

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Електротехнічний факультет

Кафедра Метрології та інформаційно-вимірвальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Магістерської дисертації

галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

освітній рівень магістр

кваліфікація 2149.2 Інженер з метрології

на тему Розробка метрологічного забезпечення програмних засобів для оцінки точності результатів сукупних вимірювань

Виконавець:

студент II курсу, групи 152м-16-1

Антипенко О. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівники/консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Проекту	Глухова Н.В.		
розділів:			
Розділ 1	Глухова Н.В.		
Розділ 2	Глухова Н.В.		
Розділ 3	Глухова Н.В.		
Розділ 4	Дементьева Н.В.		

Рецензент			
-----------	--	--	--

Нормоконтроль	Харламова Ю.М.		
---------------	----------------	--	--

Дніпро
2018

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"**

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
**Метрології та інформаційно-
вимірювальних технологій**

(повна назва)

Корсун В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

" _____ " _____ січня _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра (магістерської дисертації)

спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка

студенту групи 152м-16-1 Антипенку О. І.
(група) (прізвище та ініціали)

Тема магістерської дисертації	Розробка метрологічного забезпечення програмних засобів для оцінки точності результатів сукупних вимірювань

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від 31 жовтня 2017 р № 1806-л

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень Метрологічне забезпечення програмних засобів

Предмет досліджень Застосування метрологічного забезпечення для програмних засобів

Мета НДР Застосувати метрологічне забезпечення на програмних засобах оцінки точності результатів сукупних вимірювань

Вихідні дані для проведення роботи Результати переддипломної практики

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна Розробка метрологічного забезпечення програмних засобів

Практична цінність роботи полягає в використанні методу метрологічної атестації, що був би гармонізованим з європейськими існуючими стандартами

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

Повинні відповідати держстандартам України та ISO

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Підготовчий. Збір матеріалів для дисертації.	
Проведення огляду літературних джерел з метрологічне забезпечення програмних засобів.	
Дослідження об'єктів сукупних вимірювань. Вибір об'єкту.	
Технологічний розрахунок метрологічного забезпечення програмних засобів. Техніко-економічне обґрунтування. Висновки.	

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект _____

Соціальний ефект _____

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав _____

(підпис)

Глухова Н.В.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Антипенко О.І.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 04.09.2017

Термін подання дисертації до ЕК _____

.01.2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської дисертації складається з: стор.81, табл. 7, рисунків 22, літературних джерел 32.

Актуальність теми. Область застосування програмних засобів у вимірювальній техніці розширюється. Тому питання метрологічного забезпечення програмних засобів є актуальним. Особливої уваги заслуговують питання, пов'язані з переходом на нові стандарти, що діють в країнах Європейського Союзу

Мета роботи. Розробка метрологічного забезпечення програмних засобів.

Методологія і методи дослідження, застосовувані в дипломній роботі, включають в себе існуючі стандарти та методи атестації міжнародних організацій.

Предметом дослідження метрологічна атестація програмних засобів для оцінки точності результатів сукупних вимірювань.

Об'єктами дослідження Програмне забезпечення для оцінки точності сукупних вимірювань

Теоретична значимість роботи полягає в отриманні методу метрологічної атестації програмних засобів.

Практична значимість полягає в застосуванні методу метрологічної атестації на програмних засобах для оцінки точності результатів сукупних вимірювань.

Ключові слова: МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ, СУКУПНІ ВИМІРЮВАННЯ. АТЕСТАЦІЯ. ОЦІНКА ЯКОСТІ.

ABSTRACT

The explanatory note of the master's dissertation consists of: p.81, Tab. 7, Figures 22, literary sources 32 .

Actuality of theme. The scope of application of software in measuring equipment is expanding. The question of metrological provision of software is relevant. Particular attention deserves the questions related to the transition to the new standards that operate in the countries of the European Union.

The purpose of the work. Development of metrological support of software tools. The methodology and research methods used in the thesis work include the existing standards for the certification of international organizations.

Subjects of the study Metrological certification of software tools for assessing the accuracy of the results of aggregate measurements.

Objectives of the study Software for assessment of accuracy comprehensive measurements

The theoretical significance of the work lies in the detached method of metrological certification of software.

Practical significance It is the application of the metrological certification method to software tools for ASSESSING the accuracy of the results of aggregate measurements.

Keywords: METROLOGICAL SUPPORT, SOFTWARE, COMPLETE MEASUREMENTS. ATTESTATION. QUALITY ASSESSMENT.

ЗМІСТ

Реферат.....	4
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1 Аналіз об'єкта вимірювань.....	9
1.1 Метод сукупних вимірювань.....	9
1.2 Параметри і типи п'єзрезонаторів	10
1.3 Еквівалентна електрична схема п'єзрезонатору	16
2 Експериментальне дослідження параметрів п'єзокерамічних елементів на базі сукупних вимірювань	22
2.1 Стенд для вимірювань параметрів.....	22
2.2 Методика вимірювання параметрів ПКЕ.....	25
2.3 Розробка програмного забезпечення в середовищі LabView.....	29
3 Метрологічне забезпечення програмних засобів.....	35
3.1 Класифікація програмного забезпечення.....	25
3.2 Аналіз існуючої документації	26
3.3 Настанова з програмного забезпечення WELMEC.....	28
3.4 МОЗМ Д 31 Загальні вимоги до вимірювальних приладів з програмним управлінням	33
4 Розділ економіка.....	58
4.1 Розрахунок капітальних витрат.....	59
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	62
4.3 Визначення та аналіз показників економічної ефективності	66

Висновки.....	69
Перелік джерел посилань.....	70
Додаток А Валідація програмного забезпечення для вимірювань електричних параметрів п'єзокерамічних елементів.....	74
Додаток Б Атестація програмного забезпечення для вимірювань електричних параметрів п'єзокерамічних елементів.....	77

ВСТУП

У наш час широкого використання набули програмні засоби та їх інтеграції в засоби вимірювань. Це пов'язано з розширенням використання засобів обчислювальної техніки для збору, обробки, передачі, зберігання та подання даних, вимірювань, а також для метрологічного супроводу і імітаційного моделювання вимірювального експерименту. Тому вплив і, як наслідок, важливість програмних засобів в метрології помітно зросли.

Актуальність оцінки якості програмних засобів є важливою частиною технічного розвитку та процесу виробництва, при цьому виробники все більше покладаються на програмовані апаратні засоби, які, по суті, пропонують велику кількість функцій високого рівня, які є невід'ємною частиною технічного прогресу. Метрологічне забезпечення знайшло застосування від етапів розробки, до завершення відладки і тестування програмного продукту. Оцінюючи програмні засоби необхідно враховувати, з одного боку, неминуче поділ праці при розробці, створенні, налагодженні, дослідженні, застосуванні та супроводі програмного забезпечення, а з іншого - відмінність в уявленнях про якість програмного забезпечення як з боку розробників, так і з боку користувачів різного рівня.

Крім загальних вимог до якості програмного забезпечення виникають спеціальні вимоги в кожній конкретній області його застосування. Виникає проблема метрологічного супроводу програм обробки результатів вимірювань.

Говорячи про точнісні характеристики алгоритмів і програм, які використовуються в метрології, необхідно зупинитися на складових невизначеності або похибок і способах їх оцінювання.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА СУКУПНИХ ВИМІРЮВАНЬ

1.1 Метод сукупних вимірювань

У сукупних вимірюваннях результатом кожного одиничного вимірювання є набір значень кількох фізичних величин, які виміряні сукупно, тобто в одному досліді.

Сукупне вимірювання - непряме вимірювання, в якому значення декількох одночасно вимірюваних однорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, що пов'язують різні сполучення цих величин, які вимірюються прямо чи опосередковано[1].

Метою сукупних вимірювань є знаходження шляхом числових вимірювальних перетворень значень декількох фізичних величин за неможливістю їхнього окремого прямого вимірювання. При цьому завдяки усередненню інколи досягається ще й зменшення випадкової похибки вимірювання[2].

Невідомі величини x_i , що підлягають безпосередньому вимірюванню, визначають за результатами вимірювання інших величин, які функціонально пов'язані з ними[3](1.1):

$$\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_j, \quad (1.1)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$ - порядковий номер невідомих величин x ;

$j = 1, 2, \dots, m$ - порядковий номер прямих вимірювань величин y .

Якщо результати прямих вимірювань Y містять випадкові похибки, то вони мають місце і в результатах сукупних вимірювань величин x_i .

Розглянемо три випадки.

1. Для $m < n$ систему розв'язати неможливо.
2. Для $m = n$ розв'язання можливе, але похибки результатів вимірювання величин x_i будуть, як і для прямих одноразових вимірювань, значними і числові значення цих похибок залишаються невідомими.
3. Для $m > n$ систему знову неможливо розв'язати алгебрично тому, що ці рівняння несумісні, оскільки праві частини рівнянь замість точних значень Y_i , містять результати їхніх вимірювань $y_i = Y_i + \Delta Y_i$ із випадковими похибками ΔY_i .

Проте у останньому випадку для нормального закону розподілу похибок вимірювання величини y_i можна знайти таку сукупність значень x_i , яка з найбільшою ймовірністю задовольняла б початкові умови $\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_j$. Це можна здійснити за допомогою *методу найменших квадратів (принципу Лежандра)*.

1.2 Параметри і типи п'єзореzonаторів

П'єзоелектричні резонатори є пасивними електронними двополюсниками (рис. 1.1), яким притаманні яскраво виражені резонансні властивості. Основною частиною п'єзореzonатора є п'єзоелемент, - пластина (або тіло іншої форми) з п'єзоелектрика, на поверхню якої нанесені електроди.[4]

П'єзоелемент являє собою електричний конденсатор з твердим (кристалічним або керамічним) діелектриком.

У п'єзрезонаторах застосовуються два ефекти[5]:

1. п'єзоелектрика
2. резонанс властивостей пружних коливань в п'єзоелементі.

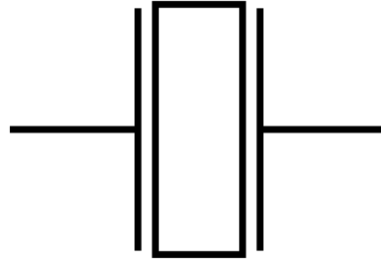


Рисунок 1.1 - Схематичне зображення п'єзоелектричного двополюсника

П'єзоелектрики є оборотними електромеханічними перетворювачами, здатні перетворювати механічну енергію в електричну і, навпаки, електричну енергію в механічну[6].

Впливаючи в на п'єзоелектричний кристал, виникає в ньому не тільки механічна напруга і деформація, а й електричну поляризацію і, отже, появу на його поверхнях пов'язаних електричних зарядів різних знаків. При зміні напрямку механічних сил на протилежний відповідно змінюються напрямки поляризації і знаки зарядів. Це явище називають прямим п'єзо ефектом. При зміні напрямку електричного поля на протилежне відповідно змінюються на протилежне напрямку напружень і деформацій. Це явище отримало назву зворотного п'єзо ефекту[7].

Прямий і зворотний п'єзо ефект описуються лінійними співвідношеннями[4]. Рівняння прямої п'єзо ефекту пов'язує електричну поляризацію P з механічним напругою σ (1.2):

$$P = d\sigma . \quad (1.2)$$

Коефіцієнт пропорційності d називається п'єзоелектричним модулем, і служить мірою п'єзо ефекту.

Зворотній п'єзоэффект описується залежністю(1.3):

$$x = dE, \quad (1.3)$$

де x – деформація;

E – напруженість електричного поля.

П'єзоелектричний модуль для прямого і зворотного ефектів має одне й те саме значення.

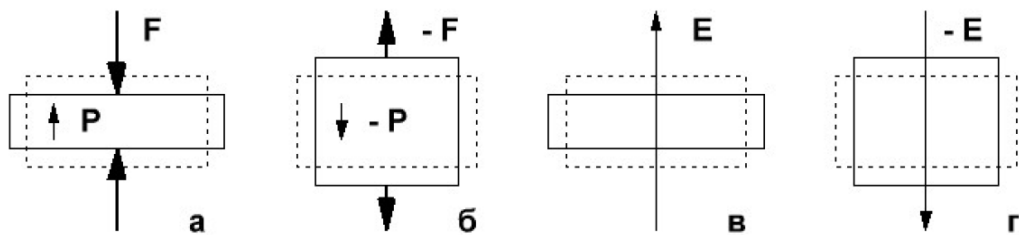


Рисунок 1.2 - Схематичні зображення прямого (а, б) і зворотного (в, г) п'єзо ефектів.

Стрілками F і E зображені зовнішні впливи - механічна сила і напруженість електричного поля. Штриховими лініями показані контури зразка з п'єзоелектрика до зовнішнього впливу, суцільними лініями - контури зразка при наявності зовнішнього впливу. P - вектор поляризації.

П'єзоелектричний ефект властивий деяким природним кристалам, таким як кварц і турмалін, що володіють п'єзоелектричним ефектом, та досить низькою симетрією. Кристали, що не мають центру симетрії, а мають полярні напрямки(осі). Вплив (стискаючий чи розтягуючий), прикладений до такого кристала, призводить до поляризації(рис.1.3) після поділу позитивних і негативних зарядів, які є в кожній окремій елементарній частці. Ефект практично лінійний, тобто ступінь поляризації прямо пропорційна величині прикладеного зусилля, але напрямок поляризації залежний, тому що зусилля стискання або розтягування генерують електричні поля, а отже, і напруга, протилежної полярності. відповідно, при розміщенні кристалу в електричне

поле пружна деформація викличе збільшення або зменшення його довжини відповідно до величини і напрямку полярності поля [8].

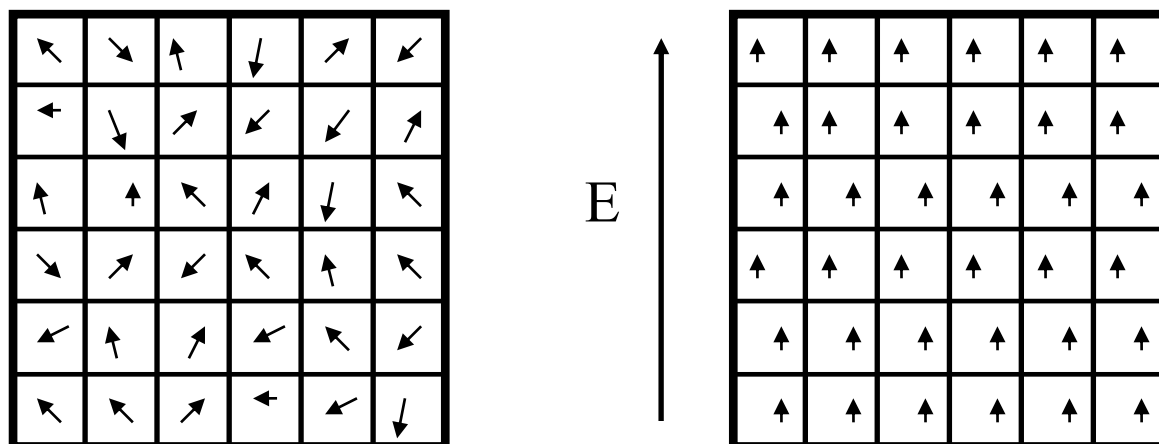


Рисунок 1.3 – Невпорядкована поляризація (зліва) і впорядкована поляризація при накладенні сильного електричного поля (праворуч)

П'єзоелектричні матеріали умовно можна розбити на дві групи[9]:

До першої групи належать п'єзоелектричні монокристали. Природні п'єзоелектричні матеріали мають досить високу вартість. У зв'язку з цим потреби розвитку електроніки в даний час задовольняються синтетичними п'єзоелектричними монокристалами, які вирощуються в спеціальних установках. П'єзоелектричні властивості таких кристалів з досить високою повторюваністю можна задавати шляхом композиції компонентів, що входять до його складу.

Вирощені кристали певним чином ріжуться на пластини, деякі (сегнетоелектрики) поляризуються, і з них шляхом шліфування і нанесення електродів виготовляються п'єзоелектричні елементи.

Друга група - п'єзоелектрична кераміка (п'єзокераміка). П'єзоелектрична кераміка являє собою твердий, хімічно інертний матеріал, абсолютно нечутливий до вологості і інших атмосферних впливів. За механічним якостям вона подібна до керамічних ізоляторів.

Залежно від призначення п'єзоелементи можуть мати найрізноманітнішу конфігурацію - від плоскої до об'ємної (сфери, півсфери і т. д.). За хімічним складом п'єзокераміка це складний оксид, що включає іони двовалентного свинцю або барію, а також іони чотирьохвалентного титану або цирконію. Шляхом зміни основного співвідношення вихідних матеріалів і введення добавок синтезують різні склади п'єзокераміки, які володіють певними електрофізичними і п'єзоелектричними характеристиками.

До основних переваг п'єзоелементів з п'єзокерамічних матеріалів відносяться:

- вища п'єзоактивність(в порівнянні з монокристалічними)
- технологічність
- менша вартістю

Однак електрофізичні характеристики деяких монокристалів, наприклад, кварцу, незрівнянно більш стабільною, ніж ПКМ, що і диктує необхідність застосування кварцових п'єзоелементів в зразкових датчиках[10].

В теперішній час для виготовлення перетворювачів механічних коливальних систем для різних технологічних процесів широко використовується п'єзокераміка ЦТС (цирконат-титанату свинцю)(рис. 1.4).

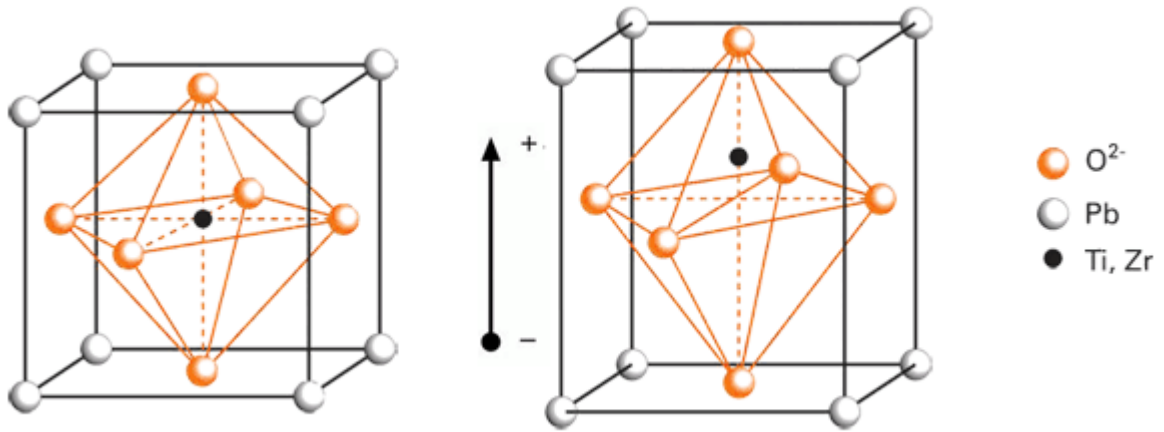


Рисунок 1.4 – група ЦТС за температурою вище точки Кюрі (зліва) і при температурі нижче точки Кюрі (праворуч)

Елементарна комірка при температурах вище критичної (точка Кюрі), є кубічною. Якщо температура нижче цієї критичної, то елементарна комірка тетрагональна комірка спотворюється у напрямку до однієї з сторін. В результаті змінюються і відстані між позитивно і негативно зарядженими іонами. Зсув іонів з їх первинного положення дуже малий: він становить кілька відсотків параметра елементарної комірки. Однак такий зсув призводить до поділу центрів тяжіння зарядів всередині осередку, так що утворюється електричний дипольний момент. За енергетичним умовам диполі сусідніх елементарних осередків кристала упорядковуються по областям в однаковому напрямку, утворюючи так звані домени.

Останнім часом розробляються нові п'єзокерамічні матеріали з властивостями, що дозволяють в деяких випадках використовувати їх замість більш дорогих п'єзоелектричних кристалів. Значні дослідження проводяться по створенню п'єзокерамічних композитних матеріалів, а також багатошарової кераміки.

1.3 Еквівалентна електрична схема п'єзрезонатору

Для аналізу характеристик п'єзокерамічних елементів зручно використовувати їх уявлення еквівалентними електричними схемами, враховуючи, що п'єзоелемент, як правило, представляє механічну коливальну систему з розподіленими параметрами - масою, пружністю і параметром, що визначає втрати, наприклад тертям або акустичним випромінюванням. Найбільш широко застосовується еквівалентна електрична схема, представлена на рисунку 1.5.

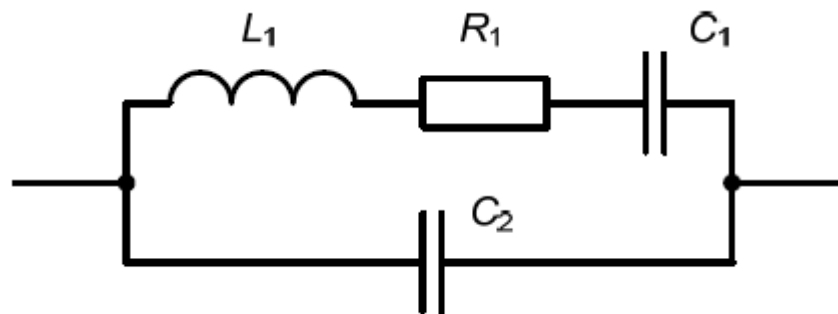


Рисунок 1.5 еквівалентна електрична схема п'єзоелемента

В області частот, близьких до резонансу, характер зміни провідності п'єзрезонатора виявляється подібним з провідністю електричного послідовного коливального контуру, шунтованого конденсатором. Це дає підставу використовувати для опису провідності або опору в області частот, близьких до резонансу, еквівалентну електричну схему (схему заміщення), складену з елементів із зосередженими параметрами (індуктивності, ємностей і опору), значення яких постійні і не залежать від амплітуди коливань і частоти .

Конденсатор C_2 відображає наявність не пов'язаної з п'єзо ефектом ємності, якою володіють електроди, нанесені на п'єзоелемент, провідники, що з'єднують електроди з зовнішнім колом і кристалотримачем. Ємність C_2 , називається паралельної або шунтованою ємністю і має типову величину близько до одиниць пФ. Ємність C_1 , індуктивність L_1 і резистор R_1 (рис. 1.5) є параметрами коливального контуру, еквівалентного п'єзоелектричного

резонатора. Ці три величини називають динамічними параметрами п'єзрезонатора.

Еквівалентній схемі відповідають дві резонансні частоти f_1 і f_2 (рис. 1.6), на яких опір резонатора має активний характер. Перший резонанс на більш низькій частоті характеризується низьким опором, другий - на більш високій частоті має високий опір. Нижчий резонанс еквівалентної схеми обумовлений резонансом напруг (послідовним резонансом) гілки, що складається з послідовного з'єднання індуктивності L_1 , ємності C_1 і опору R_1 . Цю гілку називають динамічної або п'єзоелектричною. Її елементи фізично не існують, а їх параметри можуть бути визначені тільки в умовах резонансного збудження. Другий резонанс на більш високій частоті - резонанс струмів або паралельний резонанс, що виникає в паралельному контурі, одна гілка якого містить ємність C_2 , а інша - послідовне з'єднання елементів L_1 , C_1 і R_1 . Цей резонанс характеризується високим опором. Елементи еквівалентної електричної схеми називають еквівалентними електричними або динамічними параметрами резонатора. Це динамічна (еквівалентна) індуктивність L_1 , динамічна (еквівалентна) ємність C_1 динамічний (еквівалентний) опір R_1 і паралельна ємність C_2 .

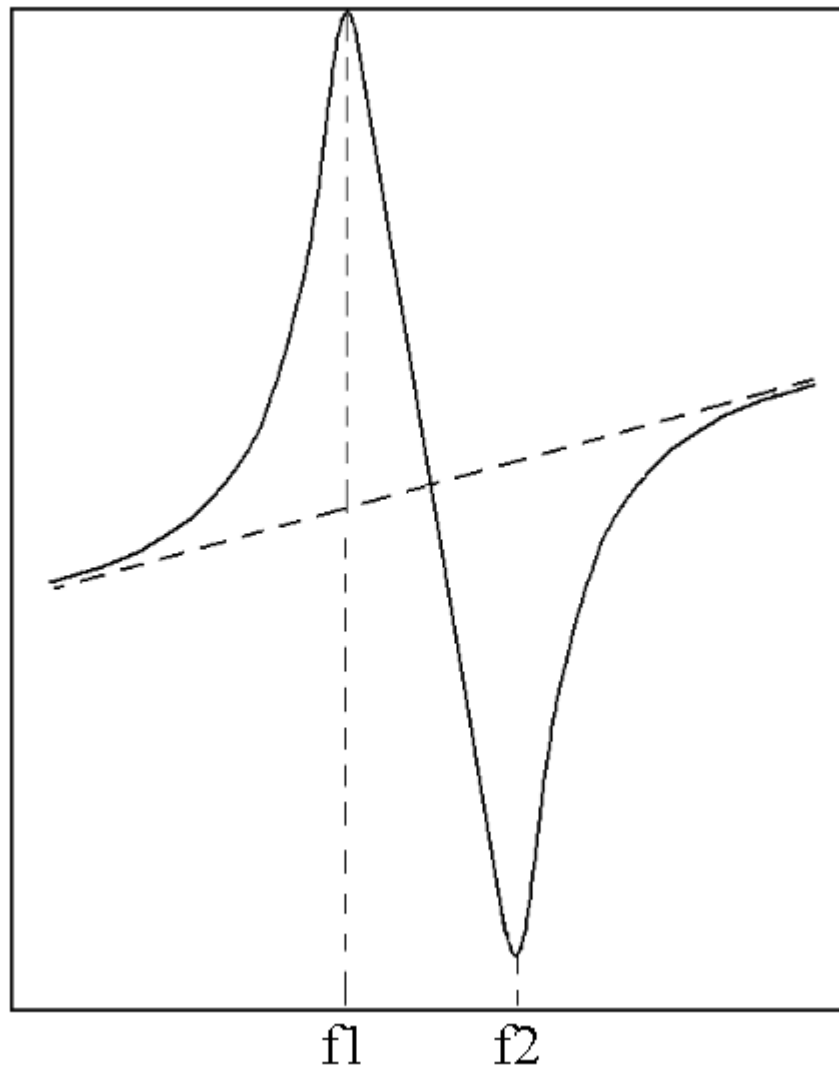


Рисунок 1.6 - Частотна характеристика модуля провідності п'єзрезонатора

Реактивні динамічні параметри $L1$ і $C1$ визначаються пружними, діелектричними і п'єзоелектричними коефіцієнтами, а також щільністю п'єзоелектрика. Значення цих параметрів істотно залежать від орієнтації п'єзоелемента, виду і частоти механічних коливань, розмірів п'єзоелементів і електродів. Динамічний опір залежить від внутрішнього тертя і джерел інших механічних втрат. Втрати електричного походження в п'єзоелектричному резонаторі зазвичай малі і не беруться до уваги. Тільки для деяких видів кристалів і п'єзокераміки електричні втрати помітні, і їх слід враховувати.

Динамічний опір можна виміряти безпосередньо, наприклад, за допомогою мостового вимірювача повних опорів. Динамічні індуктивність і ємність можуть бути виміряні тільки непрямими методами.

Механічним коливанням п'єзрезонатора можна співставити коливанням осцилятора[11](1.4):

$$\frac{md^2x}{dt^2} + \frac{hdx}{dt} + kx = F \quad (1.4)$$

що має масу m ;

k - жорсткість;

h - коефіцієнт тертя;

x - зсув осцилятора.

Сила F , що діє на осцилятор, викликана зворотним п'єзоелементом і пропорційна напруженості поля в п'єзоелектрику i , отже, пропорційна напрузі(1.5), що додається до резонатора:

$$F = aU, \quad (1.5)$$

де, a - деякий коефіцієнт.

З іншого боку, через прямий п'єзоелектт зміщення призводить до появи заряду формула(1.6):

$$q = bx, \quad (1.6)$$

де, b - деякий коефіцієнт.

Тому з попереднього рівняння(1.4) випливає рівняння для послідовного електричного LCR-контуру формула(1.7):

$$\frac{L d^2 q}{dt^2} + \frac{R dq}{dt} + \frac{1}{C} q = U \quad (1.7)$$

де $L = m / ab$,

$R = h / ab$,

$C = k / ab$ - динамічні параметри п'єзрезонатора.

Добротність Q цього еквівалентного електричного контуру дорівнює(1.8) добротності механічного осцилятора:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\sqrt{km}}{h} \quad (1.8)$$

Параметр добротності можливо знайти іншим способом. Частота максимуму відповідає частоті послідовного резонансу (f_1), значення. Тоді значення добротності визначається за шириною резонансної кривої Δf , на рівні $\frac{1}{2}$ від максимального значення(рис. 1.7)[12].

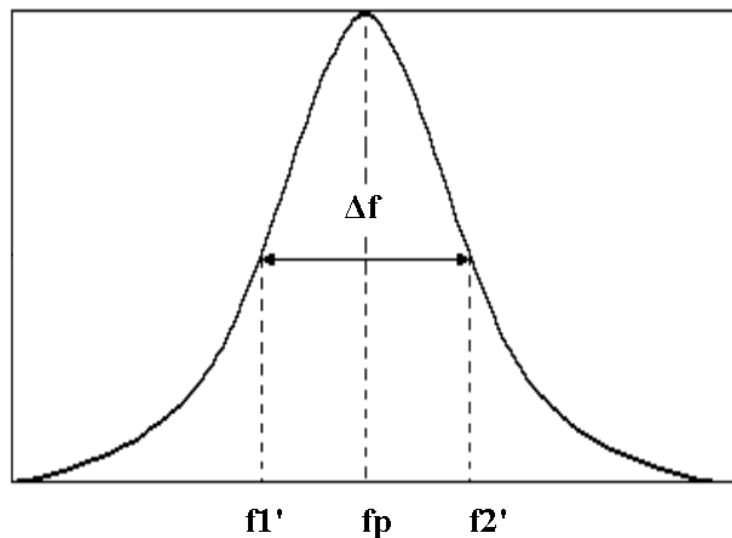


Рисунок 1.7 - Визначення добротності за частотною характеристикою.

В такому випадку добротність дорівнюватиме:

$$Q = \frac{f_p}{\Delta f} = \frac{f_p}{f_2' - f_1'} \quad (1.9)$$

де f_p - частота резонансу послідовного контуру,

$f_2'(f_1')$ - частоти резонансної кривої на рівні $\frac{1}{2}$ від максимальної.

П'єзрезонатори мають великі значення добротності, недосяжні для звичайних коливальних контурів, виготовлених з використанням конденсаторів і котушок індуктивності. Динамічний опір R таких резонаторів змінюється в інтервалі від декількох Ом до сотень кОм залежно від частоти резонансу, номера гармоніки і різноманітних конструктивних факторів. Динамічна індуктивність L змінюється в інтервалі від тисяч Гн для резонаторів низьких частот до декількох мГн для високочастотних резонаторів.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ П'ЄЗОКЕРАМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА БАЗІ СУКУПНИХ ВИМІРЮВАНЬ

2.1 Стенд для вимірювань параметрів

Актуальність розробки засобів вимірювань параметрів п'єзокерамічних елементів (ПКЕ) обумовлена розвитком п'єзоелектричного приладобудування і збільшенням галузей використання таких елементів. Електричні параметри ПКЕ визначаються шляхом розв'язання системи рівнянь, що описують результати сукупних вимірювань з синусоїдальним та імпульсним випробувальними сигналами.

Визначення всіх електричних параметрів ПКЕ відповідно до еквівалентної схемою (рис. 1.5) при використанні сигналів тільки одного виду пов'язане з великими технічними труднощами і великими похибками вимірювань. В використаному методі[14] поєднуються переваги цих двох підходів, визначаючи одну частину параметрів ПКЕ при імпульсному впливі з використанням методу інваріантного перетворення параметрів електричних ланцюгів [15], а іншу частину параметрів - при синусоїдальному впливі з використанням традиційного вимірювання частотної характеристики провідності (опору)[16].

Для автоматизованого проведення сукупних вимірювань параметрів ПКЕ розроблений стенд, структурна схема якого наведена на рисунку 2.1. Стенд представляє собою апаратно-програмний комплекс [17], гнучкість і багатофункціональність якого забезпечуються за рахунок програмного управління формувачем тестових впливів - цифроаналоговим перетворювачем (ЦАП).

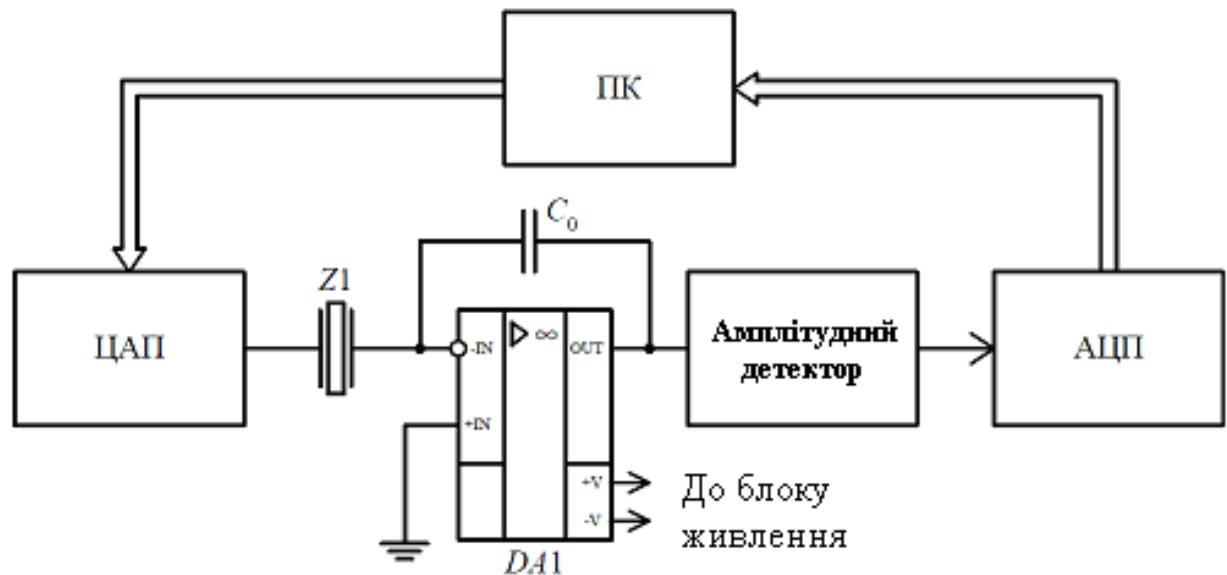


Рисунок 2.1 - Структурна схема стенда вимірювань параметрів ПКЕ

Досліджуваний п'єзокерамічний елемент (Z1) підключено до вхідного кола операційного підсилювача (ОП) DA1, в ланцюзі негативного зворотного зв'язку якого включений опорний конденсатор з ємністю C_0 .

DA1 - швидкодіючий операційний підсилювач. ОРА655 [18]

Як ЦАП запропоновано використовувати генератор прямого цифрового синтезу (Direct Digital Synthesis - DDS) AD9851 [19], що володіє високою роздільною здатністю (0,04 Гц – 180 МГц) і швидкою перебудовою частоти. Для формування імпульсних вимірювальних сигналів використовувався внутрішній швидкодіючий компаратор, що входить до складу мікросхеми AD9851. В даній моделі можна використати мікросистему збору даних mDAQ-12[20]. Амплітудний детектор призначений для виділення обвідної сигналу входить до складу аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Вибір АЦП не є критичним. ПК - персональний комп'ютер з програмним забезпеченням роботи стенду, підготовленим для подальшої обробки в середовищі LabVIEW.

Засоби вимірювання електричних параметрів ПКЕ повинні мати широкі функціональні можливості, високу швидкодію і широкую смугу робочих частот.

У даній роботі для прикладу розглядається визначення параметрів п'єзокерамічного елемента, замість якого представлено еквівалентну схему (рис. 1.5) де C_1 , L_1 , R_1 – динамічні ємність, індуктивність і опір; C_2 – паралельна ємність.

при $C_1 = 5$ пФ; $L_1 = 0,5$ Гн; $R_1 = 1$ кОм; $C_2 = 20$ пФ.

Частоти f_0 і f_1 послідовного(2.1) і паралельного(2.2) резонансів (резонансу і антирезонансу) та добротність(2.3) для даного контуру відповідно дорівнюють:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}; \quad (2.1)$$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_2}}; \quad (2.2)$$

$$Q = \frac{2\pi f_0 L_1}{R_1}. \quad (2.3)$$

На стадії підготовки вимірювального експерименту і при його проведенні оцінки очікуваної похибки, з урахуванням багатьох факторів, характеризують не ідеальність елементної бази і формувача вхідного впливу, можна отримати результати моделювання із застосуванням засобів схематичного моделювання [21] PSpice, OrCad.

Вимірювальна схема змодельована з застосуванням програми PSpice пакету OrCAD[22], що включає ПКЕ, ОП, опорний конденсатор C_0 , ідеальне джерело тестового сигналу(рис. 2.2)(допоміжні кола стабілізації режиму ОП по постійному струму на схемі не показані).

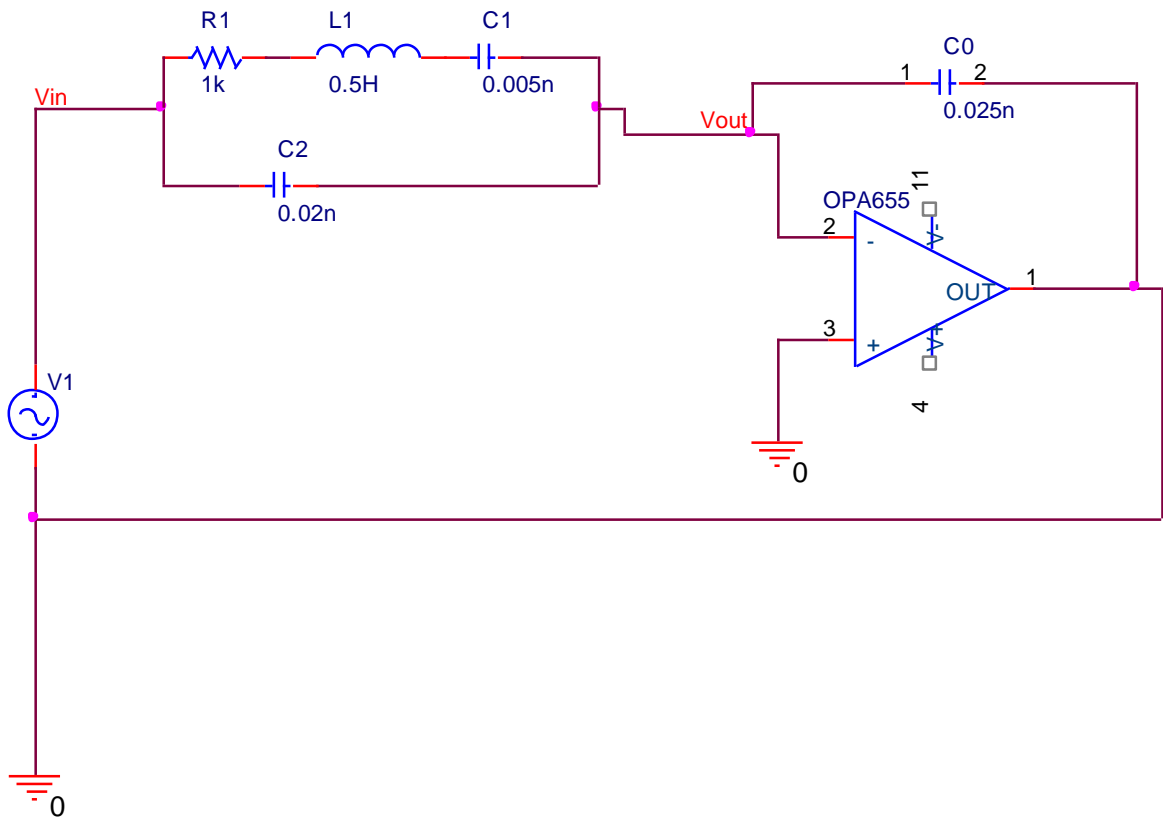


Рисунок 2.2 - Моделювання п'єзокерамічного елемента

2.2 Методика вимірювання параметрів ПКЕ

Для визначення параметрів z_1 за результатами сукупних вимірювань запропонована методика, яка передбачає наступні етапи[14]:

1. Вибирається ємність C_0 опорного конденсатора, приблизно рівна сумі очікуваних значень ємностей C_1 і C_2 .

2. На елементі, включеному у вхідне коло ОП, подається синусоїдальна напруга, частота якого змінюється в діапазоні очікуваних значень частоти послідовного резонансу. Здійснюється пошук резонансної частоти з ітераційним звуженням діапазону пошуку. У міру наближення до резонансу зменшується амплітуда вхідного впливу, щоб не допустити перевищення максимально допустимого значення вихідної напруги ОП. Вимірюються

частота послідовного резонансу f_0 і амплітуда вихідної напруги на цій частоті. Потім вимірюються частоти вище і нижче резонансної, при яких амплітуда вихідної напруги становить 0,707 від резонансного значення. Визначаються за шириною резонансної кривої Δf і добротність $Q = f_0/\Delta f$. Вимірюється частота паралельного резонансу (антирезонансу) f_1 .

На рисунках 2.3 та 2.4 показані отримані резонансні криві послідовного та паралельних резонансів (резонансу та антирезонансу):

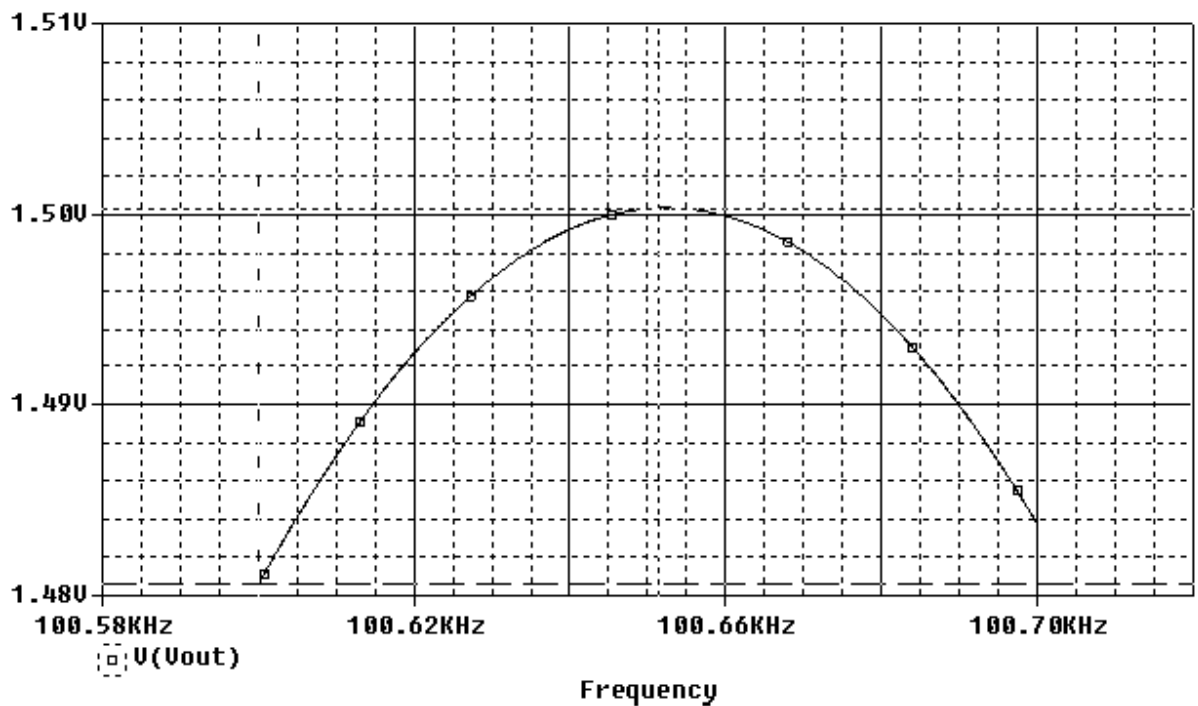


Рисунок 2.3 - Знаходження частоти послідовного резонансу

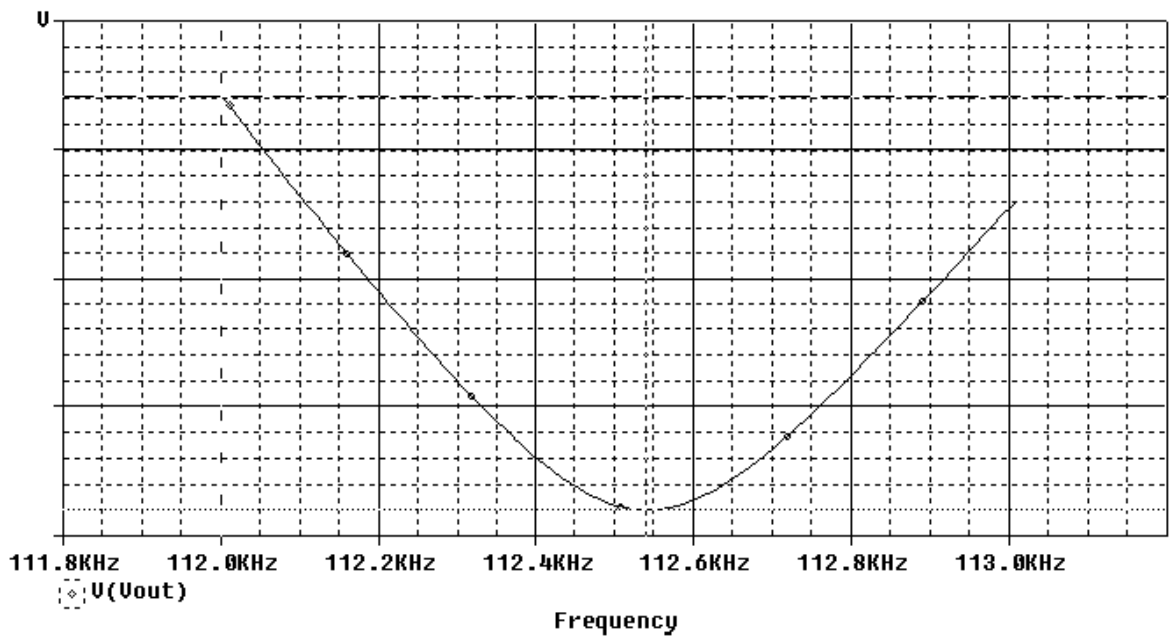


Рисунок 2.4 - Знаходження частоти паралельного резонансу(антирезонансу)

За результатами моделювання отримано наступні значення:

$$f_{0\text{вим}} = 100652 \text{Гц}. \quad \delta f_0 = 0.0063\%.$$

$$f_{1\text{вим}} = 112538 \text{Гц}. \quad \delta f_1 = 0.0013\%.$$

$$Q_{\text{вим}} = 308,63. \quad \delta Q = 2.46\%.$$

3. На п'єзокерамічному елементі у вхідному колі ОП, подається перепад постійної напруги U_0 , котра приблизно дорівнює половині від максимального значення напруги ОП.

Вихідна напруга ОП описується наступним рівнянням(2.4):

$$U(t) = \frac{U_0 C_1}{C_0} \left[1 - \frac{\omega_0}{\omega} e^{-at} \sin(\omega t + \Theta) \right] + \frac{U_0 C_2}{C_0} \quad (2.4)$$

де $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$ - кругова частота послідовного резонансу;

$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - a^2}$; $\Theta = \arctg \frac{\omega}{a}$ - частота і початкова фаза коливань в колі;

$a = \frac{R_1}{2L_1}$ - декремент затухань в колі.

Оскільки $\omega_0/\omega \approx 1$, вихідна напруга амплітудного детектора дорівнюватиме рівнянню:

$$U_{AD} = \frac{U_0 C_1}{C_0} \left[1 - \frac{\omega_0}{\omega} e^{-at} \right] + \frac{U_0 C_2}{C_0}. \quad (2.5)$$

за допомогою АЦП фіксується встановлене значення вихідної напруги амплітудного детектора, пропорційному значенню суми C_1 та C_2 :

$$U_{вст} = \frac{U_0 (C_1 + C_2)}{C_0} \quad (2.6)$$

4. За результатами проведених сукупних вимірювань параметрів п'єзокерамічних елементів з різними тестовими сигналами складається система рівнянь(2.7):

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{вст} = \frac{U_0 (C_{1вим} + C_{2вим})}{C_0}, \\ f_{0вим} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{1вим} C_{1вим}}}, \\ f_{1вим} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{1вим} C_{1вим}}} \sqrt{1 + \frac{C_{1вим}}{C_{2вим}}}; \end{array} \right. \quad (2.7)$$

2.3 Розробка програмного забезпечення в середовищі LabView

Подальші розрахунки були виконані з використанням розробленого програмного забезпечення(ПЗ) віртуального стенду в середовищі LabView.

Вирішуючи систему рівнянь отримуємо наступні формули:

$$C_{2вим} = \frac{U_{вст} C_0 f_{0вим}^2}{U_0 f_{1вим}^2}; \quad (2.8)$$

$$C_{1вим} = \frac{U_{вст} C_0 (f_{1вим}^2 - f_{0вим}^2)}{U_0 f_{1вим}^2}; \quad (2.9)$$

$$L_{1вим} = \frac{1}{4\pi^2 f_{0вим}^2 C_{1вим}}; \quad (2.10)$$

За цими формулами(2.8-2.10) знаходимо шукані значення електричних параметрів в середовищі LabView(рис. 2.5-2.7):

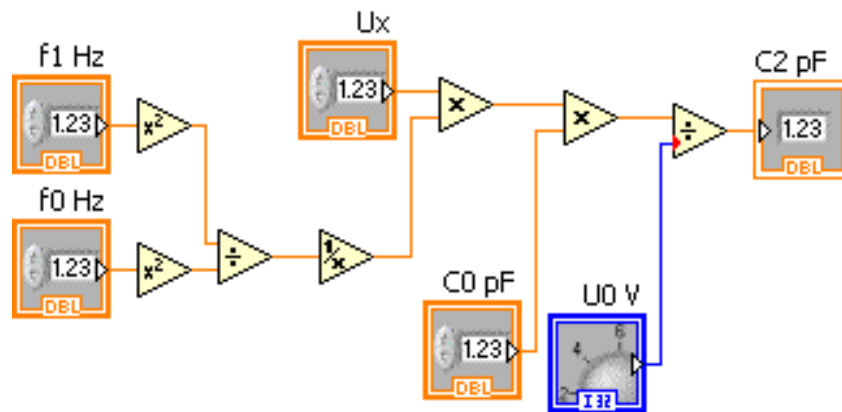


Рисунок 2.5 - Знаходження C2

Після знаходження C2 для спрощення можна використати дану формулою, котра є спрощенням формули(2.9):

$$C_{1\text{вим}} = \frac{U_{\text{вст}} C_0}{U_0} - C_{2\text{вим}}; \quad (2.11)$$

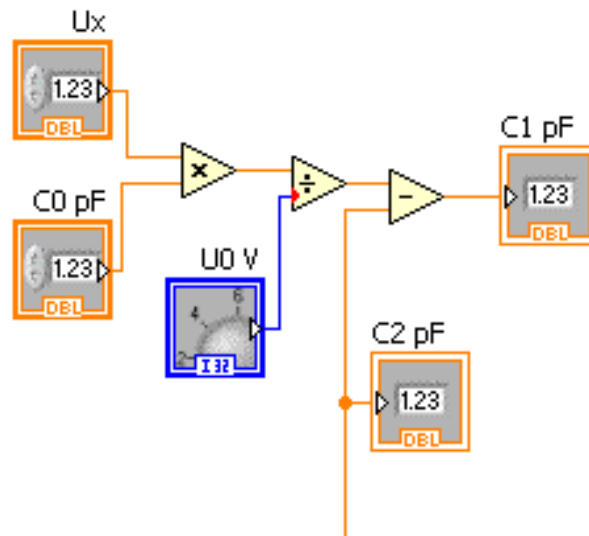


Рисунок 2.6 - Знаходження C_1

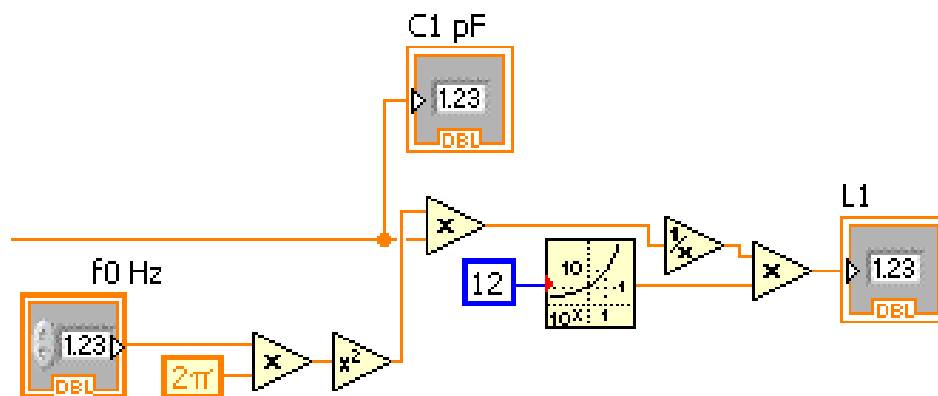


Рисунок 2.7 - Знаходження L_1

5. Далі за знайденими значеннями індуктивності, ємності та добротності знаходимо значення опору $R_{1\text{вим}}$.

Через формулу добротності послідовного контуру(2.12) отримуємо:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}; \quad (2.12)$$

Знаходимо опір через добротність(2.13) в середовищі LabView(рис. 2.8):

$$R_{1\text{вим}} = \frac{1}{Q_{\text{вим}}} \sqrt{\frac{L_{1\text{вим}}}{C_{1\text{вим}}}}; \quad (2.13)$$

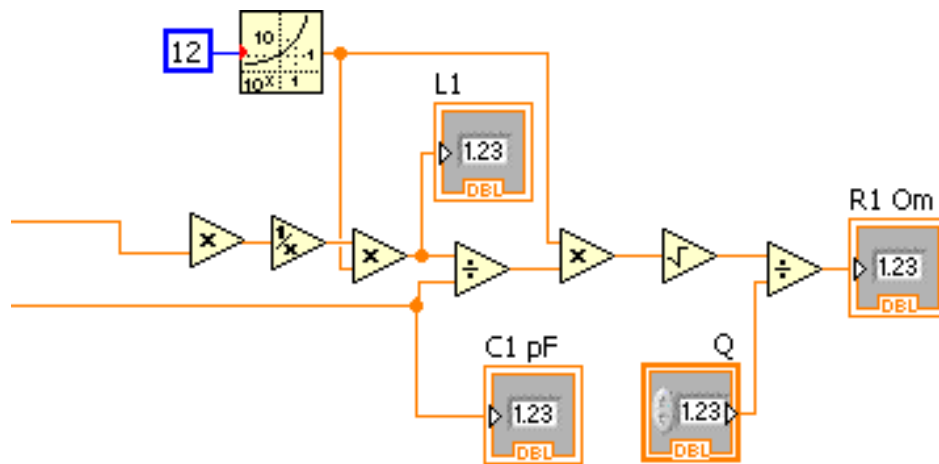


Рисунок 2.8 - Знаходження активного опору

Відносні похибки для електричних параметрів п'єзокерамічного елемента знаходимо за формулами(2.14-2.17):

$$\delta C_{1\text{вим}} = \frac{C_1 - C_{1\text{вим}}}{C_{1\text{вим}}} * 100\% = 0,14\% \quad (2.14)$$

$$\delta C_{2\text{вим}} = \frac{C_2 - C_{1\text{вим}}}{C_{1\text{вим}}} * 100\% = 0,19\% \quad (2.15)$$

$$\delta L_{1\text{вим}} = \frac{L_1 - L_{1\text{вим}}}{L_{1\text{вим}}} * 100\% = 0,15\% \quad (2.16)$$

$$\delta R_{1\text{вум}} = \frac{R_1 - R_{1\text{вум}}}{R_{1\text{вум}}} * 100\% = 2,5\% \quad (2.17)$$

Та додаємо ці значення як константи до програми (рис. 2.9)

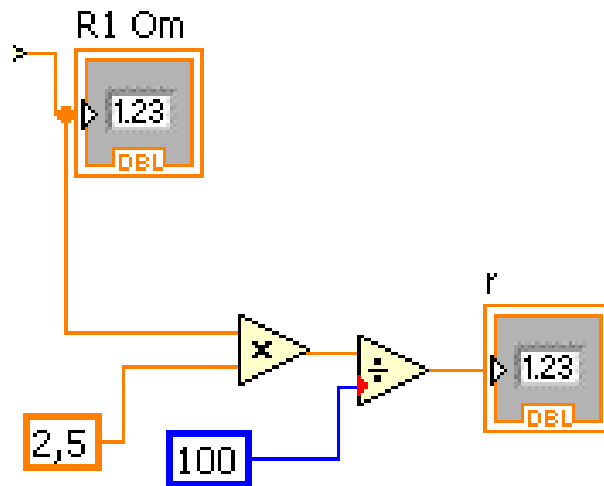


Рисунок 2.9 - Розрахунок абсолютної похибки

Таким чином, запропонована методика дозволяє визначити всі електричні параметри п'єзокерамічного елемента відповідно до чотирьохелементної еквівалентної електричної схеми.

Похибка, з якої можуть бути знайдені шукані параметри, залежить від співвідношень між цими параметрами. В розглянутому прикладі відносна похибка параметрів п'єзокерамічного елемента не перевищує 2,5%.

Лицьова панель програми зображена на рисунку 2.10.

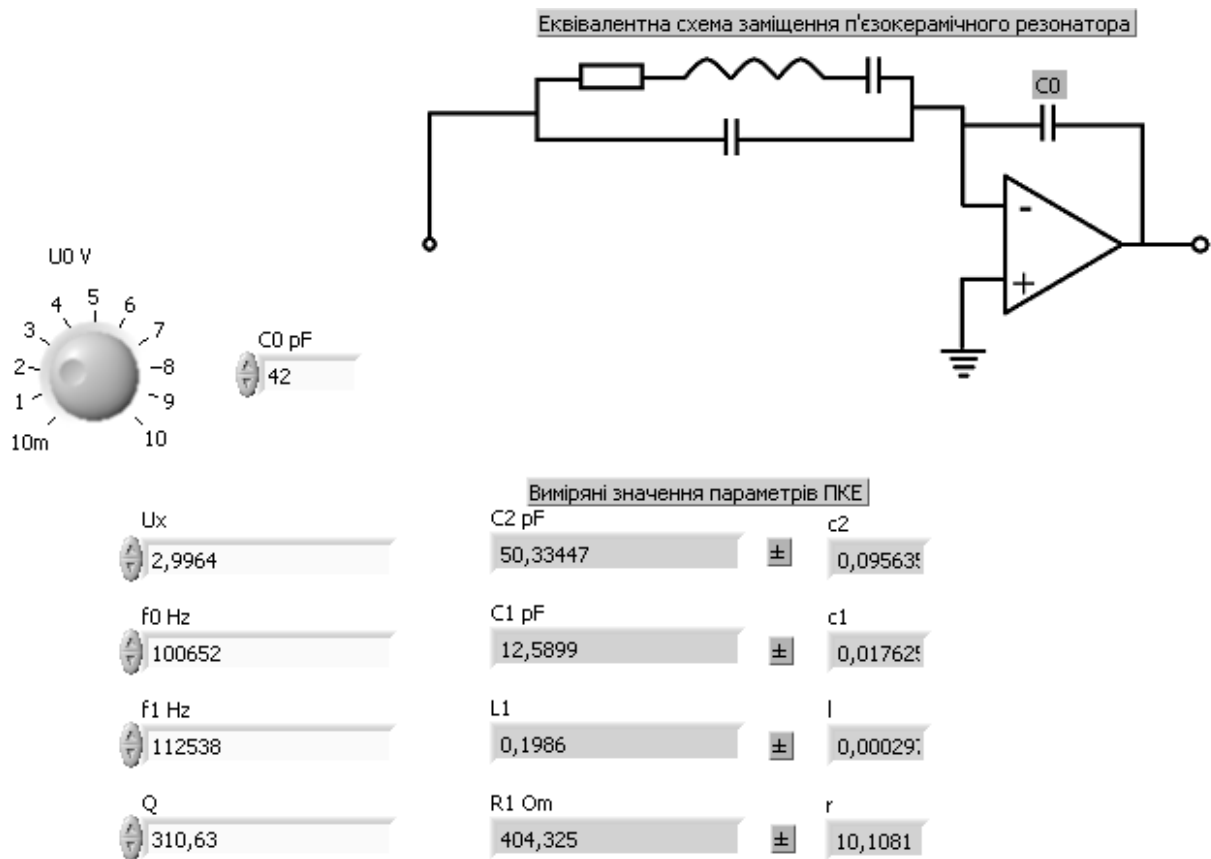


Рисунок 2.10 - Лицьовий інтерфейс програми для знаходження електричних параметрів п'єзокерамічного елемента

Повна блок діаграма програми для знаходження електричних параметрів п'єзокерамічних елементів має вигляд (рис. 2.11)

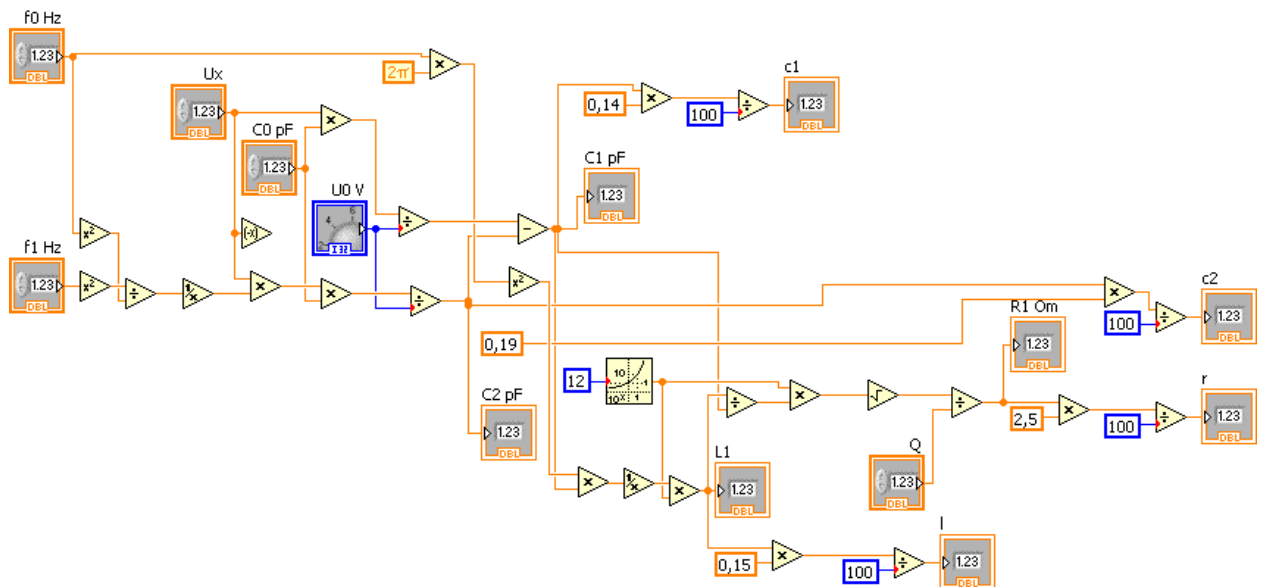


Рисунок 2.11 - Блок діаграма програми

Дана програма зберігається в форматі *.exe (рис. 2.12)

data	21.01.2018 0:27	Папка с файлами	
ApplicationPKE.aliases	21.01.2018 0:27	Файл "ALIASES"	1 КБ
ApplicationPKE.exe	21.01.2018 0:27	Приложение	72 КБ
ApplicationPKE.ini	21.01.2018 0:27	Параметры конфи...	1 КБ

Рисунок 2.12 - Програма з розширенням *.exe

3 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

3.1 Класифікація програмного забезпечення

Область застосування ПЗ в метрології з кожним роком захоплює все ширші сфери. Виникає необхідність, вибору вимог до ПЗ і завдань його метрологічної атестації. Так як вони відрізняються між собою в залежності від розв'язуваної задачі, виникає потреба зробити спробу класифікації наявних завдань метрологічної атестації програмного забезпечення, використовуваного в метрології.

Класифікувати ПЗ можна за наступними ознаками[24]:

За ступенем прив'язки до конкретних засобів вимірювань і вимірювальних систем для ПЗ можна розрізняти такі категорії:

- прив'язані до конкретних екземплярів (або типам засобів вимірювань);
- відсутність залежності від конкретних засобів вимірювання.
- моделювання вимірювальних експериментів

За ступенем автономності та щодо можливого ПЗ ділиться на:

- жорстко прив'язане до засобів для вирішення поставлених вимірювальних завдань і не допускає його виділення як самостійного об'єкта метрологічної атестації(вбудоване або призначене для користувача ПЗ);
- допускає використовувати його частину як самостійний об'єкт метрологічної атестації(модифіковане комерційне програмне забезпечення зі зміненим кодом(LabView, і ін.));
- автономне комерційне ПЗ, яке куплено готовим і використовується без модифікації (Microsoft Excel, MATLAB та інші пакети прикладних програм).

За ступенем використання засобів обчислювальної техніки ПЗ класифікується як:

- розроблене цільовим чином для систем вимірювальної техніки(що застосовуються в конкретному прикладі);
- використовується для персонального універсального комп'ютера багатоцільового призначення.

За ступенем захищеності або класу ризику фальсифікації даних ПЗ підрозділяється на:

- захищене від випадкового неправильного використання;
- захищене від шахрайства, що включає підкачування програм, використання не документованих команд, що надходять через інтерфейс користувача, захист контрольованих параметрів, які забезпечуються фізичним пломбуванням, а також електронними та криптографічними засобами.

По можливості виділення метрологічно значущою і законодавчо контрольованої частини використовуваного програмного забезпечення:

- поділ ПЗ з виділенням метрологічно значущою і законодавчо контрольованої частини можливо;
- поділ ПЗ з виділенням метрологічно значущою і законодавчо контрольованої частини неможливо.

По можливості завантаження модифікованих версій ПЗ:

- оновлення з перевіркою;
- простежується оновлення.

Типи ПЗ можна розбити на 5 різних категорій:

- COTS (Commercial off-the-shelf), тобто готове (покупне) ПЗ - ППЗ;
- MOTS (Modified off-the-shelf), модифіковане покупне ПЗ- МПЗ;
- CUSTOM, виготовлене на замовлення або «саморобне» ПЗ- СПЗ.

Особливості цих категорій наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Категорії ПЗ

Категорії програмного забезпечення		
Категорія	Типи	Групи програм
1 (ППЗ)	Операційні системи	Операційні системи
2 (ППЗ)	«Жорстке» програмне забезпечення	«Защиті» або вбудоване програмне забезпечення
3 (ППЗ)	Стандартні пакети програм	Програми електронної пошти, текстові процесори.
4 (МПЗ)	Конфігуровані і модифіковані пакети програмного забезпечення	Програми як засіб програмування, необхідне пристосування перед використанням.
5 (СПЗ)	Призначені для користувача, замовні або «саморобні» програми	Програмне забезпечення, розроблене для користувача і використовує програмні інструменти.

3.2 Аналіз існуючої документації

Згідно того, що в Законі України «Про метрологію та метрологічну діяльність», технічний регламент на суттєві вимоги в засобах вимірювальної техніки, розроблений відповідно до Директиви 2004/22 / ЄС Європейського Парламенту та Ради від 31 березня 2004 по засобам вимірювань (MID) [25]. Цей технічний регламент затверджений Кабінетом Міністрів України і вводиться в дію з 2015 року [26].

Поява Директиви 2004/22 / ЄС по засобам вимірювань Європейського Союзу продемонструвала застосування нового підходу до технічної гармонізації стандартів в області комерційних і що підлягають законодавчому метрологічного контролю засобів вимірювальної техніки.

Основними вимогами Директиви до ПЗ є:

1) Те, що технічна документація повинна включати необхідні для оцінки та ідентифікації типу засоби вимірювань. Якщо прийнятно, опис електронних приладів з кресленнями, діаграмами, діаграмами руху логістики та загальною інформацією про програмне забезпечення, що пояснюють їх характеристики і роботу

2) Якщо засіб вимірювань має додаткове програмне забезпечення, яке забезпечує і інші функції, крім вимірювальних, то програмний продукт, який є в цьому випадку критичним для метрологічних характеристик, повинен бути розпізнаваним і не повинен піддаватися неприпустимому впливу додаткового програмного забезпечення.

3) Програмне забезпечення, що впливає на метрологічні характеристики, повинна бути ідентифікована як таке і захищене. Його ідентифікація повинна бути легко забезпечена засобом вимірювання. Докази втручання повинні бути доступні протягом обґрунтованого періоду часу.

4) Дані вимірювань, програмне забезпечення, що впливає на метрологічні характеристики, а також на важливі метрологічні параметри, застосовуються чи передані, повинні відповідним чином бути захищені від випадкового або навмисного втручання.

Тому для виконання цієї Директиви в світі було розробили наступні документи:

- Європейська кооперація з законодавчої метрології «WELMEC» розробила Настанову з програмного забезпечення [27]

- Міжнародна організація законодавчої метрології паралельно підготувала Документ МОЗМ «Основні вимоги до програмно керованим засобам вимірювань» [28].

- Регіональна Організація співпраці державних метрологічних установ країн Центральної та Східної Європи випустила рекомендацію КООМЕТ «Програмне забезпечення засобів вимірювальної техніки. Загальні технічні вимоги »[29].

3.3 Настанова з програмного забезпечення WELMEC

WELMEC - це організація по співробітництву в області законодавчої метрології між членами Європейського Союзу (ЄС) та ЕФТА (Європейської асоціації вільної торгівлі).

Настанова є чисто рекомендаційною і не накладає будь-які обмеження або додаткові технічні вимоги понад ті, які містяться у відповідних Директивах ЄС. Хоча Настанова орієнтована на ЗВ, включені як об'єкти регулювання в MID, його рекомендації носять загальний характер і можуть бути застосовні і до інших ЗВ.

3.3.1 Загальна структура Настанови

Настанову побудовано як структурований набір блоків вимог. Із загальної структури слідує класифікація ЗВ на основі базових конфігурацій і класифікація так званих ІТ конфігурацій. Набір вимог доповнюється спеціальними вимогами до ЗВ.

Отже, є три типи наборів вимог:

1. вимоги для двох основних конфігурацій ЗВ (названих типами Р і U),
2. вимоги для чотирьох ІТ конфігурацій (названих Додатками L, T, S і D),
3. спеціальні вимоги до ЗВ (названі Додатками I.1, I.2, ...).

Перший тип вимог застосуємо до всіх ЗВ.

Другий тип вимог має відношення до наступних функцій, передбачених інформаційними технологіями: довготривале збереження даних вимірювань (L), передача даних вимірювань (T), програмне завантаження (D) і програмний поділ (S). Кожен набір вимог використовується тільки в тому випадку, якщо відповідна функція існує. Останній набір додаткових спеціальних вимог до ЗВ. Нумерація впливає за нумерацією доповнень до MID, що відносяться до спеціальних вимог ЗВ. Яким чином набір блоків вимог повинен застосовуватися до даного ЗВ, схематично показано на рисунку 3.1.

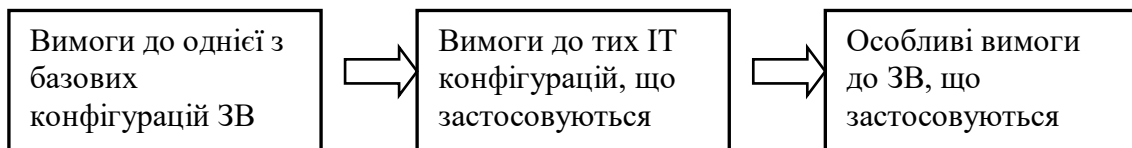


Рисунок 3.1 - Типи наборів вимог, які повинні застосовуватися до ЗВ

На рисунку 3.2 відображено, які набори вимог існують.

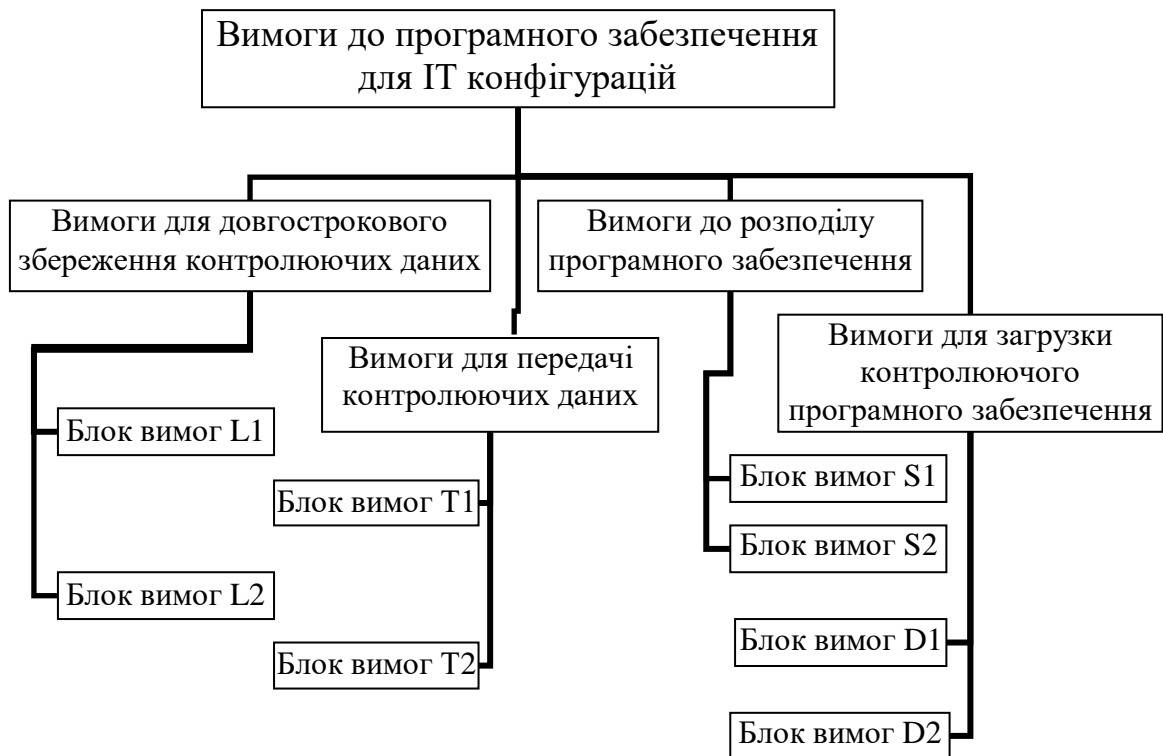
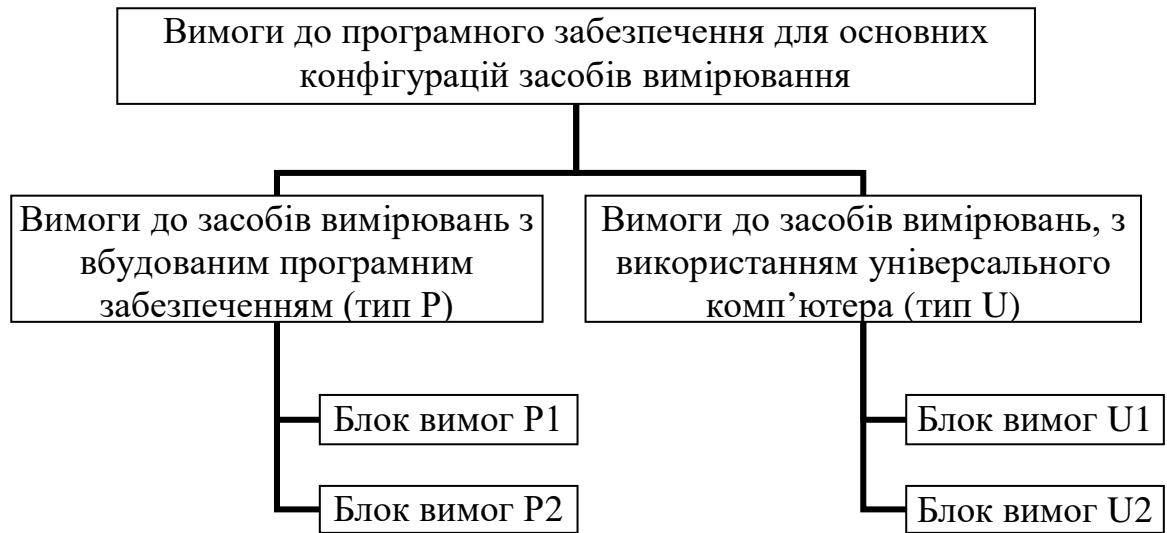


Рисунок 3.2 - Набори вимог

В додаток до описаної структури, вимоги цієї Настанови розрізняються відповідно до класів ризику. Вводяться шість класів ризику, що позначаються буквами від А до F в напрямку підвищення ризику. Нижчий клас ризику А і вищий клас F не розглядаються. Вони вводяться для можливого випадку в майбутньому, коли вони можуть знадобитися. Решта класів ризику від В до Е перекривають всі класи ЗВ, що потрапляють під регулювання MID. Більш того, вони забезпечують достатнє поле можливостей в разі зміни оцінок ризику.

Для кожного ЗВ повинна бути проведена оцінка класу ризику, тому що конкретні вимоги до ПЗ визначаються, перш за все, класом ризику, притаманним приладу.

3.3.2 Вибір необхідних частин Настанови

Цю настанову з програмного забезпечення можна застосувати до великої кількості ЗВ. Настанову побудовано за модульним принципом. Необхідні набори вимог можуть бути легко обрані при дотриманні наступних процедур.

Крок 1: Вибір основної конфігурації (Р або U).

Необхідно використовувати тільки один з двох наборів вимог для основних конфігурацій. Вирішіть, до якої основний конфігурації відноситься даний засіб вимірювань: до спеціалізованого засобу вимірювань (тип Р) або до засобу вимірювань, що використовує універсальний комп'ютер (тип U). Якщо не весь засіб вимірювань, а тільки його частина становить інтерес, тоді необхідно прийняти рішення по відношенню до цієї частини. Використовуйте повний набір вимог, що відноситься до відповідної основної конфігурації.

Крок 2: Вибір необхідної конфігурації, пропонованої інформаційними технологіями (Додатки L, T, S і D).

- Конфігурації, пропоновані інформаційними технологіями, включають в себе: довготривале збереження законодавчо контрольованих даних (L),

- передачу законодавчо контрольованих даних (T),
- програмний поділ (S)
- завантаження законодавчо контрольованого програмного забезпечення (D).

Відповідні набори вимог, звані модульними Додатками, незалежні один від одного. Вибрані набори вимог залежать тільки від конфігурації, запропонованої інформаційними технологіями. Якщо модульний Додаток обрано, він має бути використаний повністю.

Крок 3: Вибір спеціальних програмних вимог для засобів вимірювань.

Вибір зводиться до застосування спеціальних програмних вимог, що ставляться засобу вимірювань, і якщо ці вимоги до програмного забезпечення виконуються, то їх необхідно відповідним чином використовувати.

Крок 4: Вибір необхідного класу ризику.

Виберіть клас ризику, як це визначено в спеціальному додатку.

Там пропонується клас ризику визначати або єдиним чином для всього класу засобів вимірювань, або розрізняти ці класи для категорій ЗВ, областей застосування і т.п. Як тільки клас ризику обраний, повинні розглядатися тільки відповідні йому вимоги і процедура підтвердження типу.

3.3.3 Як працювати з блоком вимог

Кожен блок вимог містить чітко виражені вимоги. Він складається з тексту, що пояснює визначення і роз'яснює спеціальні примітки з передбаченої документації, керівництва по підтвердженню і прикладів прийнятних рішень (якщо вони є). Вміст блоку вимог може поділятися відповідно до класів ризику. Схематичне представлення блоку вимог показано на рисунку 3.3.

Назва вимоги			
Головний зміст вимоги (відповідно до класів ризику)			
Спеціальні примітки (область застосування, додаткові пояснення, виняткові випадки, і т.д.)			
Передбачена документація (відповідно до класів ризику)			
Настанова	для	Настанова	для ...
підтвердження	для	підтвердження	для
одного класу ризику		іншого класу ризику	
Приклад рішень	для	Приклад рішень	для ...
одного класу ризику		іншого класу ризику	

Рисунок 3.3 - Структура блоку вимог

Блок вимог являє собою технічний зміст вимоги, включаючи настанову з підтвердження. Блок адресований як виробнику, так і уповноваженим органам (організаціям) з двома цілями:

- 1) щоб розглядати цю вимогу як мінімальну умова
- 2) не накладати якісь додаткові вимоги.

Рекомендації для виробника:

- Звернути увагу на головний зміст вимоги і додаткові спеціальні примітки.
- Забезпечити документацію відповідно до вимоги.
- Прийнятні рішення є прикладами того, як вимоги виконуються. Хоча не обов'язково дотримуватися їх.
- Керівництво по підтвердженню має інформаційний характер.

Рекомендації для уповноважених органів (організацій):

- Звернути увагу на головний зміст вимоги і додаткові спеціальні примітки.
- Дотримуватися інструкцій з підтвердження.
- Підтверджувати повноту наданої документації.

3.3.4 Робота з контрольними таблицями

Контрольні таблиці є засобом, за допомогою якого можна переконається, що всі вимоги, викладені в розділі, повністю виконані виробником або перевіряючим. Вони є частиною акта випробувань зразка. Необхідно підкреслити, що контрольні таблиці носять підсумковий характер, і не мають різниці для класів ризику. Контрольні таблиці не замінюють визначення вимог. Для повного опису необхідно мати справу з блоками вимог.

3.3.5 Склад вимог

Настанова має наступний склад вимог:

- Основні вимоги до вбудованого в засоби вимірювань програмного забезпечення (тип P)
- Спеціальні вимоги для програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки типу P.
- Основні вимоги для програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки, що використовують універсальний комп'ютер (тип U)
- Спеціальні програмні вимоги для типу U
- Довготривале збереження даних вимірювань
- Спеціальні вимоги до програмного забезпечення для довготривалого збереження
- Передача даних вимірювань через телекомунікаційні мережі
- Спеціальні вимоги до програмного забезпечення для передачі даних
- Поділ програмного забезпечення
- Спеціальні програмні вимоги для поділу програмного забезпечення
- Завантаження юридично значущого програмного забезпечення

- Спеціальні програмні вимоги
- Спеціальні приладові вимоги до програмного забезпечення

3.3.6 Визначення класів ризику

Основний принцип

Вимоги цієї Настанови розрізняються залежно від класів ризику (програмного забезпечення). Ризики відносяться до програмного забезпечення засобів вимірювань. З міркувань зручності використовується короткий термін «клас ризику». Для кожного засобу вимірювань повинен бути призначений клас ризику, оскільки конкретні вимоги, що ставляться до програмного забезпечення, визначаються класом ризику, що характеризує засіб вимірювань.

Клас ризику визначається сукупністю відповідних рівнів, необхідних для захисту програмного забезпечення, його перевірки та відповідності. Для кожної з цих категорій вводяться три рівні - низький, середній і високий.

3.3.7 Опис рівнів для захисту, перевірки і відповідності

Наступні визначення використовуються для відповідних рівнів.

Рівні захисту програмного забезпечення

Низький: Не потрібно ніяких засобів захисту від навмисних змін.

Середній: Програмне забезпечення захищене від навмисних змін з допомогою легко доступних і простих програмних засобів (наприклад, за допомогою текстового редактора).

Високий: Програмне забезпечення захищене від навмисних змін з допомогою спеціальних програмних засобів (редактори жорсткого диска, засоби програмної розробки і т.д.).

Рівні перевірки програмного забезпечення

Низький: Виповнюється звичайний набір функціональних перевірок засобів вимірювань. Ніякого тестування програмного забезпечення понад цього не потрібно.

Середній: На додаток до низького рівня, програмне забезпечення перевіряється на основі аналізу документації. Документація включає в себе опис функцій програмного забезпечення, параметрів і т.д. Практична перевірка програмно підтримуваних функцій (вибіркові перевірки) може бути перевіркою правильності документації та ефективності захисту вимірювань.

Високий: На додаток до середнього рівня, здійснюється всебічне тестування програмного забезпечення, зазвичай засноване на аналізі вихідного коду.

Рівні відповідності програмного забезпечення

Низький: Функціональність програмного забезпечення, що виконується для кожного конкретного засобу вимірювань, знаходиться відповідно до затвердженої документації.

Середній: На додаток до «низького» рівня відповідності, залежного від технічних особливостей, частина програмного забезпечення повинна бути визначена як зафіксована при затвердженні типу, тобто як незмінна без затвердження уповноваженим органом. Незмінна частина повинна бути однаковою для всіх конкретних коштів через вимірювань.

Високий: Виконання програмного забезпечення в конкретних засобах вимірювань повністю ідентичний тому, який було зафіксовано при затвердженні типу.

Усі класи ризику представлені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Класи ризику

Клас ризику	Захист програмного забезпечення	Перевірки програмного забезпечення	Рівень відповідності програмного забезпечення
A	низький	низький	низький
B	середній	середній	низький
C	середній	середній	середній
D	високий	середній	середній
E	високий	високий	середній
F	високий	високий	високий

Ризик класу А: Це найменший клас ризику з усіх. Ніяких конкретних заходів не потрібно проти навмисних змін програмного забезпечення. Перевірка програмного забезпечення є частиною функціонального тестування приладу. Встановлення відповідності потрібно на рівні документації. Не очікується, що якісь кошти вимірів будуть класифікуватися з ризиком класу А. Однак введення такого класу відповідна ймовірність передбачається.

Ризик класу В: У порівнянні з ризиком класу А необхідно мати середній рівень захисту програмного забезпечення. Відповідно рівень перевірки повинен бути підвищений до середнього рівня. Відповідність залишається незмінним в порівнянні з ризиком класу А.

Ризик класу С: У порівнянні з ризиком класу В, рівень відповідності підвищується до «середнього». Це означає, що частина програмного забезпечення може бути декларована як незмінна при затвердженні типу. Для іншої частини програмного забезпечення відповідність необхідна тільки на функціональному рівні. Рівні захисту і перевірки залишаються незмінними, як і при ризику класу В.

Ризик класу D: Істотна відмінність у порівнянні з ризиком класу С полягає в підвищенні рівня захисту до «високого». Рівень перевірки залишається незмінним на «середньому», істотне те, що інформаційна документація повинна показати, що вжиті заходи захисту є придатними. Рівень відповідності залишається незмінним, як і при ризику класу С.

Ризик класу Е: У порівнянні з ризиком класу D рівень перевірки підвищується до «високого». Рівні захисту та відповідності залишаються незмінними.

Ризик класу F: Рівні по відношенню до всіх аспектів (захист, перевірка і відповідність) призначаються «високими». Як і в разі ризику класу А, не очікується, що якийсь спосіб вимірювань буде класифікуватися з ризиком класу F. Однак введенням такого класу відповідна ймовірність передбачається.

3.4 МОЗМ Д 31 Загальні вимоги до вимірювальних приладів з програмним управлінням

МОЗМ Д 31 "Загальні вимоги до вимірювальних приладів з програмним управлінням" (OIML D 31: 2008 "General requirements for software controlled measuring instruments")

Область застосування

1. Цей Стандарт встановлює загальні вимоги до функціональних можливостей вимірювальних приладів, пов'язаних з програмним забезпеченням, і пропонує правила підтвердження відповідності вимірювальних приладів цим вимогам.

2. Цей стандарт може враховуватися національними органами по стандартизації країн - в якості основи для розробки конкретних вимог до програмного забезпечення і конкретних процедур, що мають відношення до окремих категорій вимірювальних приладів.

3. Правила цього стандарту застосовуються лише у тих вимірювальних приладів або електронних пристроїв, які мають програмне керування.

3.4.1 Практичне застосування до програмного забезпечення

Ідентифікація програмного забезпечення

1) Інтерфейс користувача не має функції індикації ідентифікаційного позначення програмного забезпечення на екрані дисплея або дисплей не має технічної можливості відображення ідентифікаційного позначення програмного забезпечення (аналогове індикаторний пристрій або електромеханічний лічильник).

2) Вимірювальний прилад або електронний пристрій не має інтерфейсу для передачі ідентифікаційного позначення програмного забезпечення.

3) Після виготовлення вимірювального приладу або електронного пристрою зміна програмного забезпечення неможливе або ж можливе тільки в разі, коли проводять зміни апаратного забезпечення даного приладу або його компонента.

Коректність алгоритмів і функцій

Вимірювальні алгоритми і функції електронного пристрою повинні бути відповідними і функціонально коректними для конкретної області застосування і конкретного типу пристрою (точність цих алгоритмів, похибка обчислень відповідно до певних правил, алгоритми округлення і т.д.).

Результат вимірювання і супровідна інформація, яка вимагається відповідно до конкретної рекомендації МОЗМ або національним законодавством, повинні правильно відтворюватися на екрані дисплея або друкуватися.

Захист програмного забезпечення

Вимірювальний прилад повинен конструюватися таким чином, щоб мінімізувати можливості ненавмисного, випадкового або несанкціонованого використання. В рамках цього стандарту це особливо стосується програмного забезпечення. Представлення результатів вимірювань повинно бути чітким і однозначним для всіх зацікавлених в цьому сторін.

Підтримка апаратних функцій

Виробнику надається право реалізувати засоби захисту працездатності приладу, на основі програмного забезпечення або апаратними засобами. Нормативний документ містить можливість вимоги на виявлення певних видів несправностей вимірювальних приладів. Тоді виробник повинен додати до програмної(або апаратної) частини відповідні контрольні пристрої.

1. Підтримка виявлення несправностей
2. Підтримка функцій захисту працездатності приладу

3.4.2 Вимоги для конкретних варіантів конфігурації

Вимоги цього розділу базуються на типових технічних рішеннях в області інформаційних технологій і можуть не підходити для всіх областей законодавчого застосування. При дотриманні цих вимог можливі технічні рішення, що гарантують таку ж ступінь безпеки і відповідності типу, як і вимірювальні прилади, які не мають програмного управління.

- Визначення та розподіл значущих частин і визначення інтерфейсів між частинами
- Спільна індикація
- Збереження даних, передача через системи зв'язку
- Сумісність операційних систем і апаратного забезпечення, портативність
- Відповідність виготовляється пристрою затвердженому типу
- Технічне обслуговування та реконфігурація

3.4.3 Методи атестації (експертиза програмного забезпечення)

AD: Експертиза документації та атестація конструкції. Застосовується у всіх випадках.

VFTM: Атестація шляхом функціонального тестування вимірювальних функцій. Застосовується для перевірки коректності алгоритмів, правила розрахунку похибки, алгоритми компенсації та коригування, невизначеності.

VFTMw: Атестація шляхом функціонального тестування програмного забезпечення. Застосовується для перевірки правильності функціонування зв'язку, засобів індикації, захист від шахрайства, від операційних помилок, захист параметрів, виявлення несправностей.

DFA: Аналіз потоку результатів вимірювань. Потребує спеціальних навичок для виконання.

CIW: Перевірка і контроль програм. Потребує спеціальних навичок для виконання.

SMT: Тестування програмних модулів. Потребує спеціальних навичок для виконання.

3.4.4 Процедура атестації

Рекомендована процедура по виборам методів атестації приведена в таблиці 3.3. Дана процедура носить лише рекомендований характер.

Таблиця 3.3 - Рекомендації по комбінованим сполученням методів експертизи та тестування для перевірки дотримання різних вимог до програмного забезпечення

Вимоги	Процедура атестації А (нормальний рівень перевірки)	Процедура атестації В (підвищений рівень перевірки)
Ідентифікаційне позначення програми	AD+VF _{TSw}	AD+VF _{TSw} +CIWT
Коректність алгоритмів і функцій	AD+VF _{TS}	AD+VF _{TS} +CIWT/SMT
Захист програмного забезпечення		
Запобігання неправильного застосування	AD+VF _{TSw}	AD+VF _{TSw}
Захист від шахрайства	AD+VF _{TSw}	AD+VF _{TS} +DFA/CIWT/SMT

Продовження таблиці 3.3

Підтримка апаратних функцій		
Підтримка функції виявлення несправностей	AD+VF _{TSw}	AD+VF _{TS} +CIWT+SMT
Підтримка функції захисту працездатності приладу	AD+VF _{TSw}	AD+VF _{TS} +CIWT+SMT
Визначення і розподіл метрологічно значущою і метрологічно незначною частин програмного забезпечення, визначення інтерфейсів між різними частинами програмного забезпечення		
Поділ електронних пристроїв і компонувальних блоків	AD	AD
Цілісність програмного забезпечення частини	AD	AD+DFA/CIWT
Спільна функція індикації	AD+VF _{TS} /VF _{TSw}	AD+VF _{TS} /VF _{TSw} +DFA/CIWT
Збереження даних в пам'яті, передача даних через комунікаційні системи	AD+VF _{TSw}	AD+VF _{TSw} +CIWT/SMT
Зберігається в пам'яті або передане вимірне значення має супроводжуватися всією необхідною інформацією для законодавчо контрольованого використання в майбутньому	AD+VF _{TSw}	AD+VF _{TSw} +CIWT/SMT

Кінець таблиці 3.3

Дані повинні бути захищені за допомогою програмних засобів, щоб гарантувати автентичність, цілісність і, якщо необхідно, точність інформації про час вимірювання	AD+VFTSw	
Для високого рівня захисту необхідно застосовувати криптографічні методи	AD+VFTSw	AD+VFTSw+CIWT/SMT
Автоматичне запам'ятовування	AD+VFTSw	AD+VFTSw SMT
Затримка передачі даних	AD+VFTSw	AD+VFTSw SMT
Переривання передачі даних	AD+VFTSw	AD+VFTSw SMT
Сумісність операційних систем і апаратного забезпечення, портативність	AD+VFTSw	AD+VFTSw SMT

3.4.5 Тестоване обладнання

Зазвичай тестування проводять на повністю укомплектованому вимірювальному приладі (функціональне тестування). Якщо розміри або конфігурація вимірювального приладу не дозволяють тестувати його в повністю укомплектованому вигляді або якщо розглядається тільки окремо взяті пристрій (модуль) вимірювального приладу, то в нормативних документах національного органу по стандартизації і / або відповідних рекомендаціях МОЗМ може вказуватися, що всі тестування або окремі його етапи слід проводити на окремих електронних пристроях або програмних модулях за умови, що в процесі тестування ці пристрої включаються до складу оделірующей схеми, в достатній мірі відображає нормальний режим роботи пристрою. Заявник, який представляє заявку на затвердження типу приладу, несе відповідальність за надання всього необхідно обладнання та компонентів.

3.4.6 Верифікація

Поняття «метрологічна атестація» близько до широко використовується в даний час за кордоном поняттю «валідація». У міжнародному словнику по метрології VIM[30], зазначеному в додатку, два останніх терміна визначені в такий спосіб:

- верифікація - надання об'єктивних доказів того, що даний об'єкт повністю відповідає встановленим вимогам.
- валідація - верифікація, при якій встановлені вимоги відповідають (адекватні) передбачене застосування.

Верифікація програмного забезпечення повинна включати в себе:

- перевірку відповідності даного програмного забезпечення його затвердженої версії (наприклад, верифікація номера версії та контрольної суми);

- перевірку того, що дана конфігурація сумісна з декларованою мінімальною конфігурацією, якщо вона вказана в сертифікаті затвердження типу;
- перевірку того, що параметри входів і виходів вимірювального приладу правильно описані в програмному забезпеченні в тих випадках, коли ці параметри є значущими параметрами пристрою;
- перевірку того, що значимі параметри пристрою (особливо параметри налаштування) визначені правильно

Приклади форм звіту атестації програмного забезпечення наведено в Додатку А та Додатку Б

4 РОЗДІЛ ЕКОНОМІКА

В сучасний час засоби програмного забезпечення знаходять все більш широке застосування в метрології для вирішення поставлених перед нею завдань. Це пов'язано з розширенням використання засобів обчислювальної техніки для збору, обробки, передачі, зберігання та подання даних, вимірювань, а також для метрологічного супроводу і імітаційного моделювання вимірювального експерименту.

Широке впровадження програмних засобів має значний організаційний ефект, тому що вимагає фахівців високої кваліфікації і підвищує загальний рівень організації виробництва, покращує рівень ефективності управління, економить час. Тому рівень застосування програмних засобів є одним з важливих показників науково-технічного прогресу.

При впровадженні програмних засобів очікується, що джерелом економічної ефективності буде покращення якості отриманих результатів вимірювання, що надасть змогу поліпшити точність при подальшому використанні цих результатів.

Метою даного розділу є розрахунок впровадження промислового стандарту. При впровадженні розглядаються такі питання:

1. Розрахунок капітальних витрат на розробку стандарту;
2. Розрахунок річних експлуатаційних витрат на утримання та обслуговування об'єкта проектування;

4.1 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ

Капітальні вкладення - це кошти, призначені для створення та придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації .

До капітальних інвестицій можуть бути додані передвиробничі витрати на НДР і впровадження проектного варіанта ($K_{\text{ндр}}$), підготовку персоналу ($K_{\text{пер}}$), придбання програмного забезпечення ($K_{\text{пз}}$). Тоді повні капітальні інвестиції:

$$K_{\text{пов}} = K_{\text{п}} + K_{\text{ндр}} + K_{\text{пер}} + K_{\text{пз}} \quad (4.1)$$

При розробці стандарту методом прямого застосування міжнародного стандарту враховують всі складові базової трудомісткості від автентичного перекладу міжнародного стандарту до затвердження його в якості стандарту:

$$T_6 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 , \quad (4.2)$$

де характеристика складових $T_1, T_2, T_3, T_4 > 0$ наведена в таблиці 4.1, а їх конкретні значення згідно з ДСТУ 4054-2001 – у таблиці 4.2 (в таблиці наведені рекомендовані нормативи для розробки національного стандарту).

При прийнятих припущеннях, вираз для розрахунку загальної трудомісткості $T_{\text{ст}}$ (у чол./день) розробки національного стандарту, що складається з N сторінок, буде мати вигляд:

$$T_{\text{ст}} = T_6 \cdot N. \quad (4.3)$$

Нормативи трудомісткості робіт при розробці національного стандарту методом прямого застосування міжнародного стандарту наведені в таблиці 4.1.

$$T_6 = 0.25 + 0.25 = 0.5$$

$$T_{\text{ст}} = 0.5 * 100 = 50. \text{ чол./день}$$

Таблиця 4.1 - Базова трудомісткість в загальному вигляді на розробку однієї сторінки стандарту

Познака складових базової трудомісткості	Кваліфікація спеціаліста	Змістовна частина роботи
Т ₁	Фахівець-розробник у конкретній предметній області при розробці стандартів на продукцію (роботи, послуги); визначають згідно класифікації відповідно до діючих нормативних документів в галузі стандартизації	Аналіз відповідності нових термінів і семантичних конструкцій, розробка вимог до об'єктів стандартизації та наукове редагування з урахуванням гармонізації стандарту з міжнародними стандартами
Т ₂	Фахівець в області стандартизації	Відповідність вимог розроблюваного стандарту положенням Національної системи стандартизації та гармонізація з введеними в дію національними та міждержавними стандартами і стандартами ІСО (МЕК).

Вартість розробки стандарту $C_{ст}$ (в грн.) визначають методом прямого застосування міжнародного стандарту за формулою:

$$C_{ст} = T_{ст} \times (1 + q_0 + q_{к.р.}) Z_{с.д}, \text{ грн} \quad (4.4)$$

де $T_{ст}$ – загальна трудомісткість розробки стандарту, чол./день ;

q_0 – норма відрахувань з фонду заробітної плати, встановлений діючими нормативними актами ;

$q_{к.р.}$ – коефіцієнт непрямих витрат організації, що розробляє стандарт ;

$Z_{с.д.}$ – заробітна плата в день фахівців , що беруть участь у розробці національного стандарту, в грн.

$$C_{ст} = 50 \cdot (1 + 0,22 + 0,1) \cdot 120 = 7920, \text{ грн}$$

Таблиця 4.2 - Рекомендовані нормативи трудомісткості робіт при розробці національного стандарту методом прямого застосування міжнародного стандарту

Вид стандарту	Нормативи трудомісткості робіт, чол./день*			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Загальнотехнічні та організаційно-методичні	0,5	0,9	1,4	0,3
На продукцію	0,75	1,4	2,0	0,45
На процеси	1,0	1,7	2,2	0,6
На методи (методики) контролю (випробувань, вимірювань, аналізу)	0,75	1,4	2,2	0,45
Інші види стандартів	0,5	0,9	1,4	0,3
* Допускається коригування на підставі експертних оцінок				

4.2 РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат із забезпечення якості продукції відносяться:

базові витрати, які утворюються в процесі розробки, освоєння і виробництва нової продукції і є надалі до моменту її зняття з виробництва їх носієм, і *додаткові*, пов'язані з удосконаленням продукції і відновленням недоотриманого (в порівнянні із запланованим) рівня її якості.

Основна частина базових витрат відображає вартісну величину чинників виробництва, а також загальногосподарські і загальновиробничі витрати, які відносять на виготовлення конкретного виробу через кошторис витрат.

Додаткові витрати включають витрати на оцінку і витрати на запобігання невідповідностей. До останніх відносять витрати на доопрацювання і удосконалення продукції, що не відповідає вимогам, на перевірку, ремонт, удосконалення інструменту, оснащення, техніки і технології, а в окремих випадках - і на зупинку виробництва. Сюди ж слід включати витрати на впровадження системи управління якістю.

Експлуатаційні витрати можна розрахувати за формулою(4.5):

$$C = C_a + C_z + C_c + C_m + C_e + C_{np}, \text{ грн.} \quad (4.5)$$

де C_a – амортизаційні відрахування ;

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу ;

C_c – відрахування на соціальні заходи від заробітної плати ;

C_m – витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання ;

C_e – вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування;

C_{np} – інші експлуатаційні витрати .

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних витрат за видами нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат.

$$C_a = K \times \frac{H_a}{100}, \quad (4.6)$$

де H_a – норма амортизації.

Розрахунок виконаний за формулою (4.6) і зведений в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок амортизаційного відрахування

№	Найменування показань	Капітальні затрати, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1.	Розроблений стандарт	7920	10	1584
2.	Базовий варіант	-	-	-

Проектний варіант

Норма амортизації

$$H_a = (1/n) * 100, \quad (4.7)$$

де n – строк корисного використання, в роках.

Сума амортизації

$$C_a = 7920 \times \frac{\left(\frac{1}{5} * 100\right)}{100} = 1584, \quad \text{грн.}$$

Базовий варіант відсутній.

4.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу (робітники, ІТП, керівники), обслуговуючого об'єкт проектування, відповідно до їх чисельністю, режимом роботи, годинними тарифними ставками, посадовими окладами, застосовуваними на підприємстві формами і системами оплати праці та преміювання.

Таблиця 4.4 – Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ п/п	Найменування професій робітників	Явочний штат в змїну, чол.	Часова тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, г.	Разом, основна зарплата по тарифам, грн.
1.	Інженер з інформаційно-вимірювальних технологій та метрології	1	30	1816	54480

Номінальний річний фонд робочого часу розраховується так :

$$\text{Річний номінальний фонд часу} = (D_k - D_{cv} - D_{vix} - D_{vid}) \times t$$

D_k – дні календарні;

D_{cv} – дні святкові;

D_{vix} – дні вихідні;

D_{vid} – дні відпустки;

t – час зміни.

Річний номінальний фонд часу = $(365-10-104-24)*8=1816$, год.

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 20 % від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_z = Z_{осн} + Z_{дод}, \text{ грн} \quad (4.8)$$

де $Z_{осн}$, $Z_{дод}$ - основна та додаткова заробітна плата відповідно, грн.

$$Z_{дод} = \frac{20}{100} 54480 = 10896 \text{ грн}$$

$$Z_{дод} = 10896 \text{ , грн.}$$

$$C_z = 54480 + 10896 = 65376 \text{ , грн.}$$

4.2.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи складають 22 % від фонду заробітної плати згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2011 року № 869.

$$C_c = 65376 * 0.22 = 14382,72 \text{ , грн.}$$

4.3 Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Головний економічний ефект від впровадження стандарту в розширені послуг та роботи підприємства, в першу чергу за рахунок можливості атестації програмних засобів та збільшення ціни на атестовану продукцію.

Для більшості підприємств економічний ефект виступає у вигляді нових можливостей:

- Надання консультаційних послуг в сфері розробки програмного забезпечення
- Атестація програмних засобів
- Збільшення ціни на виготовлену продукцію

4.3.1 Визначення та аналіз показників економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності розглянутих в дипломному проекті технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу наступних показників:

- а) розрахункового коефіцієнта ефективності (прибутковості) капітальних витрат E_p ;
- б) терміну окупності капітальних витрат T_p .

Коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат E_p показує, скільки гривень додаткового прибутку (економії) приносить одна гривня капітальних витрат:

$$E_p = \mathcal{E}/K, \text{ долі од.}, \quad (4.9)$$

де \mathcal{E} – повна економія зумовлена впровадженням нового стандарту тис. грн
 K – капітальні витрати за варіантом, що викликали економію, тис. грн.

Термін окупності капітальних витрат T_p показує, за скільки років вони окупляться за рахунок загальної економії від впровадження варіанту:

$$T_p = K/\mathcal{E} , \text{ років} \quad (4.10)$$

$$E_p = 7920/3000 = 0,378 \text{ од.}$$

$$T_p = 3000/7920 = 2,64 \text{ років}$$

Проект (варіант) капітальних вкладень визнається доцільним за умови:

$$E_p > E_n . \quad (4.11)$$

Нормативне значення коефіцієнта ефективності визначається з таких міркувань.

Якщо підприємство здійснює фінансування капітальних витрат за рахунок позикових коштів, тобто за рахунок банківського кредиту, то в якості нормативного значення E_n слід приймати величину плати за кредит (кредитної ставки)

Варіант визнається економічно доцільним, якщо розрахунковий коефіцієнт ефективності перевищує величину банківської кредитної ставки:

$$E_p > (N_{кр} + N_{инф})/100 , \quad (4.12)$$

$N_{кр}$ - банківська кредитна ставка, %;

$N_{инф}$ - рівень інфляції за рік % (станом на 2017 рік рівень інфляції склав 13,7%)

$$E_n = (11\% + 13.7\%) / 100 = 0,247 \text{ од.}$$

$$T_n = 1 / E_n$$

$$T_n = 4,048 \text{ років}$$

Для даного методу отримали, що $E_p > E_n$, $T_p < T_n$

ВИСНОВОК

В економічному розділі проведено технічно-економічний аналіз проектного завдання. Виконано розрахунок впровадження стандарту, що розширить можливості, та послуги підприємства. Дана модель впровадження, з економічного плану, є вигідною, на підставі розрахунків коефіцієнту ефективності, що $E_p > E_n$ ($0,378 > 0,247$). Та терміну окупності $T_p < T_n$ ($2,64 < 4,048$).

ВИСНОВКИ

В період інтенсивного використання програмних засобів у вимірювальній техніці оцінка якості програмних засобів все частіше приймає обов'язковий характер. З переходом на нові стандарти, що діють в країнах Європейського Союзу відсутність Національних стандартів, що були б гармонізованими з ними, спонукає на розробку власних.

Задача оцінки якості програмних засобів сама по собі не є тривіальною. Досить складно запропонувати уніфікований набір показників його якості, тому крім загальних вимог до якості програмних засобів, необхідно враховувати спеціальні вимоги, які залежать від типів вимірювальних засобів, обробки результатів вимірювань, точність характеристик алгоритмів програм та способи оцінки складових невизначеностей або похибок.

На основі програмних засобів сукупних вимірювань параметрів п'єзокерамічних елементів були розглянуті наступні метрологічні документи:

- Загальні вимоги до вимірювальних приладів з програмним управлінням МОЗД Д 31
- Настанова з програмного забезпечення WELMEC

З урахуванням вимог цих документів було атестовано програмні засоби для знаходження електричних параметрів п'єзокерамічних елементів, на базі сукупних вимірювань.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки “Опрацювання результатів вимірювань” / Уклад. В.О. Поджаренко, О.М. Васілевський, О.П. Войтович. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 38 с.
2. Опрацювання результатів вимірювань у навчальному фізичному експерименті / Спосіб доступу URL: <http://cde.kpi.kharkov.ua/cdes/Errors.htm>
3. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2001. –219с.
4. Зеленка И. Пьезоэлектрические резонаторы на объемных и поверхностных акустических волнах: Материалы, технология, конструкция, применение. М.: Мир, 1990. 584 с.
5. Ярославский М.И., Смагин А.Г. Конструирование, изготовление и применение кварцевых резонаторов. М.: Энергия, 1971.
6. Негров Д.А. Ультразвуковые колебательные системы для синтеза полимерных композиционных материалов: монография/ Д.А. Негров, Е.Н. Еремин, А.А. Новиков, Л.А. Шестель. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. – 128 с.
7. Кикучи Е. Ультразвуковые преобразователи / Е. Кикучи // – М.: Мир, 1972. –424с.
8. Богуш М. В. Пьезоэлектрическое приборостроение: сборник в 3 томах. — Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2006. — 346 с.
9. Шарапов М.В. Ультразвуковые пьезокерамические преобразователи с магнитоакустическим слоем / В.М. Шарапов, М.П. Мусиенко, Е.В. Шарапова // Техносфера, 2006. – 349 с.
10. Янчич В.В. Пьезоэлектрические датчики вибрационного и ударного ускорения: Учеб. Пособие. – Ростов-на-Дону, 2008.
11. Кварцевые резонаторы Белов А.А., Степанов А.В. – Москва, 2012г - 18с.

12. Земляков В.В. Моделирование измерительных процессов в Matlab: Уч. пособие. – Ростов-на-Дону, 2008. – 70 с.
13. Глюкман Л.И. Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы. М.: Радио и связь, 1981.
14. Совокупные измерения электрических параметров пьезокерамических элементов / А. В. Светлов, А. С. Колдов, Н. В. Родионова, Е. А. Ломтев, Б. Ф. Цыпин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – С. 123–126.
15. Основы инвариантного преобразования параметров электрических цепей /А. И. Мартяшин, К. Л. Куликовский, С. К. Куроедов, Л. В. Орлова.. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.
16. Земляков, В. Л. Методы и средства технической диагностики пьезокерамических элементов / В. Л. Земляков // Известия вузов. Приборостроение. – 2010. – Т. 53, № 10. – С. 61–65.
17. Принципы построения аппаратно-программных комплексов для формирования и измерения параметров импульсных сигналов / А. В. Светлов, М. Ю. Паршуков, И. В. Ханин, П. Мишра // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2009. – № 3 (11). – С. 102–112.
18. OPA655 Datasheet (PDF) - Texas Instruments / Спосіб доступу URL: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28729/TI/OPA655.html>
19. AD9851 - Analog Devices / Спосіб доступу URL: [:http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD9851.pdf](http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD9851.pdf)
20. mDaq-12 Спосіб доступу URL: http://holit.com.ua/modules_board/m-daq12.html

21. Светлов, А. В. Оценка погрешности преобразования сопротивления электрических цепей в напряжение / А. В. Светлов, Д. А. Ушенин, И. В. Ушенина. // Метрологическое обеспечение измерительных систем : сборник докладов международной научно-технической конференции – Пенза, 2005. – С. 257–259.
22. Разевиг, В. Д. Система проектирования OrCAD 9.2 / В. Д. Разевиг. – М.: Солон-Р, 2001. – 520 с.
23. Слаев В.А., Чуновкина А.Г. Аттестация программного обеспечения, используемого в метрологии: Справочная книга / Под ред. В.А. Слаева. — СПб.: «Профессионал», 2009. — 320 с.
24. Слаев В.А., Чуновкина А.Г. Аттестация программного обеспечения, используемого в метрологии: Справочная книга / Под ред. В.А. Слаева. — СПб.: «Профессионал», 2009. — 320 с.
25. Законодательная метрология в Украине / Спосіб доступу URL: <https://www.coomet.net/ru/organizacija/tk-2-zakonodatelnaja-metrologija/zakonodatelnaja-metrologija-v-stranakh-koomet/#link8>
26. Directive 2004/22/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on measuring instruments
27. Software Guide (Measuring Instruments Directive 2004/22/EC). European Cooperation in Legal Metrology. WELMEC 7.2. Issue 1. 2006. Руководство по программному обеспечению (Директива по средствам измерения 2004/22/EC).
28. General Requirements for Software Controlled Measuring Instruments, OIML D 31:2008. Основные требования к программно управляемым средствам измерений.
29. Рекомендация КООМЕТ. Программное обеспечение средств измерений. Общие технические требования. COOMET R/LM/10:2004.

30. Міжнародний словник по метрології VIM / Спосіб доступу URL:

http://ipg.geospace.ru/metrology/docs/JCGM_200_2008-trans.pdf

31. Розроблення та імплементація законодавчих та нормативно-правових актів у частині обліку газу та метрології на виконання закону "Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства". Осієвський В.О. к.т.н. "Нафтогаз України".

ДОДАТОК А

Акт випробувань № 2

Валідація програмного забезпечення для вимірювань електричних параметрів п'єзокерамічних елементів

Повноваження

Директива по вимірювальним приладам (MID) встановлює основні вимоги для засобів вимірювальної техніки, які використовуються в Європейському Союзі. Програмне забезпечення засобів вимірювань пройшло процедуру підтвердження (валідації), щоб показати відповідність основним вимогам MID.

Підтвердження було засновано на документі WELMEC MID «Настанова по вимогах до програмного забезпечення» (WELMEC 7.2), в якому інтерпретуються і пояснюються основні вимоги до програмного забезпечення. Цей документ описує перевірки програмного забезпечення, необхідні для встановлення відповідності вимогам MID.

Клієнт

студент

групи 152М-16-1

Антипенко О. І.

Об'єкт тестування

Програмне забезпечення для вимірювань параметрів п'єзокерамічних елементів призначено для знаходження параметрів елемента, який представлений еквівалентною схемою. Усі параметри схеми заміщення знаходяться методом сукупних вимірювань.

Програмне забезпечення розроблено :

Студентом групи 152м-16-1 Антипенко О.І.

Версія програмного забезпечення що тестується 1.1.0.1. Початкова програма складається з наступних законодавчо контрольованих файлів:

РКЕ.vi	20066 байт	19 січня 2018 року;
--------	------------	---------------------

Валідація базувалася на наступних документах виробника:

- Посібник користувача
- Опис програмного забезпечення
- Схема заміщення п'єзокерамічного елемента

Процедура перевірки

Процедура підтвердження була виконана відповідно до Керівництва WELMEC 7.2, видання 5 (завантажене з www.welmec.org)

Валідація виконувалася в період з 1 січня по 22 січня 2018 року.

Були підтверджені наступні вимоги:

- Основні вимоги для програмного забезпечення засобів вимірювальної техніки, що використовують універсальний комп'ютер (тип U)
- Спеціальні програмні вимоги для типу U

Для засобів вимірювань було обрано клас ризику С.

Для підтвердження були застосовані наступні методи:

- ідентифікація програмного забезпечення
- оцінка повноти документації
- перевірка керівництва по експлуатації
- функціональне тестування
- опис виконання програмного забезпечення
- огляд програмної документації
- моделювання вхідних сигналів

Результат

Були підтверджені наступні вимоги Керівництва WELMEC 7.2, Видання 5 без виявлення збоїв:

- U1, U2, U3, U5, U6

Програмне забезпечення ApplicationPKE v1.1.01 реалізує основні вимоги MID.

Результати відносяться тільки до об'єкту що тестується.

Студент 152м-16-1

Антипенко О. І.

Дата: 22 січня 2018 року

ДОДАТОК Б

Звіт про тестування № 1

Атестація програмного забезпечення для вимірювань електричних параметрів п'єзокерамічних елементів

Програмне забезпечення атестувалося для того, щоб продемонструвати його відповідності вимогам нормативного документу (рекомендації МОЗМ) №XX.

Атестація проводилася на основі звіту, що міститься в Рекомендації МОЗМ D 31: 2008, в якому інтерпретуються і пояснюються найважливіші вимоги до програмного забезпечення. У цьому звіті описується перевірка програмного забезпечення для оцінки його відповідності вимогам документа XX.

Виробник

студент

групи 152м-16-1

Антипенко О. І.

Об'єкт тестування

Програмне забезпечення для вимірювань параметрів п'єзокерамічних елементів призначено для знаходження параметрів елемента, який представлений еквівалентною схемою. Усі параметри схеми заміщення знаходяться методом сукупних вимірювань.

Вимоги, дотримання яких перевірялося при атестації:

- ідентифікація програмного забезпечення;
- коректність алгоритмів і функцій;
- Захист програмного забезпечення;
- захист від випадкового порушення правил застосування;
- захист від шахрайства;

Застосовувалися такі методи атестації:

- експертиза документації та атестація конструкції;
- атестація вимірювальних функцій;
- наскрізний контроль, перевірка програми;

Результат

В результаті атестації не виявлено порушення вимог наступних пунктів Рекомендації МОЗМ D 31: 2008:

5.1.1; 5.1.2; 5.1.3.2; 5.2.1; 5.2.2.1.

Висновок

Програмне забезпечення для вимірювання параметрів п'єзокерамічних елементів, версія V1.2с, відповідає вимогам нормативного документа (рекомендації МОЗМ).