

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Володимир СРЕМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Метрологія та вимірювальна техніка»

зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

**на тему: «Автоматизована система динамічної ідентифікації
термоперетворювачів»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ПП-11мп

Береза Влад Романович _____

Науковий керівник:

к.т.н., ст. вик

Козир Олег Васильович _____

Консультант з розділу «Розробка СТАРТАП-проектів»

Зав. каф. економічної кібернетики, д.е.н., професор

Бояринова Катерина Олександрівна _____

Рецензент:

Професор, д.т.н, професор

Олена Миколаївна Безвесільна _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет - Приладобудівний

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною (освітньо-науковою) програмою «Метрологія та вимірювальна техніка»

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Березі Владу Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації **Автоматизована система динамічної ідентифікації термоперетворювачів**

науковий керівник дисертації **Козир Олег Васильович, к.т.н.**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації ____ .12.2022 р.

3. Об'єкт дослідження **процес ідентифікації динамічних характеристик термоперетворювачів**

4. Предмет дослідження (вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) Підвищення точності визначення динамічної характеристики термоперетворювача.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

Огляд динамічних характеристик термоперетворювачів. Дослідження динамічних невизначеностей термоперетворювачів. Оцінка динамічних невизначеностей термопар. Дослідження методів ідентифікації динамічних характеристик. Розробка методів ідентифікації динамічних характеристик термопар. Розробка ІВС ідентифікації динамічних характеристик термопар.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу динамічні характеристики термоперетворювачів. Моделі термоперетворювачів.

7. Орієнтовний перелік публікацій

1. Динамічні невизначеності термопар
2. Підвищення точності ідентифікації динамічних характеристик термопар

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видала	завдання прийняла
СТАРТАП-проект	Бояринова К.О., зав. каф. економічної кібернетики, д.е.н., проф.		

9. Дата видачі завдання 15.09.2022 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Дослідити динамічні характеристики термоперетворювачів	до 28.10.2022	
2	Дослідити динамічні невизначеності термоперетворювачів	до 28.10.2022	
3	Вибрати динамічну модель термоперетворювача	до 28.10.2022	
4	Дослідити методи ідентифікації динамічних характеристик термопар	до 15.11.2022	
5	Вибрати метод ідентифікації	до 15.11.2022	
6	Розробити інформаційно-вимірну систему ідентифікації динамічних характеристик термопар	до 7.12.2022	
7	Розробка стартап-проекту	до 7.12.2022	
8	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	до 7.12.2022	
9	Підготовка презентації, доповіді	до 09.12.2022	

Студент

(підпис)

Влад БЕРЕЗА

(ім'я, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Олег Козир

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація на тему: «Автоматизована система динамічної ідентифікації термоперетворювачів», 78 сторінок, 27 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: процес ідентифікації динамічних характеристик термоперетворювачів.

Предмет дослідження: організація процесу ідентифікації динамічних характеристик термоперетворювачів.

Мета роботи: Метою роботи розробка автоматизованої системи ідентифікації динамічних характеристик термоперетворювачів.

Методи дослідження та апаратура: В процесі виконання магістерської дисертації використані розділи теорії точності вимірювальних пристроїв, використовувалися пристрої LabView, MatLab. Кількість аперіодичних ланок, необхідних для отримання кількості постійних часу, оцінюється лише емпірично.

Результати роботи та їх новизна: Кінцевим результатом дослідження стало визначення коефіцієнтів моделі частотної характеристики термопари..

Рекомендації щодо використання результатів роботи: Розроблену систему можуть використати науково-дослідні, проектно-конструкторські інститути та організації, фірми виробники термопар, розробники вибухових пристроїв, авіаційних та ракетних двигунів.

ABSTRACT

Master's thesis: "Automated system of dynamic identification of heat exchangers", 78 pages, 27 literary sources.

The object of study: the process of identifying the dynamic characteristics of heat exchangers.

Subject of research: the organization of the process of identification of dynamic characteristics of heat exchangers.

Objective: The purpose of the work is to identify and improve the dynamic characteristics of thermoconverters and to strengthen linearized thermoconverters of alternating voltage.

Methods and apparatus: In the course of the master's thesis, chapters on the theory of accuracy of measuring devices were used, LabView, MatLab software were used. The number of aperiodic connections required to obtain the number of time constants is estimated only empirically.

The results and their novelty: The final result of the study was the determination of the coefficients of the model of the frequency characteristic of the thermocouple.

Recommendations for the use of work: Using the results of the experiment, you can determine the necessary gain factor for a linearized closed-loop converter.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	9
1.1 Класифікація, огляд і визначення динамічних характеристик	10
1.2 Дослідження динамічних характеристик та інтеграція систем ідентифікації динамічних характеристик	14
1.3 Рівнозначна модель термоперетворювача	19
1.4 АФЧХ перетворювача та обчислення характеристик нелінійної системи використовуючи перехідну характеристику	21
2 ОГЛЯД МОДУЛІВ І ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	25
2.1 Опис та огляд модулів	25
2.2 LabView	31
2.2.1 Dataflow та візуальне програмування	32
2.3 Створене програмне забезпечення	33
2.4 Проведення дослідів	37
2.5 Параметри моделі	41
3 ОБЧИСЛЕННЯ ОДЕРЖАНИХ В ХОДІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗІСТАВЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ	44
3.1 Налаштування симуляції	44
3.2 Дослідження кількості постійних часу за перехідною характеристикою. Оцінка невизначеності коефіцієнтів	46
3.3 Обчислення похибок	51
4 СТВОРЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	54
4.1 Опис ідеї проекту	54
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	59
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	60

4.4 Розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми проекту	64
4.5 Розробка організаційного плану	71
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78
ДОДАТОК А СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ	81

ВСТУП

Нові методи вимірювання динамічних характеристик систем потрібні у зв'язку з розвитком сучасних технологій створення та експлуатації технічно складних об'єктів, при яких швидкодія окремих систем значно підвищується.

З одного боку, існує постійне зростання вимог до підходів до визначення динамічних характеристик. З іншого боку, впливає модернізація засобів і технологій для проведення динамічних вимірювань [8].

Почнемо з визначення динамічних заходів. Це вимірювання демонструє, як виміряне значення змінюється з часом у відповідь на різні збурення, які впливають на обладнання або об'єкт, що досліджується.

Нині в Україні експлуатується ряд технічно складних об'єктів. Саме динамічні властивості цих систем визначають рівень їх якості [9].

Постійна часу є основним параметром, який використовується для опису динамічних властивостей.

Метод визначення динамічних властивостей компонентів вимірювального обладнання є центром цієї дипломної роботи. Основною метою роботи є дослідження динамічних властивостей термоелектричного перетворювача.

Дослідження є інноваційним з наукової точки зору, оскільки пропонується розглядати електрорушійну силу як лінійну до вхідної потужності, а потужність використовується як вхідний сигнал, який пропорційний квадрату напруги.

1 ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Динамічні вимірювання - це вимірювання величини, яка змінюється під час вимірювання. Вони дають змогу досліджувати динамічні властивості об'єкта та засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), особливо первинних перетворювачів – сенсорів [12].

Динамічні вимірювання відіграють величезну роль як у науці, інженерії, так і у виробництві. Властивість полягає у: визначенні перетворення сигналів, що змінюються в колі його вимірювання, і зв'язуванні вхідного сигналу з сигналом, що визначається вимірюваною величиною.

Динамічними характеристиками термоперетворювачів є імпульсна, перехідна та амплітудно-частотна характеристики, які визначають швидкість відслідковування зміни температури, які пропорційні швидкості теплообміну, різниці температур навколишнього середовища і термопари та обернено пропорційна теплоємності термопари [13].

Динамічні характеристики термоперетворювачів досить складні і важливі. Їх визначення необхідне для розуміння термодинамічних процесів, що дозволить розширити сферу їх застосування, підвищити точність їх вимірювання та спостерігати за процесами зміни термопари в реальному часі.

1.1 Класифікація, огляд і визначення динамічних характеристик

Динамічна характеристика — це характеристика, яка використовується для виявлення відмінностей у динамічних властивостях. При роботі в динамічному режимі вимірювальні прилади представлені у вигляді динамічної системи, яка з'єднана між собою за допомогою окремих елементів, які називаються динамічними ланками [5].

Динамічна ланка – це елемент, який має вхідний сигнал і вихідний сигнал і описується диференціальним рівнянням (звичайно, не вище другого порядку).

Класифікація динамічних характеристик продемонстрована на рисунку 1.1.

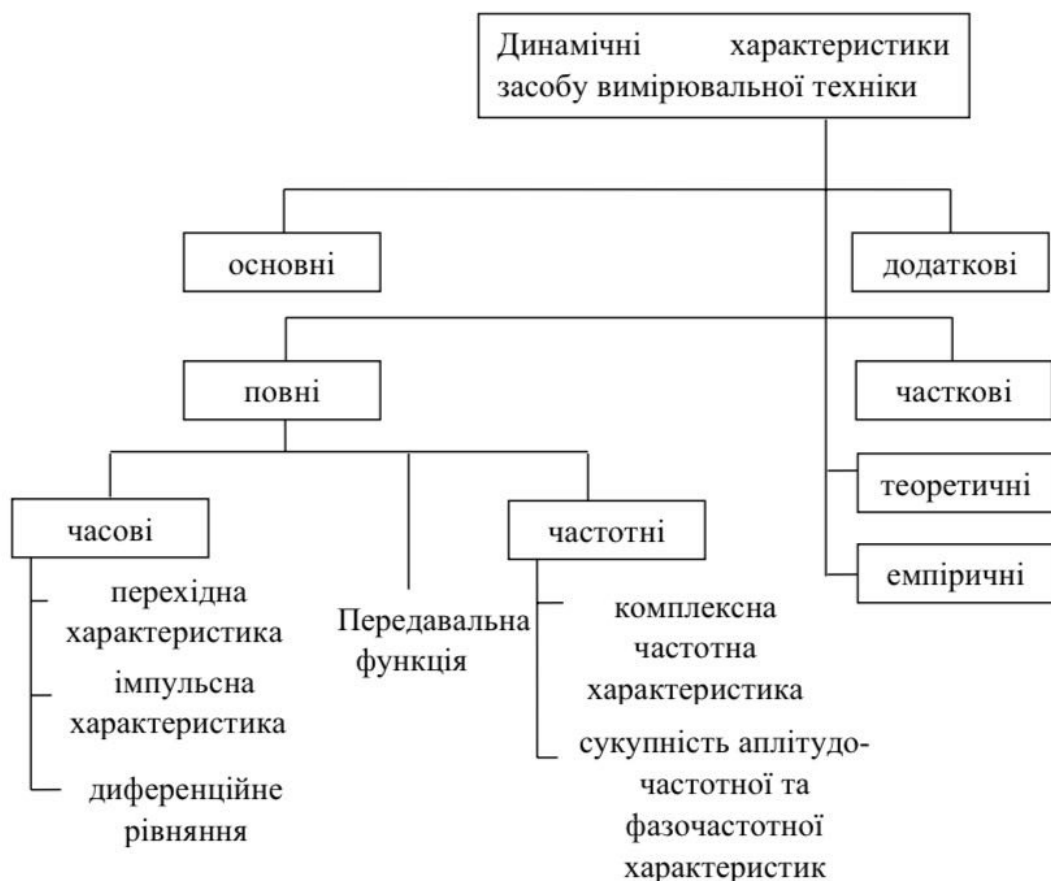


Рис. 1.1 - Класифікація динамічних характеристик

Динамічні характеристики поділяються на повні та часткові. Повна – характеристика, що визначає флукутацію вхідного сигналу при кожній зміні

параметрів цього сигналу та значення впливу. Частковий – повний параметр (може бути затухання, час встановлення сигналу) [5].

Також динамічні характеристики бувають основними і додатковими. Основні - формулюють зв'язок вхідного сигналу зі змінною вимірюваною величиною. Додаткові - формулюють зміну вхідного сигналу в залежності від зміни вимірюваної величини або параметра вхідного сигналу.

Повні динамічні характеристики включають:

- Передатна функція.
- Диференціальне рівняння.
- Перехідні та імпульсні характеристики.
- АФСНН. (АФЧХ)
- АФН. (АФХ)
- Комплексний коефіцієнт перетворення

Передавальна функція - це загальна динамічна характеристика, що являється відношенням перетворення Лапласа та сигналу що вимірюється та викликає відгук.

$$H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} \quad (1.1)$$

де : $Y(p)=L\{y(t)\}=\int_0^{\infty} y(t)e^{-pt} dt$; $X(p)=L\{x(t)\}=\int_0^{\infty} x(t)e^{-pt} dt$

Диференційне рівняння - взаємопов'язуванність похідних по часу вихідного сигналу від похідних вхідного [5].

$$\sum_{m=0}^M a_m \frac{d^m y(t)}{dt^m} = \sum_{n=0}^N b_n \frac{d^n x(t)}{dt^n} \quad (1.2)$$

де а та в являють собою постійні коефіцієнти [5].

Перехідна характеристика - це загальна часова характеристика, що являється відгуком пристрою на вхідний сигнал (зазвичай у формі одиничної ступінчастої функції, рисунок 1.3.) Перехідну функцію продемонстровано на рисунку 1.2.

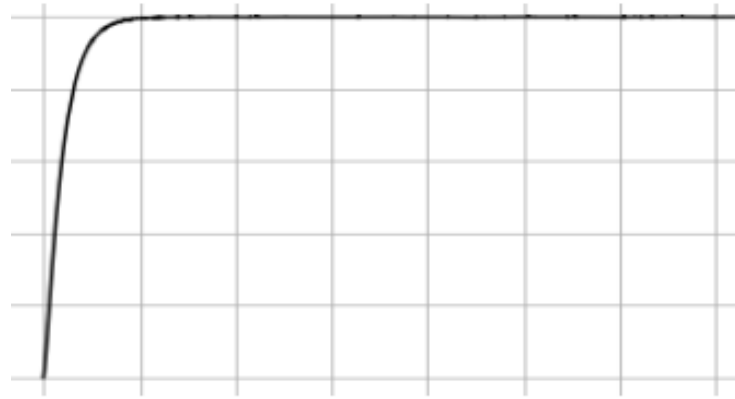


Рис.1.2 - Перехідна характеристика

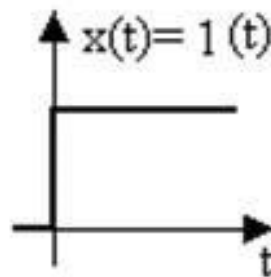


Рис.1.3 - Одинична ступінчаста функція

Імпульсна характеристика - загальна часова характеристика, яка є реакцією вихідного сигналу на вхідний. Загальноприйнятим є показ і припущення дельта-функції, приклад якої продемонстровано на малюнку 1.4. Загалом, це фізично неможливо. Все це пов'язано з тим, що отримати імпульс нескінченно малої тривалості і нескінченно великої амплітуди нереально.[2]

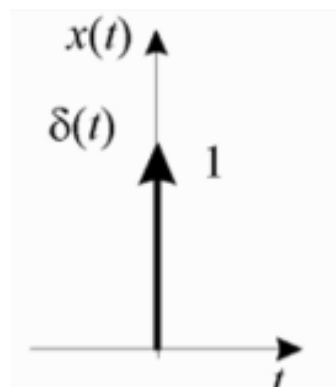


Рис.1.4 - Приклад дельта-функції

АФЧХ - це зв'язана частота характеристика. Визначена АФЧХ як годограф вектора, що побудований на площині під час зміни частоти від 0 до [5]. Приклад продемонстровано на рисунку 1.5.

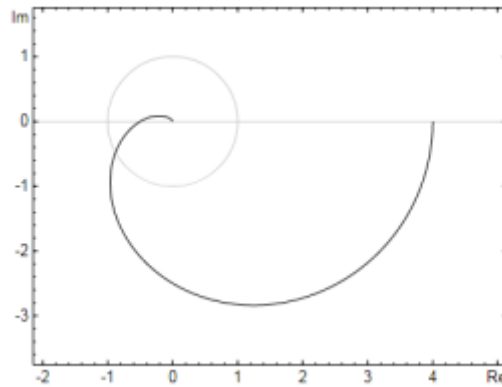


Рис 1.5. - АФЧХ

АФХ - являється відношенням перетворення Фур'є, яке залежне від кутової частоти до перетворення Фур'є, при початкових умовах рівних нулю.

$$K(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} \quad (1.3)$$

Коли кутова частота рівна нулю, АФХ рівна статичному коефіцієнту передачі.

$$K = \frac{y(0)}{x(0)} \quad (1.4)$$

Статичний коефіцієнт (К) - являє собою відношення установлених значень, що не рівні нулю, вихідного сигналу та значень вхідного.

1.2 Дослідження динамічних характеристик та інтеграція систем ідентифікації динамічних характеристик

Дослідження динамічних властивостей термоперетворювачів і розробка лінійного перетворювача становлять основну частину магістерської роботи; крім того, необхідно визначити коефіцієнт підсилення. Оскільки при високих значеннях K схема з термоперетворювачем переходить у режим збудження, цей коефіцієнт є вирішальним. Для цього АФЧХ з підсилювачем має пройти через або покрити точку з координатами.

Схема лінійного перетворювача продемонстрована на рисунку 1.6.

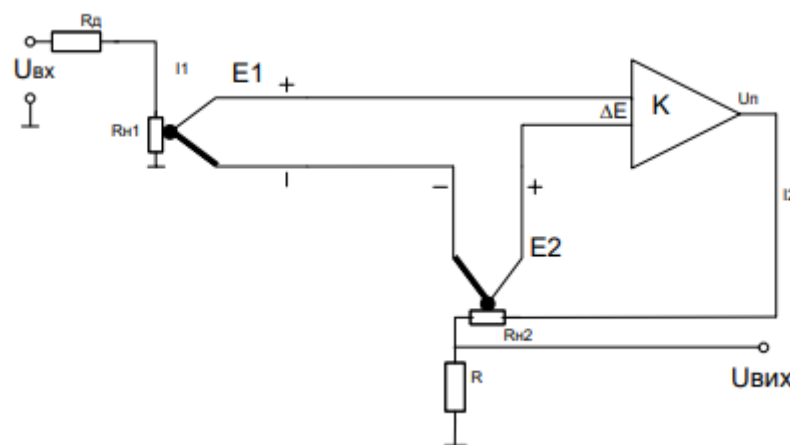


Рис 1.6. - Лінійний перетворювач

Відповідно до схеми, що показана на рисунку 1.6 маємо, що: E_1, E_2 є термоперетворювачами, K є підсилювачем, додатковий опір R є опором, з якого віднімається вихідна напруга, і на даний момент є найкращим з точки зору зсуву (воно розроблено для точних вимірювальних систем і називається AD8629). Під час здійснення включення термоперетворювача за схемою, яка продемонстрована на рис. 1.6, він виконує перетворення.

Цим перетворенням є вхідна змінна напруги за середнім квадратичним значенням в електрорушійну силу. Здійснюється це по квадратичному закону. Щоб подати один із методів нелінійних систем, а саме лінеризацію, для пов'язання вхідної напруги та вихідної, утворюється замкнуте коло. Воно складається із прямої та зворотної ланки. Пряма ланка відображається у вигляді підсилювача із коефіцієнтом підсилення K . Зворотна ланка

відображається у вигляді термоперетворювача.

Якщо ж коефіцієнт підсилення великий, то різниця електрорушійної сили для вхідного теплоперетворювача та різниця термоперетворювача зворотної ланки складає ΔE . ΔE в свою ж чергу менша у K раз за вихідну напругу.

Процес лінеаризації відбудеться, якщо вони рівні, а не більші чи менші. Це буде продемонстровано залежністю вхідної та вихідної напруг.

У свою ж чергу підсилювач та термоперетворювач саме зворотної ланки мають свої динамічні характеристики. Від цих динамічних характеристик буде залежати як будуть виконуватися умови стійкості.

Зазвичай, загальноприйнято, що підсилювач K є широкосмуговим. Тому, для того, щоб ми змогли знайти, ми можемо знехтувати ітераційністю. Оскільки ми знехтуємо ітераційністю, то можемо детальніше розглянути як залежать вхідна та вихідна напруги у різних режимах, а саме: установлений та динамічний. Щоб цього досягнути, потрібно виконати перетворення саме для цих режимів.

Спочатку виконаємо розрахунок цієї схеми для лінійного перетворювача, щоб ми змогли отримати формулу для лінійного перетворення.

Виконаємо наступні дії:

1. $E_{1,2} = K_{1,2} * I_{1,2}^2$
2. $E_1 = E_2 + \Delta E$

(1.5)

Підставимо значення E у формулу (1.5) і отримаємо:

3. $K_1 I_1^2 = K_2 I_2^2 + \frac{I_2(R_{\partial} + R)}{K}$
4. $U_n = K \Delta K$
5. $\Delta E = \frac{U_n}{K}$
6. $U_{\text{вихідне}} = U_n \frac{R}{R + R_{H2}}$
7. $\Delta E = U_{\text{вихідне}} \frac{R + R_{H2}}{KR}$
8. $I_2 = \frac{U_n}{R + R_{H2}}$

(1.6)

Замінюємо в формулі (1.6) вхідну напругу підсилювача на :

$$9. I_2 = \frac{\Delta EK}{R+R_{H2}} \quad (1.7)$$

Виражаємо із формули (1.7) :

$$10. \Delta E = \frac{I_2(R+R_{H2})}{K}$$

$$11. K_1 I_1^2 = K_2 I_2^2 \left(1 + \frac{R+R_{H2}}{K K_2^2 I_2}\right) \quad (1.8)$$

Знайдемо з формули (1.8) значення :

$$12. I_1 = \sqrt{\frac{K_2}{K_1}} I_2 \sqrt{1 + \frac{R+R_{H2}}{K K_2^2 I_2}} \quad (1.9)$$

У лінійних підсилювачів коефіцієнт підсилення складає:

$$K = \frac{K}{1+K\beta} \quad (1.10)$$

$1+K\beta$ вказує на те, у яку кількість зменшується коефіцієнт підсилення під час того, коли ми вводимо зворотний зв'язок.

Ми можемо спростити вираз $\frac{K K_2^2 I_2}{R+R_{H2}}$, який в свою чергу являється еквівалентом підсилення.

Щоб спростити вираз $\frac{K K_2^2 I_2}{R+R_{H2}}$ ми можемо поставити $K = \frac{K}{R+R_{H2}}$

Умова стійкості у такому випадку складає:

$$|K_2(j\omega)|_{\pi} K I_2 \leq 1 \quad (1.11)$$

У цьому виразі являє собою значіння АФЧХ.

Таким чином, коефіцієнт допуску, який запобігатиме збудженню термоперетворювача в зворотній ланці лінійного перетворювача по всій його схемі, становить:

$$K_{\text{макс.допустиме}} = \frac{1}{|K_2(j\omega)|_{\pi} I_2} \quad (1.12)$$

На мою думку, величезною перевагою цієї лінеризації є те, що можна підвищити швидкодію та сильно зменшити похибки, при умові коли і вхідний і зворотний теплоперетворювач мають одні і ті ж характеристики, та відповідно перебувають у однакових умовах використання [9].

Далі, будемо намагатися скласти систему для того, щоб була змога експериментально дізнатися динамічні характеристики різних видів термоперетворювачів. Це буде здійснюватися для змоги в виконанні

лінеаризованих перетворювачів.

Комбінування. Воно є одним із способів скласти в одне із різних функційних частин [14]. На рисунку 1.7 продемонстрована схема системи для того, що визначати динамічні характеристики термоелектричних перетворювачів.

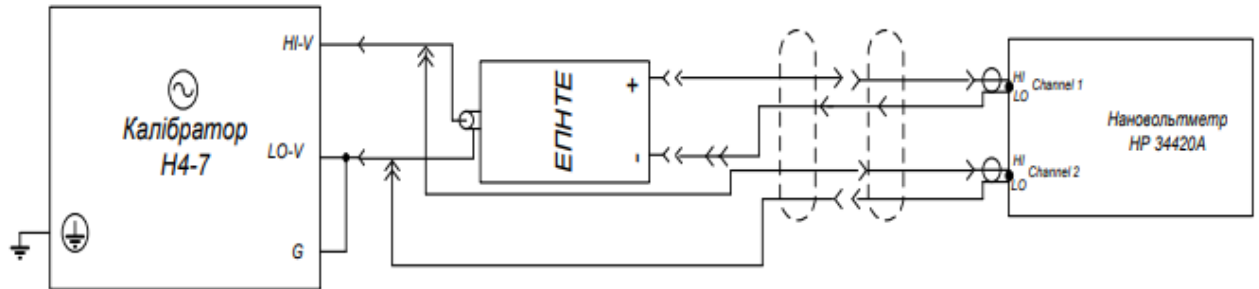


Рис. 1.7 - Схема пристрою

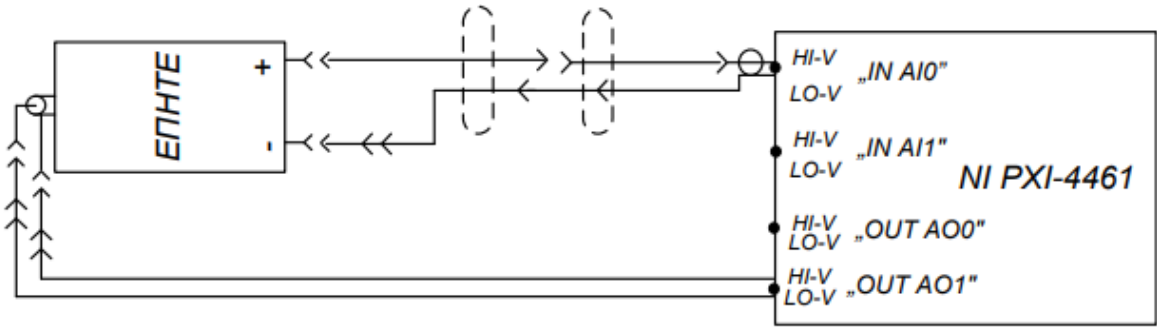
Я хотів би надати короткий підсумок інструментів, які були використані для розрахунку динамічних характеристик:

1. Монітор
2. Термоперетворювач
3. Калібратор
4. Нановольтметр
5. NI PXI

Схема працює за таким чином: вибраний калібратор типу Н4-7, який налаштований і забезпечений даним термоперетворювачем, створює напругу частотою 0,1 Гц. Вхідний сигнал і ЕРС вимірювали за допомогою нановольтметра. Тому дані та значення відображаються на самому моніторі. Вони представлені у вигляді графіка. Крім того, ми використовували пристрій NI X-4461 для наших експериментів з динамічними характеристиками. [2].

Але щоб була змога отримувати набагато точніших значень динамічних характеристик потрібне генерування інфранизько-частотних значень. Через це схему даного пристрою було трохи змінено.

Змінена схема :



1.3 Рівнозначна модель термоперетворювача

Як нам відомо, термоперетворювач являється прикладом аперіодичної ланки. Аперіодична ланка - це ланка, яка має лише одну енергетичну ємність, в якій під час подачі на вхід ступінчастого впливу вихідна величина приходить до нового устанавленого значення за експоненціальним законом [2].

RC-ланка, як загальноприйнято, є істинною реалізацією аперіодичної ланки.

На рисунку 1.8 продемонстровано рівнозначну схему перетворювача.

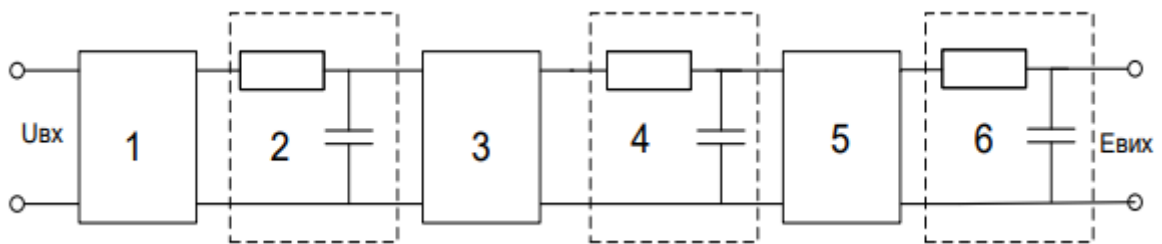


Рис. 1.8 - рівнозначна схема термоелектричного перетворювача

Ця схема являє собою розділену систему, яка складається з ряду аперіодичних ланок.

На цій схемі зображено 1 - квадратор миттєвих значень напруги, 2,4,6, - аналогічні постійні часу, 3,5 - повторювачі напруги [9].

Через дані аперіодичні ланки проходить вихідна напруга. Вона має як постійну, так і змінну складову. Постійна складова - $\frac{U_m^2}{2}$; змінна складова - $\frac{U_m^2}{2} \cos 2\omega t$.

Постійні часу знаходяться під час розрахування нелінійних рівнянь. Загальне число постійних залежить лише від того, скільки їх є у схемі.

Формула для знаходження однієї постійної складової (1.13):

$$\frac{E_a}{U_a^2} = \frac{K_1}{\sqrt{1+(2\omega t)^2}} \quad (1.13)$$

В залежності від кількості постійних часу, змінюється число множників:

$$\frac{K_1}{\sqrt{1+(2\omega t)^2}} \quad (1.14)$$

Стан загального коефіцієнта перетворення практично не залежить від

того, як нарощується кількість аперіодичних ланок у схемі [4]

1.4 АФЧХ перетворювача та обчислення характеристик нелінійної системи використовуючи перехідну характеристику

У нас перетворювач являється не лінійним. В рівняннях найбільш поширено використання оперативного методу, але він орієнтований на лінійну систему. Тому, у нашому випадку потрібно взяти для вхідного сигналу потужність, еквівалентна квадрату обраної напруги [2].

Відповідно до цього, потрібно взяти залежність електрорушійної сили, як лінійну відповідно до значення потужності вхідної. Для вхідного ж сигналу буде використовуватися квадрат миттєвих значень. Він лінійно пов'язаний із електрорушійною силою термоперетворювача [4].

Щоб отримати перехідну характеристику, ми генеруємо однокроковий сигнал. Цей сигнал надходить на вхід термоперетворювача. Ми зробимо конвертацію, щоб ми могли легко працювати з даними та отримувати постійні часу. Характеристика та її приведення показана на рисунку 1.9.

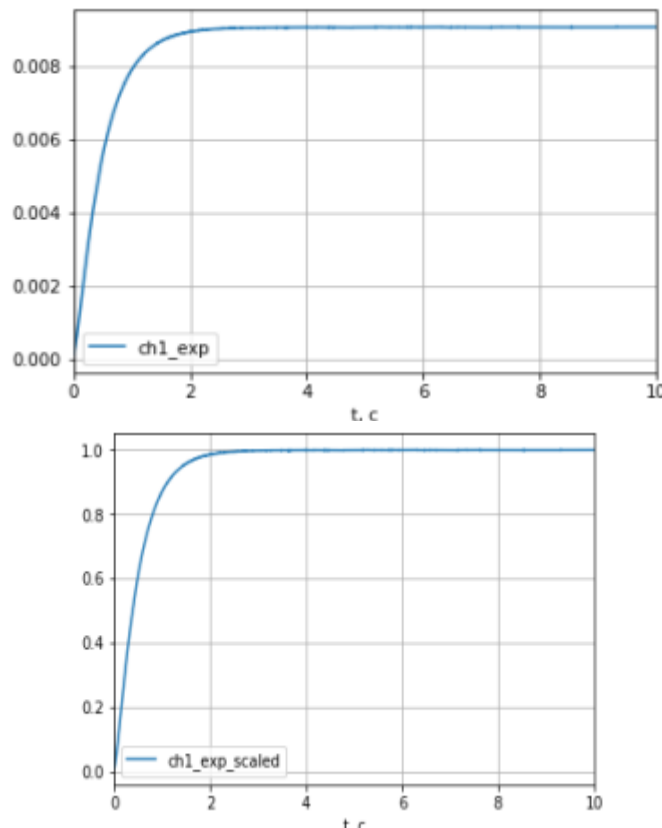


Рис. 1.9 - Перехідна характеристика та приведена перехідна характеристика
 Формула (1.15) показує рівняння лише для однієї постійної часу:

$$h(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1.15)$$

Якщо ж існує в схемі три постійних, то наше рівняння буде:

$$h(t) = 1 - K_1 e^{-\frac{t}{\tau_1}} - 1 - K_2 e^{-\frac{t}{\tau_2}} - 1 - K_3 e^{-\frac{t}{\tau_3}} \quad (1.16)$$

У цьому рівнянні значення К буде постійним коефіцієнтом, який буде залежати від постійних часу [4].

АФЧХ (або ж діаграма Найквіста) - це лінія, яка поєднує кінці радіус-векторів, довжина ж їх складає відношення амплітуди вхідної та вихідної величини, а кут дорівнює різниці фаз цих величин для частот, які змінюються від значення 0 до нескінченності. Цей кут створюється із додатним напрямком дійсної осі. [21]

У результаті значення, яке передається в наш перетворювач при 180 градусів, буде дорівнювати $2.125 \cdot 10^{-4}$.

Це продемонстровано на рисунку 1.10.

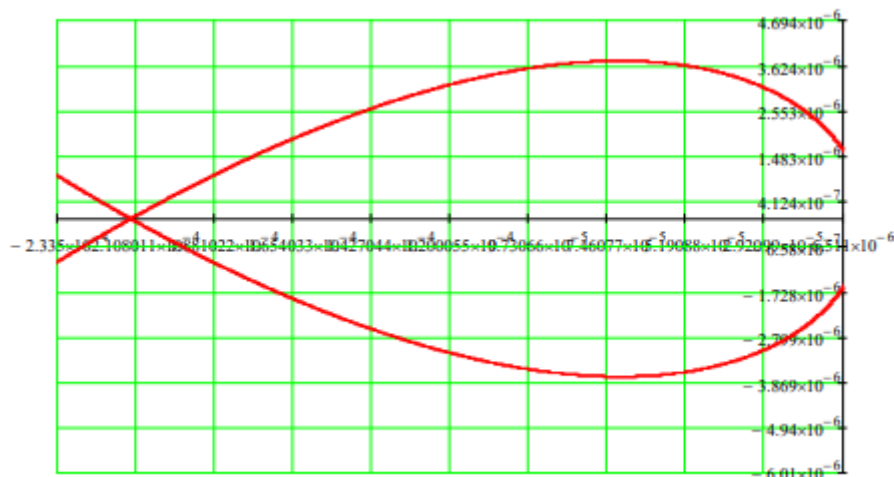


Рис. 1.10 - АФЧХ при зсуві на 180°

Застосуємо значення електрорушійної сили 10мВ та струм 10мА. Відповідно до цього, ми зможемо дізнатися значення коефіцієнта перетворення, які будуть максимально допустимими: [22]

$$K_2 = \frac{E_2}{I_2^2} \quad (1.17)$$

$$K_2 = 100 \left(\frac{B}{A^2} \right) \quad (1.18)$$

Застосуємо раніше знайдену формулу (1.11) і застосуємо знайдене значення K_2 , яке щойно знайшли:

$$1 = K\beta = |K_2(j\omega)|_{\pi} K I_2 \quad (1.19)$$

$$K = 4706 \text{ (A/V)} \quad (1.20)$$

Ми вже знаємо, що K можна показати у вигляді $\frac{K}{R+R_{H2}}$, то отримаємо:

$$K = K(R + R_{H2}) = 705900 \quad (1.21)$$

Це буде максимально-допустимий коефіцієнт підсилення.

Відповідно до усіх виконаних дій, виконаємо дії, для знаходження значення цього коефіцієнта ну частоті рівній нулю.

$$K = \frac{K}{R+R_{H2}} = \frac{115350}{150} = 4706$$

$$K\beta_{\text{макс}} = K I_2 K_2 = 4706 \quad (1.22)$$

Давайте додамо зворотний зв'язок до нашої схеми перетворювача після завершення вищезазначених процедур. Ми отримаємо від цього належну користь. Відсутність надмірного навантаження також має вирішальне значення для нашої остаточної стратегії. Тому для його збереження необхідно встановити стабілітрони.

Також, виконаємо обчислення номіналів резисторів. Це необхідно для знання, які резистори використовувати, для того щоб відбувалося забезпечення коефіцієнту підсилення.

Використаємо резистор $R_1 = 100$ (Ом).

Для знаходження використаємо формулу

$$\beta_n = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1.23)$$

Звідси маємо, що:

$$R_2 = \frac{R_1 - \beta_n R_1}{\beta_n} \quad (1.24)$$

Відповідно до цього, маємо що $R_2 = 70.6$ (МОм)

Наша фінальна електрична схема показана на рисунку 1.11.

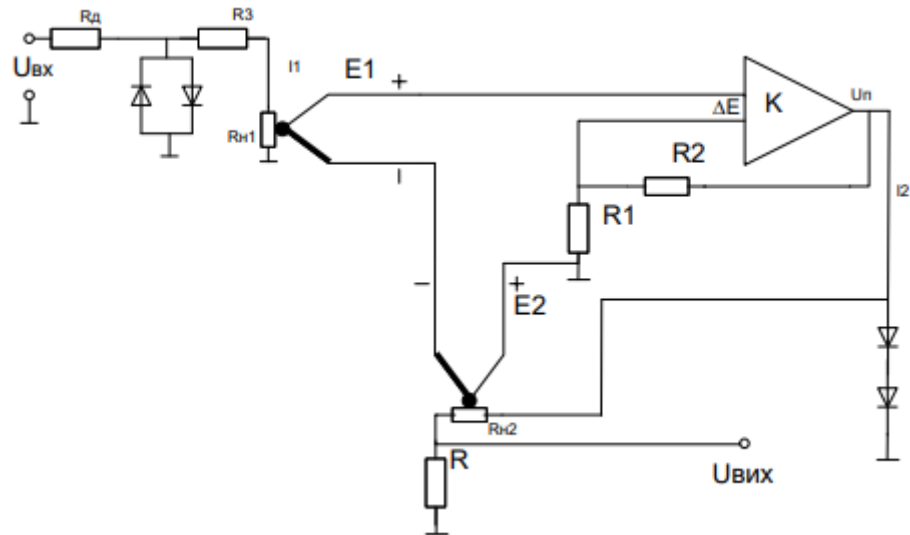


Рис. 1.11 - Фінальна структурна схема

2 ОГЛЯД МОДУЛІВ І ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Опис та огляд модулів

NI-PXI 1042 - шасі, яке включає також вбудований контролер PXIe-8106. Він розроблений на Intel Core Duo для таких систем як PXI, а також CompactPCI. Такий контролер застосовується для пристроїв для збору даних, а також модульних [11].

Складається даний контролер із:

- Порт 10/100/1000 BASE-TX інтернет
- Порти USB
- Жорсткий диск, який є інтегрованим
- Пристрої вводу-виводу, які дають змогу під'єднати монітор, на якому виведуться усі зняті дані

Основне призначення шасі NI-PXI 1042 - це встановлення модулів PXI, та під'єднання цих модулів використовуючи високопровідну об'єднуючу плату. Дана плата обладнана засобами синхронізації. [10]

Воно має здатність мати у своєму складі 18 слотів. Це дає змогу підтримувати комбінацію PXI та PXI Express, і різні варіанти живлення: як змінний струм, так і постійний струм [10].

Високоточний модуль для збору даних - National Instruments PXI-4461. Його навмисно створено, щоб можна було використовувати вібрацію та звук.

У його складі є як апаратне забезпечення, так і програмне. Це потрібно для того, щоб була змога проводити доволі точні вимірювання за допомогою таких пристроїв, як:

1. Мікрофон
2. Акселерометр

(та ін.).

Їх застосовують через те, що вони мають високий динамічний діапазон.
[22]

Найбільш поширеними програмами є:

1. Аудіо випробування
2. Авто випробування
3. Моніторинг стану авто

Якщо ж програма потребує більш як тисячу каналів, у ньому є змога для синхронізації більше двох пристрої. Це можна зробити, за умови, що NI 446x буде менший 0,1 ступеня невідповідності між цими каналами [11].

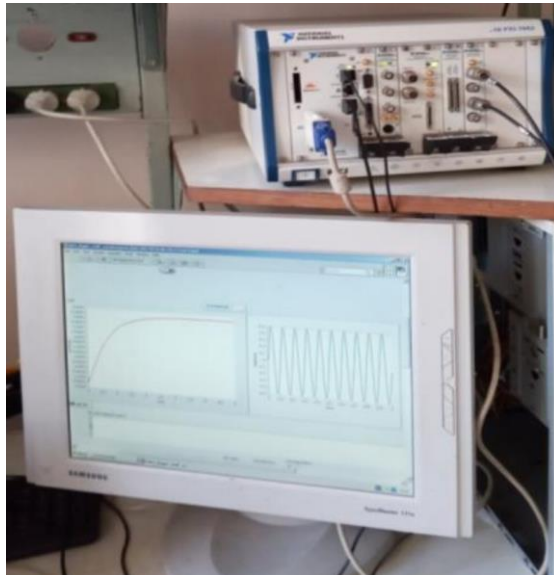


Рис. 2.1 - Шасі та модуль NI-PXI 4461

Розподільна здатність нановольтметра складає $1e-10$ В при його чутливості, що складає 0,001 В на кількість десяткових розрядів, що дорівнює 7,5. Це дає змогу отримати чутливість, яка буде необхідна для зняття даних термоелектрорушійної сили, яка може бути меншою за 0,001 В. Приклад нановольтметра продемонстровано на рисунку 2.2.



Рис. 2.2 - нановольтметр

Щоб заміряти напругу одноканального діапазону:

0,001 В, 0,01 В, 0,1 В, 1 В, 10 В, 100 В.

Максимальна роздільна здатність складає:

10e-10 В (при діапазоні 0,001 В)

Щоб заміряти напругу для другого каналу діапазони складають: 0,001 В, 0,01 В, 0,1 В, 1 В, 10 В

Максимальна роздільна здатність складає:

10e-10 В (при діапазоні 0,001 В)

У таблиці 2.1 показані похибки вимірювань для опору та напруги [31].

Таблиця 2.1. Похибки постійної напруги та опору

Обмеження вимірювань	1 мВ, 10 мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В
Похибка вимірювання	$1\text{ мВ} - (0,005\% \cdot U_{\text{змін}} + 0,002\% \cdot U_{\text{меж}})$ $10\text{ мВ} - (0,005\% \cdot U_{\text{змін}} + 0,0003\% \cdot U_{\text{гран}})$ $100\text{ мВ} - (0,004\% \cdot U_{\text{змін}} + 0,0004\% \cdot U_{\text{гран}})$ $1\text{ В} - (0,0035\% \cdot U_{\text{змін}} +$

	$0,0004\% \cdot U_{\text{Гран}}) 10B -$ $(0,003\% \cdot U_{\text{Змін}} + 0,0004\% \cdot U_{\text{Гран}})$ $100B - (0,0035\% \cdot U_{\text{Змін}} +$ $0,0005\% \cdot U_{\text{Гран}})$
Межі вимірювання	1 Ом, 10 Ом, 100 Ом, 1 кОм, 10 кОм, 100 кОм, 1 МОм
Похибка вимірювання	<p>1 Ом - $(0,007\% \cdot R_{\text{Змін}} + 0,0002 \cdot R_{\text{Гран}})$</p> <p>10 Ом – $(0,006\% \cdot R_{\text{Змін}} + 0,0002 \cdot R_{\text{Гран}})$</p> <p>100 Ом – $(0,006\% \cdot R_{\text{Змін}} + 0,0002 \cdot R_{\text{Гран}})$</p> <p>1 кОм – $(0,006\% \cdot R_{\text{Змін}} + 0,0002 \cdot R_{\text{Гран}})$</p> <p>10 кОм – $(0,006\% \cdot R_{\text{Змін}} + 0,0002 \cdot R_{\text{Гран}})$</p> <p>100 кОм – $(0,006\% \cdot R_{\text{Змін}} + 0,0004 \cdot R_{\text{Гран}})$</p> <p>1 МОм – $(0,007\% \cdot R_{\text{Змін}} + 0,0004 \cdot R_{\text{Гран}})$</p>
Тестовий струм	Від 5 мкА до 10 мА

При утвердженні “Інтеграції часу”, встановлюється загальне число циклів лінії електропередач, що складає 0,02, 0,2, 1, 2, 10, 20, 100 та 200.

У нас є можливість задати час інтеграції 1 із 3 значень, які є закріплені.

Для цього потрібно обрати номер чисел, які є зображені. Також, це можна зробити при використанні команди INTEGRATE, в меню MEASURES [10].

Цей час зв'язаний із максимальною кількістю чисел, які показуються нинашому пристрої.

У таблиці 2.2 показана загальна залежність NPLC та кількість чисел, щозображені на екрані [31].

Таблиця 2.2. Залежність NPLC та кількість чисел, що зображені на екрані

NPLC	Цифровий фільтр вимкнено Максимальна кількість цифр	Цифровий фільтр відображається на макс. цифрах
0.02	4 1/2	5 1/2
0,2	5 1/2	6 1/2
1	6 1/2	7 1/2
2	6 1/2	7 1/2
10	6 1/2	7 1/2
20	7 1/2	7 1/2
100	7 1/2	7 1/2
200	7 1/2	7 1/2

Універсальний калібратор Н47, ще відомий як: Н4 7, Н4-7, Нч-7, п4-7, п47, h4-7, h47.

Його призначення - перевірка, калібрування та дослід широкої номенклатури пристроїв і автономно, і у складі автоматизованих систем. Даний калібратор складається із стандартних наборів функцій. Ці функції покривають реалізацію режимів калібратора постійної та змінної напруги,

а також струму та декадного ряду опорів [23]

Набір складається із:

1. Калібратор
2. Підсилювач напруги
3. Перетворювач напруга-струм Я9-44

Технічні характеристики даного калібратора є: [23]

1. Напруга постійного струму - 0,1 мВ - 1000 В
 2. Напруга змінного струму - 0,1 мВ - 700 В (при частоті 0,1 Гц - 10кГц)
 3. Сила постійного струму - 0,1 нА - 30 А
 4. Сила змінного струму - 0,1 нА - 30 А (при частоті 0,1 Гц - 10 кГц)
 5. Діапазон частот калібраторів 0,1 Гц - 1 мГц
 6. Похибка $\pm 0,005\%$ (діапазон частот 0,1 Гц - 20 кГц)
1. Швидкодія 20 мс - 50 мс
 2. Відтворення напруг постійного струму 0,1 мкВ - 1000 В
 3. Відтворення сили постійного струму 0,1 нА - ± 30 А

2.2 LabView

LabVIEW - це одна із основних продукцій компанії National Instruments. Що ж є сам LabVIEW? Найголовніше - це аббревіатура, яка розшифровується як Laboratory Virtual Instrumentation Engineering. Вже в назві простежується орієнтація на лабораторні дослідження, вимірювання та збирання даних. LabVIEW - в своєму роді являється універсальною мовою програмування. І хоча цей продукт часом тісно пов'язаний з апаратним забезпеченням National Instruments, проте він не пов'язаний з конкретною машиною [1].

Workbench, вже в самій назві бачимо орієнтованість на лабораторні дослідження, вимірювання та збір даних. Загалом - це середовище розробки та платформа для виконання програм, які були створені на графічній мові програмування "G", відомої фірми National Instruments [1].

Робота в цій програмі здійснюється у двох вікнах. Це лицева панель, таблок-діаграма.

Передня панель: графічний інтерфейс користувача програмного забезпечення створено та підключено до програми. Результатом візуального коду є блок-схема [24].

2.1.2 Dataflow та візуальне програмування

Здійснення виконання програми у даному середовищі окреслюється структурою специфічних блок-діаграм, які ще мають назву LV-код. Нацьому етапі програміст виконує з'єднання різних типів вузлів-функцій. Він це здійснює виконуючи з'єднання ліній-проводів [1].

Під час здійснення створення, програміст створює графічний інтерфейс. Він показаний на лицевій панелі (Front Panel). Віртуальні інструменти - це програми в LadVIEW. Будь-який такий інструмент формується із вікон, таких як: лицева панель, блок-діаграма.

В свою чергу, блок-діаграма може включати в себе і Connector Pane. Connector Pane допомагає створювати підпрограми. Вони створюються із готових віртуальних інструментів [1].

Виконувати ввід та вивід даних оператору допомагають виконувати елементи керування та індикатори, які розташовані на лицевій панелі.

2.3 Створене програмне забезпечення

Платформа LabVIEW дозволяє розробляти віртуальні пристрої для реалізації завдань вимірювання та генерації сигналів. Віртуальний пристрій складається із лицьової панелі (рис. 2.2) та блок-діаграми (рис. 2.3). Лицьова панель призначена для створення елементів керування системою збору та генерації даних та виводу необхідної інформації. Блок-діаграма реалізує логіку процесу створення сигналу, вимірювального процесу, процесу обробки та збереження вимірювального сигналу [33].

Розроблений віртуальний пристрій (ВП) використовується для отримання частотної реакції термопари на синусоїдальний сигнал інфранизьких частот від 0.01 до 1 Гц. Лицьова панель ВП (рис. 2.2) містить елементи вводу параметрів генератора синусоїдального сигналу та вимірювального каналу (блок 1) [33].

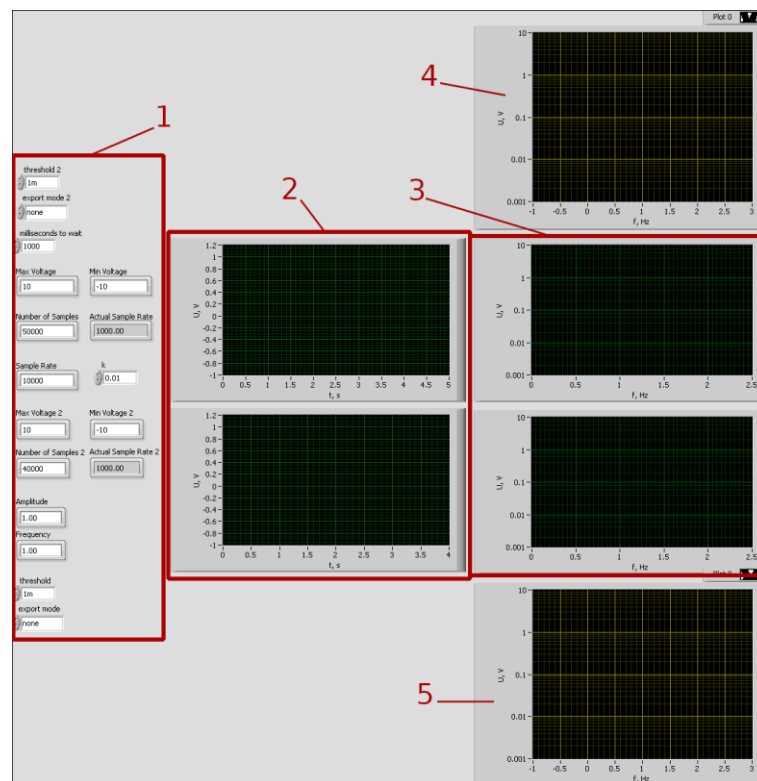


Рис. 2.2 - Лицьова панель ВП

Наступний блок 2 містить графіки для поточного виведення вимірних даних (верхній графік) та форми сигналу, що генерується (нижній графік).

Блок 3 містить графіки спектрів виміряного сигналу (верхній графік) та сгенерованого сигналу (нижній графік). Графік 4 відображає знайдені за допомогою алгоритму частотні гармоніки виміряного сигналу, а графік 5 — гармоніки сгенерованого сигналу [33].

Частини блок-діаграми, яка реалізує логіку процесу вимірювання спектру сигналу термопари зображено на рис. 2.3 — рис.2.6 [33].

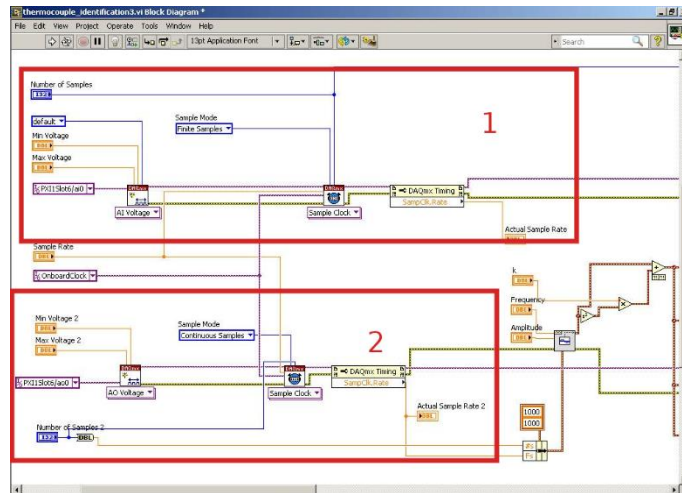


Рис. 2.3 - Блок-діаграма налаштування вхідного та вихідного каналів

ВП містить два канали (рис. 2): перший канал вимірювальний, другий — канал генерування сигналу. На рис. 2 зображено елементи налаштування тактової частоти каналів “Sample Rate”, розміру вибірки “Number of Samples” та режиму генерації та вимірювання, та діапазони сигналів [33].

Цифровий синтез сигналу зображено на рис. 3. Блок 1 — це стандартний блок створення вибірки синусоїдального сигналу. Блок 2 визначає спектр згенерованого сигналу, що виводиться на графік лицьовій панелі (рис. 1, блок 3, нижній графік). Блок 3 записує створену вибірку у внутрішню пам'ять пристрою генерації сигналів. Блоки 4-6 аналізують гармоніки створеного сигналу та виводять їх на графік (рис. 1, графік 5) [33].

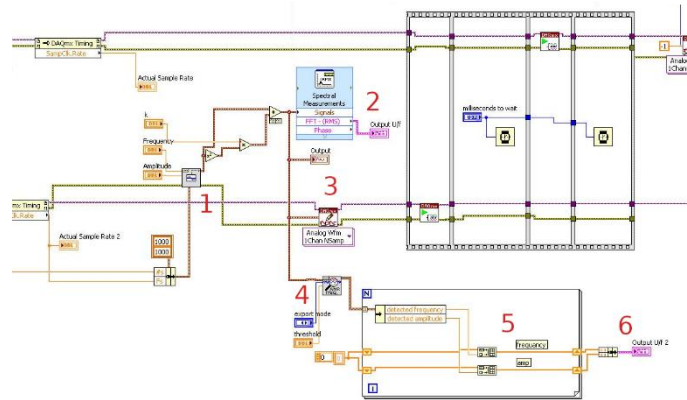


Рис. 2.4 - Блок-діаграма цифрового синтезу сигналів

Після цифрового синтезу сигналу та запису його до пам'яті генератора (блок 1), відбувається запуск системи (рис. 2.5). Спочатку запускається генератор (блок 2), щоб позбутись перехідних процесів. Для цього виконується затримка запуску вимірювальної вибірки (блок 4) до початку (блок 3) та після запуску (блок 5). Блок 6 отримує вибірку вимірюного сигналу із внутрішньої пам'яті пристрою збору даних [33].

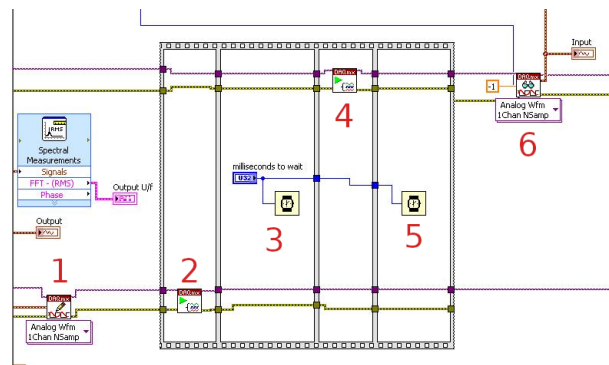


Рис. 2.5 - запуску вимірювального процесу

Вимірюна інформація аналізується за допомогою блоків зображених на рис. 5. Блок 1 робить вибірку та передає до блоку 2, який визначає спектр сигналу та зображує його на графіку (рис. 2.2, блок 3, верхній графік). Паралельно дані передаються до блоку 3, який аналізує гармоніки сигналу, та зображує їх за допомогою блоків 4-5 на графіку (рис. 2.2, графік 4) [33].

Таким чином, розроблений віртуальний пристрій автоматизує процес ідентифікації динамічної характеристики терморпарі [32].

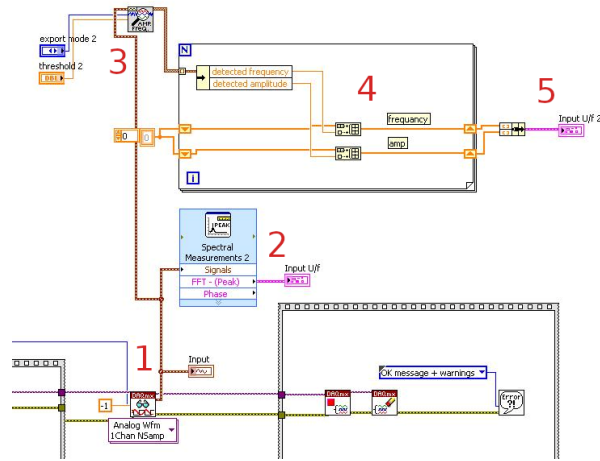


Рис. 2.6 - Блок-діаграма визначення спектру вимірюного сигналу

2.4 Проведення дослідів

Як ми можемо отримати динамічні характеристики термоперетворювачів? Для цього ми використовували два методи та здійснювали їх порівняння. Це здійснювалося за допомогою перехідної характеристики і АФЧХ.

Ми використовували вимірювальні прилади для зняття миттєвих значень струму та напруги. Через це нам потрібно значення вимірної вхідної величини піднести до квадрату, бо вихідна електрорушійна сила має квадратичну залежність і є закладена термоперетворювачем.

Для зняття точних значень напруги або струму використовувався Н4-7. Обраним цей прилад був через точність задання напруги і формування частоти 0.1 Гц. Щоб дізнатися вхідний і вихідний сигнал використовувався нановольтметр НР34420А. У його комплектацію також включається мультиплексор. Він співвідноситься до приладів комутування цифрової інформації. Такі прилади виконують комутацію одного із деякої кількості інформаційних входів до одного виходу ($x_i - y$). Це спричиняє зменшення швидкодії. На рисунках 2.9 та 2.10 продемонстровано у скільки разів швидкодія одного каналу більша за швидкість роботи двох вимірювальних каналів. Різниця швидкодії одного каналу за інший більша у 2.5 раз.

399	15:09:08	-6.90048990E-03
400	15:09:08	-6.90067990E-03
401	15:09:08	-6.90074790E-03
402	15:09:09	-6.90072590E-03
403	15:09:09	-6.90079190E-03
404	15:09:09	-6.90066990E-03
405	15:09:09	-6.90079390E-03
406	15:09:09	-6.90087190E-03
407	15:09:09	-6.90099390E-03
408	15:09:09	-6.90101590E-03
409	15:09:09	-6.90099390E-03
410	15:09:09	-6.90117190E-03
411	15:09:09	-6.90126190E-03
412	15:09:09	-6.90135190E-03
413	15:09:09	-6.90122990E-03
414	15:09:09	-6.90103990E-03
415	15:09:09	-6.90122990E-03
416	15:09:09	-6.90125190E-03
417	15:09:10	-6.90129590E-03
418	15:09:10	-6.90141990E-03
419	15:09:10	-6.90149790E-03
420	15:09:10	-6.90128590E-03

Рис. 2.7. – Робота 1 каналу

399	16:01:47	-5.17810000E-03	+7.75210000E-03
400	16:01:47	-4.30480000E-03	+6.49410000E-03
401	16:01:47	-3.38920000E-03	+5.28679990E-03
402	16:01:47	-2.43899990E-03	+4.14979990E-03
403	16:01:47	-1.45149990E-03	+3.15060000E-03
404	16:01:47	-4.47800000E-04	+2.32580000E-03
405	16:01:48	+5.49300000E-04	+1.71520000E-03
406	16:01:48	+1.54130000E-03	+1.33610000E-03
407	16:01:48	+2.51380000E-03	+1.21120000E-03
408	16:01:48	+3.46230000E-03	+1.35220000E-03
409	16:01:48	+4.38349990E-03	+1.74870000E-03
410	16:01:48	+5.24999990E-03	+2.39500000E-03
411	16:01:49	+6.06530000E-03	+3.25990000E-03
412	16:01:49	+6.82250000E-03	+4.31990000E-03
413	16:01:49	+7.50620000E-03	+5.50650000E-03
414	16:01:49	+8.12289990E-03	+6.80360000E-03
415	16:01:49	+8.64869990E-03	+8.12459990E-03
416	16:01:49	+9.08310000E-03	+9.41490000E-03
417	16:01:49	+9.42880000E-03	+1.06194000E-02
418	16:01:50	+9.68700000E-03	+1.16893990E-02
419	16:01:50	+9.84200000E-03	+1.26559990E-02
420	16:01:50	+9.90510000E-03	+1.32940000E-02

Рис. 2.8. – Робота 2 каналів

Ми використовуємо NI PXI через те, що це потрібно для сформування вхідного сигналу та подальшого зняття вихідного.

Використання вимірювальних пристроїв дозволяє нам знімати миттєві значення напруги (або струму). Ми можемо сказати, що вхідна напруга зв'язана із потужністю лінійно. Це можна пояснити тим, що вихідне значення електрорушійної сили сформоване термоперетворювачем і також має квадратичну залежність.

Щоб була у нас змога зберегти ЕРС термопари і вхідної напруги в одному обсязі ми використали подільник напруги. На рисунку 2.9. продемонстрована ЕРС та вхідна напруга.

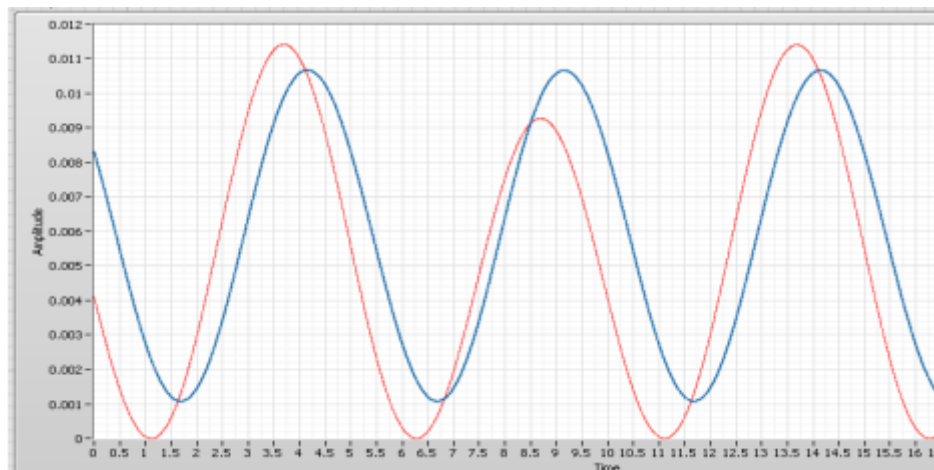


Рис. 2.9. – ЕРС та вхідна напруга

Використаємо формулу 2.1 для того, щоб побачити як відбувається ухил відносно нуля.

$$\sin^2 \omega t = \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \quad (2.1)$$

Оскільки, під впливом дуже низьких частот, сталі часу відсутні, то на частоті 0.01 Гц ми створили вхідний сигнал і вихідний. Ці сталі часу, у свою чергу, впливають на вихідний сигнал. Щоб одержати АЧХ ми здійснили наближення вхідного сигналу та вихідного, та в подальшому виконали їх відношення.

Усі ці дії були здійснені на низьких частотах. На рисунку 2.10 продемонстровано їх наближення

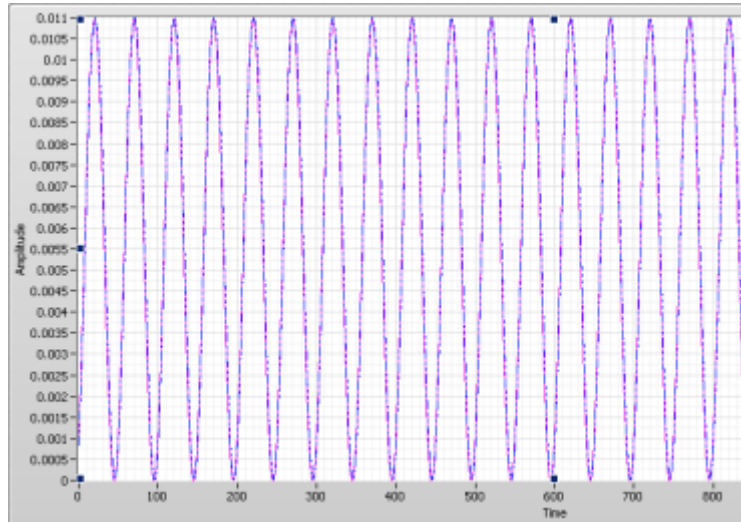


Рис. 2.10. – Наближення сигналів

На рисунку 2.11 продемонстровано зменшення відношення ЕРС до вхідного сигналу.

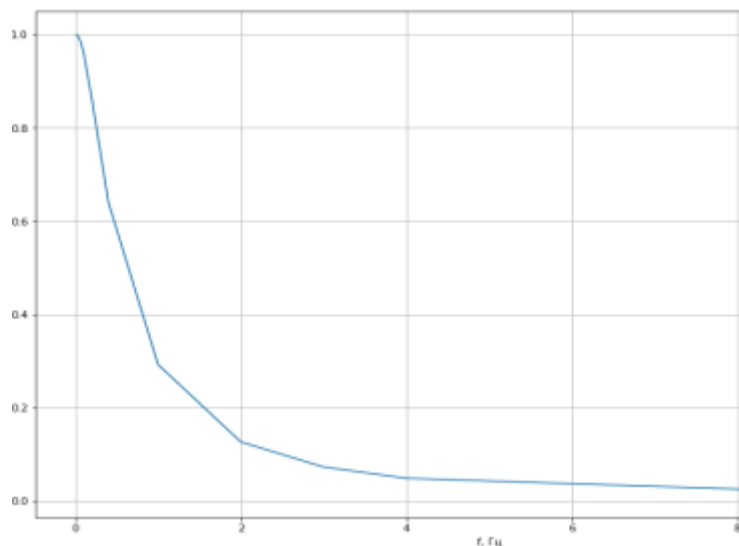


Рис. 2.11. – Зменшення співвідношення ЕРС до вхідного сигналу

Це зумовлено зміною частоти, тобто при її збільшенні співвідношення електрорушійної сили до вхідного сигналу зменшується.

Подальшими нашими діями є обробка даних та здобуття сталих часу. Це здійснювалося при використанні Python.

Спочатку розберемо що таке Python. Python - це високорівнена мова програмування загального значення з динамічною сурою типизацією і автоматичним керування пам'яттю, орієнтований на збільшення продуктивності розробника, читаємість коду і його якість, а також на забезпечення перенесення написаних на ньому програм. Щоб дізнатися динамічні характеристики потрібним є також формуванням перехідного процесу вхідного сигналу і термоперетворювача. На рисунку 2.12 продемонстровано цей процес.

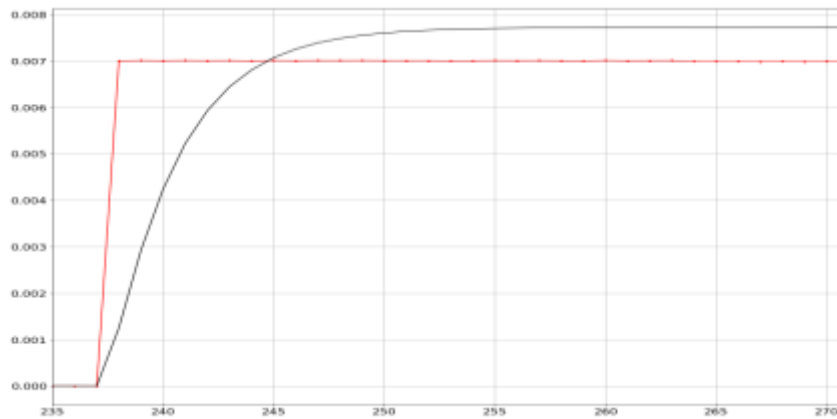


Рис. 2.12. – Перехідний перебіг

2.5 Параметри моделі

Який ж є склад термоперетворювача?

У нього входять 3 ланки, а саме:

1. Нагрівач
2. Термопара
3. Напівпровідна бусинка

Відповідно до цих трьох складових напишемо три нелінійні рівняння, щоб отримати сталі часу.

$$1. \quad 1 = \frac{1}{\sqrt{1+(w_1 \cdot t_1)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(w_1 \cdot t_2)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(w_1 \cdot t_3)^2}} \quad (2.2)$$

$$2. \quad 0.861045 = \frac{1}{\sqrt{1+(w_2 \cdot t_1)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(w_2 \cdot t_2)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(w_2 \cdot t_3)^2}} \quad (2.3)$$

$$3. \quad 0.126435 = \frac{1}{\sqrt{1+(w_3 \cdot t_1)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(w_3 \cdot t_2)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+(w_3 \cdot t_3)^2}} \quad (2.4)$$

Щоб у нас була змога розв'язати дані рівняння, нам потрібно знати та вставити першоначальні дані.

Щоб обчислення були легші і не вручну, використаємо програму MatLab.

Розв'язок:

```
function f = fun( t )
f(1)= (1/((sqrt(1+(2*0.1*2*pi*t(1))^2))*(sqrt(1+(2*0.1*2*pi*t(2))^2))*(sqrt(1+(2*0.1*2*pi*t(3))^2))))-0.861045;
f(2)= (1/((sqrt(1+(2*0.01*2*pi*t(1))^2))*(sqrt(1+(2*0.01*2*pi*t(2))^2))*(sqrt(1+(2*0.01*2*pi*t(3))^2))))-1;
f(3)= (1/((sqrt(1+(2*1*2*pi*t(1))^2))*(sqrt(1+(2*1*2*pi*t(2))^2))*(sqrt(1+(2*1*2*pi*t(3))^2))))-0.126435;
>> [xr, fr, ex] = fsolve(@fun,[1, 0.4, 0.04],optimset('TolX',1.0e8))
Equation solved.
fsolve завершено, оскільки вектор значень функції близький до нуля як виміряно значенням допуску функції за замовчуванням.
stopping criteria details
xr =0.4627      0.0711      0.0002
```

Здійснимо також перевірку за допомогою мови програмування Python.

Лістинг програми №1:

```

from scipy.optimize import least_squares
import numpy as np
import scipy as sp
def func(x):
    t1,t2,t3 = x
    w1 = 2*0.01**2*np.pi
    w2 = 2*0.1**2*np.pi
    w3 = 2*1**2*np.pi
    return
        (((1/(sp.sqrt(1+(w1*t1)**2)))*(1/(sp.sqrt(1+(w1*t2)**2)))*(1/(sp.sqrt(
t(1+(w1*t3)**2)))))-1,
        ((1/(sp.sqrt(1+(w2*t1)**2)))*(1/(sp.sqrt(1+(w2*t2)**2)))*(1/(sp.sqrt(
(1+(w2*t3)**2)))))-0.86104,
        ((1/(sp.sqrt(1+(w3*t1)**2)))*(1/(sp.sqrt(1+(w3*t2)**2)))*(1/(sp.sqrt(
(1+(w3*t3)**2)))))-0.126632)
    x0 = (0.02,0.001,0.4)
    res_1 = least_squares(func, x0)
    print (res_1)

```

Розв'язок [32]:

```

active_mask: array([0., 0., 0.])
cost: 1.4898063160402692e-06
fun: array([-1.72594150e-03, 2.71631513e-05, -8.51577551e07])
grad: array([4.76318403e-09, 1.33656455e-10, 1.77992945e09])
jac: array([[ -1.11579150e-03, -3.12924385e-07, - 7.27018714e-03], [-
9.54957902e-02, -2.77608633e-05, -4.70213495e-01], [-7.90226236e-01, -
4.08230349e-04, -2.65792016e-01]])
message: `gtol` termination condition is satisfied.'

```

nfev: 24
njev: 13
optimality: 4.7631840298225545e-09
status: 1
success: True
x: array([7.07864846e-02, 2.04073619e-05, 4.62744636e01])

Висновки.

Отже, виконано огляд ПЗ, що було створено у програмі LabView, виконався огляд та опис функційних блоків.

Виконали розрахунок нелінійного рівняння із деякою кількістю невідомих. Використовували програму MatLab, та здійснили перевірку, використовуючи мову програмування Python.

3 ОБЧИСЛЕННЯ ОДЕРЖАНИХ В ХОДІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ КОЕФІЦІЄНТІВ. ЗІСТАВЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ

3.1 Налаштування симуляції

Визначені відношення вихідного до вхідного сигналу потрібні щоб здійснити перевірку кількості постійних часу АФЧХ.

Одержане відношення раніше ми будемо застосовувати під час розв'язку рівняння з такою кількістю невідомих постійних часу, яка нам буде потрібна. За допомогою Python знайдемо їх.

Розв'язок постійної часу:

def f(t):

$$\begin{aligned}
 & t_1 = t \\
 & w_1 = 2 \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot np.pi \\
 & \text{return} \left(\left(\left(\frac{1}{(np.\sqrt{(1 + (w_1 \cdot t_1) \cdot 2})} \right)} \right) - 0.292207 \right)
 \end{aligned}$$

t = fsolve(f,1)

print (t)

Постійна часу буде дорівнювати 0.521

Наступним нашим кроком буде здійснення таких же дій, тільки буде дві постійних часу.

Розв'язок:

def f(t):

$$\begin{aligned}
 & t_1, t_2 = t \\
 & w_1 = 2 \cdot 2 \cdot 0.1 \cdot np.pi \\
 & w_2 = 2 \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot np.pi \\
 & \text{return} \left(\left(\left(\frac{1}{(np.\sqrt{(1 + (w_1 t_1) \cdot 2})} \right)} \right) \cdot \frac{1}{(np.\sqrt{(1 + (w_1 t_2) \cdot 2})} \right) - 0.861, \right. \\
 & \left. \left(\left(\frac{1}{(np.\sqrt{(1 + w_2 t_1) \cdot 2})} \right) \right) \cdot \left(\frac{1}{(np.\sqrt{(1 + (w_2 t_2) \cdot 2})} \right) - 0.292 \right)
 \end{aligned}$$

```
t = fsolve(f, (0.8, 0.06))
```

```
print (t)
```

Відповідь: (0.461; 0.079)

Використаємо формулу (3.1) для перевірки:

$$\frac{\tau_1 - \tau_1^i}{\tau_1} \cdot 100\% = 11.5 > 5\% \quad (3.1)$$

Оскільки рішення має $> 5\%$ нам потрібно додати до нашого рівняння третю постійну часу:

```
def f(t):
```

```
    t1, t2, t3 = t
```

```
        w1 = 2 · 2 · 0.1 · np.pi
```

```
        w2 = 2 · 2 · 0.5 · np.pi
```

```
        w3 = 2 · 2 · 1 · np.pi
```

```
    return (((((1 / (np.sqrt(1 + w1t1)) · 2))) · (1 / (np.sqrt(1 + (w1t2 · 2))) · (1 / (np.sqrt(1 + (w1t3 · 2))) - 0.861
```

```
            (((1 / (np.sqrt(1 + w2t1)) · 2))) · (1 / (np.sqrt(1 + (w2t2 · 2))) · (1 / (np.sqrt(1 + (w2t3 · 2))) - 0.292
```

```
            (((1 / (np.sqrt(1 + w3t1)) · 2))) · (1 / (np.sqrt(1 + (w3t2 · 2))) · (1 / (np.sqrt(1 + (w3t3 · 2))) - 0.126
```

```
    t = fsolve(f, (0.03, 0.06, 0.01))
```

```
print (t)
```

Результат: (0.000704, 0.465643, 0.072344)

Використовуємо формулу (3.2) для перевірки:

$$\frac{\tau_1 - \tau_1^i}{\tau_1} \cdot 100\% = 1 < 5\% \quad (3.2)$$

Висновок наш буде, що термоперетворювач має 3 постійні часу

3.2 Дослідження кількості постійних часу за перехідною характеристикою. Оцінка невизначеності коефіцієнтів

На початку невідомо скільки сталих часу є у термоперетворювачі. Тому потрібно покроково добавляти кількість аперіодичних ланок. Такими діями ми також будемо і добавляти рівняння у системі.

Склад термоперетворювача нам відомо. Можна через це припустити, що даний термоперетворювач має 3 постійних часу. Виконаємо перевірку нашої думки. На початок розв'яжемо рівняння із однією невідомою постійною часу. За допомогою Python виконаємо це.

Бібліотеки:

1. `import numpy as np`
2. `import pandas as pd`
3. `import stepmodel2 as sm`
4. `import tools`
5. `import matplotlib.pyplot as plt`
6. `from scipy.optimize import curve_fit`
7. `from scipy.optimize import fsolve`

Щоб знайти постійну часу, розроблено функцію.

Розв'язок:

```
def funcl (tau):
```

```
    a = tau
```

```
    t = [0.3]
```

```
    h = [0.40294]
```

```
        return 1.0 - np.exp(-a * t) - h[0]
```

```
    t = fsolve(funcl, (0.5))
```

$$\frac{1}{t[0]}$$

Відповідь: (0.58163)

Здійснимо такі ж самі дії, але вже із двома постійними часу.

Розв'язок:

```
from scipy.optimize import fsolve
```

```
def funcl (tau):
```

```
    a,b = tau
```

```
    t = [0.3, 0.7]
```

```
    h = [0.40294, 0.74905]
```

```
    return (1.0 + np.exp(-a * t[0]) *  $\frac{(b)}{(a-b)}$  - h[0], 1.0 + np.exp(-b * t[1]) *  $\frac{(a)}{(b-a)}$  - h[1])
```

```
    fsolve(funcl, (2,2.5))
```

$$\frac{1}{t[0]}, \frac{1}{t[1]}$$

Відповідь: (0.465123)

Зробимо перевірку. Умова даної перевірки така, що: якщо відношення постійних часу більше 5%, то приймаємо нашу модель із 2 постійними часу і здійснюємо подальшу перевірку на те, чи є більше постійних часу в термоперетворювачі, якщо ж відповідь протилежна, тобто відношення знайдених менше 5%, то перестаємо.

Використаємо формулу (3.3) для цієї перевірки:

$$\frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} * 100\% = 20.04 > 5\% \quad (3.3)$$

Три постійних часу:

```
from scipy.optimize import fsolve
```

```
def funcl(tau):
```

```
    a,b,c = tau
```

```
    t = [0.3, 0.7, 2]
```

```
    h = [0.40294, 0.74905, 0.98547]
```

```
    Error! Bookmark not defined. return (1.0 - np.exp(-a * t[0]) *  $\frac{(b \cdot c)}{((a-b) \cdot (a-c))}$  -  
np.exp(-b * t[0]) *  $\frac{(a \cdot c)}{((b-a) \cdot (b-c))}$ )
```

```
    (-np.exp(-c * t[0]) *  $\frac{(a \cdot b)}{((c-a) \cdot (c-b))}$ ) - h[0]
```

```
    t = fsolve(funcl, (0.2, 2.5, 0.01))
```

$$\frac{1}{t[0]}, \frac{1}{t[1]}, \frac{1}{t[2]}$$

Відповідь: (0.059049, 7.477267e-05, 0.460426)

Виконаємо перевірку:

$$\frac{\tau_1 - \tau_1}{\tau_1} * 100\% = 1.01 < 5\%$$

Висновок наш буде такий: термоперетворювач має 3 постійних часу.

Для роботи над оцінкою невизначеності, розберемо що таке невизначеність. Невизначеність - відсутність або недостаток деякої інформації, та невпевненість у правильності роботи. Відповідно до цього можна стверджувати, що невизначеність вимірювання - параметр, який пов'язаний із результатом вимірювання та характеризує розсіяння значень, які обгрунтовано могли бути приписані вимірювальній величині.

Існує два методи поділу таких невизначеностей: тип А, тип В.

Тип А: оцінюється невизначеність, що підлягає повторному вимірюванню. До такої є можливість ужити статистичні методи.

Тип В: оцінюється невизначеність, коли немає можливості ужити статистичні методи.

Ці два типи ґрунтуються на розподілах ймовірності. Кожен складник невизначеності кількісно розкривається дисперсією та/або стандартним відхиленням.

Тип А ґрунтується на розподілі частоти. Щоб здійснити оцінку даного типу потрібно виконати деяку кількість вільних вимірювань вимірюваної величини в одних і тих ж вимогах.

Результатом таких дій являється середнє значення вимірів. Вони обчислюються за формулою (3.4) [8].

$$\tau = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \tau_k \quad (3.4)$$

Зміну вимірювальних значень можна дізнатися використовуючи формулу (3.5).

$$U_A(\tau) = \sqrt{\sum_{k=1}^n} \quad (3.5)$$

У таблиці 3.1 наведені постійні часу, що були розкриті по АФЧ характеристикі, показані значення нелінійних рівнянь [32].

Таблиця 3.1. Постійні часу

Частота	Постійна часу 1	Постійна часу 2	Постійна часу 3
0.01; 0.1; 1	0.46274	0.070285	5.8e-05
0.01; 0.5; 2	0.49147	0.053108	17.04415e-05
0.03; 0.5; 2	0.48351	0.054128	7.023e-05
0.05; 0.5; 2	0.4833522	0.057848	54.015e-05
0.1; 0.5; 2	0.471898	0.064877	1.676e-05
0.5; 1; 2	0.48549	0.060002	3.479e-05
0.5; 1; 1.5	0.4821	0.062365	6.66e-05
0.5; 1; 5	0.474635	0.067537	4.499e-05
1; 2; 5	0.4705014	0.0649	3.66e-05

Використовуємо формулу (3.4) для обчислення середніх значень:

1. $\tau_1 = 0.4784\text{с}$
2. $\tau_2 = 0.0617\text{с}$
3. $\tau_3 = 0.00012\text{с}$

Використаємо формулу (3.5) для обчислення невизначеності:

1. $\delta_{\tau_1} = 0.009\text{с}$
2. $\delta_{\tau_2} = 0.059\text{с}$
3. $\delta_{\tau_3} = 0.00017\text{с}$

Щоб оцінити невизначеність перехідної характеристики виконали 10 вимірювань в однакових вимогах. Під час заповнення розбіжних наборів часу, дізналися потрібні нам три постійні часу.

Дані дії показані у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Визначені постійні часу по перехідній характеристиці

Частота	Постійна часу 1	Постійна часу 2	Постійна часу 3
0,3; 0.7; 2	0.4604196	0.05912	35.017e-05
0.3;0.7;1.5	0.452115	0.0650438	11.6107e-05
0.3;0.8;0.9	0.45868	0.0598865	4.4983e-05
0.3;0.9;1	0.457673	0.060167	25.216e-05
0.7;1.1;1.2	0.4558009	0.0639622	10.81863e-05
0.3;1.5;2	0.492263	0.043349	75.773e-05
0.7;1;1.8	0.4758356	0.036199	15.12e-05
0.9;1.2;1.3	0.4712558	0.032884	1.618e-05
0.8;1.1;1.4	0.452648	0.0685279	7.84e-05
1.2;1.4;2	0.4569784	0.0583132	12.585e-05

Використаємо формулу (3.4) для обчислення середніх значень:

1. $\tau_1 = 0.4634c$
2. $\tau_2 = 0.0547c$
3. $\tau_2 = 0.0002c$

Використаємо формулу (3.5) для обчислення невизначеності:

1. $\delta_{\tau_1} = 0.0127c$
2. $\delta_{\tau_2} = 0.01256c$
3. $\delta_{\tau_3} = 0.00022$

3.3. Обчислення похибок

Однією із похибок яку ми обчислюємо є похибка коефіцієнта перетворення. Коефіцієнт перетворення - він дорівнює співвідношенню середньоквадратичного значення вихідної напруги до значення квадрату вхідної [26].

Формула даного коефіцієнта показана у формулі (3.6)

$$K = \frac{E}{U^2} \quad (3.6)$$

Щоб дізнатися відносну стандартну похибку, здійснено вимірювання 10 значень електрорушійної сили та вхідної напруги.

Щоб знайти похибку використовували формулу (3.7):

$$\delta_K = \frac{\delta}{K} \quad (3.7)$$

У даній формулі δ - це середньо-квадратичне значення коефіцієнту перетворення, а K - середнє значення коефіцієнту [26].

Виконаємо такі дії:

1. Встановлено масив значень K
2. Встановлено середнє значення K
3. Обчислено СКВ за формулою(3.8)
4. Встановлено відносну похибку визначень K на різних частотах

Формула (3.8):

$$\sigma_K(K) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - \bar{K})^2}{n-1}}, \quad (3.8)$$

Дані дії потрібні через те, що аналітично ми не можемо рохрахувати вплив похибок визначення коефіцієнту на знаходження постійних часу.

Щоб дізнатися вплив похибок на утворення постійних часу виконувалися вимірювання на різних частотах. Одержані середні значення коефіцієнта, похибки та межі знаходження коефіцієнта показані у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Частота, середнє значення, похибка

Частота	Середнє значення	δ_k	$\bar{K} + \delta_k$	$\bar{K} - \delta_k$
1	0,64949	$3.67 \cdot 10^{-5}$	0,64952	0,64945
5	0,18982	0,000623	0,19044	0,18919
10	0,09117	0,000175	0,09135	0,09100
0.5	0,64949	$3.67 \cdot 10^{-5}$	0,64952	0,64945
1.5	0,18982	0,000623	0,19044	0,18919
4	0,09117	0,000175	0,09135	0,09100
0.5	0,64949	$3.67 \cdot 10^{-5}$	0,64952	0,64945
1.	0,18982	0,000623	0,19044	0,18919
4	0,09117	0,000175	0,09135	0,09100

Здійснюємо обчислення впливу коефіцієнтів на постійну часу за формулою (3.9):

$$\frac{(\tau_l(\bar{K} \pm \delta) - \tau_l(\bar{K}))}{\tau_l(\bar{K})}, \quad (3.9)$$

Фінальні дані наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Фінальні дані

\bar{K}	$\bar{K} + \delta_k$	Абсолютне значення	Відносне значення + δ_k	$\bar{K} - \delta_k$	Абсолютне значення	Відносне значення- δ_k
$\tau_1 = 9,098 \cdot 10^{-2}$	$\tau_1 = 9,093 \cdot 10^{-2}$	5.485e-05	0,06	$\tau_1 = 9,09 \cdot 10^{-2}$	2.18493e-05	0,024
$\tau_2 = 18,12 \cdot 10^{-6}$	$\tau_2 = 6,002 \cdot 10^{-6}$	1.212e-05	66,88	$\tau_2 = 7,4 \cdot 10^{-6}$	1.06791e05	28,91

$\tau_3 = 6,796 \cdot 10^{-6}$	$\tau_3 = 4,69 \cdot 10^{-6}$	2.1067e06	30,99	$\tau_3 = 0,26 \cdot 10^{-6}$	6.53e-06	96,12
$\tau_1 = 9,069 \cdot 10^{-2}$	$\tau_1 = 9,06 \cdot 10^{-2}$	2.521e-05	0,0278	$\tau_1 = 9,06 \cdot 10^{-2}$	5.53e-06	6,09 · 10 ⁻³
$\tau_2 = 11,29 \cdot 10^{-6}$	$\tau_2 = 32,94 \cdot 10^{-6}$	2.165e05	191,79	$\tau_2 = 27,7 \cdot 10^{-6}$	1.64279e05	145,5
$\tau_3 = 5,348 \cdot 10^{-6}$	$\tau_3 = 22,708 \cdot 10^{-6}$	1.7360e05	324,587	$\tau_3 = 9,15 \cdot 10^{-6}$	3.8048e-06	71,14
$\tau_1 = 9,309 \cdot 10^{-2}$	$\tau_1 = 9,306 \cdot 10^{-2}$	1.8711e-05	0,02	$\tau_1 = 9,309 \cdot 10^{-2}$	8.3142e-06	8,93 · 10 ⁻³
$\tau_2 = 22,52 \cdot 10^{-6}$	$\tau_2 = 7,376 \cdot 10^{-6}$	1.5142e05	67	$\tau_2 = 12,8 \cdot 10^{-6}$	9.6695e-06	42,93
$\tau_3 = 15,38 \cdot 10^{-6}$	$\tau_3 = 4,5 \cdot 10^{-6}$	1.081e-05	70,3	$\tau_3 = 4,05 \cdot 10^{-6}$	1.13296e05	73,64

Висновки

Розрахунки нашої моделі були зроблені з використанням її AFC і перехідних властивостей.

Ми також переглянули низку подій, які призвели до неточностей, які вплинули на спосіб обчислення постійних часу. Проведено підрахунок похибок. Для представлення значень використовувалися як відносні, так і абсолютні значення.

4 СТВОРЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «EiwTech»

4.1 Опис ідеї проекту

Вимірювання динамічних характеристик термодпар не користується масовим попитом, оскільки в майже 100% випадків використовується лише при розробці еталонів, у наукових лабораторіях та ін.

Ринок інформаційних технологій розвивається дуже швидко. З кожним роком спектр програмних продуктів, що пропонується споживачу, збільшується. Вимірювання динамічних характеристик не має масового попиту, та використовується в розробці еталонів, наукових лабораторіях, центрах досліджень та ін. Тому розробка програмного забезпечення для визначення динамічних характеристик не буде достатньо прибутковою.

З'явилась ідея створити підприємство, що буде займатися наданням певного спектру послуг, у тому числі розробкою програмного забезпечення для вимірювання динамічних характеристик елементів вимірювальної техніки, підтримкою продукції та іншими послугами.

Тому ідея - створення підприємства, яке буде надавати деякий спектр послуг. У таблиці 4.1 продемонстровано яка є ідея, спектр наданих послуг та користь для клієнтів.

Таблиця 4.1 Ідея стартап проекту [14]

Опис	Напрямок	Користь для покупця
Суть ідеї – створення підприємства, яке займається створенням ПЗ, ремонтом, налаштуванням пристроїв, підготовкою до повірки та	Створення ПЗ для здійснення вимірювання динамічних характеристик	Ціна нижча чим в конкурентів

технічним обслуговуванням за договором.	Підготовка вимірювального перетворювача до повірки	Швидке виконання
	Створення та установка системи щоб визначити динамічні характеристики	Висока якість та швидке виконання
	Ремонт	Нижча ціна, швидке виконання, висока якість, великий вибір елементів за категоріями (країна виробник, ціна)
	Обслуговування	Нижча ціна, висока якість

Система вимірювань динамічних характеристик термоперетворювачів має ряд переваг:

1. Цінова політика;
2. Діапазон послуг;
3. Точність вимірювання;
4. Висока варіативність використання;
5. Простота в налаштуванні;
6. ПЗ.

Перелічені вище переваги доводять доцільність певної комерційної діяльності в сфері надання послуг. Тому було прийнято рішення про

розробку стартап-проєкту системи вимірювання динамічних характеристик термоперетворювачів.

В таблиці 4.2 наведено порівняння основних характеристик системи, а також сильні та слабкі сторони розроблювальної системи.

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик розроблювального стартап-проєкту

№ п/п	Характеристики ідеї	Наше підприємство	Dela Energy	Київ Енерджі	Слабкі сторони	Нейтральні сторони	Сильні сторони
1.	Цінова політик	92%	105%	100%	-	-	+
2.	Діапазон послуг	12	10	5	-	-	+
3.	Марка	Не повністю сформована для ідентифікації продукції	Є змога ідентифікувати продукцію та послуги	Немає можливості ідентифікувати продукцію та послуги	-	+	-
4.	Точність вимірювання	95%	90%	87%	-	-	+

Згідно наведених в таблиці 4.2 характеристик, можна дійти висновку, що система має ряд вагомих переваг в порівнянні з конкурентами. До

сильних сторін мого стартап-проекту можна віднести: цінова політика, діапазон наданих послуг та точність вимірювання. Наведені вище переваги дають змогу конкурувати з іншими гравцями на ринку, та доводять доцільність подальшої розробки стартап-проекту.

Спектр послуг:

- ремонт вимірювальних приладів (ВП);
- технічне обслуговування ВП;
- підготовка ВП до повірки в ДП «Стандартметрологія»;
- розробка та встановлення ПЗ для управління ВП та автоматизованого вимірювання фізичних величин;
- розробка та встановлення системи для визначення динамічних характеристик елементів вимірювальної техніки
- розробка програмного забезпечення для вимірювання динамічних характеристик елементів вимірювальної техніки;
- встановлення ПЗ, що розроблено підприємством;
- встановлення ПЗ інших виробників з відповідною ліцензією.

Підприємство може надавати спектр послуг таким видам приладів:

- осцилограф:
 - універсальний
 - швидкісний
 - стробоскопічний
 - запам'ятовуючий
 - спеціальний
- калібратор:

- калібратори напруги та сили струму — для повірки вольтметрів, амперметрів, перетворювачів електричного сигналу;
 - калібратори електричного опору, ємності, індуктивності — для повірки омметрів;
 - калібратори частоти — джерела електричного сигналу прецезійної частоти;
 - калібратори осцилографів — імпульсні генератори, прецезійні за амплітудою та частотою. Такий пристрій зазвичай вбудований в осцилограф и необхідний для його градування по горизонтальному і вертикальному відхиленню перед початком роботи;
 - калібратори температури та тиску — для повірки термометрів, манометрів, барометрів.
- частотоміри:
 - частотомір безпосереднього оцінювання (аналоговий);
 - частотомір порівняння (резонансний, гетеродинний, електронно-лічильний).
 - мультиметри;
 - генератори.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Щоб успішно виконати розробку будь-якого стартап-проекту потрібно провести аудит технологій та пристроїв.

Задачею даного аудиту є оцінка потенціалу. Коли здійснюється даний аудит, виконується виявлення сильних та слабких сторін.

Результат технічного аудиту продемонстровано у таблиці 4.3.

Ідея проекту	Технології для її реалізації	Наявність необхідних технологій	Доступність технологій
Автоматизована система динамічних характеристик термоперетворювачів	Сучасні сенсори	+	+
	Можливість створення власного ПЗ	+	+
	Мікросервісна архітектура	+	+
	Хмарні технології	-	-
	Мікроконтролери	+	+

В результаті технологічного аудиту було виявлено, що на сьогоднішній момент є достатня кількість технологій потрібних для реалізації системи, та й те що вони є доступні для нас. На ринку дуже великий вибір різноманітних датчиків та мікроконтролерів від різних виробників, що дає змогу обирати найкращий варіант для реалізації апаратної складової системи.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основним конкурентом є приватні товариства, які надають свої послуги по обслуговуванню пристроїв і розробляють програмне забезпечення для вимірювальних перетворювачів. Гарна конкуренція дає поштовх на подальший успіх проекту та більшу постійність роботи. Наведемо аналіз суперництва на ринку.

Таблиця 4.4 Аналіз суперництва на ринку

Конкурентне середовище	Прояв характеристики	Вплив на діяльність
1. Тип конкуренції - чистий	На сьогоднішній день існує декілька схожих підприємств	Щоб бути на плаву і конкурувати з іншими підприємствами буде застосовуватися зниження цінової політики
2. Рівень конкурентної боротьби - локальний	Насамперед конкуренція проявляється в середині міста створення підприємства	
3. Галузева ознака - міжгалузева	Охоплює усі галузі де використовуються вимірювальні пристрої	Щоб досягнути швидких та високооплачуваних результатів може бути обрано деякий спектр послуг
4. Характер переваг – цінова/нецінова	Ремонт пристроїв є доволі затратним	Використання різноманітних постачальників у яких нища цінова політик, використання зниження цін на послуг

Для змоги конкурувати на сьогоднішньому ринку, потрібна гнучкість цін, можливість вибору лише деякого діапазону дій, вибір і використання різних постачальників.

Як усім відомо, щоб майбутнє підприємство було успішним в майбутньому, для його розвитку на початку планування потрібна стратегія, яка буде направлена на переваги над іншими конкурентами і надасть перевагу перед майбутніми клієнтами [11]. Приклад розробки стратегії продемонстровано у таблиці 4.5 [12].

Таблиця 4.5 Стратегія в галузі за М.Портером

Аналіз	Конкуренти	Прямі конкуренти	Товари-замінники	Постачальники	Клієнти
	Новостворені фірми, та фірми у інших містах	Energy Group, Dela Energy, Київ Енерджі	Потрібно зважати те, що клієнти можуть купити новішу техніку	Надання послуг залежить від якості компонентів та їх вартість	Загальна кількість клієнтів впливає на те, який буде прибуток нашого підприємства.
Висновок	Ступінь конкуренції – середній. Ринок на	Пониження вартості наданих послуг відкриваю	Фактор можна понизити за допомогою	Потрібно використовувати декілька постачальників. Це потрібно	Постійне покращення рекламної компанії

	сьогоднішній день поділений порівну	ть гарні перспективи на ринку	пониження цін на надання послуг та розширення діапазону послуг	на ті ситуації, коли хтось піднімає ціни або зупиняє свою роботу	
--	-------------------------------------	-------------------------------	--	--	--

Із цієї таблиці можна зробити висновок, що є вплив:

- Клієнтів (кількість позначається на прибутку)
- Постачальників (надання наших майбутніх послуг залежить від якості запчастин, що будуть закуплятися, та їх цін у той період часу)

Чому ж ми будемо кращими на ринку? Майбутнє підприємство не буде конкурувати із іншими, оскільки:

- Будуть надаватися консультації для клієнтів
- Послуги для ремонту осцилографів різних типів, та послуги по розробці програмного забезпечення для вимірювальних пристроїв
- Підготовка вимірювальних пристроїв по нижчим цінам та вищою якістю
- Інші фірми конкурентів не планують виконувати швидке розширення своїх послуг

Також в майбутніх розширеннях послуг, планується виїзд до клієнтів за невелику додаткову плату.

Для грамотного використання вимірювальних пристроїв потрібне встановлення та налаштування програмне забезпечення. Ми будемо надавати рішення даного питання за невисоку плату. Можемо встановлювати своє розроблене ПЗ чи запропоноване клієнтом за доплату. За ПЗ клієнта буде братися плата для коригування та ліцензування.

Розглянемо фактори які впливають на конкуренцію.

Таблиця 4.6 фактори що впливають на конкуренцію

№ п/п	Фактори	Пояснення
1	Терміни	Якісно побудована стратегія менеджменту, висока кваліфікація працівників терміни залишаються найліпшими. При ситуації коли працівник виконує декілька різних завдань, терміни будуть збільшуватися.
2	Ціни	Зменшена ціна ніж у конкурентів. (застосування на початку дешевших компонентів)
3	Якість	Підвищення якості продукції через високої кваліфікації працівників.

Усі послуги, будуть оцінюватися за трьома нормами:

- 1) ціна
- 2) термін виконання
- 3) якість

Кожен із цих норм буде отримувати бали:

- 1) 1 - жахливо
- 2) 2 - погано
- 3) 3 - задовільно
- 4) 4 - добре
- 5) 5 - прекрасно

Такі норми і їх оцінювання потрібні для розвитку. Оскільки ринок інформаційних технологій розвивається із шаленою швидкістю.

4.4 Розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми проекту

У сьогоднішніх реаліях головним для збільшення кількості покупців є реклама у різних джерелах. На початку роботи підприємства головними джерелами розповсюдження реклами були обрані:

1. Інтернет-оголошення
2. Реклама на білбордах
3. Електронні повідомлення
4. Плакати та листівки

В усіх цих джерелах будуть міститися інформації про місце, контактні дані підприємства, послуги та короткий опис діяльності.

Маркетингова програма буде складатися із трьох напрямків, це:

1. Поліпшення виробництва та покращення якості продукції і послуг.
2. Покращення послуг.
3. Збільшення виробництва і надання послуг використовуючи рекламу в різних інформаційних джерелах.

До першого пункту відноситься :

- Поліпшення кваліфікації
- Покращення обладнання із вимогами сучасного ринку

До другого пункту відноситься:

- Проведення тестування, телефонних дзвінків із дізнанням інформації про якість продукту та виконаної роботи

У таблиці 4.7 показано як можна здійснювати комунікацію із покупцями.

Таблиця 4.7 Комунікація

№ п/п	Канали комунікації	Завдання реклами	Задум реклами	Головні позиції	Поведінка цільових клієнтів
1	Інтернет, бігборди, листівки	Демонстрація переваги послуг наданих нашим підприємством	Інтернет-оголошення, рекламні бігборди, рекламні листівки	Час виконання обраної послуги, висока якість, нижча ціна	Одержання бажаних послуг

Будь-якому підприємству потрібне приміщення для надання своїх послуг та прийому клієнтів. Площа для оренди приміщення нашого підприємства складає 25-35 м². Орієнтовне місце оренди - центр міста. Оскільки в центрі найбільший наплив людей.

Також у саме приміщення потрібно установити: факс, принтер, 3 комп'ютери, столи, стільці.

Орієнтовні витрати на надання послуг показано у таблиці 4.8

Таблиця 4.8 Орієнтовні витрати підприємства

Назва	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал
Матеріали	11000	22000	31000	59000
Оренда	5500	5500	5500	5500
Комунальні	1400	900	900	1400

Транспорт	0	800	1200	2200
Охорона	600	600	600	600
Оплата праці	15000	20000	35000	45000
Реклама	1800	2500	3100	4800
Амортизація ОФ	19300	19300	19300	19300
Інші	2100	3900	5800	6800
Всього	56700	75500	102400	144600

Усі наші послуги направлені на задовільнення потреб клієнтів. Основними нашими клієнтами є:

1. Університети
2. Виробничі підприємства
3. Лабораторії

Для взаємовигідної співпраці із ними потрібно буде підписати договори, в яких буде вказано, що обслуговуванням та поставкою пристроїв для визначення динамічних характеристик термопар буде займатися саме наше підприємство.

Наведемо приклад потенційного ринку нашого проекту.

Таблиця 4.9 Потенційний ринок нашого проекту

№ п/п	Стан ринку	Характеристика
1	Норма рентабельності (середня)	35-70%
2	Розмір продаж продукції	120000
3	Головні гравці	3

4	Обмеження для входу на ринок	Велика конкуренція
5	Динаміка ринку	Збільшується

Як вже зазначалося у попередньому підрозділі, для більшої популярності та затребуваності на ринку серед клієнтів, нам потрібно буде вказати ціновий діапазон не більший чим у наших конкурентів. Прибуток ж ми будемо отримувати за збільшення кількості продажів.

Список цін на послуги від нашого підприємства:

- Установка системи
- Підтримка і обслуговування
- Розробка програмного забезпечення

Таблиця 4.10 Список цін

№ п/п	Назва наданих послуг	Вартість, грн
1	Підтримка та обслуговування	1800 (в місяць)
2	Створення ПЗ до систем	42000
3	Установка системи	12000

Найдорожчою послугою є розробка програмного забезпечення. Це пояснюється тим, що розробка займає доволі багато часу, потрібне дороговартісне обладнання для коректної перевірки на працездатність та оплата фахівцям.

Головною перевагою на ринку в нас є те, що цінова політика трішки нища за конкурентів, але нічим не гірша якість продукції і виконаної роботи. На початку роботи підприємства головним його напрямком буде на

збільшення кількості клієнтів. Відповідно після збільшення кількості покупців, підприємство буде спрямоване на збільшення прибутку

Але також у ціну послуг потрібно ще додати:

1. Устаткування
2. Маркетинг
3. Охорона
4. Комунальні витрати
5. Оренда
6. Заробітня плата

Усе це продемонстровано у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 Вартість устаткування

Назва	Вартість, грн	Термін використання	Затрати на обслуговування	Ліквідна вартість	Амортизацій на вартість
Меблі	12000	120 місяців	0	0	76
Мікро Омметр	160000	120 місяців	95	16000	1475
Калібратор	380000	120 місяців	95	38000	2650
Модуль РХІ-4461	200000	120 місяців	95	20000	1375
Шасі РХІ	33000	120 місяців	95	3300	405

Всього	785000	-	380	-	5981
--------	--------	---	-----	---	------

При створенні будь якого підприємства існує ряд загроз.

Ряд приблизних загроз що впливатимуть на наш стартап-проект продемонстровано у таблиці 4.12

Таблиця 4.12 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Відсутність/недостача потрібного бюджету	Для виходу на ринок потрібно досить великий бюджет, оскільки потрібно розробити бізнес-план забезпечити рекламу продукту	Інвестиції, реклама проекту в соціальних мережах
2.	Кваліфікація членів команди	Труднощі в пошуках кваліфікованого складу при невеликому окладі	Щоб вирішити дану проблему потрібно набирати на початку розвитку компанії до команди студентів старших курсів вищих навчальних закладів.
3.	Збільшення конкуренції	Збільшення кількості конкурентів	Покращення цінової політики, безкоштовна допомога і консультація, висока якість
4.	Відсутність ринку збуту	Відсутність клієнтів зацікавлених в нашому продукті	Універсальність, простота, розвиток технологій та

			потрібність в наукових дослідках
5.	Використання застарілих технологій	Через швидкий розвиток технологій система досить швидко може стати застарілою	Простота в модифікації, швидке впровадження передових технологій, оновлення програмного забезпечення

4.5 Розробка організаційного плану

Особовий склад на початку діяльності підприємства буде складатися із:

1. Директор
2. Інженер-електронник
3. Бухгалтер
4. Секретар
5. Два метрологи-програмісти

Так як діапазон наданих послуг великий, можна залучати підрядників для виконання деяких із них. На початку вони будуть виконувати такі послуги, як:

- Установка ПЗ різноманітних виробників
- Установка ПЗ розроблене нашим підприємством
- Ремонт ВП

В подальшому, із зростанням прибутку і розширення фірми, можна буде залучати студентів 4-6 курсів та брати їх на стажування.

Організаційно-правова форма підприємства – приватна. Так як весь фінансовий і податковий облік може вести одна особа, ця форма була обрана.

Підприємцю надано право мати власну печатку, особистий товарний знак, для розповсюдження в маси, розрахунковий рахунок у банку та багато іншого.

Що ж із приводу ризиків? На старті діяльності, як і для усіх підприємств на початку, основним ризиком є обсяг грошового обороту. На старті він може бути малим, навіть мізерним. Щоб зменшити цей ризик і

відповідно підвищити грошовий оборот для нашого підприємства, потрібно буде здійснити ряд профілактичних заходів, таких як:

1. Покращення реклами
2. Рівень цін не вище ніж у конкурентів, та не набагато нижчий за них
3. Послуги виконувати із відповідальністю та якісно (щоб клієнти розповсюджували чутки про наше підприємство за рахунок якісної роботи)

Також, не потрібно відкидати можливості різних стихійних явищ та пожеж. Вірогідність у нашій країні на тотальну шкоду від них вкрай низька на сьогоднішній день, але не потрібно це відкидати.

Фінансовий план наведений у таблиці 4.13

Таблиця 4.13 Фінансовий план

Показники	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал
Валовий прибуток	38300	39500	47600	135400
Усі витрати на виробництво	56700	75500	102400	144600
Чистий прибуток	22450,5	23107,5	27846	79209
Валовий прибуток до виручки	40,32	34,35	31,73	48,38
Податок на прибуток	41,5	41,5	41,5	41,5
Виручка від реалізації	95000	115000	150000	280000

На сьогоднішній день, відповідно до законодавства, усі фізичні особи, що є на загальній системі оподаткування мусять заплатити 18% від свого річного прибутку, при наявності, 22% єдиного соціального внеску та 1.5% військового збору. [15]

Виконаємо розрахунки за 4 квартали.

1 квартал:

- $95000 - 56700 = 38300$ – валовий прибуток
- $18 + 22 + 1,5 = 41,5\%$ - податок на прибуток
- $100 - 41,5 = 58,5\%$ - чистий прибуток
- $38300 * 0,585 = 22450,5$ – чистий прибуток
- $X = 38300 * 100 : 95000 = 40,32\%$ - валовий прибуток до виручки

2 квартал:

- $115000 - 75500 = 39500$ – валовий прибуток
- $18 + 22 + 1,5 = 41,5\%$ - податок на прибуток
- $100 - 41,5 = 58,5\%$ - чистий прибуток
- $39500 * 0,585 = 23107,5$ – чистий прибуток
- $X = 39500 * 100 : 115000 = 34,35\%$ - валовий прибуток до виручки

3 квартал:

- $150000 - 102400 = 47600$ – валовий прибуток
- $18 + 22 + 1,5 = 41,5\%$ - податок на прибуток
- $100 - 41,5 = 58,5\%$ - чистий прибуток
- $47600 * 0,585 = 27846$ – чистий прибуток
- $X = 47600 * 100 : 150000 = 31,73\%$ - валовий прибуток до виручки

4 квартал:

- $280000 - 144600 = 135400$ – валовий прибуток
- $18 + 22 + 1,5 = 41,5\%$ - податок на прибуток
- $100 - 41,5 = 58,5\%$ - чистий прибуток

- $135400 * 0,585 = 79209$ – чистий прибуток
- $X = 135400 * 100 : 280000 = 48,38\%$ - валовий прибуток до виручки

Річний прибуток:

$$22450,5 + 23107,5 + 27846 + 79209 = 152613$$

На початку, щоб відкрити бізнес, потрібно буде внести 155000 гривень.
В подальшому, для розвитку, будуть використовуватися гроші із прибутку.

Висновок

В даному розділі було розроблено та обґрунтовано бізнес-план (стартап- проект) з розрахунком основних фінансових характеристик бізнес проекту таких як витрати, прибуток, ризику. Так як на сьогоднішній день ринок інформаційних технологій розвивається дуже швидко – було прийнято рішення, що розробка програмного забезпечення для визначення динамічних характеристик не буде достатньо прибутковою. Було прийнято рішення заснувати підприємство, що буде займатися наданням певного спектру послуг, у тому числі розробкою програмного забезпечення для визначення динамічних характеристик, ремонтом вимірювальних приладів, їх технічним обслуговуванням та іншими необхідними кінцевому користувачу послугами. Описано юридичну організацію, необхідні вкладення для початку функціонування підприємства. Було визначено сильні, слабкі та нейтральні характеристики ідеї проекту, вказано характеристики потенційних клієнтів стартап-проекту, продемонстровано концепцію маркетингової комунікації.

Проведено аналіз конкурентоспроможності, розроблено маркетингову програму для ефективної реалізації послуг підприємства. Також була проведена оцінка ринку збуту послуги по встановленню системи для визначення динамічних характеристик елементів вимірювальної техніки та розробки програмного забезпечення для її функціонування, описані послуги, що буде надавати підприємство та оцінений прибуток, що очікується в кінці року.

Розроблений стартап є перспективним у сьогоднішніх реаліях. По-перше кількість переваг перевищують ризику. По-друге поріг входження у ринок є низьким, оскільки конкурентів мало, попит на продукцію високий. Запропонований стартап-проект може принести доволі непоганий прибуток на сьогоднішній день.

ВИСНОВКИ

Отже метою даної дисертації є дослідження динамічних характеристик термоелектроперетворювачів, їх забезпечення а також обчислення коефіцієнту підсилення.

Огляд динамічних особливостей і методів їх визначення, а також опис пристроїв і їх структурних схем були розглянуті в першій частині. Це було зроблено, щоб дати загальну картину того, як пов'язана система для визначення динамічних характеристик. Створюється остання електрична схема.

Огляд програмного забезпечення, описи функціональних блоків та огляди кількох програм для розв'язання нелінійних рівнів із кількома невідомими – усе це включено у другий розділ.

Після огляду другого розділу, можна зазначити, що фінальне рівняння для знаходження постійних часу буде мати такий вигляд:

1. АФЧХ продемонстровано на рисунку 5.1

$$K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega * 0,4784)^2}} * \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega * 0,06167)^2}} * \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega * 0,000115)^2}}$$

Рис. 5.1 – АФЧХ

2. Перехідна продемонстровано на рисунку 5.2

$$h(t) = 1 - e^{\frac{t}{0,4634}} - e^{\frac{t}{0,0547}} - e^{\frac{t}{0,0002}}$$

Рис. 5.2 – Перехідна характеристика

У третьому розділі відбувся огляд та опис похибок. Було показано також, яким саме чином впливає похибка коефіцієнта перетворення для того, щоб здійснити обчислення наших постійних часу.

Створення бізнес-плану, обчислення витрат, складання маркетингової системи показано у розділі чотири.

Переліком наших послуг є – ремонт, обслуговування, встановлення ПЗ.

Виконали також і опис необхідних витрат на заснування нашого підприємства. Вказані сильні та слабкі сторони в порівнянні із конкурентами.

Зазначили перелік головних покупців, та показали, яким чином буде здійснюватися маркетингова стратегія нашого підприємства

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
2. Туз Ю.М. Похибки та невизначеність еталону одиниці електричної напруги від 0,001 до 1000 В змінного струму в діапазоні частот від 10 Гц до 30 МГц
3. М.В. Добролюбова, Ю.В. Артюхова // Системи обробки інформації. – 2009. № 5.– С. 112-115.
4. Звіт з науково-дослідної роботи ДБ №2040 «Методи підвищення точності відтворення одиниці електричної напруги для створення первинного державного еталона радіочастотного діапазону».
5. Захаров И. П. Метрологическая идентификация динамических характеристик средств измерительной техники : учебное пособие / И. П. Захаров, М. П. Сергиенко. — Х. : Компания СМИТ, 2012. —232 с.
6. <https://poznayka.org/s83893t1.html>
7. <https://studopedia.org/7-6301.html>
8. Васілевський О. М. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник / О. М. Васілевський, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський — Вінниця: ВНТУ, 2015. — 230 с
9. Туз Ю.М. Спосіб визначення динамічних характеристик термопар за допомогою радіоімпульсу струму/ Ю.М. Туз, О.В. Козир, А.В. Порхун// Системи обробки інформації. – 2016. № 6.– С. 164-166.
10. <https://www.ni.com/ru-ru/support/model.pxi-4461.html>
11. http://search.ni.com/nisearch/app/main/p/bot/no/ap/global/lang/ru/pg/1/q/PXIe-8106/?i_n33_autoCompleteInput=0§ion_n33_autoCompleteInput=query&search
12. https://www.wiki.uk-ua.nina.az/Динамічне_вимірювання.html
13. https://studopedia.com.ua/1_25110_dinamichni-harakteristiki.html
14. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Синтез>

15. Про затвердження Інструкції про порядок нарахування і сплати єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування від 07.05.2015 р. № 508/26953

URL:https://ips.ligazakon.net/document/RE26953?utm_source=buh.ligazakon.net&utm_medium=news&utm_content=cons12&_gl=1*fk33w3*_ga*MTAzMjQ2OTc0OC4xNjY4MjgwNDUw*_ga_DTFQWX6QG5*MTY2ODUwODMwOS4yLjAuMTY2ODUwODMwOS4wLjAuMA..&_ga=2.255450952.1515761222.1668508310-1032469748.1668280450

16. ЄСВ на зарплату особи з інвалідністю: нарахування і звітність.
URL:

https://interbuh.ligazakon.net/article?id=143863&utm_source=buh.ligazakon.net&utm_medium=news&utm_campaign=LZtest&utm_content=cons12&_gl=1*1wsht3*_ga*MTAzMjQ2OTc0OC4xNjY4MjgwNDUw*_ga_DTFQWX6QG5*MTY2ODUwODMwOS4yLjEuMTY2ODUwODMyMC4wLjAuMA..&_ga=2.243457861.1515761222.1668508310-1032469748.1668280450

17. Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування.

URL:https://ips.ligazakon.net/document/T102464?utm_source=buh.ligazakon.net&utm_medium=news&utm_content=cons12&_gl=1*1wsht3*_ga*MTAzMjQ2OTc0OC4xNjY4MjgwNDUw*_ga_DTFQWX6QG5*MTY2ODUwODMwOS4yLjEuMTY2ODUwODMyMC4wLjAuMA..&_ga=2.243457861.1515761222.1668508310-1032469748.1668280450

18. Інформаційні технології. Урок 15.

URL: <http://infohmc4.blogspot.com/p/15.html>

19. Студентська бібліотека. 3.2. Види вимірювань.

URL: <https://buklib.net/books/35987/>

20. Студопедия. Класифікація вимірювань. Принцип і метод вимірювань.

URL: https://studopedia.ru/15_72386_klasifikatsiya-vimiryuvan-printsip-i-metod-vimiryuvan.html

21. Діаграма Найквіста. URL: <https://www.wiki.uk-ua.nina.az/АФЧХ.html>
22. Енергетична Електроніка (Частина 2)
URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/3/22/3-22-b3/part2/part2.html>
23. Западприбор. URL: <https://zapadpribor.com/n4-7/>
24. Методичні вказівки до лабораторних робіт з вивчення програмно-апаратного комплексу LabView
25. В.В Макаренко, В. М. Співак Цифрова та імпульсивна схемотехніка. Моделювання та аналіз. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/81630676.pdf>
26. Лавренова Д. Л., Хлистов В. М. Основи метрології та електричних вимірювань: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. 124 с.
URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15988/1/Osnovy_metrologii.pdf
27. Які податки повинні платити ФОП.
URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/20191021-yaki-podatky-povynni-platyty-fop/>
28. Столярчук В.П. Ідентифікація статичних та динамічних характеристик термоперетворювачів: автореф. дис.. канд. Техн. наук. Львів, 2012. 19 с.
29. Туз Ю. М. Особливості вимірювання температури коротких теплових імпульсів / Ю. М. Туз, О. В. Козир, Ю. М. Самарцев // Український метрологічний журнал. – № 1, 2021. – С. 46-52
<https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2021.228237> .
30. Луцик Я.Т., Гук О.П., Лах О.І., Стадник Б.І. Вимірювання температури: теорія і практика. Львів: БескидБіт, 2006. 560 с.
31. Полярус О.В., Поляков Є.О. Наближене розв'язання оберненої задачі вимірювань та його метрологічне забезпечення: монографія. Харків: Лідер, 2014. 120 с

32. <https://core.ac.uk/download/pdf/323527129.pdf>

33. XVIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених. Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні. 06-07 грудня 2022 року

ДОДАТОК А СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ

СИСТЕМА ДИНАМІЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТЕРМОПАР

Анотація. В статті описано віртуальний пристрій, який розроблений на базі платформи LabVIEW, який використовується у складі системи ідентифікації динамічної характеристики термопари. Даний пристрій є універсальним та дозволяє працювати із різними пристроями збору та генерації даних, які підтримують драйвери DAQmx. У роботі наведено опис елементів лицьової панелі віртуального пристрою та складових елементів блок-діаграми, яка описує налаштування та керування обладнанням та обробкою виміряного сигналу.

Ключові слова: ідентифікація динамічних характеристик, термопара, LabVIEW.

ВСТУП

Вимірювання динамічної температури, час зміни якої перевищує час встановлення номінальних показів термопари є важливим завданням у сучасних умовах виробництва та науково-дослідної діяльності [1].

Вимірювання температури коротких теплових імпульсів [2], які створюються вибухами різного роду або процесами горіння, ставить жорсткі умови на вибір вимірювальних давачів. Вимірювання температури коротких теплових імпульсів, що протікають у процесах горіння та детонації, виконуються в умовах реактивного середовища, яке супроводжуються значними величинами температури та тиску [3]. Тому, на даний момент основним засобом вимірювання високих температур в жорстких умовах є термопара. Термопари мають значку теплову інерційність, не врахування якої призводить до методичної похибки вимірювання температури. Щоб компенсувати цю похибку потрібно знати динамічну характеристику термопари [4]. Існує невелика кількість методів ідентифікації динамічних характеристик термопар. Найперспективнішим серед них є метод ідентифікації динамічних характеристик термопар, шляхом отримання

амплітудно-частотної характеристики термопари. Дана динамічна характеристика отримується за рахунок розігріву термопари синусоїдальним струмом інфранизької частоти [5].

У роботі представлено опис віртуального пристрою, який розроблено на платформі LabVIEW для автоматизації отримання частотної характеристики термопари за рахунок використання апаратного забезпечення компанії National Instruments.

ОГЛЯД ВІРТУАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Платформа LabVIEW дозволяє розробляти віртуальні пристрої для реалізації завдань вимірювання та генерації сигналів. Віртуальний пристрій складається із лицьової панелі (рис. 1) та блок-діаграми (рис. 2). Лицьова панель призначена для створення елементів керування системою збору та генерації даних та виводу необхідної інформації. Блок-діаграма реалізує логіку процесу створення сигналу, вимірювального процесу, процесу обробки та збереження вимірювального сигналу.

Розроблений віртуальний пристрій (ВП) використовується для отримання частотної реакції термопари на синусоїдальний сигнал інфранизьких частот від 0.01 до 1 Гц. Лицьова панель ВП (рис. 1) містить елементи вводу параметрів генератора синусоїдального сигналу та вимірювального каналу (блок 1).

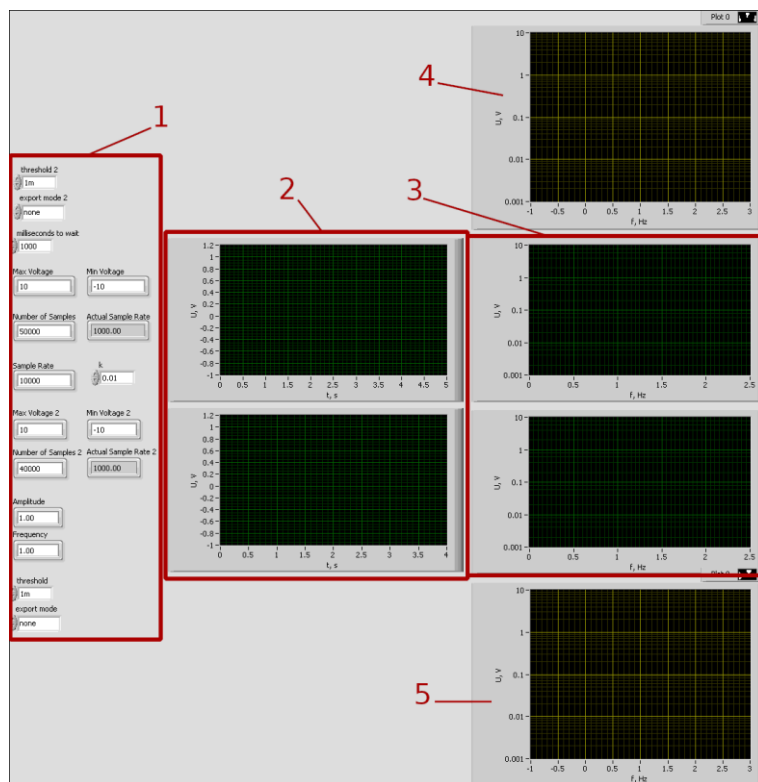


Рисунок 1. Лицьова панель ВП

Наступний блок 2 містить графіки для поточного виведення вимірних даних (верхній графік) та форми сигналу, що генерується (нижній графік). Блок 3 містить графіки спектрів вимірюного сигналу (верхній графік) та сгенерованого сигналу (нижній графік). Графік 4 відображає знайдені за допомогою алгоритму частотні гармоніки вимірюного сигналу, а графік 5 — гармоніки сгенерованого сигналу.

Частини блок-діаграми, яка реалізує логіку процесу вимірювання спектру сигналу термopари зображено на рис. 2 — рис. 6.

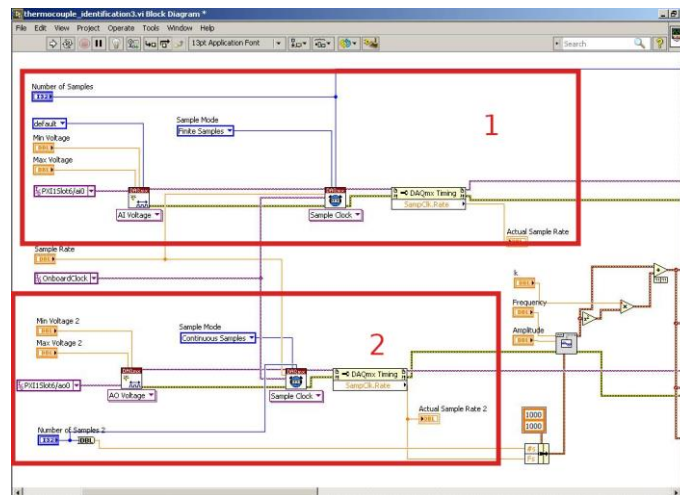


Рисунок 2. Блок-діаграма налаштування вхідного та вихідного каналів

ВП містить два канали (рис. 2): перший канал вимірювальний, другий — канал генерування сигналу. На рис. 2 зображено елементи налаштування тактової частоти каналів “Sample Rate”, розміру вибірки “Number of Samples” та режиму генерації та вимірювання, та діапазони сигналів.

Цифровий синтез сигналу зображено на рис. 3. Блок 1 — це стандартний блок створення вибірки синусоїдального сигналу. Блок 2 визначає спектр згенерованого сигналу, що виводиться на графік лицьовій панелі (рис. 1, блок 3, нижній графік). Блок 3 записує створену вибірку у внутрішню пам’ять пристрою генерації сигналів. Блоки 4-6 аналізують гармоніки створеного сигналу та виводять їх на графік (рис. 1, графік 5).

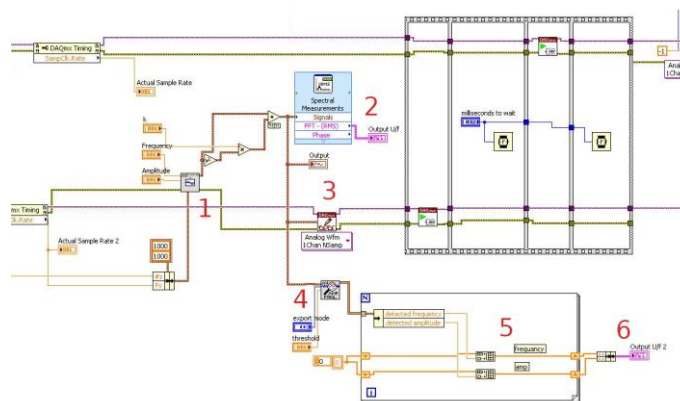


Рисунок 3. Блок-діаграма цифрового синтезу сигналів

Після цифрового синтезу сигналу та запису його до пам’яті генератора (блок 1), відбувається запуск системи (рис. 4). Спочатку запускається

генератор (блок 2), щоб позбутись перехідних процесів. Для цього виконується затримка запуску вимірювальної вибірки (блок 4) до початку (блок 3) та після запуску (блок 5). Блок 6 отримує вибірку виміряного сигналу із внутрішньої пам'яті пристрою збору даних.

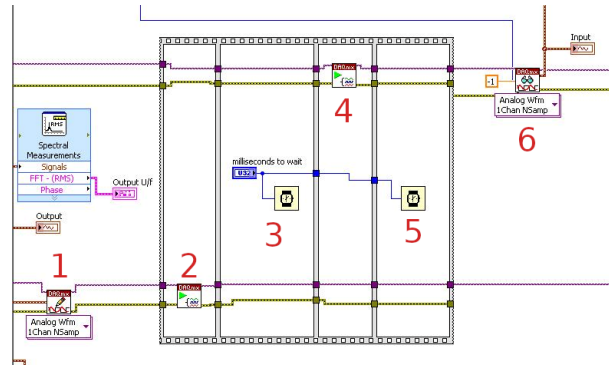


Рисунок 4. запуску вимірювального процесу

Виміряна інформація аналізується за допомогою блоків зображених на рис. 5. Блок 1 робить вибірку та передає до блоку 2, який визначає спектр сигналу та зображує його на графіку (рис. 1, блок 3, верхній графік). Паралельно дані передаються до блоку 3, який аналізує гармоніки сигналу, та зображує їх за допомогою блоків 4-5 на графіку (рис. 1, графік 4).

Таким чином, розроблений віртуальний пристрій автоматизує процес ідентифікації динамічної характеристики терморпари.

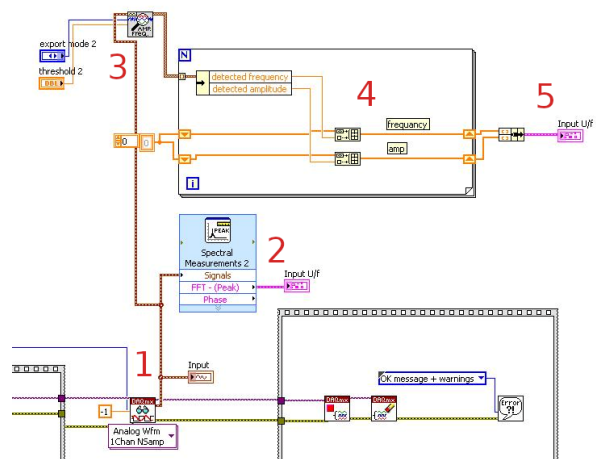


Рисунок 5. Блок-діаграма визначення спектру виміряного сигналу

ВИСНОВКИ

Розроблений віртуальний пристрій дозволяє автоматизувати процес ідентифікації динамічної характеристики термопари. Даний віртуальний пристрій є універсальним та дозволяє керувати будь-якими пристроями збору та генерації даних, які підтримують драйвера DAQmx, компанії National Instruments. Модульні пристрої збору та генерації дозволяють реалізувати систему ідентифікації динамічних характеристик термопар із мінімальною кількістю елементів апаратного забезпечення. Реалізований віртуальний пристрій дозволяє отримати як спектр виміряного сигналу так і спектр згенерованого щоб можна було проводити подальші порівняння. Також реалізована можливість автоматичного виявлення гармонік виміряного та згенерованого сигналів для побудови амплітудно-частотної характеристики термопари.