діапазон вхідних сигналів:

- частота - від 0,001 Гц до 200×10^3 Гц;

- напруга - від 0,01 В до 100 В.

Діапазон вимірювань з роздільною здатністю $0,1^\circ$ - від 0 до $359,9^\circ$.

Межа основної допустимої похибки - $\pm 0,5$ град.

Додаткова похибка вимірювань Ф5131:

- від наявності у вхідних сигналах вищих гармонік (для опорного каналу не більше 5%, для вимірювального не більше 130%) - не більше $\pm 0,12 K\%$, де K - коефіцієнт гармонік;

- від зміни рівня вхідного сигналу в одному з каналів на кожні 20 дБ - не більше $\pm 0,5\%$.

Час вимірювання - не більше $(3 + T_{вх})$ с, де $T_{вх}$ - період вхідного сигналу.

Живлення від мережі змінного струму:

- напруга - 220 В;

- частота - 50 Гц.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Напрацювання на відмову - 4750 год.

Споживана потужність - 120 В · А.

Габаритні розміри - 490 × 130 × 390 мм.

Маса фазометрів Ф5131 - не більше 16 кг.

Фазометр містить перетворювач частоти (ПЧ), цифрову міру фазового зсуву (ЦМФЗ), нуль-індикатор зсуву (НІ) і цифровий відліковий пристрій (ЦВП). У перетворювачі здійснюється трансформація спектра сигналів з діапазону на фіксовану частоту зі збереженням фазового зсуву і вимір його компенсаційним методом за алгоритмом стежить порозрядного врівноваження. Компенсує значення фазового зсуву ЦМФЗ відображається цифровим відліковим пристроєм ЦВП як результат вимірювання.

Інтерфейс фазометра Ф5131 забезпечує функції:

- джерело даних;
- синхронізація передачі;
- синхронізація прийому.

Умови експлуатації Ф5131:

Температура навколишнього повітря - від + 10 ° С до + 35 ° С.

Відносна вологість - від 50% до 80%.

Прилад побудований на базі елементів уніфікованих типових конструкцій АСЕТ із застосуванням друкованого монтажу. Ф5131 складається з корпусу з друкованими платами, блоку живлення, лицьової і задньої панелей. На лицьовій панелі розміщені органи управління роботою фазометра, відліковий пристрій і роз'єми для підключення досліджуваних напруг. На задній панелі розміщені стабілізатори напруги, запобіжник, роз'єми для виведення інтерфейсних сигналів.

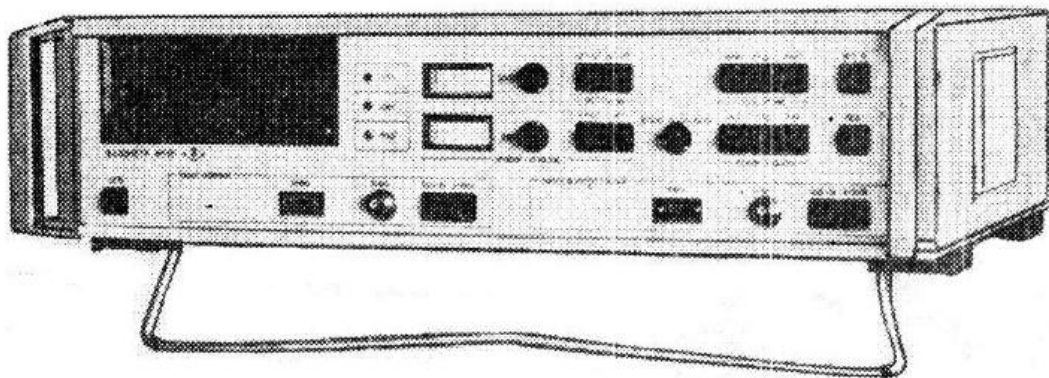


Рисунок 1.2 - Цифровий низькочастотний фазометр Ф5131

Ще одним аналогом може бути вимірювач різниці фаз ф2-34, який зображено на рис.1.3[3].

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рисунок 1.3- Вимірювач різниці фаз Ф2-34

Вимірювач різниці фаз Ф2-34 застосовують для прецизійних вимірювань фазових зсувів і їх збільшень між двома синхронними гармонійними сигналами в широкому діапазоні частот.

Вимірювач різниці фаз Ф2-34 використовують під час вимірювання фазочастотних і фазоамплітудних характеристик підсилювачів, ліній затримки, аттенюаторів, магнітних матеріалів, діелектриків, параметрів напівпровідникових приладів, під час налаштування низькочастотних антен, резонаторів, фільтрів.

Вимірювачі різниці фаз Ф2 - 34 побудовані на базі структурної схеми фазометра з постійним часом вимірювання. Вимірювач різниці фаз Ф2-34 має режими дистанційного і ручного управління та виведення результатів вимірювань в двійково-десятковому коді на друкувальний пристрій.

Особливості вимірювача різниці фаз Ф2-34:

- Висока точність і роздільна здатність - 0.01° ;
- Цифрове представлення результатів вимірювань - $4\frac{1}{2}$ розрядний індикатор;
- Вивід результатів на цифродрукуючий пристрій;
- Вхідний активний опір не менше 1 МОм;
- Вхідна ємність приладу Ф2-34 не більше 25пФ;
- Температура для гарантованої точності $20 \pm 5^\circ \text{C}$.

Отже, розглянувши аналоги фазочастотного перетворювача, можна передбачити, що він буде мати прямокутну конструкцію. Встановлюватись буде на лабораторному столі. Експлуатуватись буде у приміщеннях лабораторій чи виробничих цехів. Живлення фазочастотного перетворювача буде від мережі зі змінною напругою 220В і частотою 50Гц.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3.Розробка технічного завдання

1.3.1.Найменування та область застосування

Фазочастотний перетворювач на ПЛІС (надалі пристрій або перетворювач) призначений для вимірювання кута закручування довгого валу, що обертається.

1.3.2.Основа для розробки

Розробка проводиться на основі завдання виданого кафедрою ТМІТ Хмельницького національного університету.

Вихідним документом на конструювання виробу є ескіз схеми електричної принципової.

1.3.3.Мета та призначення розробки

Метою конструкторської розробки є створення перетворювача із відповідними технічними характеристиками, який би був конкурентно спроможний на ринку.

1.3.4.Технічні вимоги

1.3.4.1. Склад виробу та вимоги до загальної конструкції виробу

Пристрій потрібно виконати у моно блочному корпусі, який буде складатися з трьох частин: передньої панелі, основи і верхньої кришки. Плати пристрою будуть розташовані в середині корпусу. Пристрій не потребує додаткового кріплення для встановлення.

Габаритні розміри пристрою:

- висота: не більше 70мм;
- ширина: не більше 150мм;
- довжина: не більше 20мм.

1.3.4.2. Спосіб встановлення на об'єкті використання

Пристрій має бути встановлений на лабораторному столі.

1.3.4.3. Технічні характеристики

- похибка вимірювання перетворювача 0,01%;
- кількість вимірювальних каналів 2;

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- живлення від мережі 220В.

1.3.4.4. Конструкторські вимоги

Клас використання РЕЗ.....наземна.
Група використання РЕЗ.....стаціонарна.
Підгрупа використання РЕЗ.....професійна.
Кліматичний варіант виконання.....П.
Група виконання.....І.
Категорія розміщення.....КР-4.2.

1.3.4.5. Загальні норми кліматичних впливів

У відповідності до ГОСТ 1148-88 перетворювач має витримувати наступні нормативні впливи.

Теплостійкість:

-робоча температура.....+50°C

-гранична температура.....+60°C

Холодостійкість:

-робоча температура.....-10°C

-гранична температура.....-40°C

Вологостійкість:

-відносна вологість.....80%

-температура.....25°C

Захищеність від впливу соленого туману з водністю 2г/мм.

Захищеність від впливу повітряно-пилового потоку із швидкістю 10м/с.

Стійкість до пониженого атмосферного тиску 60кПа.

Механічний вплив під час експлуатації розроблюваного пристрою відсутній.

1.3.4.6. Вимоги до надійності

У відповідності до ГОСТ 27002-83 та ГОСТ 16325-76 перетворювач має відповідати наступним вимогам.

Показники безвідмовності:

-середній час роботи на відмову, год.....5000

Показники довговічності:

-гама-процентний ресурс,%.....90

Показники ремонтпридатності:

-середній час відновлення працездатності, год.....12

Показники зберігаємості:

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- гама-процентний термін зберігання 5 років при гама=90%
- Комплексні показники надійності:
- коефіцієнт готовності.....0,9
- коефіцієнт технічного використання.....0,8

1.3.4.7. Вимоги ергономіки та естетики

Ергономічні вимоги у відповідності до ГОСТ 12.2.032-78. Умовні функціональні позначення у відповідності до ГОСТ 25874-83.

Разом з тим перетворювач має відповідати антропологічним вимогам, психофізіологічним вимогам (ступінь його відповідності можливостям людини в частині сприймання й обробки інформації), гігієнічним вимогам (мікроклімат, параметри освітлення, рівень шуму) та естетичним вимогам (інформаційна виразність, цілісність композиції).

1.3.5. Вимоги до технологічності та уніфікації

Вимоги до технологічності конструкції виробу повинні відповідати ГОСТ 14.201-83. Конструкція перетворювача повинна відповідати умовам дрібносерійного виробництва. Використані показники ефективності, технологічності повинні складати:

- коефіцієнт щільності.....7
- коефіцієнт заповнення простору блоку0,5
- коефіцієнт використання типових технологічних процесів.....0,9
- коефіцієнт автоматизації технологічних процесів.....0,8
- коефіцієнт застосування друкованого монтажу.....0,9
- коефіцієнт використання ІС0,7

1.3.6. Вимоги по техніці безпеки

Вимоги безпеки виробу повинні відповідати ГОСТ 12.2.006-87. Перетворювач має бути сконструйований і виготовлений таким чином, щоб при його нормальній експлуатації і при появі пошкоджень для користувача не створювалась небезпека навіть у випадку недбалого поводження з приладом. Крім того має бути забезпечений захист користувача від ураження електричним струмом.

1.3.7. Вимоги до економічних показників

Пристрій, що розробляється є апаратурою для професійного застосування. У відповідності до умов сучасного стану вітчизняного ринку РЕА вибираємо тип виробництва – дрібносерійне. Визначення річного об'єму випуску продукції має проводитись після проведення досліджень, спрямованих на виявлення потреб у розроблювальному пристрої.

1.3.8. Вимоги до технічного обслуговування та ремонту

Пристрій не потребує додаткового технічного обслуговування до встановлення та після, перед початком експлуатації. Перетворювач не потребує періодичного технічного обслуговування під час експлуатації.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2 СХЕМОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Принцип роботи пристрою на рівні структурної схеми

Фазочастотний перетворювач має типову структурну схему. Відмінною рисою структурної схеми фазочастотного перетворювача є особливість методу вимірювання фазового зсуву. Структурна схема представлена на рис.2.1.

Фазочастотний перетворювач складається з наступних функціональних вузлів:

- компаратор 1;
- компаратор 2;
- блок керування;
- генератор квантуючих імпульсів;
- фазометр для вимірювання миттєвих значень;
- лічильник фазових циклів;
- пристрій пошуку максимальних значень;
- дешифратор сигналів;
- індикатор;
- пристрій порівняння частоти;
- паралельний інтерфейс;
- блок живлення;
- блок перетворювачів.

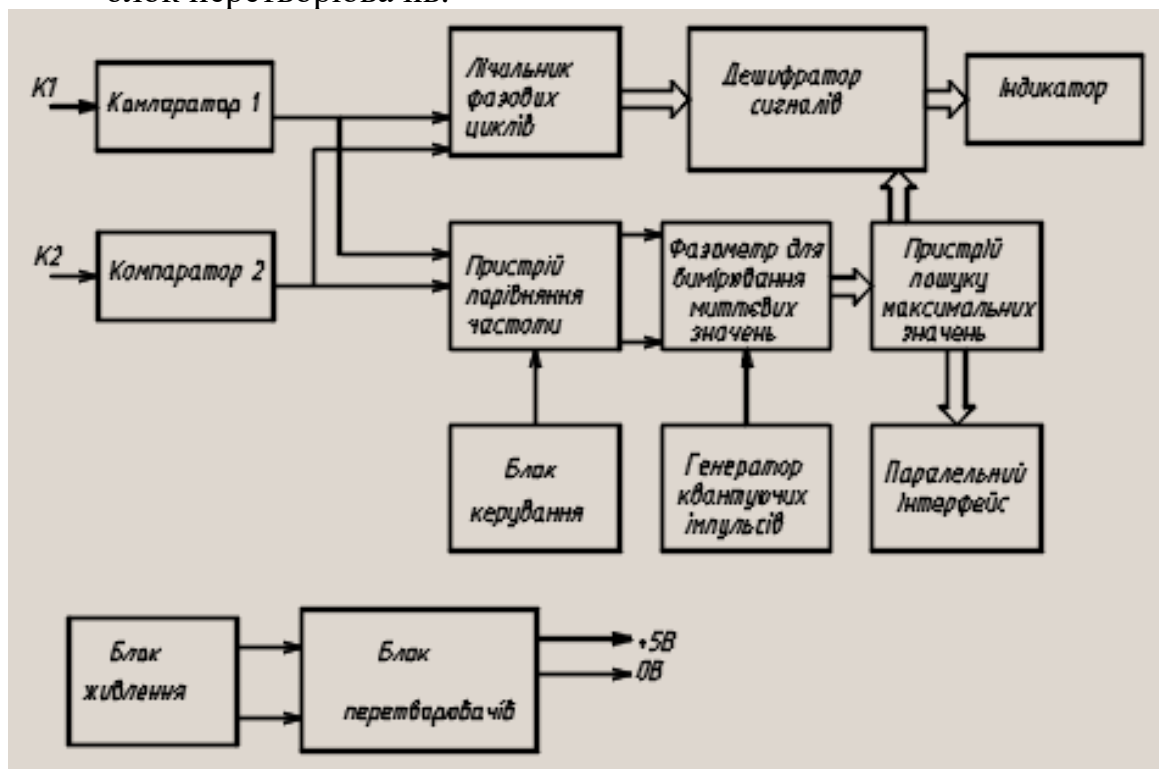


Рисунок 2.1- Структурна схема фазочастотного перетворювача

Фазочастотний перетворювач призначений для вимірювання кутів закручування довгих валів, що обертаються. Його функціонування можна описати наступними етапами:

1. Формування прямокутних імпульсів з періодичних послідовностей, що надходять на 1 і 2 канал перетворювача;
2. Вимірювання кількості повних фазових циклів, що відповідає кількості повних обертів валу;
3. Порівняння частот сигналів, що надходять на 1 і 2 канал перетворювача;
4. Вимірювання миттєвого значення фазового зсуву між періодичними послідовностями, що надійшли на 1 і 2 канал перетворювача;
5. Знаходження максимального значення миттєвого фазового зсуву між періодичними послідовностями, що надійшли на 1 і 2 канал перетворювача;
6. Перетворення сигналів у семи сегментний код.

Працює фазочастотний перетворювач наступним чином. На вхід К1 і К2 з давачів, що розташовані на кінцях довгого валу, надходять періодичні послідовності. За допомогою компараторів 1 і 2, їх перетворюють у послідовності прямокутних імпульсів.

З компараторів прямокутні імпульси одночасно надходять на пристрій порівняння частоти і лічильник фазових циклів. Лічильник фазових циклів побудовано на основі реверсивного лічильника. Основна задача лічильника фазових циклів- підрахунок повних обертів валу, що еквівалентні 360° . Основна задача пристрою порівняння частоти- визначення моменту рівності частот сигналів, що надійшли з першого та другого компаратора. Разом з тим кількість періодів порівняння встановлюється за допомогою блоку керування. У разі встановлення моменту рівності частот відбувається вимірювання фазового зсуву за допомогою фазометра для вимірювання миттєвих значень. При цьому квантування фазового зсуву відбувається за допомогою генератора квантуючих імпульсів. За допомогою пристрою пошуку максимальних значень відбувається фіксація максимального значення фазового зсуву. Отримані значення з лічильника фазових циклів та пристрою пошуку максимальних значень надходять на дешифратор сигналів, де їх двійковий код перетворюється у семи сегментний код. Крім того двійковий код максимального значення фазового зсуву надходить на паралельний інтерфейс.

2.2 Розробка лічильника фазових циклів

Функціональна схема лічильника фазових циклів представлена на рис. 2.2. Осцилограми роботи лічильника фазових циклів представлені

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

на рис. 2.3. На вхід In1 та In2 надходять прямокутні імпульси різної частоти. Разом з тим, необхідно щоб тривалість цих імпульсів, за якими саме відбувається лічба фазових циклів була мінімальна для правильного функціонування лічильника фазових циклів. При цьому значення періоду цих імпульсів має залишатись сталим. Застосування на вході лічильника фазових циклів формувачів коротких імпульсів, дозволить розв'язати цю задачу. Відповідно формувачів коротких імпульсів під час переходу прямокутних імпульсів через фазовий перехід формуватимуть імпульси певної тривалості, не спотворюючи значення періоду цих імпульсів і реагуватимуть при цьому на момент завершення лічби фазових циклів. Функціональна схема такого формувача на базі D-тригера і часові діаграми, що пояснюють принцип його роботи представлена на рис. 2.4 і 2.5 відповідно. У відповідності до рис. 2.4 при надходженні прямокутних імпульсів на вхід In на виході FI даної схеми формуються короткі імпульси тривалістю τ за умови сигналу високого рівня сигналу СНК, який надходить з частотного компаратора. Разом з тим тривалість імпульсів на виході формувача коротких імпульсів можна знайти за формулою:

$$\tau = t_{3\&} + t_{3T} + t_{3I}, \quad (2.1)$$

де $t_{3\&}$ – час затримки схеми 2I;

t_{3T} – час затримки тригера;

t_{3I} – час затримки інвертора.

Під час лічби фазових циклів у схемі фазочастотного перетворювача використовується реверсивний лічильник. Разом з тим пристрій порівняння частоти формує моменти кінця підрахунку фазових циклів і початку вимірювання фазового зсуву. Відповідно для правильної роботи реверсивного лічильника фазових циклів необхідно, щоб він задовольняв такі вимоги:

1. Підрахунок різниці імпульсів між сигналами з компараторів 1 і 2.
2. Коректне функціонування під час лічби кількості фазових циклів між двома сигналами з різною частотою.
3. Коректне функціонування під час лічби кількості фазових циклів між двома сигналами з різною шпаруватістю.
4. Коректне функціонування під час лічби кількості фазових циклів між двома сигналами, зсунутих по фазі один відносно одного.
5. Реагування на момент кінця підрахунку фазових циклів.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

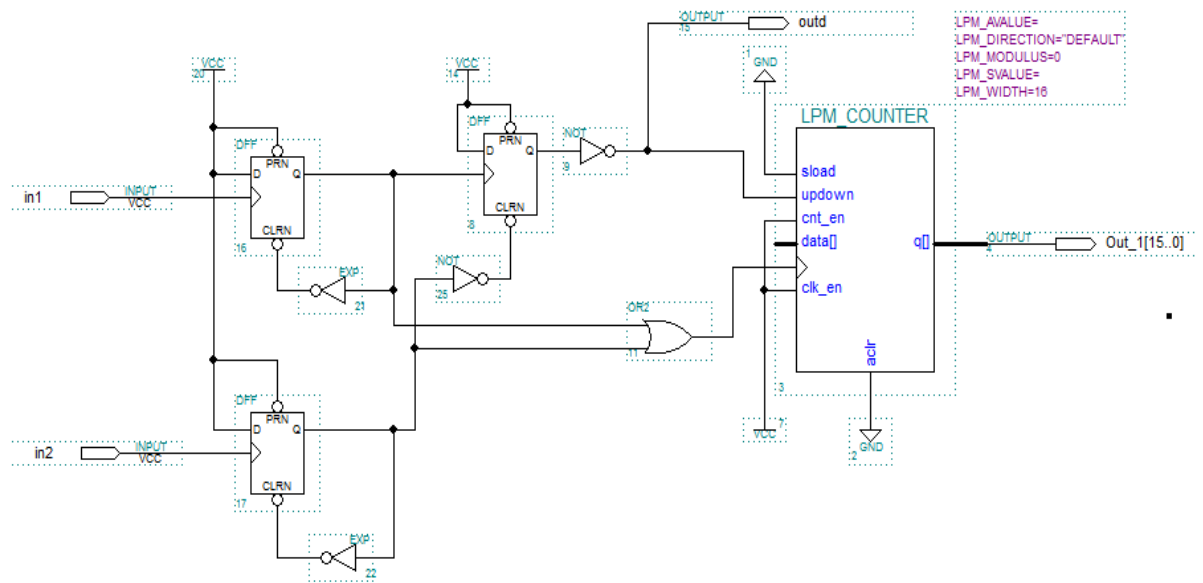


Рисунок 2.2- Функціональна схема лічильника фазових циклів

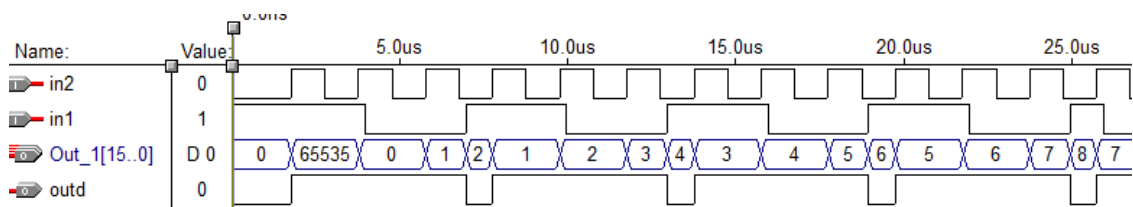


Рисунок 2.3- Осцилограми роботи лічильника фазових циклів

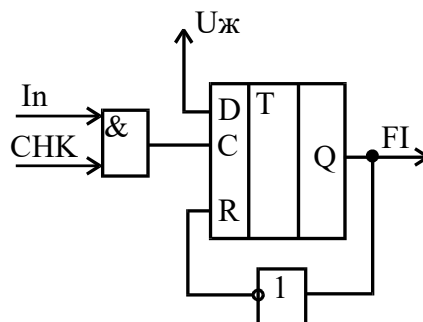


Рисунок 2.4- Функціональна схема формувача коротких імпульсів

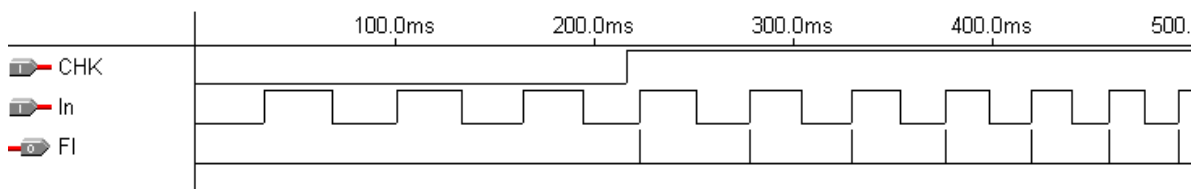


Рисунок 2.5- Часові діаграми роботи формувача коротких імпульсів

Разом з тим сенсори, що розташовані на обох кінцях валу можуть мати похибку виготовлення. При цьому можливе як зменшення так і збільшення періоду опорного та вимірювального сигналу. Відповідно необхідно передбачити у фазометрі для вимірювання миттєвих значень можливість знаходження максимального значення фазового зсуву за один оберт валу. Такий варіант можливий якщо на виході фазометра для вимірювання миттєвих значень буде інформація про фазовий зсув за кожен період опорного сигналу протягом одного або більше обертів довгого валу. Це дозволить передбачити можливість усунення похибки виготовлення сенсорів шляхом попереднього калібрування через інформацію про максимальне значення фазового зсуву. Основною задачею фазометра для вимірювання миттєвих значень є визначення кута закручування довгого валу в межах фазового циклу 360°. На рис. 2.10 представлена функціональна схема такого фазометра для вимірювання миттєвих значень, а осцилограми, які пояснюють принцип його роботи на рис. 2.11.

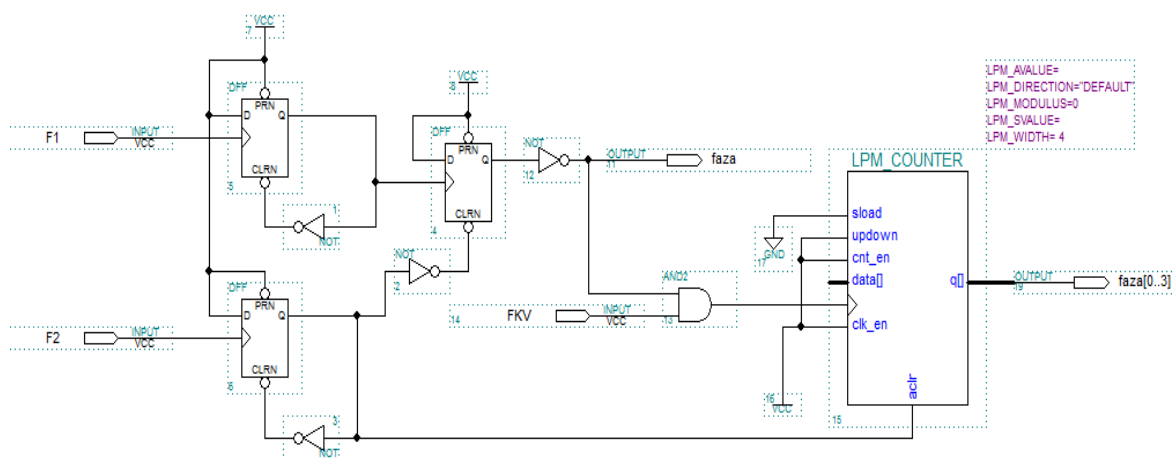


Рисунок 2.10- Функціональна схема фазометра для вимірювання миттєвих значень

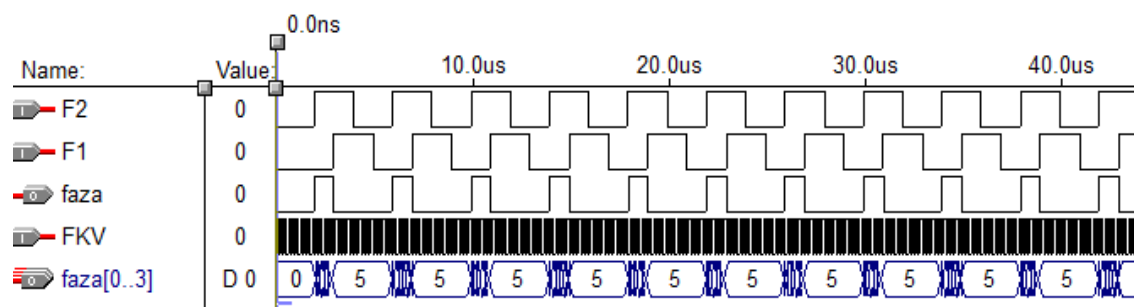


Рисунок 2.11- Осцилограми роботи фазометра для вимірювання миттєвих значень

У відповідності до функціональної схеми фазометра на вхід F1 і F2 надходять послідовності прямокутних імпульсів однієї частоти, але зсунуті по фазі. За допомогою формувачів коротких імпульсів зменшено тривалість прямокутних імпульсів до часу, що еквівалентний часу затримки D-тригера. Частота слідування імпульсів при цьому залишається сталою. Сигнал з верхнього сенсора надходить на тактовий вхід D-тригера, який виконує функцію фазового детектора. Разом з тим на вхід скидання цього ж тригера надходить сигнал з нижнього сенсора. На виході D-тригера формується сигнал, еквівалентний зсуву фаз між першим та другим сигналами. На осцилограмі (рис.2.11) цей сигнал позначено як фаза. Наступним етапом є квантування зсуву фаз за допомогою частоти квантування. Цей етап реалізовано на схемі логічне "Г". Далі проквантований опорною частотою фазовий зсув надходить на тактовий вхід лічильника. Разом з тим на вхід скидання цього лічильника надходить сигнал з другого сенсора. Відповідно на виході лічильника матимемо двійковий код фаза[0..3], який еквівалентний фазовому зсуву між першим та другим сигналом.

2.3 Розробка пристрою порівняння частоти

Можливо два способи порівняння частот вхідних сигналів, для зробленого фазочастотного перетворювача:

1. Порівняння частот вхідних сигналів з обох каналів між собою;
2. Порівняння частот вхідних сигналів із заданим значенням частоти обертання довгого валу.

При цьому перший спосіб можна представити перетворенням[4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 \Rightarrow N_1 = \frac{f_{кв}}{f_1} \\ f_2 \Rightarrow N_2 = \frac{f_{кв}}{f_2} \end{array} \right\} \Rightarrow (N_1 = N_2)?, \quad (2.2)$$

де f_1, f_2 – частоти сигналів з першого і другого каналів;

N_1, N_2 – двійкові коди, еквівалентні частотам сигналів з першого і другого каналів.

Відповідно для першого способу спочатку відбувається паралельне перетворення частот сигналів відповідних каналів у двійковий код, після чого перевіряється рівність двійкового коду першого каналу двійковому коду другого каналу. Разом з тим алгоритм роботи пристрою порівняння частоти, який описує принцип паралельного порівняння частот вхідних сигналів з обох каналів між собою, представлений на рис. 2.12[4].

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

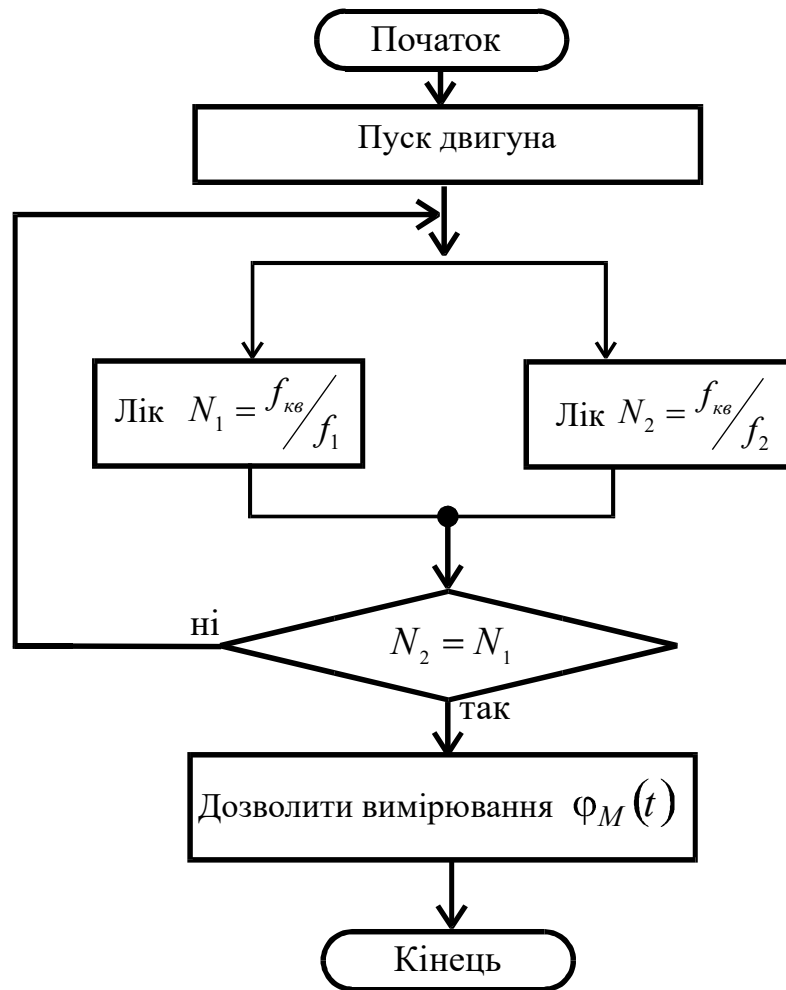


Рисунок 2.12- Алгоритм порівняння частот вхідних сигналів

У відповідності до алгоритму, представленого на рис. 2.12, відбувається наступна послідовність операцій:

1. Пуск двигуна на певне значення частоти обертання;
2. Підрахунок кількості імпульсів $N_1 = f_{кв} / f_1$, що надійшли за один період сигналу з першого каналу;
3. Підрахунок кількості імпульсів $N_2 = f_{кв} / f_2$, що надійшли за один період сигналу з другого каналу;
4. Перевірка умови $N_1 = N_2$;
5. В разі нерівності умови за п.4 перехід до п. 2;
6. В разі рівності умови за п. 4 перехід до п.7;
7. Вимірювання миттєвого значення фазового зсуву $\varphi_M(t)$;

При цьому інший спосіб порівняння частот вхідних сигналів можна представити перетворенням[4]:

У відповідності до алгоритму послідовного порівняння частот вхідних сигналів, який представлено на рис. 2.13, виконується наступна послідовність операцій:

1. Пуск двигуна на певне значення частоти обертання довгого валу $\omega_0 \approx f_0 \approx N_0$;
2. Підрахунок кількості імпульсів $N_1 = \frac{f_{кв}}{f_1}$, що надійшли за один період сигналу з першого каналу;
3. Перевірка умови $N_1 = N_0$;
4. Якщо умова 3 не виконується, то перехід до п.2;
5. Якщо умова 3 виконується то перехід до п.6;
6. Підрахунок кількості імпульсів $N_2 = \frac{f_{кв}}{f_2}$, що надійшли за один період сигналу з другого каналу;
7. Перевірка умови $N_2 = N_0$;
8. Якщо умови 7 не виконується, то перехід до п. 6;
9. Якщо умова 7 виконується, то перехід до п.10;
10. Вимірювання миттєвого значення фазового зсуву $\varphi_M(t)$;

Також можна зауважити, що час порівняння двох частот для першого способу буде менший ніж для другого, оскільки паралельне порівняння частот буде виконуватись швидше ніж послідовне. Таким чином є необхідність використання паралельного частотного компаратора у складі фазочастотного перетворювача.

Принцип роботи пристрою порівняння частоти, що розробляється, полягає в порівнянні значення частот сигналів, що надходять з компараторів між собою в установленому режимі і в разі їх рівності появи сигналу дозволу на вимірювання фазового зсуву фазометром для вимірювання миттєвих значень. Як вже було сказано раніше для даного розробленого фазочастотного перетворювача можливо два варіанти порівняння частот вхідних сигналів:

1. Паралельний.
2. Послідовний.

Особливостями необхідного пристрою порівняння частоти є:

1. Порівняння двох частот вхідних сигналів зсунутих по фазі.
2. Порівняння двох частот вхідних сигналів з різною шпаруватістю.
3. Видача сигналу дозволу на вимірювання миттєвого значення фазового зсуву за умови рівності $\omega_1 = \omega_2$.

Проаналізувавши принцип роботи існуючих пристроїв порівняння частоти було встановлено, що дві перші умови задовольняє пристрій порівняння частоти, який представлено в роботах [5]. Функціональна схема такого пристрою порівняння частоти зображена на рис.2.14[5].

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

буде надходити на вхід схеми порівняння не перевищуватиме попереднє значення миттєвого фазового зсуву, тобто[6]:

$$Y_i = Y_{i-1}. \quad (2.5)$$

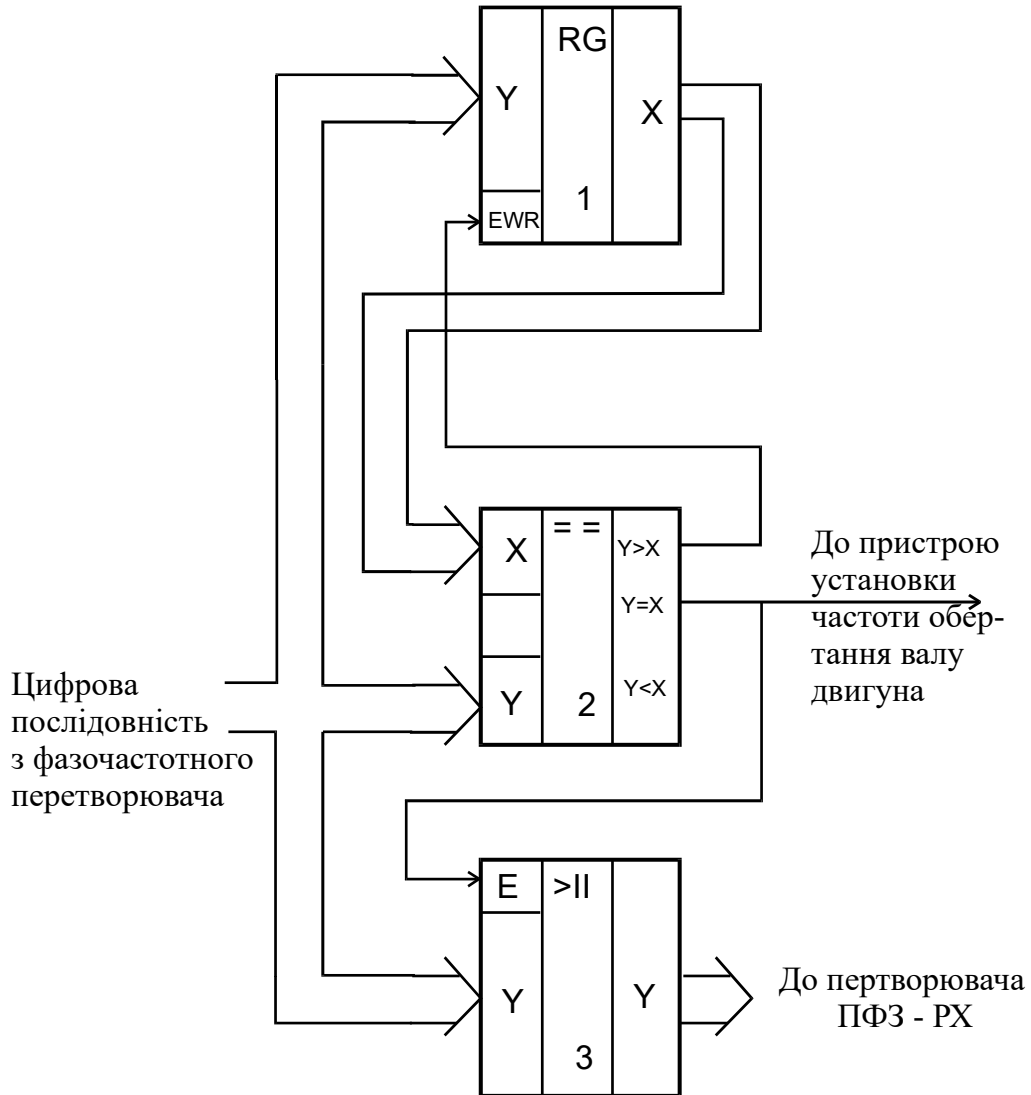


Рисунок 2.19- Функціональна схема пристрою пошуку максимальних значень

Якщо умова (2.5) виконується, то на виході $Y=X$ буде сформовано сигнал логічної одиниці, який надійде на вхід дозволу передачі інформації формувача 3 і максимальне значення миттєвого фазового зсуву з його виходу надійде на вхід дешифратора сигналу. Часові діаграми роботи пристрою пошуку максимальних значень представлено на рис. 2.20[6].

У схемі генератора елемент DD1.1 є лінійним підсилювачем, кварцовий резонатор ZQ1 утворює коло зворотного зв'язку. Щоб забезпечити виникнення та існування стійких автоколивань, слід спочатку вивести інвертори мультивібратора по постійному струму на лінійний ділянку передавальної характеристики. Режим по постійному струму задається за допомогою резистора R1. Разом з тим частота сформованого сигналу задається кварцовим резонатором. В якості інверторів використовуються елементи мікросхеми КР1553ЛА3, умовне графічне позначення якої представлено на рис.2.25[11], а основні характеристики в таб.2.1[11].

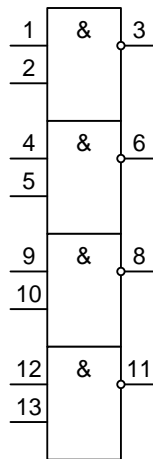


Рисунок 2.25- Умовне графічне позначення ІМС КР1553ЛА3

Таблиця 2.1 – Параметри ІМС КР1553ЛА3

Параметр	Величина
Напруга живлення, В	+5
Струм споживання, мкА	<4
Робочий температурний діапазон, °С	-45 ... +85
Потужність споживання, мВт	300

2.7 Аналіз схеми електричної принципової

На креслені КПТР.2017008.08.110.Е3 представлена електрична принципова схема фазочастотного перетворювача на ПЛІС.

Схема електрична принципова містить в собі наступні функціональні модулі:

- генератор квантуючих імпульсів;

- кумулятивний фазометр;
- дешифратор сигналу;

Всі елементи схеми, які складають перераховані вище модулі, встановлено на окремій друкованій платі. Габаритною конструкцією є друкована плата, яка потребує спеціального кріплення, інші елементи схеми спеціального кріплення не потребують. Пристрій є малопотужним, у схемі відсутні тепло навантажені елементи. Використання екранів, фільтрів і екрануючих провідників не є необхідним. При нормальній роботі приладу у схемі відсутні кола, які знаходяться під високим потенціалом, однак у випадку аварійної роботи блоку живлення кола живлення схеми можуть опинитись під високим потенціалом.

Блок живлення розміщений на окремій друкованій платі. Розміщення блоку перетворювача і блоку живлення на окремих друкованих платах покращило завадостійкість.

На лицьовій панелі приладу розташовані:

- пристрій відображення інформації;
- вимикач живлення "PWR";
- перемикач кількості періодів порівняння;
- байонетні роз'єкти каналу А і Б;

На задній панелі приладу розташовані:

- роз'єм для паралельного порту ПЕОМ;
- отвір для виводу шнура живлення.

З'єднання між платами здійснюється за допомогою роз'єктів та гнучкого плоского кабелю. Плати кріпляться до корпусу за допомогою стандартних металевих гвинтів.

2.7.1 Розрахунок лінійного стабілізатора напруги

Для блоку перетворювачів в якості стабілізатора обираємо стабілізатор напруги LM317 виготовлений компанією UTC. Даний стабілізатор розрахований на діапазон вихідної напруги: 1,2...37В і струм навантаження 3А. На рис.2.26[12], представлена схема включення лінійного регульованого стабілізатора напруги марки LM317.

Для визначення вихідної напруги стабілізатора скористаємося формулою[12]:

$$V_O = V_{REF} (1 + R_2/R_1) + I_{ADJ} R_2 \quad , \quad (2.6)$$

де $V_{REF}=1,25В$, $I_{ADJ}=100мкА$, $R_1=240 Ом$.

Для вихідної напруги 5В максимальне значення опорного резистора R_2 визначимо з формули:

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$R2 = (V_0 - V_{ref}) / \left(\frac{V_{ref}}{R1} + I_{ADJ} \right) = 7060 \Omega$$

Зі стандартного ряду виберемо резистор номіналом 6800 Ω потужністю 0,125Вт серії С2-23.

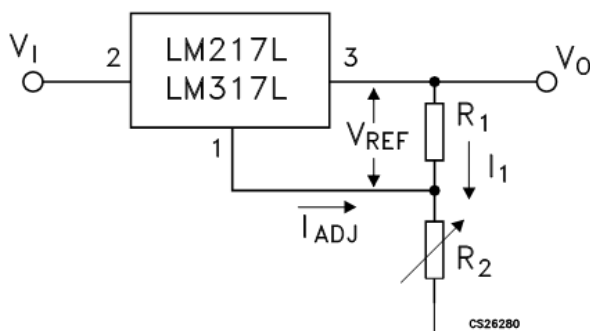


Рисунок 2.26- Схема включення стабілізатора LM317

2.7.2 Розрахунок обмежувального резистора для світлодіоду

Оскільки напруга живлення схеми складає 5В, то для запобігання виходу з ладу світлодіоду для індикації режиму включення пристрою, необхідно встановити обмежувальний резистор, так як це показано на рис.2.27[13].

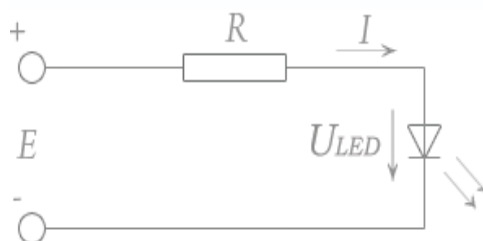


Рисунок 2.27- Схема включення індикаторного світлодіоду

Значення обмежувального резистора можна знайти з формули[13]:

$$R = (E - U_{LED}) / I,$$

де $U_{LED}=1.8\text{В}$, $I=5\text{мА}$.

Знайдемо значення обмежувального резистора для напруги $E=5\text{В}$.

$$R=(5-1.8)/0.005=640 \text{ Ом.}$$

Зі стандартного ряду обираємо номінал обмежувального резистора 620Ом потужністю 0,125Вт серії С2-23.

2.8 Аналіз елементної бази

Перелік радіоелементів, які входять в схему, наведено в табл.2.2, в якій приведені їх основні конструкційні та експлуатаційні параметри. Як видно з таблиці елементна база відповідає вимогам технічного завдання. Застосування сучасних мікросхем дозволило значно зменшити споживану потужність. А використання програмованої логічної схеми дозволило спростити електричну схему.

Таблиця 2.2- Основні характеристики елементної бази

Найменування елемнту	Кільк. Шт.	Маса, г	Лінійні розміри		Установочна площа, мм ²	Інтенсивність відмов, λ, 10 ⁻⁶	Діапазон темп., °С	Напруга, U _{доп} , В	Струм I _{доп} , А
			довж. мм	шир. мм					
Мікросхема ЕРМ7064SLC44	1	4	20	20	400	0,01	-40...+85	4,5..5,5	0,1
Мікросхема К1533ІА3	1	2	10,2	7,8	110	0,01	-40...+85	4,5..5,5	0,01
Мікросхема К514ІД1	3	2	10,2	7,8	110	0,01	-55...+105	4,5..5,5	0,02
Мікросхема LT1720	1	1	5	6,2	31	0,01	-40...+85	3..5	
Розняття PLD10	2	8	15	5	75		-40...+105		1
Конденсатор КМ6	8	2	7	2	14	0,05	-55...+125	60	
Конденсатор електролітичний	2	4	12	8	200	0,035	-55...+85		
Резистор С2-23	1	2	10	3	30	0,03	-40...+85		
Кварцевий резонатор РК1, 1 МГц	1	10	12	5	61	0,1	-40...+85		

У відповідності до таблиці 2.2, можна зауважити, що використана елементна база повністю задовольняє умови експлуатації перетворювача. Використанні елементи не потребують спеціального охолодження.

Відповідно для забезпечення теплового режиму роботи достатньо використати повітряну систему охолодження. Захист конструкції приладу від впливу зовнішніх температурних факторів забезпечується також звичайним підбором елементів з характеристиками, що задовольняють вимогам ТЗ, та матеріалів з майже однаковими коефіцієнтами температурного розширення. Порівнявши умови експлуатації елементів схеми з умовами експлуатації пристрою, що задані в ТЗ можна зробити висновок про те, що всі елементи можна використовувати у фазочастотному перетворювачі.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка просторової структури виробу

3.1.1 Виділення структурних рівнів конструкції

Для систематизації підходів проектування та визначення габаритних розмірів необхідне виділення структурних рівнів конструкції. Структурні рівні конструкції виділяють у відповідності до ГОСТ 26632-85 «Рівні розукрупнення радіоелектронних виробів по функціонально-конструктивній складності. Терміни і визначення»[14]. Проводимо розбиття фазочастотного перетворювача на структурні одиниці, виходячи із схеми електричної принципової виробу.

Аналіз схеми електричної принципової показує, що у відповідності до цього нормативного документу, в фазочастотному перетворювачі можна виділити наступні структурні рівні:

0-й рівень – це окремі елементи, встановлені на печатних платах, що розташовані на передній панелі та всередині корпусу фазочастотного перетворювача.

1-й рівень – це вузли з друкованим монтажем. До цього рівня віднесемо: печатну плату передньої панелі, печатну плату фазочастотного перетворювача і печатну плату блоку живлення.

2-й рівень - це окремі блоки багато блочної конструкції. До цього рівня віднесемо сам перетворювач.

Принцип розбиття на структурні рівні зробимо за ознаками функціональної закінченості та технологічності. Розмір, форма їх вибрана, виходячи із розрахунків і приведених вище аналогів.

Результати виділення структурних рівнів у фазочастотному перетворювачі представлено в таблиці 3.1. Разом з тим розміри печатних плат представлено у відповідності до рекомендацій ГОСТ 10317-79 «Плати друковані. Основні розміри»[15]. При цьому з'єднання між печатними платами буде за допомогою роз'ємних з'єднань.

Таблиця 3.1 - Характеристики складальних одиниць

Найменування вузла	Струк. Рівень	Габарити , мм.	Маса, кг.	Вид монтажу
Плата фазочастотного перетворювача	1	85 x 60	0,4	Друкований
Плата індикації	1	85 x 40	0,2	Друкований
Плата блоку живлення	1	85 x 50	0,5	Друкований

3.1.2 Визначення форми виробу

Визначення форми виробу визначається, перш за все, місцем встановлення приладу та способом з'єднання з об'єктом встановлення. Так як фазочастотний перетворювач призначений для вимірювання фазового зсуву, то такий фактор як положення під певним кутом можна не враховувати.

У відповідності до ТЗ фазочастотний перетворювач буде встановлено горизонтально на лабораторному столі без фіксації.

Для забезпечення вимог до ергономічності та естетичності всі елементи керування, індикації і зовнішніх з'єднань винесено на зовні фазочастотного перетворювача.

Форма пристрою має бути завершеною і лаконічною, але із врахуванням естетичних потреб споживача. Відповідно на основі цих міркувань, фазочастотний перетворювач матиме форму паралелепіпеда рис. 3.1.

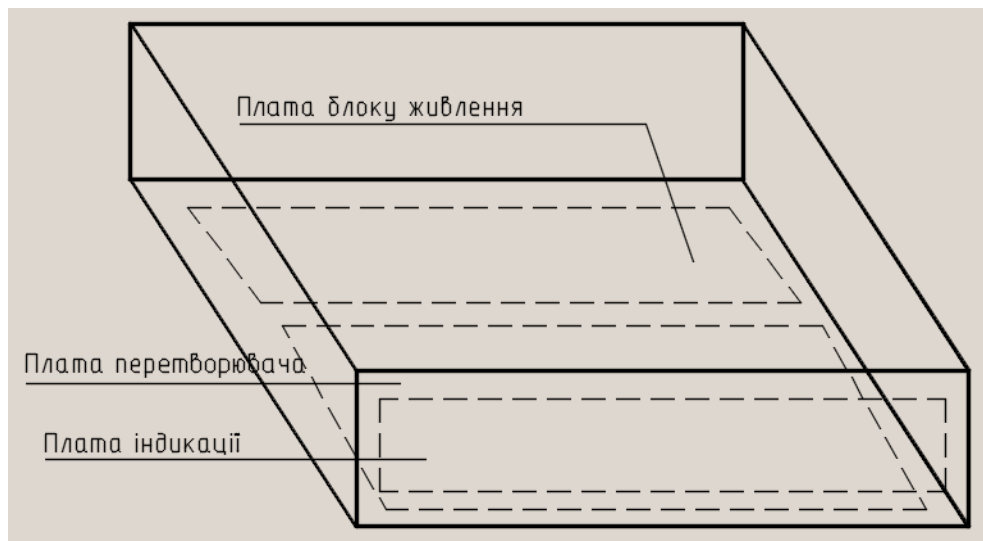


Рисунок 3.1– Ескіз конструкції фазочастотного перетворювача

3.1.3 Визначення габаритних розмірів виробу

Виходячи з розроблених технічних вимог перетворювач повинен мати розміри, які б не перевищували 150×200×100 мм. Але, оскільки в технічному завданні є вимога до мінімізації габаритних розмірів, то їх можна зменшити до величини 110×130×60 мм. Такі розміри можна одержати, користуючись методом аналітичної компоновки. Аналізуючи розміри елементної бази видно, що максимальні габарити плати блоку живлення 85×50×40 мм та плати обробки інформації 85×50 мм. Висоту

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

На задній панелі розташуємо отвір для шнура живлення, а також роз'єднання для під'єднання до паралельного порту ПЕОМ для знаходження миттєвого значення фазового зсуву. Ескіз задньої панелі фазочастотного перетворювача представлено на рис. 3.3.

Колір перетворювача повинен вписуватися в композицію з кольорами приладів на місці оператора, тому обираємо колір приладу чорним. Написи виконати білою фарбою, напис про небезпеку жовтою фарбою.

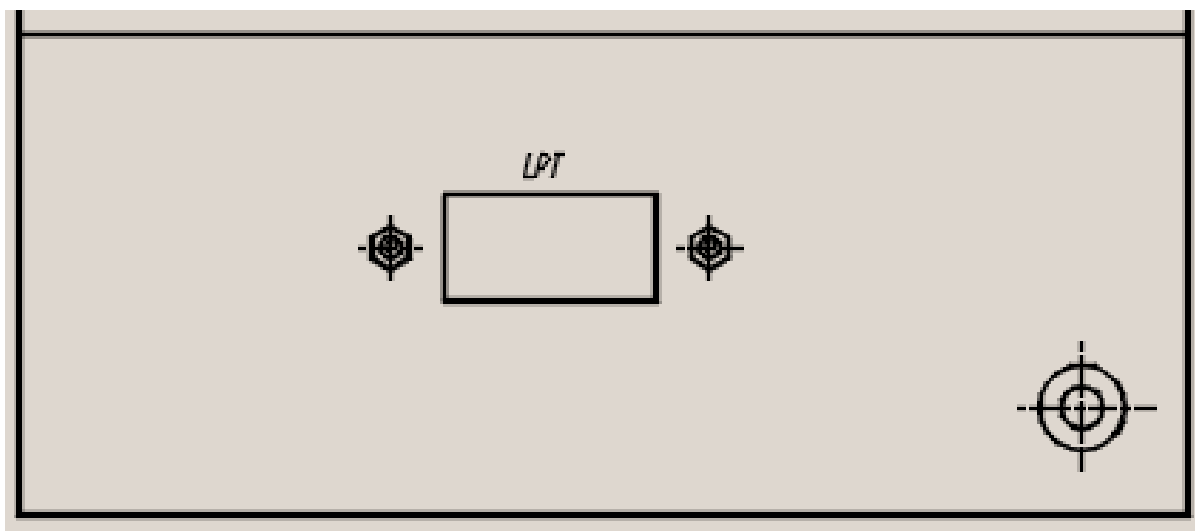


Рисунок 3.3- Ескіз задньої панелі

3.1.5 Внутрішнє компонування РЕЗ

Під час внутрішнього компонування основною метою є врахування вимог забезпечення електромагнітної, теплової, механічної сумісності; електричної міцності та ремонтпридатності.

Виходячи з вимог до електромагнітної сумісності, завадостійкості та ремонтпридатності, а також вимог до теплового режиму роботи приладу, друковану плату фазочастотного перетворювача розташуємо горизонтально в передній частині основи корпусу, поряд на цій же основі розміщуємо плату блоку живлення. Плату індикації і регулювання розмістимо вертикально безпосередньо на внутрішній стороні передньої панелі.

Внутрішнє компонування фазочастотного перетворювача показано на рисунку 3.4.

На рис. 3.4 зображено внутрішнє компонування пристрою на якому:

- 10- плата блоку живлення;
- 11- плата перетворювача;

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

12- передня панель разом із платою індикації.

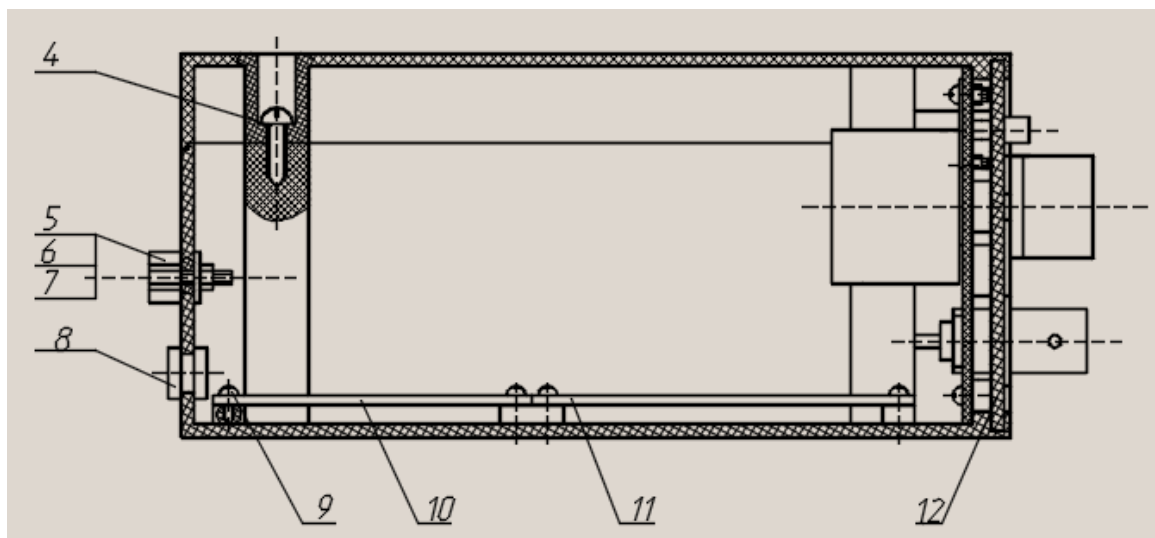


Рисунок 3.4- Внутрішня компоновка пристрою

3.1.6 Аналіз ефективності компоновання

Для аналізу ефективності компоновання використаємо методику на базі розрахунку теплового режиму пристрою. Основною задачею даного аналізу є розрахунок перегріву перетворювача та визначення максимальної робочої температури.

У відповідності до методики, що наведено у [9], проведемо теплові розрахунки. Насамперед необхідно визначити потужність споживання фазочастотного перетворювача. Для визначення потужності споживання фазочастотного перетворювача, проаналізуємо потужності споживання всіх активних елементів: мікросхем, та інших елементів, які входять до складу пристрою і можуть споживати електроенергію. Електричні характеристики цих елементів наведено в таблиці 3.2.

За результатами таблиці 3.2 можна відмітити, що, потужність споживання фазочастотного перетворювача не більше 925мВт.

У відповідності до таблиці 3.2 можна побачити, що найбільш тепло навантаженим елементом є мікросхема EPM7064SLC44.

Знайдемо еквівалентний коефіцієнт теплопровідності корпусу $\lambda_{ек}$, в якому знаходиться мікросхема EPM7064SLC44. За умови відсутності теплопровідних шин $\lambda_{ек} = \lambda_{пл}$ - теплопровідності плати (для склотекстоліту $\lambda_{пл} = 0,3$ Вт/(М×°К). За цих умов еквівалентний коефіцієнт теплопровідності знайдемо за формулою[17]:

$$\lambda_{ек} = (1 - A) \cdot \lambda_{пл} \cdot \left[1 - \frac{V_{ш}}{V_n} + \frac{1}{\frac{V_{ш}}{V_n} \cdot \frac{\lambda_{ш}}{\lambda_{пл}} + 1 - \frac{V_{ш}}{V_n}} \right]^{-1} + A \frac{\lambda_{пл}}{2} \left[1 + \frac{\lambda_{ш} V_{ш}}{\lambda_{пл} V_n} + \frac{1}{1 - \frac{V_{ш}}{V_n}} \right] \quad (3.1)$$

де $\lambda_{ш}$ - теплопровідність матеріалу, з якого виготовлено шини тепловідводу;

V_n - об'єм плати;

$V_{ш}$ - загальний об'єм шини тепловідводу;

A - поверхневий коефіцієнт заповнення плати перетворювача шини тепловідводу.

Таблиця 3.2- Потужність споживання фазочастотного перетворювача

Найменування елемента	Кільк.	Ісп, А	Уж, В	Рспож, Вт
Мікросхема ЕРМ7064SLC44	1	0,1	5	0,5
Мікросхема К1533ЛА3	1	0,01	5	0,05
Мікросхема КР514ИД1	3	0,02	5	0,3
Мікросхема LT1720	1	0,004	5	0,02
Резистивні подільники	5	0,001	5	0,025
Інші	10	0,001	5	0,05
Всього				0,925

Оскільки шиною тепловідводу будуть струмопровідні елементи рисунка плати, то параметр $\lambda_{ш}$ для мідних провідників буде рівний 390 Вт/(М×°К). Об'єм плати в основному визначаємо за формулою:

$$V_n = S_n \cdot H_n \cdot k, \quad (3.2)$$

де S_n - площа поверхні плати;

H_n - висота основи плати;
 k - коефіцієнт запасу;
У відповідності до (2.6) матимемо:

$$V_n = 5100 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,204 (\text{м}^3).$$

Для знаходження об'єму теплопровідних шин скористаємося формулою:

$$V_{ш} = S_n \cdot t, \quad (3.3)$$

де t – товщина струмопровідного шару.

$$V_{ш} = 5100 \cdot 2 \cdot 0,35 \cdot 10^{-6} = 0,00357 (\text{м}^3).$$

Для плати перетворювача поверхневий коефіцієнт заповнення плати шинами тепловідводу будемо вважати рівним 0,5.

Тепер знайдемо еквівалентний коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_{ек} = (1 - 0,5) \cdot 0,3 \cdot \left[1 - \frac{0,00357}{0,204} + \frac{1}{\frac{0,00357}{0,204} \cdot \frac{390}{0,3} + 1 - \frac{0,00357}{0,204}} \right]^{-1} +$$

$$+ 0,5 \cdot \frac{0,3}{2} \cdot \left[1 + \frac{390}{0,3} \cdot \frac{0,00357}{0,204} + \frac{1}{1 - \frac{0,00357}{0,204}} \right] \cong 2,017 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right).$$

Елементом з найбільшою потужністю розсіювання є мікросхема EPM7064SLC44, яка має габаритні розміри 17×17 мм і споживає струм 0,1 А. Надалі знайдемо еквівалентний радіус мікросхеми за формулою[17]:

$$R_{ек} = \sqrt{\frac{S_{0IC}}{\pi}}, \quad (3.4)$$

де $S_{0IC} = 17 \cdot 17 = 289$ мм²;

$$R_{ек} = \sqrt{\frac{289}{3.14}} = 9,59 (\text{мм}).$$

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Для знаходження коефіцієнту розповсюдження теплового потоку скористаємось формулою[17]:

$$m = \sqrt{\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{H_n \cdot R_{ek}}}, \quad (3.5)$$

де α_1 та α_2 - коефіцієнти теплообміну верхнього та нижнього шару плати.

Для нормальних умов теплообміну $\alpha_1 + \alpha_2$ рівне 17 Вт/(М²°К), відповідно матимемо:

$$m = \sqrt{\frac{17}{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 9,59 \cdot 10^{-3}}} = 1086,9 \left(\frac{1}{\text{м}} \right).$$

Тепер можемо визначити перегрівання поверхні корпусу мікросхеми у відповідності до формули[17]:

$$\Delta t_{IC} = \Delta t_k + r \left[\frac{P}{R_\alpha(S_{IC} - S_{0IC}) + \frac{1}{\frac{\delta z}{\lambda_z \pi R^2} + \frac{1}{8,5\pi R^2 + 2\pi R \lambda_{ek} H m \frac{K_1(mR)}{K_0(mR)}}}} \right], \quad (3.6)$$

де Δt_k - середній перегрів корпусу вищого структурного рівня;

r - емпіричний коефіцієнт, в нашому випадку рівний 1,14;

R_α - коефіцієнт теплопровідності корпусу мікросхем, в нашому випадку рівний 50 Вт/м²°К;

S_{IC} - загальна площа поверхні мікросхеми;

δz - зазор між мікросхемою та платою;

λ_z - теплопровідність зазору між мікросхемою та платою;

P – потужність, яка розсіюється мікросхемою;

$K_1(mR)$ та $K_0(mR)$ - модифіковані функції Беселля.

Дана формула є справедливою за умови:

$$R_i < 10 / m = 10 / 1086,9 = 0,0092, \quad (3.7)$$

де R_i - відстань між цим елементом та сусідніми.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Для знаходження загального перегріву герметичного корпусу з невимушеним повітряним охолодженням відносно оточуючого середовища скористаємось формулою[17]:

$$\Delta t_k = (0,1472 q_k - 0,2962 \cdot 10^{-3} q_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} q_k^3) K_n, \quad (3.8)$$

де q_k - густина теплового потоку, який проходить через поверхню теплообміну;

K_n - коефіцієнт, що визначається тиском повітря ззовні пристрою;

$$q_k = \frac{P \cdot K_p}{S_k}, \quad (3.9)$$

де K_p - коефіцієнт, що враховує тиск повітря, в нашому випадку рівний 1;

S_k - площа поверхні корпусу пристрою,

$$S_k = 2[l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3], \quad (3.10)$$

де l_1, l_2, l_3 - довжина, ширина основи корпусу пристрою і його висота, в нашому випадку $l_1 = 0,13 \text{ м}$, $l_2 = 0,11 \text{ м}$, $l_3 = 0,06 \text{ м}$;

$$S_k = 2 \cdot [0,13 \cdot 0,11 + (0,13 + 0,11) \cdot 0,06] = 0,0574 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$q_k = \frac{1,33 \cdot 1}{0,0574} = 23,17 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right);$$

$$K_n = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} H}, \quad (3.11)$$

де H - атмосферний тиск, $H = 0,101325 \text{ МПа}$;

$$K_n = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 0,101325} = 1,9;$$

$$\Delta t_k = (0,1472 \cdot 23,17 - 0,2962 \cdot 10^{-3} \cdot 23,17^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} \cdot 23,17^3) \cdot 1,9 = 3,3 \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Знайдемо значення модифікованих функцій Бесселя із математичних таблиць: для аргументів

$$mR = 1086,9 \cdot 0,0092 \cong 9,99$$

$$K_1(mR) = 2645,6; K_0(mR) = 2789,2.$$

Визначимо площу поверхні схеми визначається за тривіальною формулою через габаритні розміри:

$$S_{IC} = 2(ab + ac + bc) \quad (3.12)$$

$$S_{IC} = 2 \cdot (0,017 \cdot 0,017 + 0,017 \cdot 0,003 + 0,017 \cdot 0,003) = 0,39 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^2\text{)}$$

Відповідно матимемо:

$$\Delta t_{IC} = 3,3 + 1,14 \left[\frac{0,925}{50 \cdot (0,39 \cdot 10^{-3} - 0,289 \cdot 10^{-3}) + \frac{1}{\frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{0,8\pi(0,0092)^2} + \frac{0,925}{1} + \frac{1}{1}}} \right] = 5,28(^{\circ}\text{C})$$

$$8,5\pi(0,0092)^2 + 2\pi \cdot 0,0092 \cdot 2,004 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 1086,9 \cdot \frac{2,645}{2,789}$$

Знаючи перегрів визначаємо температуру поверхні мікросхеми:

$$t_{IC \max} = t_{0 \max} + \Delta t_{IC} = 50 + 5,28 = 55,28 (^{\circ}\text{C}), \quad (3.13)$$

де $t_{0 \max}$ – максимальна робоча температура професійної апаратури шостої групи у відповідності до техніко-експлуатаційних вимог. Так як максимальна температура експлуатації для мікросхеми EPM7064SLC44 складає 80°C , то розрахована температура його корпусу задовольняє наші вимоги.

Для схеми фазочастотного перетворювача найменшу температуру експлуатації має кварцовий резонатор – 70°C, що вища за температуру $t_{C \max}$. Відповідно, можна зауважити, що умова нормальної роботи виконується, а разом і умови для інших елементів, тому що розрахунки проводились для найбільш нагрітого елемента.

3.2 Конструювання печатної плати

3.2.1 Топологічне конструювання печатної плати

Під час конструювання друкованої плати необхідно врахувати наступні критерії:

Габаритний критерій, який визначається елементами та їх розмірами. Проаналізувавши елементну базу основної плати фазочастотного перетворювача приймаємо одностороннє розміщення елементів.

Користуючись аплікаційний метод розміщення, враховуючи електромагнітну та теплову сумісність елементів, габаритні вимоги ТЗ, приймаємо розміри основної печатної плати фазочастотного перетворювача 85x60x15мм.

Варіант встановлення елементів на печатній платі відповідає ОСТ 4.010.030 – 81.

Критерій щільності монтажу.

Виходячи з ГОСТ 23752–79 «Плати друковані. Загальні технічні умови», а також заданих в ТЗ умовах експлуатації фазочастотного перетворювача, визначаємо групу жорсткості, клас точності і клас щільності малюнка друкованої плати фазочастотного перетворювача. Для кліматичних умов експлуатації фазочастотного перетворювача задовольняє друга група жорсткості.

У відповідності до ГОСТ 23751-86 «Плати друковані. Основні параметри конструкції.» а також габаритних розмірів основної печатної плати фазочастотного перетворювача, кількості елементів, друкована плата повинна задовольняти умови третього класу точності:

мінімальне значення номінальної ширини провідника $t = 0,25\text{мм}$;

мінімальна відстань між провідниками $S = 0,25\text{мм}$.

Матеріал основи: склотекстоліт СФ-2-35-1,5 ГОСТ 10316-89.

3.2.2 Розрахунок розмірів провідників друкованого монтажу

Відповідно, у нашому випадку:

1. спосіб виготовлення: комбіновано – позитивний;

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

2. спосіб одержання малюнка – фотохімічний;
3. відстань між монтажними отворами – 2,5 мм;
4. крок координатної сітки – 1,25 мм;
5. мінімальний діаметр монтажних отворів – 0,8 мм;
6. форма контактних майданчиків – круга.

Товщину H печатної плати вибираємо з умови[18]:

$$j = \frac{d_{н.отв}}{H} = 0,6, \quad (3.14)$$

де j – табличний коефіцієнт (для 2-го класу густини $j=0,6$);

$d_{н.отв}$ – діаметр монтажного отвору.

Для діаметру свердла $d_{св}=1$ мм, матимемо[18]:

$$d_{н.отв}=d_{св}-(0,1\div 0,15), \quad (3.15)$$

$$d_{н.отв}=1-0,1=0,9 \text{ мм.}$$

$$H = \frac{d_{н.отв}}{j} = \frac{0,9}{0,6} = 1,5 \text{ мм} \quad (3.16)$$

Відповідно, приймаємо товщину плати $H=1,5$ мм.

Визначимо мінімальний діаметр контактної майданчика за формулою[18]:

$$D_{\min}=D_{1 \min}+1,5h_{op}+0,03, \quad (3.17)$$

$$D_{1 \min} = 2 \left[b_m + \frac{d_{\max}}{2} + d_{отв} + d_{кп} \right], \quad (3.18)$$

$$b_m = 0,05$$

$$\delta_{отв} = \delta_o + \delta_3, \quad (3.19)$$

де $\delta_o=0,04$;

$\delta_3=0,01$;

$$\delta_{\delta_{\text{ок}}} = \delta_{\text{ш}} + \delta_{\text{е}} + \frac{\delta_{\text{п}} + \delta_{\text{е}}}{2}, \quad (3.20)$$

де $\delta_{\text{ш}}=0,04$, $\delta_{\text{е}}=0,01$, $\delta_{\text{п}}=0,02$.

$$\delta_{\delta_{\text{ок}}}=0,04+0,01+(0,02+0,01)/2=0,065,$$

$$d_{\text{max}}=d_{\text{св}}+d, \quad (3.21)$$

де $d=0,02$.

$$d_{\text{max}}=1+0,02=1,02\text{мм};$$

$$D_{1 \text{ min}}=2[0,05+1,02/2+0,05+0,065]=1,35\text{мм};$$

$$D_{\text{min}}=1,35+1,5/0,065+0,03=1,45\text{мм}.$$

Знайдемо максимальний діаметр контактної майданчика з виразу[18]:

$$D_{\text{max}}=D_{\text{M max}}+h_{\text{р}}+\varepsilon, \quad (3.22)$$

де $h_{\text{р}}=0$ – товщина металевого резистивного шару;
 $\varepsilon=0,02$ – похибка розміру контактної майданчика.

$$D_{\text{max}}=D_{\text{M min}}D_{\text{M}}, \quad (3.23)$$

де $D_{\text{M}}=0,02$ – похибка виготовлення фотшаблону.

$$D_{\text{M min}}=D_{\text{min}}-h_{\text{р}}, \quad (3.24)$$

$$D_{\text{M min}}=1,45-0=1,45\text{мм};$$

$$D_{\text{M max}}=1,45+0,02=1,47\text{мм};$$

$$D_{\text{max}}=1,47+0,02\text{мм}.$$

Тепер знайдемо найменшу та найбільшу ширину друкованого провідника[18]:

$$t_{\text{n min}}=h_{\text{m1 min}}+1,5h_{\text{nm}}+h_{\text{р}}, \quad (3.25)$$

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

де $h_{m1 \min}=0,18$

$$t_{n \max}=t_{m \max}+h_p+\vartheta, \quad (3.26)$$

$$t_{m \max}=t_{m \min}+t_m, \quad (3.27)$$

де $t_m=0,025$;

$$t_{m \min}=t_{n \min}-h_p, \quad (3.28)$$

де $t_{n \min}=0,25\text{мм}$

$$t_{m \max}=0,25+0,025=0,275\text{мм};$$

$$t_{n \max}=0,275+0,02=0,3\text{мм}$$

Тепер розрахуємо число провідників, які можна провести між двома сусідніми отворами, по формулі[18]:

$$L_{\min} = (D_{\max} + 2\delta_{kn}) + (t_{m \max} + 2\delta_m) + S_{\min} (n_n + 1), \quad (3.29)$$

звідки

$$n_n = \frac{l_{\min} - D_{\max} - 2\delta_{kn} - S_{\min}}{t_{n \max} + 2\delta_{mm} + S_{\max}}, \quad (3.30)$$

де $D_{MT}=0,045$ – похибка розмірів провідника відносно координатної сітки;

l_{\min} - мінімальна відстань між двома отворами, $l_{\min}=2,5\text{мм}$, $D_{\min}=0,25$.

$$n_n = \frac{2,5 - 1,49 - 2 \cdot 0,05 - 0,25}{0,3 + 2 \cdot 0,045 + 0,25} = 1,03$$

Так як $n_n = 1,03$, - це означає, що при мінімальній відстані між отворами $l_{\min}=2,5\text{мм}$ розрахованого значення ширини провідника, між двома отворами можливо провести лише один провідник.

За цих умов приймаємо:

- діаметр отвору 0,9мм ;
- діаметр контактного майданчика 1,5мм ;
- ширина провідника не менше 0,25мм.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

3.3 Конструювання несучих елементів пристрою

До основних елементів конструкції фазочастотного перетворювача можна віднести кришку і основу, які представлені на кресленнях КПТР.2017008.01.08, КПТР.2017008.01.08.

Несучим елементом фазочастотного перетворювача є основа, на яку встановлено основну плату. Для зменшення вартості та покращення характеристик технологічності пристрою, корпус виготовляємо з чорного фенопласту. Елементи корпусу буде виготовлено за допомогою пресування литтям. На основі будуть розташовані спеціальні виступи для кріплення плати і з'єднання елементів конструкції пристрою. Для фіксації основної плати і основи, а також для забезпечення універсальності конструкції і з'єднань використаємо чотириох точкове кріплення за допомогою гвинтів. Аналогічне кріплення використаємо і для фіксації плати індикації до передньої панелі, і для з'єднання кришки з основою. Для фіксації кришки з основою по контуру деталей зроблено спеціальний технологічний кантик висотою і шириною 1 мм. На кришці такий кантик розташований ближче до середини, а на основі – ближче до краю.

3.3.1 Аналіз вібростійкості печатного вузла

Визначимо резонансну частоту вібрацій основної плати фазочастотного перетворювача. Відповідно, прийmemo, прийmemo, що плата є тонкою пластиною за умови, якщо її товщина в десять разів менша за мінімальний габаритний розмір. В нашому випадку 1,5/15.

У відповідності до методики, наведеною у [19] спочатку необхідно визначитись із способом закріплення плати. В нашому випадку фіксація основної плати відбувається за допомогою точкового закріплення гвинтами з чотирьох сторін.

За допомогою таблиць визначаємо коефіцієнт закріплення[19]:

$$\nu_0 = 1,57 \left(1/a^2 + 1/b^2 \right) \sqrt{D/m''}, \quad (3.31)$$

де жорсткість плати визначаємо за формулою[19]:

$$D = 0,09Eh^3, \quad (3.32)$$

де E – модуль пружності склотекстоліту складає $3,9 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$,

h – товщина в нашому випадку 1,5 мм

а розподілена по площі маса[19]:

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$m'' = G/abg, \quad (3.33)$$

де G – маса плати з ЕРЕ;
 a, b – довжина та ширина плати;
 g – прискорення вільного падіння.

Визначаємо жорсткість матеріалу плати:

$$D = 0,09 \cdot 3,9 \cdot 10^9 \cdot 0,02^3 = 2808(N).$$

Маси ЕРЕ, що знаходяться на основній платі фазочастотного перетворювача візьмемо з табл. 2.2.

Масу плати визначимо за формулою[19]:

$$M_{ПЛ} = \rho_{ПЛ} \cdot a \cdot b \cdot H_{ПЛ}, \quad (3.34)$$

де $\rho_{ПЛ}$ – питома вага матеріалу плати, що для склотекстоліту ріна 2500 кг/м³.

$$M_{ПЛ} = 2500 \cdot 0,06 \cdot 0,085 \cdot 0,0015 = 0,019(кг).$$

$$m'' = (M_{ПЛ} + M_{ЕЛ})/a \cdot b \cdot g = (0,019 + 0,061)/0,06 \cdot 0,085 \cdot 9,8 = 1,6(кг/м^2).$$

Тепер визначимо резонансну частоту:

$$\nu_0 = 1,57(1/0,06^2 + 1/0,085^2) \sqrt{2808/1,6} = 27375(Гц).$$

Таким чином можна зробити висновок, що навіть на розрахованій мінімальній резонансній частоті, яка є найнебезпечнішою серед гармонік буде здійснено відмінне виконання умови вібростійкості. Разом з тим мінімальна резонансна частота знаходиться за межами діапазону вібронавантажень, що задані в ТЗ.

3.4 Конструктивні заходи захисту від дестабілізуючих чинників

Так як фазочастотний перетворювач відноситься до стаціонарної РЕА, для роботи в теплий період року при відсутності опадів, до нього не пред'являється жорстких вимог по захисту від зовнішніх впливів.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Плати фазочастотного перетворювача розташовані в корпусі, який захищає їх від попадання вологи та пилу. Разом з тим у фазочастотному перетворювачі використано елементну базу, яка має власний вологозахист. Після монтажу, пайки і налагодження печатних плат фазочастотного перетворювача їх покривають водонепроникним лаком.

За час експлуатації, деталі з яких виготовлено фазочастотний перетворювач не втрачають своєї стійкості до впливу бактерій, тому спеціального захисту від впливу бактерій не передбачено.

3.5 Електромонтаж

У фазочастотному перетворювачі для електромонтажу з'єднань між ЕРЕ використано печатний монтаж провідників. Це дозволить покращити як вимоги щодо ЕМС так і зменшити габаритні характеристики та вагу фазочастотного перетворювача. Для з'єднання між платами використано об'ємний монтаж за допомогою монтажного гнучкого проводу та роз'ємних з'єднань. Це пришвидшить час монтажу та демонтажу печатних плат.

3.6 Забезпечення ремонтпридатності

Для забезпечення ремонтпридатності фазочастотного перетворювача використаємо такі конструктивні методи:

— в конструкції фазочастотного перетворювача застосовуємо розняття для з'єднання гнучкими провідниками. Таке рішення дозволить скоротити час для монтажу плат з корпусу та наступною їх діагностикою;

— передбачаємо однозначний порядок розбирання і збирання фазочастотного перетворювача, це дозволить уникнути випадкових помилок, які можуть призвести до втрати працездатності;

— основну плату і плату блоку живлення розміщуємо горизонтально в одній площині, це значно спростить процес налаштування фазочастотного перетворювача.

Разом з тим фазочастотний перетворювач не потребує якогось-небудь технічного обслуговування перед установкою і початком експлуатації.

Встановлюємо гарантійний термін експлуатації фазочастотного перетворювача- 12 місяців за умови дотримання споживачем всіх правил користування.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

3.7 Складання і монтаж виробу

Базовим елементом конструкції фазочастотного перетворювача є основа. На основі за допомогою гвинтів закріплюємо основну плату та плату блоку живлення. До передньої панелі кріпиться плата індикації, регулятор та вхідні роз'язи. Після чого закріплюється в основі і зверху встановлюється верхня кришка, яка кріпиться чотирма гвинтами. Більш детальний вигляд фазочастотного перетворювача представлено на складальному кресленні КПТР.2017008.01.08.СК.

3.8 Оцінка показників ефективності розробленої конструкції

Проведемо оцінку показників ефективності розробленої конструкції фазочастотного перетворювача по характеристикам надійності [20].

Однією з необхідних умов для сучасних засобів цифрової техніки є висока надійність. Надійність є комплексною характеристикою, яка в залежності від призначення та умов експлуатації включає в себе такі властивості як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність. Під час роботи будь-якої апаратури, можуть виникати помилки, які впливають на надійність. Ці помилки можуть носити систематичний (відмова) або випадковий характер (збій). Розрахунок надійності фазочастотного перетворювача проведемо по інтенсивності відмов елементів, які в нього входять. При цьому необхідно визначити розрахунковим шляхом ймовірність безвідмовної роботи пристрою на протязі інтервалу часу очікуваного строку роботи пристрою.

У відповідності до загальних вимог до надійності, що визначені у ГОСТ27002-83 та ГОСТ16325-86, для даного класу апаратури розрахунки по надійності слід проводити за раптовими експлуатаційними відмовами. Разом з тим слід очікувати, що апаратура буде замінена на більш новітню раніше, ніж почнуть виявлятися відмови пов'язані із старінням матеріалів та компонент.

В якості вихідних даних для розрахунків використаємо: принципову схему (КПТР2017008.01.08 ЕЗ), режими роботи усіх деталей (електричні, механічні, кліматичні), паспортні значення інтенсивності відмов усіх компонент [20], загальна схема моделі ситуації відмови.

Як правило під час розрахунків застосовують послідовну модель відмов, що вказує на повну відмову пристрою при виході із ладу хоча б одного складового елемента. Для визначення інтенсивності відмов із урахуванням умов експлуатації (табл.3.3, табл.3.4) скористаємось формулою[20]:

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$T_{в.с.} = 4,1 \text{ (год).}$$

Отже, можна зауважити, що середній час відновлення робочого стану фазочастотного перетворювача, отриманий в ході розрахунку, менше значення, яке задано в ТЗ: 8 год.

3.9 Маркування виробу

На зовнішній стороні основи розташуємо дату виробництва і заводський номер фазочастотного перетворювача. За допомогою методу сіткографії наносимо маркування контактів на платі і товарний знак. Крім того до фазочастотного перетворювача додається паспорт.

3.10 Тара та упаковка

Під час зберігання і поставки фазочастотний перетворювач має бути у спеціальному пінопластовому контейнері, який розміщують в картонній коробці. У поліетиленовому пакеті зберігають шнури для під'єднання до фазочастотного перетворювача.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційного дипломного проекту розроблено фазочастотний перетворювач на ПЛІС.

Задачею кваліфікаційного дипломного проекту була розробка конструкторської документації фазочастотного перетворювача. З метою подальшого виготовлення і використання в якості засобу для вимірювання кута закручування довгого валу, що обертається.

Відповідно до поставленої мети, користуючись сучасними САПР під час проектування, розроблено наступні креслення:

а) креслення схеми електричної принципової фазочастотного перетворювача КПТР.2017008.01.08.ЕЗ;

б) креслення структурної схеми фазочастотного перетворювача КПТР.2017008.081.08 Е1;

в) креслення печатної плати фазочастотного перетворювача КПТР.2017008.01.08;

г) складальне креслення печатної плати фазочастотного перетворювача КПТР.2017008.01.08 СК;

д) складальне креслення фазочастотного перетворювача КПТР.2017008.01.08СК;

е) креслення кришки КПТР.2017008.01.08;

є) креслення основи КПТР.2017008.01.08;

При цьому в розділі техніко-економічне обґрунтування обрано і обґрунтовано аналоги, методи та способи, які використовуються в фазочастотному перетворювачі. Разом з тим у цьому розділі розроблено ТЗ у відповідності до ГОСТ 15.001-88. Система розробки і поставлення продукції на виробництво.

В першому пункті схемо технічного розділу надано опис принципу роботи фазочастотного перетворювача на рівні структурної схеми. В другому пункті розроблено функціональну схему лічильника фазових циклів та фазометра для вимірювання миттєвих значень фазочастотного перетворювача. В третьому пункті розроблено функціональну схему пристрою порівняння частоти фазочастотного перетворювача. В четвертому пункті розроблено функціональну схему пристрою визначення максимального значення фазочастотного перетворювача. В п'ятому пункті обґрунтовано вибір дешифратора сигналів для перетворення двійкового коду в семисегментний. В шостому пункті обґрунтовано вибір схеми генератора квантуючих імпульсів. В сьомому пункті зроблено аналіз схеми електричної принципової, проведено розрахунок лінійного стабілізатора напруги та обмежувального резистора для світлодіода. У восьмому пункті зроблено аналіз елементної бази фазочастотного перетворювача. Встановлено, що елементна база, яка входить до складу фазочастотного

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

перетворювача відповідає вимогам ТЗ по всім параметрам.

В першому пункті конструкторського розділу розроблено просторову структуру виробу в результаті чого з'ясовано, що до складу фазочастотного перетворювача входить три плати. Разом з тим в цьому ж пункті встановлено, що теплообмін конструкції фазочастотного перетворювача буде забезпечений конвективною системою охолодження. Крім того проведено дизайнерський аналіз фазочастотного перетворювача, в результаті чого з'ясовано де і яким чином будуть розташовані функціональні складові фазочастотного перетворювача. Під час аналізу ефективності компоновання встановлено, що температура повітря в корпусі фазочастотного перетворювача не вийде за межі діапазону робочих температур, заданих в ТЗ. Несучим елементом конструкції фазочастотного перетворювача обрано основу, до якої і кріпляться всі складові конструкції. Аналіз вібростійкості печатного вузла показав, що навіть на розрахованій мінімальній резонансній частоті, яка є найнебезпечнішою серед гармонік буде здійснено відмінне виконання умови вібростійкості. Під час оцінки показників ефективності було встановлено, що середній час напрацювання на відмову фазочастотного перетворювача складе $10,3 \cdot 10^3$ годин, а середній час відновлення робочого стану 4,3 години, що повністю задовольняє умови ТЗ.

Результати даного кваліфікаційного проекту можуть бути використані для розробки фазочастотного перетворювача на підприємствах по виробництву РЕА, а сам фазочастотний перетворювач для вимірювання кутів закручування довгих валів, що обертаються.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Специфікація до Ф2-28. Режим доступу <http://printsip.ru/izmeriteli-raznosti-faz-f1-f2-f4/item/f2-28>
2. Специфікація до Ф5131. Режим доступу https://www.meratest.ru/produktsiya/electroizmeritelnie_pribori/izmeriteli_raznosti_faz_i_grupпового_vremeni_zapazdivaniya/product/f5131/
3. Специфікація до Ф2-34. Режим доступу <http://printsip.ru/izmeriteli-raznosti-faz-f1-f2-f4/item/f2-34>
4. Петрушак В.С. Вибір та обґрунтування застосування частотного компаратора в ротаційному віскозиметрі з фазочастотним перетворенням інформативного параметра./ Вісник ХНУ №2 2017 - с. 240 – 244.
5. Войтюк О.П., Троцишин І.В. Дослідження фазочастотних компараторів для вимірювання частоти.// НТЖ “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”. №1. 1999. С.54-58.
6. Петрушак В.С. Розробка та дослідження засобу пошуку максимальних значень для вимірювальної техніки./ Вісник ХНУ №5 2019 - с. 230 – 234
7. Патент США 4322643, МКИ H03D 13/00. Digital phase comparator with improved sensitivity for small phase differences / Preslar D.R. – № 06/144053. – Заявл. 28.04.1980 ; Опубл. 30.03.1982.
8. Електронний ресурс. Режим доступу https://vuzlit.ru/2213987/staticheskaya_indikatsiya
9. Специфікація до К514ИД1. Режим доступу <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/k514id1.pdf>
10. Електронний ресурс. Режим доступу <http://hoster.bmstu.ru/~fn7/met.html>
11. Електронний ресурс. Режим доступу https://studbooks.net/2334887/tehnika/generator_taktovyh_impulsov
12. Специфікація до LT317. Режим доступу <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/413754/UTC/LM317.html>
13. Гусев В.Г. Электроника/ Гусев В.Г. Гусев Ю.М.-М.: Высш.Шк.,1991. – 360 с.
14. Специфікація до ГОСТ26632-85. Режим доступу до специфікації.: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294827/4294827804.pdf>.
15. Специфікація до ГОСТ10317-79. Режим доступу до специфікації.: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294840/4294840365.pdf>
16. Специфікація до ОСТ25-1192-85. Режим доступу до специфікації.: <http://www.docum.ru/ost.asp?id=255859>

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

17. Дульнев Г.Н., Семешкин Е.М. Тепломассообмен в радиоэлектронных аппаратах. – М.: Энергия, 1991. 280с.
18. Парфёнов П.Р. Сборник задач по технологии РЭА. – М.: Высшая школа, 1992. 330с.
19. Варламова Р.Г. Краткий справочник конструктора радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Советское радио, 1993. 510с.
20. Козлов В.А., Ушаков Н.А. Справочник по расчету надёжности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. – М.: Советское радио, 1995. 410с.
21. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электрические чертежи и схемы. – М.: Энергоиздат, 1990. 240с.
22. Белинский В.Т., Гондюл В.П. и др. Практическое пособие по учебному конструированию РСА.-К Вища школа, 1992. 270с.
23. Гаврилов А.Н. Основы технологии приборостроения. – М.: Высшая школа, 1996. 350с.
24. Лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам. – К.: Техника, 1994.420с.
25. Мягкова В.Д. Допуски и посадки: Справочник. – М.: Высшая школа, 1991.530с.
26. Ненашев А.П., Королёв Л.А. Основы конструирования микроэлектронной аппаратуры. – М.: Радио и связь, 1995.380с.
27. Фрумкин Г.Д. Расчет и конструирование радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Высшая школа, 1995.330с.

					КПТР.2017008.01.08 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 3.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 14%

ID: 92378 Название: Фазочастотный перетворювач на ПЛС Добавлено в БД: 2021-06-06 Авторы: Магола Дмитро Сергійович Руководители: Петрушак Володимир Степанович Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	75464	722	4984 (7%)	66 (9%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы



Ім'я користувача:
Kafedra TMIT KhNU

ID перевірки:
1008219179

Дата перевірки:
07.06.2021 21:09:09 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
07.06.2021 21:54:24 EEST

ID користувача:
100005657

Назва документа: Магола_TP_17

Кількість сторінок: 78 Кількість слів: 12880 Кількість символів: 96259 Розмір файлу: 4.78 MB ID файлу: 1008293334

11.4% Схожість

Найбільша схожість: 5.19% з Інтернет-джерелом (<http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/5522/1/17.pdf>)

11.4% Джерела з Інтернету

185

Сторінка 80

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи

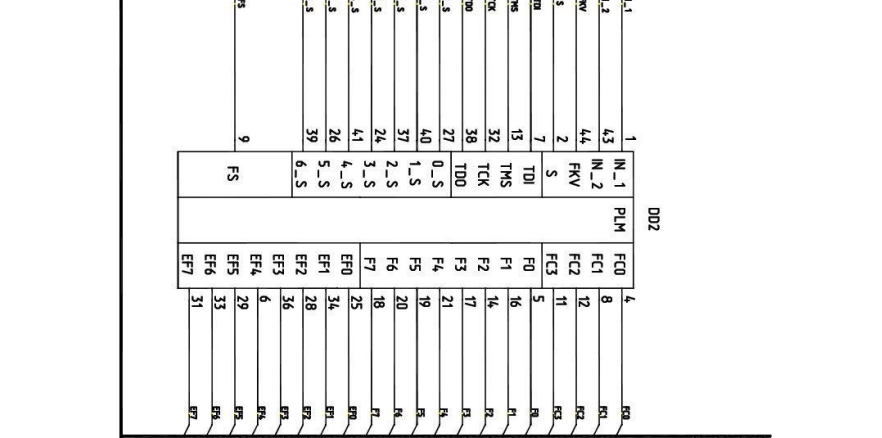
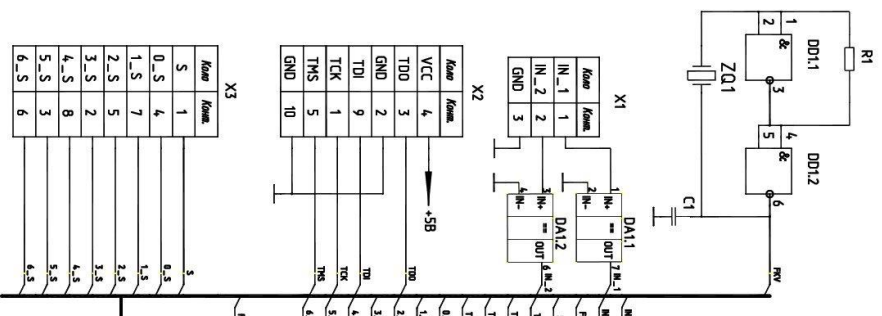
89

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк.	№ екз.	Примітка	
			<u>Документація загальна</u>				
1	A4		Завдання на дипломний проект	1	1		
2	A4		Анотація	1	1	Укр.	
3	A4	КІТР.2017008.01.08 ПЗ	Фазочастотний перетворювач на ПЛІС				
			Пояснювальна записка	1	1	71 арк.	
4	A4	КІТР.2017008.01.08 ПЕ	Фазочастотний перетворювач на ПЛІС				
			Перелік елементів	1	1	1 арк.	
5	A4	КІТР.2017008.01.08	Плата				
			Специфікація	1	1	2 арк.	
6	A4	КІТР.2017008.01.08	Фазочастотний перетворювач на ПЛІС				
			Специфікація	1	1	1 арк.	
			<u>Документація графічна</u>				
7	A1	КІТР.2017008.01.08 Е1	Фазочастотний перетворювач на ПЛІС				
			Схема електрична структурна	1	1		
8	A1	КІТР.2017008.01.08 Е3	Фазочастотний перетворювач на ПЛІС				
			Схема електрична структурна	1	1		
			КІТР.2017008.01.08 ВП				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Магола				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Петрушак						
<i>Н.контр.</i>					ХНУ, гр. ТР2-17-1		
<i>Затв.</i>	Підченко						
			Фазочастотний перетворювач на ПЛІС				
			Відомість кваліфікаційного проекту				

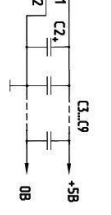
Форм.	Зона	Поз.	Найменування	Позначення	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			КПТР.2017008.110СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
A1		1	КПТР.2017008.111	Плата	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Конденсатори К50-35-16В		
				ОЖО.464.037 ТУ		
				К50-35-16В-100мкФ	1	С2
				Конденсатори КМ-6		
				ОЖО.460.061 ТУ		
				КМ-6-Н30-20пФ±10%	1	С1
				КМ-6-Н30-47нФ±10%	7	С3-С9
				<u>Мікросхеми</u>		
				LT1720 Analog Devices	1	DA1
				К1533ЛА3 δКО.347.364-01ТУ	1	DD1
				ЕРМ7064SLC44"Altera"	1	DD2
				КР514ІД1 δКО.347.044-01 ТУ	3	DD3-DD5
				КПТР.2017008.110		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Магола			Плата	ФПТКС, ХНУ
Перевір.		Петрцшак				
Реценз.						
Н. Контр.						
Затвердив		Підченко				
					Лім.	Арк.
						1
						2

Форм.	Зона	Поз.	Найменування	Позначення	Кільк.	Примітка									
				<u>Документація</u>											
A1			КПТР2017008.100СК	Складальне креслення	1										
				<u>Складальні одиниці</u>											
A1		10	КПТР2017008.110СК	Плата перетворювача	1										
A2		11	КПТР2017008.140СК	Плата БЖ	1										
A1		12	КПТР2017008.150СК	Передня панель											
				<u>Деталі</u>											
A2		1	КПТР2017008.121	Кришка	1										
A2		3	КПТР2017008.131	Основа	1										
				<u>Стандартні вироби</u>											
		4		Гвинт М3 × 0,5	4										
				ГОСТ 1946 – 86											
		9		Гвинт М2 × 0,5	8										
				ГОСТ 1898 – 86											
		5		Роз'янття DB9	1										
		13		Шнур живлення	1										
			КПТР2017008.100												
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата											
Розроб.	Магола				Фазочастотний перетворювач на ПЛІС	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Літ.</td> <td>Арк.</td> <td>Акрцішів</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">ФПТКС, ХНУ</td> </tr> </table>	Літ.	Арк.	Акрцішів		1	1	ФПТКС, ХНУ		
Літ.	Арк.	Акрцішів													
	1	1													
ФПТКС, ХНУ															
Перевір.	Петрцшак														
Реценз.															
Н. Контр.															
Затвердив	Підченко														

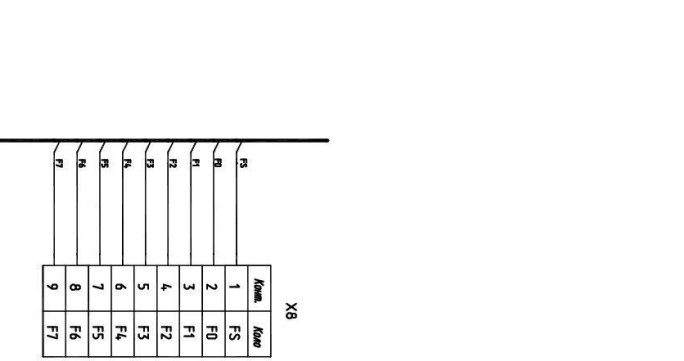
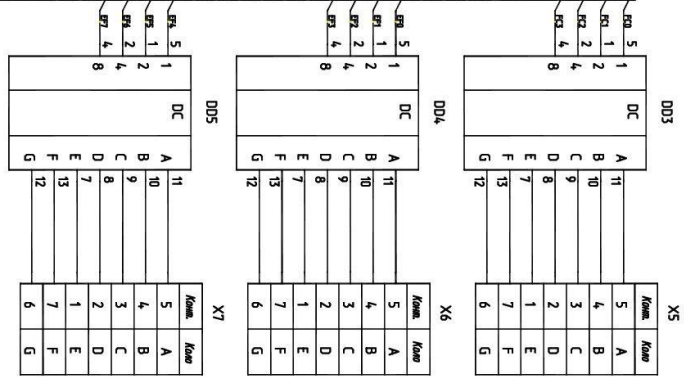
АВМ опра.	Рівнів / Штан	Врах. АВМ	АВМ Фабр.	Рівнів / Штан
-----------	---------------	-----------	-----------	---------------



Код	Код
+5B	1
0B	2



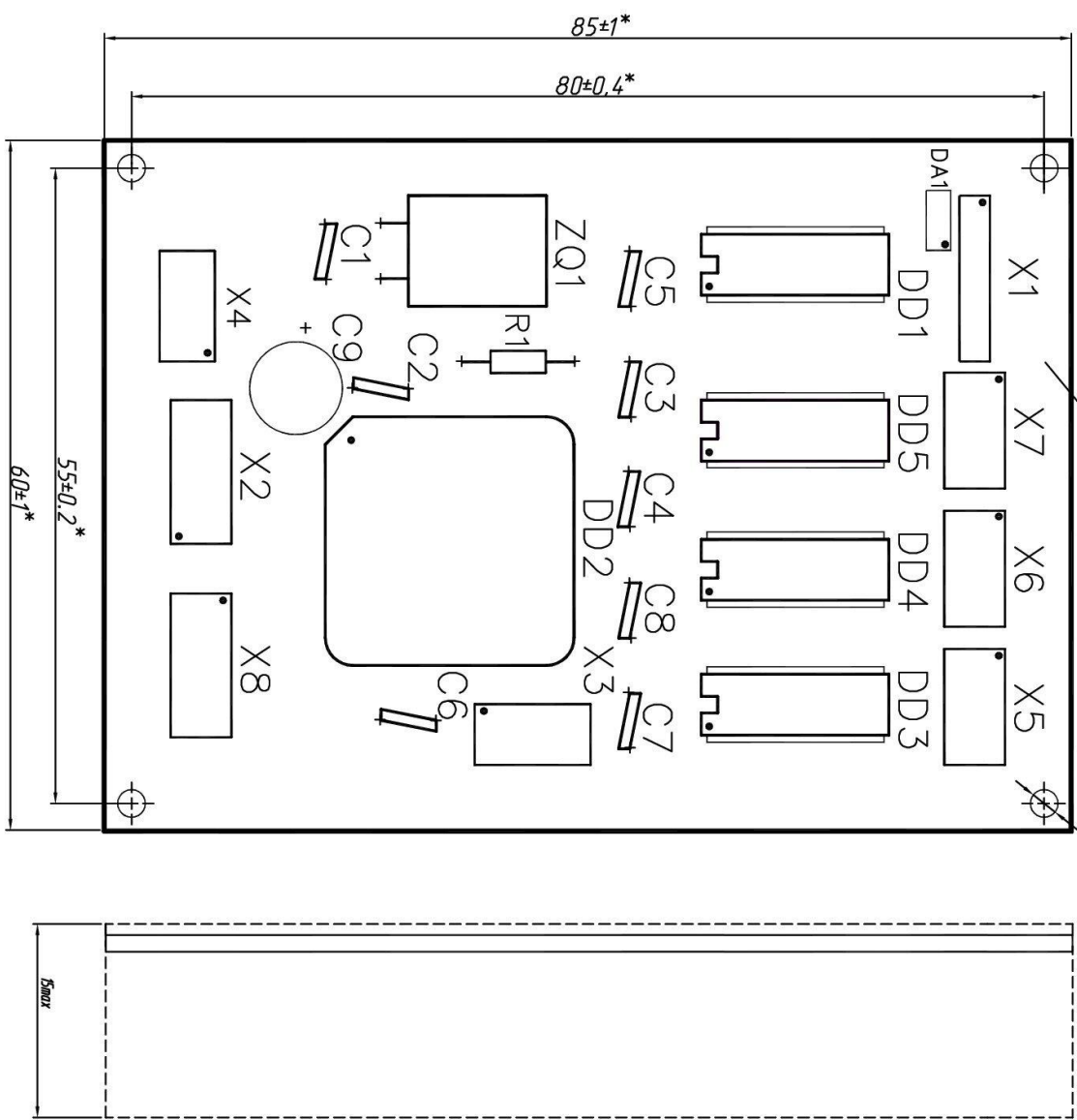
Мікросхеми	DD1	DD2	DD3...DD5	DA1
+5B	14	3, 15, 23, 35	14	8
0B	7	10, 22, 30, 4, 2	6	5



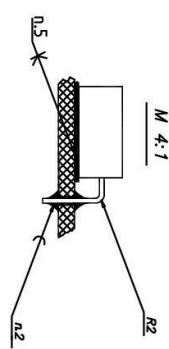
1. Підбирати під час регулювання
2. Підключення виводів живлення мікросхем згідно таблиці

КІТТР2017008.110ЕЗ		Фазосиметричний	
паралельний на ПЛС		Схема електрична принципова	
Дата:	Лист:	Кількість:	Вид:
ФІЛІТ. ХНУ			

Інд.N елем.	Позус / оном.	Висл. Інд.N	Інд.N елем.	Позус / оном.
-------------	---------------	-------------	-------------	---------------

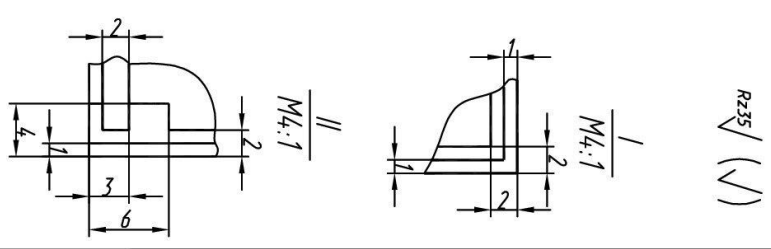
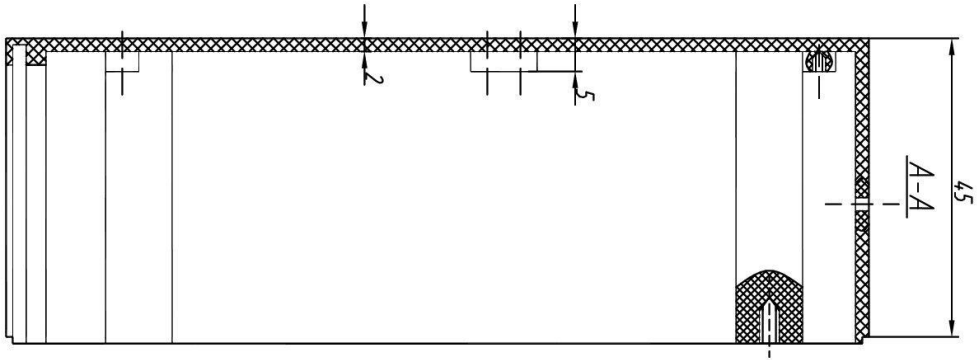
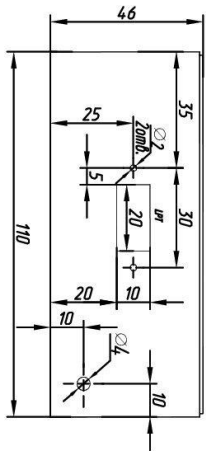
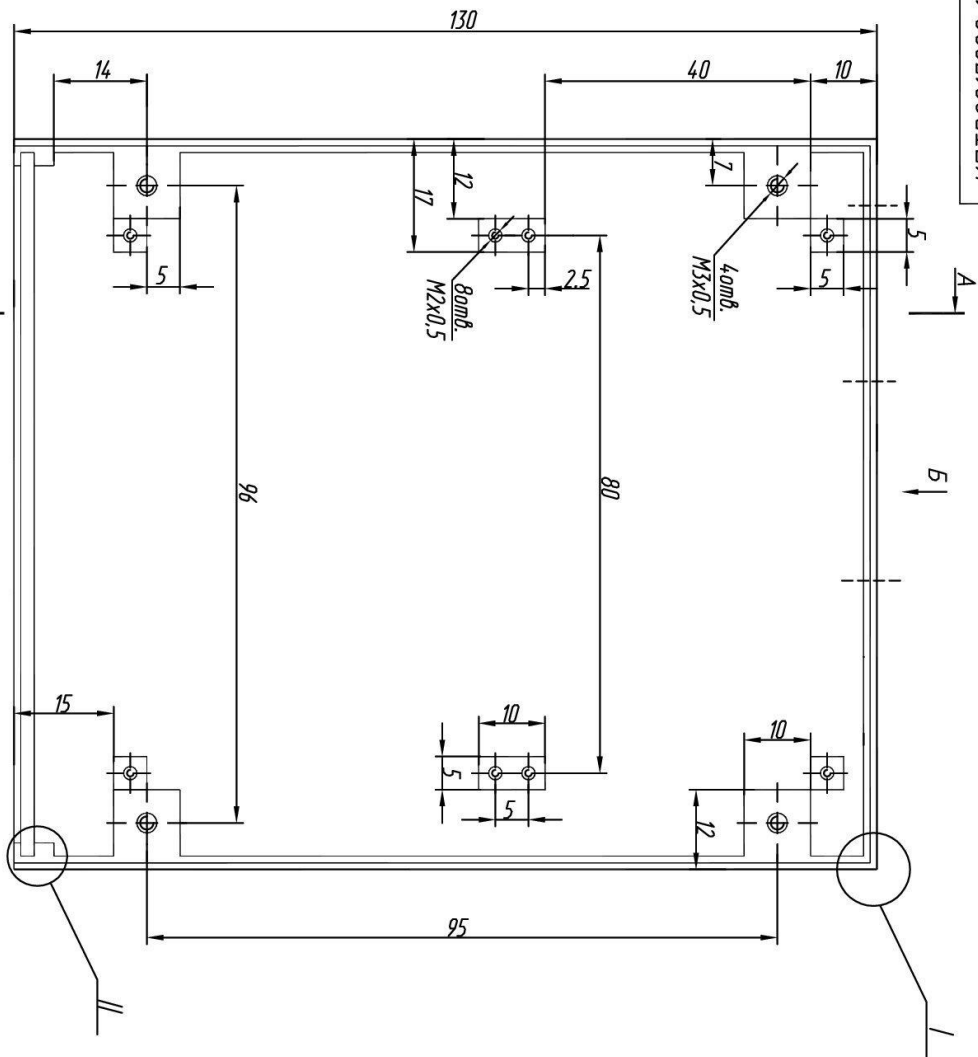


Ø2.5h12
4мм.



- † Розміри для довідки.
1. Еlemenти плати приховані POS-61 ГОСТ 21930-76
 2. Позначення елементів відповідає схемі КІТТР2017008.110СЗ
 3. Встановлення елементів проводяться по ОСТ 4.ГО.010.030. Круг координаційної сітки 2,5мм.
 4. Еlemenти С1...С9 встановлювати по варіанту ІІа, R1 - по варіанту ІІа, D1...D5, X1...X8 - по варіанту ІІІа.
 5. Клей мастіка ІІН ОСТ 4.ГО.029.204.
 6. Еlemenти зі схемним позначенням високось позиції не мають.
 7. Довжина виступаючих выводів за плату не більше 2мм.
 8. Нідрукційний вивід конденсаторів (+), термово виводу мікросхем і роз'ємів (⊕) показано умовно.
 9. Після накладки листу покриття лаком УР-231 ГОСТ 16508-70.

КІТТР2017008.110СК		Лист №	Всього
Плата		15	5:1
Одностороннє креслення		Лист №	Листів всього
ФІЛІКС ХНУ			



3. Фактура поверхні матова дрібнозерниста.
- Глибина нерівності 25-40 мкм.
4. Граничне відхилення отворів Н12, валів н12, решта IT14/2.
5. Нанеси виконати методом сіткографії, шрифтом З, ГОСТ 26 006-85. Еквідь ЕП-51, біла, ОМ 2 ГОСТ 9640-85.
6. Інші технічні вимоги по ОСТ 4 ГО.005.051.

1. Технологічний нахил до 1° отворів в сторону збільшення, валів в сторону зменшення розмірів.
2. Допускаються сліди від вишліфувачів, улопачів або виступаючі до 0,3 мм.

№.N ориєн.	Підпис і дата	Зак.№ВН	№.N дубл.	Підпис і дата
------------	---------------	---------	-----------	---------------

КПТР2017008.131		Фенілоласт Ж-40 чорний ГОСТ 5689-89		ФІТТКС, ХНЧ	
Зм. №	Категорія	Н документа	Підпис	Дата	
Розробив	Макара	Перевірив	Пендуршак		
Технічний					
Нормований					
Затвердив	Гізнченко				
Листів	Маса	Місце	Місце	Місце	Місце
1	0,2кг	2:1			
		Архив	Архив	1	

Рецензія

1. Короткий зміст кваліфікаційного проекту та прийнятих рішень

Кваліфікаційний проект на тему "Фазочастотний перетворювач на ПЛІС" присвячений актуальному питанню розробки нових методів для перетворення кута закручування довгого валу в еквівалентне значення фазового зсуву і є актуальною в науковому відношенні і корисною в практичному застосуванні.

2. Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню

Зміст кваліфікаційного проекту повністю відповідає завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу

У першому розділі наведено техніко-економічне обґрунтування обраних методів та засобів вимірювання кута фазового зсуву.

У другому розділі приводиться розробка структурної та принципової схеми фазочастотного перетворювача. Крім того зроблено аналіз елементної бази та принципової схеми.

У третьому розділі запропоновано варіант просторової структури виробу, носійних елементів конструкції та печатної плати. Разом з тим проведено аналіз ефективності компоновання, надійності приладу та механічний розрахунок розробленої конструкції.

4. Позитивні сторони кваліфікаційного проекту

1. Проведено огляд існуючих засобів вимірювання кута фазового зсуву. Виділено їх особливості та вказані переваги і недоліки.

2. Розроблено структурну та принципову схеми фазочастотного перетворювача. Крім того зроблено аналіз елементної бази та принципової схеми

3. Запропоновано варіант просторової структури виробу, носійних елементів конструкції та печатної плати. Разом з тим проведено аналіз ефективності компоновання, надійності приладу та механічний розрахунок розробленої конструкції

5. Негативні сторони кваліфікаційного проекту

Важливих недоліків проект не містить, поставленні завдання на кваліфікаційний проект бакалавра виконано, але наявні незначні неточності, орфографічні та стилістичні помилки, які не впливають на суть роботи.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки кваліфікаційного проекту

З точки зору оформлення кваліфікаційний проект представлено графічними кресленнями і пояснювальною запискою, яка складається з трьох головних розділів. Оформлення пояснювальної записки знаходиться на належному рівні, послідовність викладення матеріалу є логічною та зрозумілою. Крім того робота оформлена з використанням сучасних засобів автоматизованого проектування AutoCAD, PCAD та документування зокрема пакету MS Office. Проведені в роботі дослідження здійснено з використанням сучасних засобів моделювання: LT spice IV, Quartus.

7. Відгук про кваліфікаційний проект в цілому

Виконаний проект відповідає загальним вимогам, що пропонуються до кваліфікаційних проектів бакалавра

8. Інші зауваження

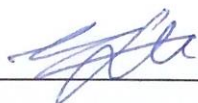
Немає

9. Оцінка кваліфікаційного проекту

Виконаний проект заслуговує оцінки "відмінно", а Магола Дмитро Сергійович – присвоєння кваліфікації бакалавра зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент

к.т.н., доц. каф. ТР



(Пятін І.С.)

Завідувачу кафедри
Телекомунікацій, медійних та
інтелектуальних технологій
Підченку С.К.
Здобувача вищої освіти
Маголи Д.С.
Факультету ПКТС, 4 курс,
Група ТР-17-1

ЗАЯВА

З правилами Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020(зі змінами від 26.11.2020), згідно з якими виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційного проекту до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних проектів здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений 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 (Unichek 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.

8.06.21

дата



Підпис

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 3.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 14%

ID: 92378 Название: Фазочастотный перетворювач на ПЛІС Добавлено в БД: 2021-06-06 Авторы: Магола Дмитро Сергійович Руководители: Петрушак Володимир Степанович Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	75464	722	4984 (7%)	66 (9%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы



Ім'я користувача:
Kafedra TMIT KhNU

ID перевірки:
1008219179

Дата перевірки:
07.06.2021 21:09:09 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
07.06.2021 21:54:24 EEST

ID користувача:
100005657

Назва документа: Магола_TP_17

Кількість сторінок: 78 Кількість слів: 12880 Кількість символів: 96259 Розмір файлу: 4.78 MB ID файлу: 1008293334

11.4% Схожість

Найбільша схожість: 5.19% з Інтернет-джерелом (<http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/5522/1/17.pdf>)

11.4% Джерела з Інтернету

185

Сторінка 80

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

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

Замінені символи

89

РІШЕННЯ КАФЕДРИ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Фазочастотний перетворювач на ПЛІС

Автор: **Магола Дмитро Сергійович**

Спеціальність: **172 Телекомунікації та радіотехніка**

Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: **к.т.н., доц. Петрушак Володимир Степанович**

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.	Відповідає
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 у розмірі 11,4%, виявлені в роботі відповідають тексту стандартних бланків, решта запозичень є випадковими, тому ці запозичення не є плагіатом, бо вони не стосуються практичної значущості роботи.

10. серпня, 2021р.

Відповідальний за перевірку на плагіат
к.т.н., доц.

Пивовар О.С.

Зав.каф. ТМІТ
д.т.н., доц.

Підченко С.М.