

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Систем якості,
стандартизації та метрології»

В авторській редакції

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-методичні рекомендації
до проведення практичних та лабораторних занять

Електронне видання

ДНІПРО
2024

УДК 681.518.3:006.91(076.5)

П 78

Упорядник:
К. О. Черноіваненко

Електронне видання

Рекомендовано ГЗЯОП «ЯМЕ» спеціальності
175 – Інформаційно-вимірювальні технології
Протокол № 7 від 07.06.2024

П 78 Програмне забезпечення інформаційно-вимірювальних технологій : навчально-методичні рекомендації до проведення практичних та лабораторних занять / упоряд. К. О. Черноіваненко ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 64 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами безвідривної форми навчання спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» під час виконання практичних та лабораторних занять з дисципліни «Програмне забезпечення інформаційно-вимірювальних технологій».

Навчально-методичні рекомендації містять інформацію, необхідну для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання практичних і лабораторних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

Іл. 23. Табл. 8. Бібліогр.: 9 назв.

© Черноіваненко К. О., упорядкування, 2024

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	7
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	7
2.1 Методичні вказівки до практичних занять.....	7
Практична робота № 1 «Класифікація електровимірювальних приладів за їх системою вимірювань».....	7
Практична робота № 2 «Розширення меж вимірювання амперметра та вольтметра».....	12
Практична робота № 3 «Інтерфейси комп'ютерних систем забезпечення вимірювань».....	15
Практична робота № 4 «Технології накопичення даних».....	24
Практична робота № 5 «Документування процесу проектування приладів»	29
Практична робота № 6 «Складання Технічного завдання та Технічної пропозиції при проектуванні вимірювального приладу».....	30
2.2 Методичні вказівки до лабораторних занять.....	33
Лабораторна робота № 1 «Комп'ютерне середовище з розробки віртуальних вимірювальних систем».....	33
Лабораторна робота № 2 «Побудова віртуальних вимірювальних систем».....	38
Лабораторна робота № 3 «Представлення, відображення функцій та сигналів у середовищі для розробки віртуальних вимірювальних систем».....	43
Лабораторна робота № 4 «Проектування та віртуальна реалізація інформаційно-вимірювальної системи для вимірювань температури».....	48
2.3 Методичні вказівки до індивідуального завдання «Моделювання фізичних процесів в середовищі LabVIEW».....	52
3 ЗАСОБИ САМОКОНТРОЛЮ	61
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ПОСИЛАНЬ	63

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Програмне забезпечення інформаційно-вимірювальних технологій» входить до циклу обов'язкових дисциплін професійної підготовки студентів, що навчаються за Освітньо-професійною програмою «Якість, метрологія та експертиза» спеціальності 175 – Інформаційно-вимірювальні технології першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Метою наявного видання у контексті вивчення дисципліни «Програмне забезпечення інформаційно-вимірювальних технологій» є формування у студентів системних знань і практичних навичок в області розробки і застосування апаратно-програмного забезпечення комп'ютерних систем, що використовуються для обробки різних видів інформації в процесі експлуатації вимірювальних систем, побудованих на основі сучасних комп'ютерних технологій.

Видання сприяє набуттю таких *фахових компетентностей, передбачених освітньою програмою:*

К1. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, що передбачає застосування теорій та методів метрології, способів побудови засобів автоматизації та приладобудування у будь-якій предметній області економічної діяльності з використанням нормативних документів з побудови та функціонування складових систем якості та технічного регулювання, необхідних для професійної діяльності та/або продовження освіти.

К01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях.

К04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

К05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

К10. Здатність приймати обґрунтовані рішення, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт, працювати як індивідуально, так і в команді.

К14. Здатність проєктувати склад інформаційно-вимірювальної системи у певній сфері діяльності та описувати принципи її роботи.

К16. Здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань.

Відповідно до освітньої програми видання спільно з іншими освітніми компонентами має забезпечити досягнення таких **програмних результатів навчання**:

ПР 01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки для конкретних умов їх використання.

ПР 02. Знати і розуміти основні поняття метрології, теорії вимірювань, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасні методи обробки та оцінювання точності вимірювального експерименту при забезпеченні якості продукції, процесів та систем.

ПР 06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації в конкретних умовах.

ПР 07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при розв'язанні вимірювальних задач.

ПР 09. Розуміти застосовувані методики та методи аналізу, проектування і дослідження, а також обмеження їх використання у конкретних умовах.

ПР 13. Знати та вміти застосовувати сучасні інформаційні технології для розв'язання задач у сферах метрології, інформаційно-вимірювальної техніки та забезпечення якості.

Очікувані результати виконання завдань за наявним виданням (згідно зі змістом навчальної дисципліни) представлені у таблицях 1 та 2.

В узгодженості із завданнями наявного видання та в результаті вивчення дисципліни студент повинен:

- **знати:** основні принципи моделювання процесу вимірювання, метрологічного забезпечення та принципи побудови на їх базі інформаційно-вимірювальних систем, а також засобів їх розроблення; принципи побудови програмного та апаратного забезпечення комп'ютерних вимірювальних комплексів, їх класифікацію, технічні характеристики та склад програмного забезпечення окремих компонент вимірювальних приладів;

- **вміти:** застосовувати практичні навички програмування компонент вимірювальних приладів та використання сучасних візуальних та об'єктно-орієнтованих технологій розробки програмних компонентів; визначати підходи до проектування систем і схем вимірювання певних об'єктів за сферою діяльності та описувати принцип їх роботи.

Таблиця 1 – Очікувані фахові результати навчання та виконання практичних і лабораторних робіт та індивідуального завдання

Код	Очікуваний результат навчання	Рівень
ОРН1	Застосовувати основні принципи моделювання процесу вимірювання, метрологічного забезпечення та принципи побудови на їх базі інформаційно-вимірювальних систем, а також засобів їх розроблення.	III
ОРН2	Пояснити та описувати принципи побудови програмного та апаратного забезпечення комп'ютерних вимірювальних комплексів, їх класифікацію, технічні характеристики та склад програмного забезпечення окремих компонент вимірювальних приладів.	II
ОРН3	Застосовувати практичні навички програмування компонент вимірювальних приладів та використання сучасних візуальних та об'єктно-орієнтованих технології розробки програмних компонентів.	III
ОРН4	Визначати підходи до проєктування систем і схем вимірювання певних об'єктів за сферою діяльності та описувати принцип їх роботи.	I

Таблиця 2 – Соціальні навички фахівця (за Б. Блумом), розвитку яких сприяє навчальна дисципліна та виконання практичних і лабораторних робіт, індивідуальних завдань та курсової роботи (ОН – «особистісні навички»; КН – «комунікаційні навички»)

Код	Соціальна навичка (soft skill)
ОН1	Здатність управляти власним часом.
ОН2	Здатність самостійно приймати рішення.
ОН4	Прихильність до позитивного мислення.
КН1	Здатність зрозуміло формулювати думки.
КН3	Здатність дискутувати та надавати аргументовані відповіді.

Передумовами для вивчення дисципліни є попереднє опанування дисциплінами Циклу загальної підготовки («Історія та культура України», «Філософія та політологія», та ін.), загально-наукових та загально-технічних дисциплін Циклу професійної підготовки («Вища математика», «Фізика»,

«Хімія», «Електротехніка», «Електроніка»), фахових дисциплін цього циклу («Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних технологій», «Опрацювання результатів вимірювань», «Технічний контроль якості» та ін.).

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Структуру вивчення дисципліни «Програмне забезпечення інформаційно-вимірювальних технологій» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура вивчення дисципліни

Курс/ семестр	Загалом, годин	Лекцій, годин	Лабор. годин/ кількість	Практ., годин/ кількість	Самост., годин	Вид контролю
4/7	120	8	4/4	4/6	104	Індивідуальне завдання. Диф. залік

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає самостійну роботу, контрольовану викладачем, що включає:

- вивчення лекційного матеріалу та підготовку до практичних та лабораторних занять;
- самостійне вивчення розділів дисципліни, що не викладаються на лекціях;
- виконання практичних і лабораторних робіт та індивідуального завдання;
- підготовку до контрольного заходу (диф. залік).

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Методичні вказівки до практичних занять

Практична робота № 1

«Класифікація електровимірювальних приладів за їх системою вимірювань»

Мета: ознайомлення студентів з класифікацією електровимірювальних приладів за їх системою вимірювань.

Суть розробки: аналіз конструктивних характеристик та класифікація електровимірювальних приладів за їх системою вимірювань.

Термін виконання – 0,5 години.

Предметна сфера розробки: метрологічне забезпечення діяльності підприємства.

Теоретичні положення.

Електровимірювальні прилади (точніше – установки, що містять в одному корпусі вимірювальний перетворювач та вимірювальний прилад) розрізняються за рядом ознак, основні з яких наступні:

- електрична характеристика, що вимірюється (сила струму, його напруга, величина опору, потужність, частота тощо);
- вид струму (постійний чи змінний; постійний та змінний; синусоподібний, імпульсний тощо);
- клас точності;
- вид реєстрації сигналу (аналоговий, дискретний);
- принцип дії (магнітоелектричні, електромагнітні, електродинамічні, індукційні, термоелектричні, випрямні та інші);
- спосіб відліку та характер шкали (з безпосереднім відліком по шкалі: стрілочні, цифрові, – та такі, що реєструють; шкала може бути рівномірною та нерівномірною, односторонньою, двосторонньою, безнульовою тощо);
- характер застосування й установки (стаціонарні, переносні, транспортні; встановлювані вертикально, горизонтально та під кутом до горизонталі).

Для вимірювання електричних величин найчастіше застосовуються наступні прилади: для сили струму – *амперметр*; для напруги – *вольтметр*; для потужності – *ваттметр*; для витрати електроенергії – *електричний лічильник*; для коефіцієнта потужності – *фазометр*; для опору – *омметр*; для частоти – *частотомір*; для ємності – *фарадометр*; для пасивних електричних компонентів провідності – *вимірювач імпедансу*, який є *узагальнюючим* вираженням активно-реактивної провідності та зворотною величиною відносно *імпедансу* – активно-реактивного опору (*разом* – *адмітанс*); для добротності – *куметр*; для параметрів і вигляду сигналів – *осцилограф*.

Вимірювальний механізм (вимірювальний перетворювач) приладів (установок) *магнітоелектричної системи* (рисунок 1) складається з постійного магніту 1, який має підковоподібну форму.

Усередині магніту знаходиться котушка індуктивності 2, зв'язана зі стрілкою 4 приладу. При протіканні електричного струму в провідниках котушки з'являється електромагнітна сила, величина якої пропорційна силі струму. В результаті, котушка (вимірювальний пристрій), що укріплена на осі, повертається на кут, пропорційний значенню вимірюваної величини. Разом з котушкою відхиляється пов'язана стрілка приладу, вказуючи на шкалі значення вимірюваної величини. При відключенні приладу від ланцюга живлення пружиною 3 система повертається у початковий стан. Такі прилади використовуються для вимірювань у колах постійного струму.

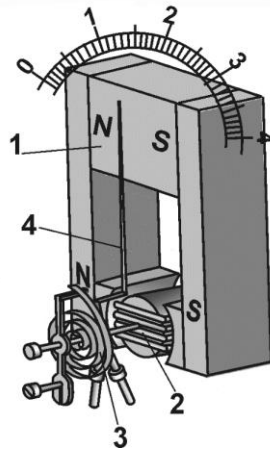


Рисунок 1 – Схема магнітоелектричної системи електровимірювального приладу (пояснення позицій – у тексті) [1]

Вимірювальний механізм (вимірювальний перетворювач) приладів (установок) *електромагнітної системи* (рисунок 2) складається з котушки індуктивності 1 з рухомих магнітопроводом 2, який зв'язаний з діамантною стрілкою 3 приладу.

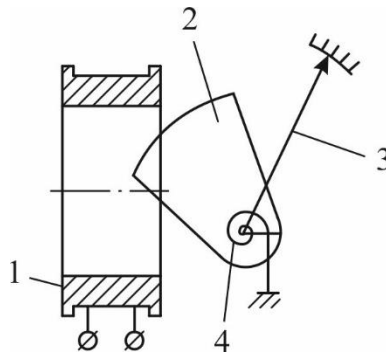


Рисунок 2 – Схема електромагнітної системи електровимірювального приладу (пояснення позицій – у тексті) [1]

При протіканні електричного струму крізь провідники котушки внаслідок появи електромагнітного поля магнітопровід (вимірювальний пристрій) втягується в її порожнину на величину, що є пропорційною значенню сили струму, а пов'язана стрілка приладу на шкалі відповідним чином відхиляється. Пружина 4 повертає систему у початковий стан. Такі прилади використовуються для вимірювань у колах постійного та змінного струмів.

Вимірювальний механізм (вимірювальний перетворювач) приладів (установок) *електродинамічної системи* (рисунок 3) складається з двох котушок індуктивності (нерухомої 1 і рухомої 2). При протіканні електричного струму в провідниках котушок з'являється електромагнітна сила. В результаті, рухома котушка (яка знаходиться усередині нерухомої котушки і функціонально є вимірювальним приладом) відхиляється на кут, пропорційний значенню сили струму. Пов'язана стрілка 4 приладу на шкалі відповідним чином також відхиляється. Пружини 3 повертають систему у початковий стан. Прилади цієї системи

використовуються для вимірювань у колах постійного та змінного струмів.

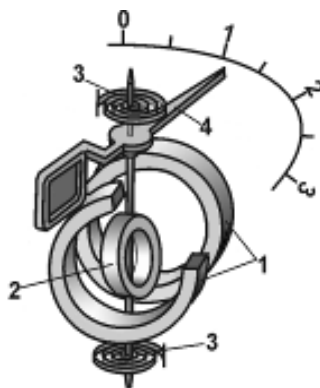


Рисунок 3 – Схема електродинамічної системи електровимірювального приладу (пояснення позицій – у тексті) [1]

Вимірювальний механізм (вимірювальний перетворювач) приладів (установок) *індукційної системи* (рисунок 4) складається з двох нерухомих котушок *D* і *G* індуктивності (взаємно розгорнутих у просторі на кут 90° , які функціонально є вимірювальним приладом) та рухомої металевої частини *A* у вигляді диска або циліндра, що розміщується між котушками.

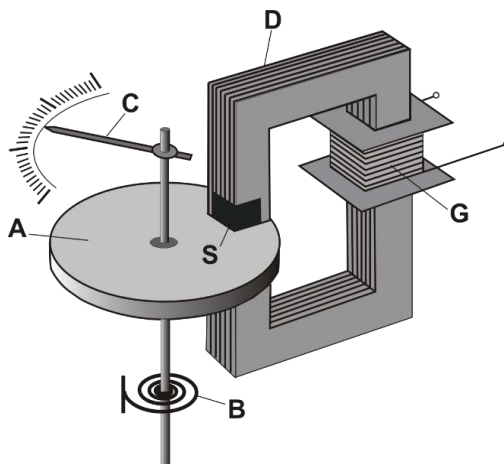


Рисунок 4 – Схема індукційної системи електровимірювального приладу (пояснення позицій – у тексті) [1]

Одну котушку включають паралельно споживачу електричного струму (опору), а іншу послідовно з ним. Струми, що протікають у котушках, створюють два магнітних потоки, які пронизують рухому металеву частину і наводять у ній вихрові електрорушійні сили (е.р.с.). Під дією наведених вихрових е.р.с. у рухомій частині *A* з'являються вихрові струми, тобто рухома частина зі струмом знаходиться в магнітному полі котушок. В результаті, спостерігається електромагнітна сила, яка приводить до обертання рухомих частин, пов'язану зі стрілкою *C* або механічним лічильником обертів. Наконечник *S* слугує демпфером, а пружина *B* повертає систему у початковий стан при відключення струму. Такі прилади використовують, як правило, для вимірювання потужності та енергії в колах змінного струму (*див. нижче*).

Прилади *термоелектричної системи* (рисунок 5) являють собою сукупність термопари (про термопару – див. вище) з двох матеріалів 3 і 4, яка є первинним перетворювачем – датчиком. Термопара з'єднувальними дротами 2 під'єднується до приладу 1 магнітоелектричної системи, який виступає в ролі вторинного перетворювача.

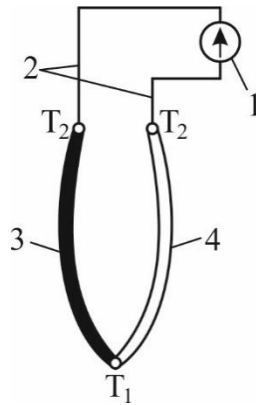


Рисунок 5 – Схема термоелектричної системи електровимірювального приладу (пояснення позицій – у тексті) [1]

В результаті теплової дії струму спай T_1 термопари нагрівається, й у ньому наводиться термоелектрорушійна сила (т.е.р.с.), незалежно від роду струму. При виникненні т.е.р.с. у котушці вимірювального механізму протікає постійний струм, який викликає електромагнітну силу. В результаті, котушка, а разом з нею і пов'язана стрілка приладу відхиляються, вказуючи на шкалі значення вимірюваної величини. Прилади цієї системи використовуються для вимірювань у колах постійного та змінного струмів.

Прилади *випрямної системи* являють собою сукупність приладу магнітоелектричної системи й одного або декількох напівпровідникових випрямлячів, призначення яких – живлення вимірювального механізму електровимірювальної системи постійним струмом. Прилади цієї системи використовуються для вимірювань у колах постійного та змінного струмів для вимірювання невеликих значень фізичних величин, а також для вимірювання у колах з підвищеною частотою струму (більше за 50 Гц).

Порядок виконання роботи студентом.

1. Вивчає інформацію щодо характеристик та класифікації електровимірювальних приладів за їх системою вимірювань.
2. Отримує від викладача прилади, призначені для вимірювання напруги та сили електричного струму.
3. Визначає їх систему вимірювань.
4. Користуючись лекційними матеріалами та інформацією з літературних джерел визначає особливості схеми вимірювань електричних величин.
5. Оформлює результати у пояснювальній записці.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 5...8 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи: здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Практична робота № 2

«Розширення меж вимірювання амперметра та вольтметра»

Мета: набуття студентами умінь щодо розширення меж вимірювання амперметра та вольтметра.

Суть розробки: ознайомлення з правилами ввімкнення в електричне коло шунта для амперметра та додаткового опору для вольтметра, визначення необхідних характеристик шунта та додаткового опору для практичного розширення функціональних можливостей системи для вимірювань електричних величин.

Примітка: за рішенням викладача роботу можна виконувати повністю або частково.

Термін виконання – 0,5 години.

Предметна сфера розробки: засоби інформаційно-вимірювальної техніки для випробувань та контролю якості продукції; метрологічна служба на підприємстві будь-якого виду економічної діяльності.

Теоретичні положення

Силу електричного струму вимірюють за допомогою амперметра, який вмикають в електричне коло *послідовно* зі споживачем електричної енергії. Опір амперметра повинен бути у багато разів менший за опір електричного кола.

Для вимірювання сили струму, що перевищує значення, на яке розрахований прилад, тобто для розширення меж його вимірювання, паралельно амперметру підключають шунт $R_{ш}$ (рисунок 1), який являє собою звичайний резистор.

При цьому, I сумарного струму, який бажано виміряти за допомогою наявного амперметра, дорівнює сумі струмів, які проходять через шунт і прилад: $I = I_A + I_{ш}$.

За законом Ома для ділянки кола:

$$R_{ш} = \frac{U}{I_{ш}}, \quad (1)$$

де U – електрична напруга.

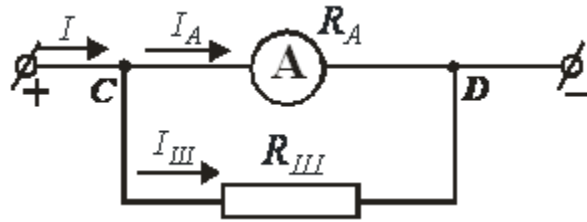


Рисунок 1 – Схема увімкнення амперметра в електричний ланцюг (А – позначення амперметра; $R_{ш}$ – опір шунта; I_A , $I_{ш}$, I – струм крізь амперметр, крізь шунт та сумарний відповідно; C, D – точки підключення шунта до амперметра)

Враховуючи, що $I_{ш} = I - I_A$ та $U = U_A = I_A \cdot R_A$, де R_A – опір амперметра, отримаємо:

$$R_{ш} = \frac{I}{I - I_A} \cdot R_A. \quad (2)$$

Якщо позначити збільшення струму через n , тобто:

$$n = I / I_A, \quad (3)$$

то остання формула набуде вигляду:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1}, \quad (4)$$

а струм, який тече через шунт, тоді дорівнюватиме:

$$I_{ш} = I_A \cdot \left(\frac{I}{I_A} - 1 \right) = I \cdot (n - 1). \quad (5)$$

Шунти за їх конструктивним виконанням та/або розміщення по відношенню до гальванометра, який є базовим для амперметра, бувають внутрішніми та зовнішніми.

Напругу електричного струму вимірюють за допомогою вольтметра, який вмикають в електричне коло **паралельно** споживачу електричної енергії - резистору R .

Опір вольтметра повинен бути у багато разів більший за опір споживача R електричної енергії.

Для вимірювання напруги електричного струму, що перевищує значення, на яке розрахований прилад, тобто для розширення меж його вимірювання, послідовно з вольтметром включають додатковий опір, який є звичайним резистором $R_{дод}$. У такому разі величину додаткового опору $R_{дод}$ для розширення межі вимірювання вольтметра у n разів визначають за формулою:

$$R_{дод} = R_V \cdot (n - 1), \quad (6)$$

Порядок виконання роботи студентом

1. Опрацьовує наведені вище теоретичні відомості та готує форму для реєстрації результатів.

2. Отримує від викладача міліамперметр та вольтметр з певними діапазонами вимірювань, магазин опорів, джерело живлення на $E=1,5$ В, контрольний амперметр A_K та контрольний V_K вольтметр з діапазонами вимірювання не менше як у 2 рази більшими, ніж у дослідного міліамперметра та

вольтметра, та завдання щодо розширення меж вимірювання міліамперметра у n разів (наприклад, $n=2$), а також з'єднувальні дроти та з'єднувальні клеми.

3. Визначає опір наданих міліамперметра R_A та вольтметра R_V за паспортними даними.

4. Використовуючи формулу (4), розраховує шунт для розширення меж вимірювання міліамперметра у n разів.

5. Використовуючи формулу (6), розраховує величину додаткового опору $R_{дод}$ для розширення меж вимірювання вольтметра у n разів.

6. Перераховує шкалу міліамперметра та вольтметра за умов збільшення в n разів ціни поділки їх шкал.

7. Збирає електричне коло за схемою на рисунку 2 з шунтом $R_{ш}$, який згідно з попередніми розрахунками, забезпечується магазином опорів.

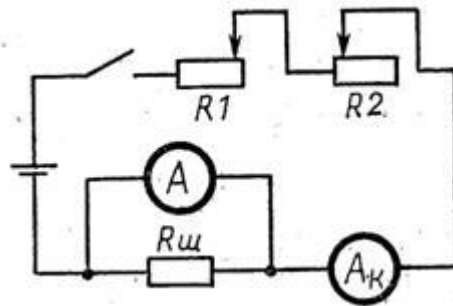


Рисунок 2 – Схема контролю працездатності розрахованого шунта: $R1$ – реостат; $R2$ – резистор, який умовно представляє собою споживача електричної енергії; A – досліджуваний міліамперметр; A_k – контрольний амперметр

8. Збирає електричне коло за схемою на рисунку 3 з додатковим опором, який згідно з попередніми розрахунками, забезпечується магазином опорів.

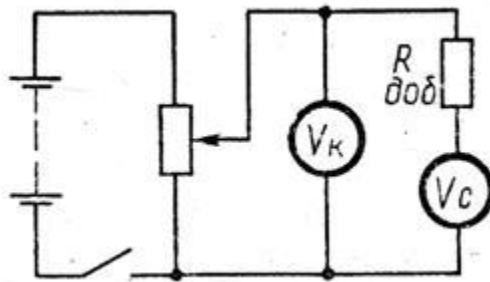


Рисунок 3 – Схема контролю працездатності розрахованого додаткового опору $R_{дод}$: V_c – досліджуваний вольтметр; V_k – контрольний вольтметр

9. Змінюючи за допомогою реостату силу струму в колі, спостерігає як змінюватимуться покази контрольного амперметра та шунтованого міліамперметра. Виконує 3...5 вимірювань з використанням кожної схеми та записує результати показів дослідних та контрольних приладів, порівнюючи їх між собою. Розраховує абсолютну похибку міліамперметра з шунтом та вольтметра з додатковим опором.

Увага! Забороняється виводити на «0» реостати повністю, так як це може зумовити коротке замикання і псування приладів!

10. Оформлює результати у пояснювальній записці, відзначаючи додатково:

- фізичний зміст сили електричного струму, напруги та опору з одиницями їх вимірювання в СІ;
- особливості ввімкнення амперметра та вольтметра в електричне коло;
- що являю собою шунт та додатковий опір та які особливості їх приєднання до відповідних приладів.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 5...8 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи: здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Практична робота № 3

«Інтерфейси комп'ютерних систем забезпечення вимірювань»

Мета: ознайомлення студентів з класифікацією інтерфейсів вимірювальних систем та приладів із системних позицій, з їх функціональними можливостями та з принципами, покладеними в основу роботи інтерфейсів.

Суть розробки: огляд інтерфейсів вимірювальних систем і приладів, а також принципів їх роботи.

Термін виконання – 1 година.

Предметна сфера розробки: проектування засобів інформаційно-вимірювальної техніки для випробувань та контролю якості продукції; метрологічна служба на підприємстві будь-якого виду економічної діяльності.

Теоретичні положення

Інтерфейс – сукупність уніфікованих апаратних, програмних, конструктивних засобів, що необхідні для реалізації алгоритмів взаємодії різних функціональних блоків вимірювальних систем та приладів, а також функціональних блоків, що входять до складу автоматизованих систем управління.

Інтерфейси ПЕОМ та засобів промислової автоматизації за функціональним призначенням поділяють на локальні, мезонінні, системні, інтерфейси периферійних пристроїв, приладові інтерфейси та на інтерфейси локальних обчислювальних мереж.

В основу класифікації інтерфейсів вимірювальних систем покладено такі класифікаційні ознаки: універсальність чи відкритість, тип зв'язків, призначення, фізична природа сигналу зв'язку, тип організації зв'язку, режим обміну інформацією, тип інтерфейсу та використовувані стандарти.

Інтерфейси, як програмно-технічні системи, поділяються на *відкриті* та *закриті*.

Інтерфейси закритого типу відмежовані від обміну енергією та інформацією з довкіллям. Взаємодія відбувається усередині системи між її структурними компонентами.

Інтерфейси відкритого типу функціонує завдяки обміну енергією та інформацією з довкіллям. Досягнення абсолютно відкритого або закритого стану інтерфейсу неможливо. Відкритість можна розглядати на різних рівнях ієрархії програмного та апаратного забезпечення системи чи її складових частин. Відкритими, наприклад, можуть бути:

- фізичні інтерфейси, протоколи обміну, методи контролю помилок, системи адресації, формати даних, типи організації мережі, інтерфейси між програмами, діапазони зміни аналогових сигналів;
- інтерфейси користувача, мови програмування контролерів, керуючі команди;
- модулі вводу-виводу, мови управління базами даних, операційні системи, засоби зв'язку апаратури із програмним забезпеченням;
- конструкційні елементи (шафи, стійки, корпуси, роз'єми, елементи кріплення);
- системи, що включають перелічені вище елементи.

За типом зв'язків інтерфейси поділяються на *дротові* та *бездротові*. Лінії зв'язку, що використовуються, призначені для утворення каналів зв'язку між вимірювальними системами, приладами і комп'ютером. Лінії зв'язку включають передавач, приймач сигналів та середовище передачі. Така структура аналогічна структурі каналу зв'язку. Відмінність полягає в тому, що в одній лінії зв'язку може бути утворено від одного до кількох тисяч каналів – все залежить від типу передавального та приймального пристроїв та середовища передачі. Багато каналів утворюються шляхом частотного, тимчасового або кодового ущільнення лінії зв'язку.

На сьогодні відомі дві інструментальні платформи: платформа модульних та платформа традиційних вимірювальних приладів. У зв'язку з цим, за призначенням розрізняють інтерфейси для *традиційних* та *віртуальних інформаційно-вимірювальних систем та приладів*.

За фізичною природою зв'язку можна виділити інтерфейси з *електромагнітними* та *оптичними* видами зв'язків, що відрізняються за значеннями частот і довжин хвиль.

За організацією зв'язку інтерфейси поділяють на *магістральні*, *радіальні* (мережа «зірка»), *кільцеві*, *ієрархічні*, *радіально-магістральні*.

За режимом обміну інформацією інтерфейси поділяють на *симплексні, напівдуплексні, дуплексні, мультиплексні*. В інтерфейсах із симплексним режимом обміну інформацією можлива лише односпрямована передача інформації від одного абонента іншому. У цьому випадку буфери приймача та передавача інформації виконуються односпрямованими.

В інтерфейсах з напівдуплексним режимом обміну в довільний момент часу може здійснюватися або лише прийом, або лише передача даних між двома абонентами. Буфери приймача кожного з абонентів зв'язку виконуються двонаправленими. В інтерфейсах з дуплексним режимом обміну у будь-який довільний момент часу може здійснюватися одночасний прийом та передача даних між двома абонентами. В мультиплексних інтерфейсах передача цифрової інформації відбувається за допомогою спільної шини, в якій одночасно взаємодіють джерело і споживач. За типом управління розрізняють інтерфейси з апаратним та програмним управлінням. З існуючих типів інтерфейсів можна згадати інтерфейси сімейства *RS, IEEE, USB, ETHERNET, GPIB, стандарти CAMAC, PXI, VXI та LXI* [2].

Інтерфейси та стандарти

Сімейство інтерфейсів RS [2].

Інтерфейс RS-232 - один з найбільш популярних інтерфейсів сімейства RS, в який також входять інтерфейси V.35, RS-422, RS-449, RS-530, ANSI/TIA/EIA-232-F-1999, ANSI/TIA/EIA-574-90(R98), ANSI/TIA/EIA-723-98, ANSI/TIA/EIA-404-B-96 та інші.

RS-232 - провідний дуплексний інтерфейс. Метод передачі даних аналогічний асинхронному послідовному інтерфейсу. Передача даних у той чи інший бік можлива лише за умови, що приймач готовий прийняти ці дані. Якщо встановлено, що приймач не готовий, то джерело даних припиняє роботу, чекає на появу готовності, відновлює передачу і т. д. Це так зване апаратне управління потоком даних.

В основу роботи сімейства інтерфейсів RS покладено принцип дуплексного цифрового зв'язку, принцип програмного управління та принцип фізичного (провідного) зв'язку.

Принцип дуплексного цифрового зв'язку: велика пропускна спроможність каналу зв'язку може бути досягнутою, якщо передачу повідомлень (даних) в обох напрямках здійснювати по одному каналу зв'язку з тимчасовим поділом потоків даних.

Принцип дуплексного аналогового зв'язку: велика пропускна спроможність каналу аналогового зв'язку може бути досягнутою, якщо одночасна безперервна передача повідомлень (даних) здійснюється в обох напрямках по одному каналу зв'язку з нормованою різницею частот прийому та передачі.

Принцип асинхронності передачі повідомлення (даних): економний обмін даними може бути досягнутий, якщо їх передача здійснюється іноді і лише однією посилкою.

Принцип асинхронності виконання операцій: економія витрат виконання операцій може бути здійснена тільки тоді, коли код, що викликає, не блокується на час обчислення, а продовжує працювати далі до завершення операції, після чого здійснюється зворотний виклик («колбек») або інше повідомлення сповістить цей код про те, що результат готовий.

Завдяки асинхронному способу обміну інформацією вартість систем для асинхронного зв'язку в десять разів менше, ніж для синхронної. Недоліком є невисока швидкість передачі.

Принцип програмного управління - полягає в тому, що після повідомлення машині адреси першої команди програми та занесення тіла цієї команди до реєстру команд, програма управляє сама собою. Далі ніякого зовнішнього управління не потрібно.

Принцип фізичного зв'язку - прийом та/або передача повідомлень (даних) здійснюється тільки за допомогою фізично виділеної лінії - провідної або оптоволоконної.

Сімейство інтерфейсів IEEE та Ethernet

Ethernet і IEEE 802.3 є різними стандартами, але оскільки вони дуже схожі один на одного, то використовуються як взаємозамінні. Іншими словами, Ethernet та IEEE 802.3 створені за подібними технологіями. Різні модифікації стандартного інтерфейсу IEEE 802.3 передбачають використання товстого та тонкого коаксіального кабелю з хвильовим опором 50 Ом, неекранованої крученої пари, або 75-омного коаксіального кабелю.

До сімейства інтерфейсів Ethernet з відповідними стандартами зв'язку належать також:

Fast Ethernet – загальна назва для набору стандартів передачі в комп'ютерних мережах за технологією Ethernet зі швидкістю до 100 Мбіт/с на відміну від вихідних 10 Мбіт/с;

Gigabit Ethernet (GbE) - термін, що описує набір технологій для передачі пакетів Ethernet зі швидкістю 1 Гбіт/с. Його визначено в документі IEEE 802.3-2005;

10 Gigabit Ethernet або *10GbE* був відносно новим і найшвидшим із існуючих стандартів Ethernet Він представляє версію Ethernet з номінальною швидкістю передачі 10 Гбіт/с;

40-gigabitний Ethernet (або 40GbE) та *100-gigabitний Ethernet* (або 100GbE) - стандарти Ethernet, розроблені групою IEEE P802.3ba Ethernet Task Force у період з 2007 по 2011 рік. Ці стандарти є наступним етапом розвитку групи стандартів Ethernet, які мали до 2010 року максимальну швидкість 10 Гбіт/с. У нових стандартах забезпечується швидкість передачі в 40 і 100 Гбіт/с.

В основу роботи сімейства інтерфейсів Ethernet та IEEE 802.3 також покладено принцип фізичного зв'язку, принцип дуплексного зв'язку, принцип програмного управління та ін.

Сімейство інтерфейсів IEEE 1284

IEEE 1284, LPT (Line Print Terminal; паралельний порт, порт принтера) - міжнародний стандарт паралельного інтерфейсу для підключення периферійних пристроїв персонального комп'ютера, а саме: принтера, сканера, зовнішніх пристроїв для зберігання даних тощо.

В основі цього стандарту лежить інтерфейс Centronics та його розширені версії (ECP, EPP). Назва LPT утворена від найменування стандартного пристрою принтера LPT1 (Line Printer Terminal або Line PrinTer) в операційних системах сімейства MS-DOS.

Базовий інтерфейс Centronics є односпрямованим паралельним інтрефейсом. Він містить характерні для такого інтерфейсу сигнальні лінії: вісім ліній передачі даних, лінію «строб», лінії стану пристрою та п'ять зворотних ліній.

Дані передаються в один бік, від комп'ютера до зовнішнього пристрою. Але повністю односпрямованим інтерфейс IEEE 1284 назвати не можна. Так, п'ять зворотних ліній використовуються для контролю стану пристрою. Centronics дозволяє підключати один пристрій, тому для спільного використання кількох пристроїв потрібно додатково використовувати селектор. Швидкість передачі може варіюватися і досягати 1,2 Мбіт/с.

У даний час стандарт IEEE-1284 не розвивається. Остаточна стандартизація паралельного порту збіглася з початком впровадження інтерфейсу USB, який дозволяє

підключати також МФУ та забезпечує вищу швидкість друку та надійну роботу принтера. Альтернативою паралельному інтерфейсу є мережний інтерфейс Ethernet.

В основу роботи інтерфейсу IEEE-1284 покладено принципи симплексного зв'язку, принцип фізичного зв'язку, принцип паралельності та принцип програмного управління.

Принцип симплексного зв'язку: односторонній зв'язок між передавальною та приймальною сторонами можлива в тому і тільки в тому випадку, якщо передача повідомлень (даних) здійснюється в одному напрямку та через один і той же інтерфейс (або по тому самому каналу зв'язку).

При симплексному зв'язку сторона, що приймає, не може ні відповісти, ні підтвердити отримання повідомлення (даних).

Принцип паралельності передачі даних: високошвидкісна провідна передача даних для зберігання, перетворення, обробки, друку та візуалізації можлива тільки при поданні та односпрямованій передачі цих даних у паралельному коді.

Сімейство інтерфейсів IEEE 1394

IEEE 1394 (FireWire, i-Link) - послідовна високошвидкісна шина, призначена для обміну цифровою інформацією між комп'ютером та іншими електронними пристроями. Основними перевагами шини IEEE 1394 є:

- гаряче підключення - можливість переконфігурувати шину без вимкнення комп'ютера;
- різна швидкість передачі даних - 100, 200 і 400 Мбіт/с у стандарті IEEE 1394/1394a, додатково 800 і 1600 Мбіт/с у стандарті IEEE 1394b та 3200 Мбіт/с у специфікації S3200;
- гнучка топологія - рівноправність пристроїв, що допускає різні конфігурації (можливість «спілкування» пристроїв без комп'ютера);
- висока швидкість - можливість обробки мультимедіа-сигналу у реальному часі;
- підтримка ізохронного трафіку, тобто передачі потоку даних з постійною швидкістю та із взаємною синхронізацією переданих блоків даних з великою точністю;
- підтримка атомарних операцій - порівняння / обмін, атомарне збільшення (операції сімейства LOCK - compare / swap, fetch / add і т. д.);
- відкрита архітектура - відсутність необхідності використання спеціального програмного забезпечення;
- наявність живлення прямо на шині - струм до півтора ампер, а напруга від 8 до 40 вольт. В цьому випадку малопотужні пристрої можуть обходитися без блоків живлення;
- підключення до 63 пристроїв.

Шина IEEE 1394 використовується для: створення комп'ютерної мережі; підключення аудіо та відео мультимедійних пристроїв; підключення принтерів та сканерів; підключення жорстких дисків та масивів із кількох дисків, тобто запам'ятовуючих пристроїв, керованих контролером, пов'язаних між собою швидкісними каналами передачі і сприймаються зовнішньої системою як єдине ціле.

В основу роботи розглянутого сімейства інтерфейсів покладено принцип провідного зв'язку, принцип гарячого підключення, принцип відкритої архітектури, принцип асинхронності, принцип ізохронності та ін.

Принцип гарячого підключення (заміни): заміна периферійного чи іншого обладнання, а також програмного забезпечення вимірювальної системи або приладу при включеному живленні можливі в тому і тільки в тому випадку, якщо вони мають запас надмірності або здатні визначати і запам'ятовувати раптову зміну стану функціональних блоків системи або приладу, запам'ятовувати та відновлювати отримані дані, а також бути нечутливими до стрибків напруги живлення.

Для інтерфейсів гаряче підключення означає можливість переконфігурування шини без вимикання комп'ютера.

Принцип відкритої архітектури - архітектура вимірювальної системи або приладу відкритої в тому і тільки в тому випадку, якщо методи підключення (заміни) модулів функціональних блоків та/або периферійних пристроїв стандартизовані та не залежать від фірм-виробників.

У комп'ютеризованих вимірювальних системах та приладах відсутня необхідність у використанні спеціального програмного забезпечення.

Принцип ізохронності: передача пакетів даних встановленими каналами зв'язку здійснюється із заданою частотою прямування та суворо у певні моменти часу.

Сімейство інтерфейсів GPIB

Стандарт та інтерфейсна шина загального призначення GPIB загалом були створені в середині 60-х років. Бурхливий розвиток вимірювальних приладів та пристроїв практично відразу поставили питання про взаємодію між контрольно-керівною та вимірювальною апаратурою та комп'ютерною технікою, можливості комбінування комп'ютера та кінцевого вимірювального приладу. У ці роки компанія Hewlett Packard розробила та представила інтерфейс Hewlett-Packard Interface Bus (HP-IB) як багатоцільовий контролер. У 1970-х стандарт HP-IB був перетворений на більш загальний GPIB, а також був прийнятий як стандарт IEEE-488.

Основні переваги GPIB: відносно висока швидкість передачі, достатня кількість приладів на шині, гнучкість топології системи, можливість значних відстаней між приладами.

Додатковим фактором, що визначив популярність інтерфейсу GPIB, стала його відкритість і документованість, причому дуже докладна.

Компанії-лідери з виробництва вимірювальної техніки, як і раніше, розширюють номенклатуру стандартів та інтерфейсної шини загального призначення GPIB, а також розробляють засоби сполучення GPIB з новими інтерфейсами. Це пояснюється тим, що завжди будуть потрібні системи на один-два прилади.

Основні причини успіху GPIB – технічна спроможність та ринкова привабливість. Успіх GPIB – це успіх гармонійно збалансованої платформи.

В основу роботи інтерфейсної шини загального призначення GPIB покладено принципи провідного зв'язку, відкритої архітектури, паралельності, синхронності та ін. У ній усі фізичні та логічні параметри узгоджуються між собою.

Сімейство інтерфейсів USB

USB (Universal Serial Bus) – «універсальна послідовна шина») - послідовний інтерфейс передачі даних для середньошвидкісних та низькошвидкісних периферійних пристроїв у вимірювальній та обчислювальній техніці.

Для підключення периферійних пристроїв до шини USB використовується чотирипровідний кабель. При цьому два дроти (вита пара) у диференціальному включенні використовуються для прийому та передачі даних, а два дроти - для живлення периферійного пристрою. Завдяки вбудованим лініям живлення USB дозволяє підключати периферійні пристрої без власного джерела живлення.

В основу роботи універсальної послідовної шини USB покладено принципи провідного зв'язку, дуплексності, синхронності та ін.

Стандарт САМАС (КАМАК) - стандарт, що визначає організацію магістрально-модульної шини, призначеної для зв'язку вимірювальних пристроїв з апаратурою обробки даних у системах збору даних.

В основу стандарту «Камак» покладено магістрально-модульний принцип створення ПК.

Магістрально-модульний принцип може бути сформульований так: «Отримання заданої конфігурації та модернізація вимірювальних систем та персональних комп'ютерів можливі тому і тільки в тому випадку, якщо використовується шинний принцип обміну інформацією між модулями та принцип фізичного поділу шин даних, адреси та управління».

Модульна вимірювальна платформа PXI

PXI – це модульна вимірювальна платформа, призначена для створення багатофункціональних та високопродуктивних автоматизованих вимірювальних систем. В основі PXI-платформи лежать стандартні комп'ютерні технології: шина PCI/PCI Express, процесор та периферійні пристрої. Архітектурно PXI складається із шасі, в яке встановлюються модульні прилади, контролери або інтерфейси для віддаленого керування платформою.

Її особливістю є надійна платформа з фронтальним завантаженням модулів, вбудовані можливості щодо синхронізації та тактування окремих пристроїв, спеціально розроблених для вирішення завдань тестування та вимірювань.

Модульні вимірювальні системи, що базуються на відкритому промисловому стандарті PXI забезпечують високу продуктивність і мають невисоку ціну. Використання шини PCI забезпечує більшу продуктивність у порівнянні з іншими архітектурами. Крім того, PXI має додаткові лінії тактування та синхронізації, що забезпечує високий рівень інтеграції окремих модулів, необхідний при створенні вимірювальних та керуючих систем.

В основу вимірювальної платформи PXI покладено стандартні комп'ютерні технології, магістрально-модульний принцип створення високопродуктивних автоматизованих вимірювальних систем, а також принципи відкритості та сумісності.

Демо визначення *принципу сумісності*: «функціональні блоки (модулі) та елементи вимірювальної системи або приладу є сумісними (і взаємозамінними) у тому і лише в тому випадку, якщо вони мають властивість функціональності і є складовою системи або приладу з певним чином організованими (стандартизованими) ієрархічними та функціональними зв'язками між блоками (модулями) та його елементами-носіями властивостей функціональності» [3].

Стандарт магістрально-модульних систем VXI

Стандарт VXI (VMEbus eXtention for Instrumentation - VXI) створено в середині 80-х років ХХ століття у зв'язку з розвитком технології стандартизованого обладнання та програмного забезпечення, що підпорядковуються принципам магістрально-модульних систем та стандарту Plug and Play для вирішення завдань створення високоточного контрольного та

діагностичного обладнання. Термін Plug&Play буквально означає "включай і грай (працюй)", а в прикладному сенсі - нічого не потрібно налаштовувати, достатньо підключити пристрій до комп'ютера. Стандарт (технологія) Plug and Play («Включив-і-Роботай») встановлює вимоги щодо автоматичного розпізнавання нового пристрою або доданої плати до комп'ютера, їх автоматичного конфігурування та налаштування для роботи в даній системі.

Технології та стандарт VXI забезпечують комплексний підхід до створення інформаційних, вимірювальних, діагностичних та контрольних систем будь-якого рівня складності на основі єдиних принципів. Існуючі системи легко розширюються. Декілька систем можуть бути об'єднані в одну.

Архітектура систем легко перебудовується та змінюється. Обмін даними між модулями відбувається швидко та максимально ефективно. Системи мають відмінні показники якість/ціна при високій точності вимірювань і високій перешкодозахищеності, функціональній закінченості приладів.

Стандарт VXI відповідає вимогам військово-промислових стандартів, вимогам ряду промислових стандартів (ISO 9000) та стандартів різної перешкодо-, магніто- та електрозахищеності.

Всі ці вимоги враховуються на стадії проектування вимірювальних та діагностичних магістрально-модульних систем та не вимагають додаткових витрат при складанні та експлуатації апаратури.

Програмне забезпечення VXI-систем може бути створено за допомогою програмних комплексів LabVIEW і LabWindows, які є сучасними графічними програмними оболонками, що працюють у різних операційних системах.

Системи на базі технологій VXI відрізняються високим інтелектом, дружністю до користувача, сумісністю з іншими системами обладнання. Оптимальним є використання систем VXI при проведенні наукових випробувань та досліджень, контролі та діагностиці складних технічних об'єктів, моніторингу роботи промислових та енергетичних об'єктів.

Комунікаційний стандарт LXI

LXI (LAN eXtensions for Instrumentation) – комунікаційний стандарт для мереж та систем передачі даних, що пов'язують різні датчики, виконавчі механізми, промислові контролери та ін. Стандарт використовується в автоматизованих системах управління технологічними процесами (АСУТП) та передбачає використання стандартних мереж Ethernet. Він має замінити інтерфейс GPIB і такі стандарти доступу до вимірювальних приладів, як VXI та PXI.

Стандарт передбачає підключення до бездротового, кабельного або оптичного мереж Ethernet з використанням стандартних Ethernet роз'ємів RJ45 на 8 контактів або M12 на 4 або 8 контактів. Для кабельних мереж потрібна підтримка Gigabit Ethernet 1000BASE-T. Як транспортний стандарт використовує стек протоколів TCP/IP з обов'язковим IPv4 та опціональним IPv6. Стандартом передбачено три обов'язкові методи встановлення IP параметрів: DHCP, Auto IP та вручну. Параметри мережі по замовчуванню встановлюються кнопкою. Управління пристроєм здійснюється через WEB-інтерфейс.

Інтерфейс LXI дозволяє з'єднувати як настільні пристрої, що мають передню панель, так і модулі без панелі, що використовуються у стійках. Можуть бути увімкнені і невеликі пристрої (наприклад, вебкамера), які можна вішати на стіну або вбудовувати в інші пристрої.

Програмні пакети, які LXI-компанії схвалили для розробки вимірювальних систем такі (за абеткою): LabView і LabWindows/CVI від National Instruments; MATLAB з MathWorks; Measure Foundry від Data Translation; VEE від Agilent VEE від Agilent.

Таким чином, на сьогодні існує достатня кількість інтерфейсів та стандартів, що забезпечують створення вимірювальних систем та приладів, що відповідають сучасним вимогам.

Порядок виконання роботи студентом.

1. Ознайомлюється з теоретичними положеннями, викладеними вище.
2. Отримує від викладача завдання в вигляді певних характеристик об'єкту, для якого треба визначити принцип передачі даних.

(Наприклад: «Проводиться вимірювання температури в недоступній зоні методичної печі при нагріві садки металу під гарячу прокатку. Необхідно забезпечити передачу результату вимірювань до автоматичного аналізатора, який має виробити та передати сигнал щодо керування подачею теплоносія до горілок печі»; «Проводиться автоматизоване дозування цукру у пакети з їх зважуванням. Необхідно визначити засіб вимірювання та забезпечити передачу результату вимірювань до автоматичного аналізатора, який має виробити та передати сигнал щодо керування подачею цукру у пакети»; «Оператор спостерігає за ходом технологічного процесу виготовлення паперу, передає дані спостережень фахівцю з кваліметрії, той наносить дані на «Карту Шухарта» та сповіщає оператора про поточну якість процесу» тощо.).

3. Пропонує раціональний тип інтерфейсу.
4. Проводить обґрунтування свого вибору та представляє результати у пояснювальній записці.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 8...10 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Практична робота № 4
«Технології накопичення даних»

Мета: вдосконалення метрологічного забезпечення вимірювальних систем.

Суть розробки: аналіз вимірювальних систем на основі інструментальних пристроїв збору даних як об'єктів метрологічного забезпечення.

Термін виконання – 1 година.

Предметна сфера розробки: проектування засобів інформаційно-вимірювальної техніки для випробувань та контролю якості продукції; метрологічна служба на підприємстві будь-якого виду економічної діяльності.

Теоретичні положення

Призначенням системи збору даних (Data Acquisition - DAQ) є вимірювання параметрів фізичного явища, такого як світло, температура, тиск або звук. Система збору даних складається з наступних елементів [3]:

- Вимірювальний перетворювач (датчик).
- Сигнал.
- Узгодження сигналу.
- Пристрій збору даних.
- Драйвер і програмний додаток.

Використовуючи ці п'ять складових елементів, можна ввести досліджуваний сигнал у комп'ютер для подальшого аналізу і представлення результатів.

Вимірювальні перетворювачі (датчики)

Збір сигналу - це процес перетворення фізичного явища в дані, які потім можна обробляти за допомогою комп'ютера. Будь-яке вимірювання починається з використання перетворювача або датчика, що перетворює фізичне явище на електричний сигнал. Датчики можуть створювати електричний сигнал під дією таких величин, як температура, тиск, звукові коливання або інтенсивність світла. У таблиці 1 наведено деякі з найбільш поширених перетворювачів.

Таблиця 1 – Найбільш поширені перетворювачі фізичного явища в електричний сигнал

Явище	Перетворювач
Температура	Термопари Терморезистори Термістори Датчики на інтегральних схемах
Світло	Вакуумні фотодатчики Фоторезистори Фотодіоди Прилади з зарядовим зв'язком
Звук	Мікрофони
Сила і тиск	Тензодатчики

	П'єзоелектричні вимірювальні перетворювачі Динамометричні елементи
Положення (зміщення)	Потенціометри Лінійні індуктивні датчики на основі диференціального трансформатора Оптичні датчики положення
Витрата рідини	Манометри-витратоміри Вертушечні витратоміри Ультразвукові витратоміри
Кислотність	pH електроди

Типи перетворювачів

Різні датчики потребують особливих умов для перетворення фізичного явища в вимірний сигнал. Наприклад, для вимірювання температури за допомогою терморезистора необхідний струм збудження. Термопара не вимагає струму збудження, однак їй потрібна компенсація холодного спаю. При вимірюванні деформації тензодатчиками використовують збірку резисторів, так званий міст Вітстона (або тензометричний міст).

Сигнали

За допомогою датчиків відбувається перетворення фізичного явища на сигнал. Сигнали поділяють на два типи: аналогові та дискретні (цифрові). Після цього вирішують завдання щодо визначення виду інформації, яку бажано отримати у вигляді сигналу, наприклад, про стан об'єкту, швидкість його зміни, рівень, форму і частоту тощо.

Аналогові сигнали

Інформація в аналоговому сигналі міститься у його рівні, формі і частоті.

- *Рівень* - вимірювання рівня напруги аналогового сигналу схоже на вимір стану цифрового сигналу. Відмінність в тому, що аналоговий сигнал може мати будь-який рівень напруги, в той час як цифровий може приймати два фіксованих рівня: 0 або, наприклад, 5 вольт. Рівень більшості аналогових сигналів не сильно змінюється з плином часу. Тому такий сигнал зазвичай потрібно вимірювати з високою точністю. Для цього знадобиться пристрій збору даних з великою роздільною здатністю, але невеликою частотою вибірки. Використовуючи різні перетворювачі (датчики), можна, вимірювати, наприклад, електричну напругу джерел живлення, температуру в ємності, тиск всередині шлангу або навантаження на частину механізму.

- *Форма* сигналу (синусоїдальна, пілкоподібна тощо) надає інформацію для аналізу інших параметрів сигналу, таких як пікові (амплітудні) значення, параметри фронту або середнє значення. Деякі аналогові сигнали швидко змінюються з часом. Тому для таких сигналів необхідно використовувати пристрій збору даних з великою роздільною здатністю і високою швидкістю вибірки. Вимірювання форми сигналів у сукупності з їх рівнем може бути важливим в медичній практиці кардіології, електронній та автомобільної промисловості, вібротехніці тощо.

- *Частоту* аналогового сигналу безпосередньо поміряти неможливо. Вона визначається в результаті програмного аналізу - зазвичай це перетворення Фур'є - для виділення частотного спектру. Більшість аналогових сигналів швидко змінюються в часі. Тому необхідно

використовувати пристрій збору даних з великою роздільною здатністю і високою швидкістю дискретизації. Для здійснення частотного аналізу аналогового сигналу можна застосувати програму LabVIEW, яка пропонує всі необхідні програмні засоби аналізу.

Дискретні сигнали

Дискретні (цифрові) сигнали мають два можливих стану - «включено» (високий рівень напруги) і «вимкнено» (низький рівень напруги). У сучасній техніці дискретні сигнали часто представлені сигналами транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ-сигнали). Технічні умови ТТЛ- сигналів визначають рівень напруги від 0 до 0,8 вольт як «низький», а рівень напруги від 2 до 5 вольт як «високий». Більшість цифрових пристроїв приймають будь-який сумісний ТТЛ-сигнал.

Інформація в дискретному сигналі міститься тільки у двох параметрах: стан (рівень) і швидкість зміни.

- *Стан* цифрового сигналу може бути: «включено» або «вимкнено».

- *Частота (швидкість зміни)* характеризує швидкість його зміни у часі. В якості прикладу розглянемо ситуацію з вимірювання стану дискретного сигналу. Припустимо, здійснюється контроль перемикача, який управляє включенням і вимиканням світла. У розімкнутому стані результатом вимірювання буде 0 вольт, або «вимкнено». Коли перемикач замкнутий, результат вимірювання 5 вольт, або «включено».

Відповідною інформацією буде висновок, виключено світло або включено.

Наступним прикладом може бути вимірювання частоти дискретного сигналу. Припустимо, що завданням вимірювання є визначення швидкості обертання валу мотора.

Тут слід використати пристрій кодування («енкодер») за кутом повороту - датчик, що перетворює інформацію про обертальний рух валу двигуна в дискретний сигнал.

Коли вал обертається, енкодер генерує два види цифрового сигналу: високі і низькі стани, що чергуються, тобто послідовність імпульсів. При певному повороті вала генерується імпульс. Величина кута повороту вала, яка припадає на один імпульс, залежить від пристрою енкодера. Вимірюючи частоту імпульсів в одній з послідовностей, можна визначити наскільки швидко обертається вал. Вимірюючи обидві послідовності імпульсів, можна визначити не тільки швидкість обертання валу, але також і напрямок обертання.

Узгодження сигналів

Узгодження сигналів - це процес вимірювання і управління сигналами з метою поліпшення точності, створення розв'язки, фільтрації і т.д. Це одна з найбільш важливих технологій в системі вимірювань і автоматизації.

Не завжди можна підключити сигнал безпосередньо до пристрою збору даних. Вірогідно, що для точного вимірювання знадобиться додатково змінити сигнал, щоб узгодити його параметри з вимогами до вхідного сигналу пристрою збору даних.

Залежно від швидкості збору даних, типів сигналів/датчиків і числа каналів обладнання можна вибрати системи узгодження сигналів SCXI або SCC компанії National Instruments [4].

Модулі (усього більше 25) Системи SCXI (Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation) використовують при узгодженні сигналів контрольно-вимірювальної апаратури з обладнанням, яке має велике число каналів або систем, що вимагають великих швидкостей збору даних.

Більше ніж 30 одно- і двоканальні модулі Системи SCC (Signal Conditioning Components) компанії National Instruments доцільно застосовувати для мобільних вимірювальних комплексів, що вимагають невеликої або середньої кількості каналів.

Найпоширенішими типами узгодження сигналів є підсилення, лінеаризація, збудження (запитка) перетворювача і гальванічна розв'язка (ізоляція).

Підсилення - одна з поширених форм узгодження сигналів. Часто для вимірювання сигналів, що надходять від датчиків, необхідно перетворити їх до форми, найбільш підходящої для пристроїв збору даних. Наприклад, вихідна напруга більшості термопар дуже мала і чутлива до шуму. Тому знадобиться попереднє підсилення сигналу перед його оцифруванням.

Зокрема, підсилення електричних сигналів збільшує точність в результуючому оцифрованому сигналі і зменшує вплив шумів.

Підсилення сигналу може здійснюватися безпосередньо самим *пристроєм збору даних* (ПЗД) або зовнішнім підсилювачем - наприклад, модулем SCXI (*див. вище*) в безпосередній близькості від джерела сигналу.

Для досягнення найбільшої можливої точності і збільшення відношення сигнал/ шум (signal - to - noise ratio - SNR) сигнал необхідно підсилити таким чином, щоб його максимальна амплітуда дорівнювала максимальному діапазону вхідного сигналу аналого-цифрового перетворювача.

Відношення сигнал/шум показує рівень шуму в результуючому сигналі щодо корисного сигналу і визначається як напруга сигналу, поділене на напругу шуму (перешкоди). Чим більше це відношення, тим краще. Максимальне відношення сигнал шум досягається для сигналу, посиленого тільки зовнішнім підсилювачем, і мінімальне - для сигналу, посиленого тільки в пристрої збору даних.

У разі підсилення сигналу самим ПЗД вимірюватися і оцифровуватися буде не тільки сам сигнал, але і перешкоди, які можуть наводитися на з'єднувальні дроти, що погіршить співвідношення сигнал/шум. Підсилення сигналу в безпосередній близькості від його джерела з використанням зовнішнього підсилювача (наприклад, модуля SCXI) зменшує шкідливий вплив шуму на сигнал, і в цьому випадку оцифрований результат точніше відповідає слабкому вихідного сигналу.

Існує кілька способів зменшення шуму:

- Використовувати екрановані кабелі або виту пару проводів.
- Мінімізувати довжину проводів для зменшення індуктивних впливів, які можуть на них наводитися.
- Розміщувати сигнальні дроти далеко від силових кабелів змінного струму і комп'ютерних моніторів для зменшення наведень на частоті 50 або 60 Гц.

Інші типи узгодження сигналів

Існує кілька інших типів узгодження сигналів.

- *Лінеаризацію* датчика можна забезпечити шляхом використання таблиці перерахунку, які вказують, яким чином масштабувати їх показання для отримання точних результатів, а також за допомогою апаратної частини ПЗД, так і програмно, наприклад, з використанням програми LabVIEW.

• *Збудження («запитка») перетворювача* – застосування системи генерації зовнішніх напруги і струму збудження, необхідних для роботи деяких датчиків, наприклад, при використанні тензодатчиків, терморезисторів і акселерометрів.

• *Гальванічна розв'язка («ізолювання»)* - ще один поширений тип узгодження - гальванічне ізолювання потенціалів датчиків від ланцюгів комп'ютера з метою електробезпеки. Такий прийом використовують, коли досліджуваний сигнал має високий потенціал або пікові викиди напруги. Це може пошкодити схему комп'ютера або завдати шкоди оператору.

• *Розв'язка* також часто використовується для усунення впливу відмінностей потенціалів заземлення на процес вимірювання ПЗД. Коли ПЗД і джерело сигналу мають різні потенціали землі, може виникнути електричний ланцюг з замиканням через землю. Такі ланцюги можуть служити причиною помилок в цифровому поданні вимірюного сигналу. Більш того, якщо різниця потенціалів землі джерела сигналу і ПЗД велика, можна пошкодити вимірювальну систему. Щоб уникнути появи ланцюга (контур) з замиканням через землю і бути впевненим в правильному вимірі сигналу, використовують ізолюючі SCXI модулі (*див. вище*).

• *Фільтрацію* використовують для видалення небажаних компонент (перешкод) з прийнятого сигналу. Велика частина перешкод створюється ланцюгами змінного струму, наприклад, блоком живлення комп'ютера або електроосвітлювальне обладнання. Перешкоди від промислових змінних кіл з'являються на частоті 50 Гц. Для видалення такої перешкоди з сигналу застосовують фільтр низьких частот з частотою зрізу менше 50 Гц. Фільтрацію можна здійснювати як за допомогою апаратних засобів, так і програмно.

Порядок виконання роботи студентом.

1. Ознайомлюється з теоретичними положеннями, викладеними вище.
2. Отримує від викладача завдання в вигляді певних характеристик датчиків або сигналів (наприклад, термопара, тензодатчик, сигнали з високочастотними перешкодами та ін.), для яких треба запропонувати тип узгодження сигналів (наприклад, підсилення, фільтрація, лінеаризація, збудження струмом та ін.).
3. Проводить обґрунтування свого вибору та представляє результати у пояснювальній записці.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 8...10 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Практична робота № 5

«Документування процесу проектування приладів»

Мета: ознайомлення студентів з нормативами щодо етапів проектування різних видів інформаційно-вимірювальних систем (ІВС).

Суть розробки: аналіз вимог, змісту необхідної проектної та робочої документації при проектуванні складових інформаційно-вимірювальних систем.

Термін виконання – 0,5 години.

Предметна сфера розробки: проектування засобів інформаційно-вимірювальної техніки для випробувань та контролю якості продукції; метрологічна служба на підприємстві будь-якого виду економічної діяльності.

Теоретичні положення

Проектування — це комплекс робіт який складається з пошуку, досліджень, розрахунків та розрахування з метою отримання опису достатнього для створення нового об'єкту або виробу, його реконструкції, модернізації, що відповідає заданим вимогам.

У техніці — це розробка проектної, конструкторської та іншої технічної документації, призначеної для створення нових видів та зразків виробів і забезпечення будівництва.

В процесі проектування виконуються технічні та економічні розрахунки, складаються схеми, графіки, пояснювальні записки, кошториси, калькуляції та описи.

Стадії проектування

Технічне завдання (ТЗ) встановлює призначення обладнання, галузь його застосування, характеристику (короткий опис), технічні вимоги, етапи розробки і терміни їх виконання, обґрунтування ефективності застосування, перелік документів, що підлягають розгляду замовником та виконавцем, особливості приймальних випробувань.

Технічна пропозиція (ТП) містить технічне та економічне обґрунтування доцільності проектування об'єкту згідно з ТЗ, можливі варіанти його реалізації, а також порівняння розроблюваної конструкції з аналогічними, перевірку патентоспроможності й ін.

Ескізний проект (ЕП) — це сукупність документації, яка містить принципові компонувальні і структурні рішення, що дають уявлення про устрій і принцип роботи обладнання, а також дані, що визначають основні параметри об'єкта, який розробляється.

Технічний проект (ТП-П) — сукупність документації, яка містить технічні рішення, що дають повне уявлення про об'єкт, що проектується, а також всі початкові дані, необхідні для розробки робочої документації на стадії конструювання.

Робочу документацію (РД) використовують для одиничного, серійного і масового виробництва машин. У процесі розроблення РД найбільш повно враховують технологічні й організаційні фактори виробництва. Ця стадія розроблення найбільш довготривала та потребує найбільших витрат часу і засобів. РД розробляють послідовно для виготовлення й випробування *дослідного зразка (партії), установчої серії, серійного та масового виробництва.*

Розробленим варіантам ТЗ відповідають кілька варіантів *попередніх* ТП (ТП₁, ТП₂,..., ТП_к). Зіставляючи ці ТП з варіантами ТЗ, встановлюють *оптимальне* ТЗ (ОТЗ).

За аналогією можуть бути встановлені оптимальні: технічна пропозиція (ОТП), ескізний проєкт (ОЕП), технічний проєкт (ОТП-Т). Оптимальні варіанти визначають на підставі порівняння оцінок за двома стадіями розроблення; зворотні зв'язки між стадіями проєктування вказують на можливість уточнення прийнятих раніше рішень.

Розроблення ТЗ і весь процес проєктування слід розглядати як процес техніко-економічний на основі суспільної потреби у створенні нової технічної системи, що повинна відповідати сучасному рівню розвитку техніки, меті та задачам проєктування. Тому при розробленні ТЗ мова повинна йти про виконання при проєктуванні *техніко-економічних вимог (ТЕВ)*, які враховують розвиток потреб суспільства, науково-технічного прогресу й існуючої матеріально-технічної бази. ТЕВ – це сукупність обмежень на технічні та економічні показники, структуру і склад техніки, отримані як результат найбільш раціонального врахування потреб суспільства в техніці й найкращих способах їх задоволення.

Порядок виконання роботи студентом

1. Ознайомлюється з теоретичними положеннями, викладеними вище.
2. Отримує від викладача завдання в вигляді певних характеристик віртуального об'єкту, який треба розглянути з визначенням (в рамках ділової гри) робіт, що доцільно виконати на кожній із стадій його проєктування.
3. Проводить обґрунтування свого підходу та представляє результати віртуального проєктування у пояснювальній записці.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 6...8 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Практична робота № 6

«Складання Технічного завдання та Технічної пропозиції при проєктуванні вимірювального приладу»

Мета: набуття студентами елементарних умінь проєктування складових інформаційно-вимірювальних систем (ІВС).

Суть розробки: відображення у Технічному завданні (ТЗ) та Технічній пропозиції (ТП) проєкту вимірювального приладу необхідних для контролю метрологічних характеристик та функціональних можливостей її складових .

Термін виконання – 0,5 години.

Предметна сфера розробки: проектування засобів інформаційно-виміральної техніки.

Теоретичні положення

Технічне завдання (ТЗ) (англ. *ProductRequirementsDocument - PRD*) — документ, що встановлює основне призначення, показники якості, техніко-економічні та спеціальні вимоги до виробу, обсягу, стадії розроблення та складу конструкторської документації.

Технічне завдання є вихідним документом для проектування споруди (архітектурного комплексу), конструювання технічного пристрою (приладу, машини тощо), розробки автоматизованої системи чи інформаційної системи, створення програмного продукту, проведення науково-дослідних робіт (НДР) і дослідно-конструкторських робіт (ДКР).

Технічне завдання на надання послуг встановлює основні вимоги до робіт в певній сфері діяльності, обов'язки замовника і виконавця, показники якості, терміни проведення і звітності та економічні показники послуг. Цей документ використовують окремо або у складі договору (контракту) на виконання робіт.

Наявність ТЗ зумовлена розподілом праці між/на стадіях (етапах) життєвого циклу виробу. Функції ТЗ може виконувати інший документ (договір, угода, контракт, протокол тощо), який містить необхідні та достатні вимоги для виконання роботи з відповідним об'єктом і визнаний сторонами такого документу.

Вихідні дані для розробки ТЗ

При розробці технічного завдання використовуються такі інформаційні матеріали:

- науково-технічна інформація;
- патентна інформація;
- характеристика ринку збуту;
- характеристика виробництва (технологічна оснащеність, кваліфікація кадрів, технологічна дисципліна, рівень організації праці тощо), на якому виріб планується виготовляти.

При розробці технічного завдання на виробу підвищеної складності попередньо проробляється *Технічна пропозиція (ТП)*, яка містить технічне та економічне обґрунтування доцільності проектування об'єкта згідно з ТЗ, можливі варіанти його реалізації, а також порівняння розроблюваної конструкції з аналогічними, перевірку патентоспроможності й ін.

Розробленим варіантам ТЗ відповідають кілька варіантів *попередніх* ТП (ТП₁, ТП₂,..., ТП_к). Зіставляючи ці ТП з варіантами ТЗ, встановлюють *оптимальне* ТЗ (ОТЗ).

Іноді ТП та ОТП замінюють *аванпроект*, який дозволяє попередньо поглиблено пропрацювати комплекс питань, що визначають необхідність та доцільність створення такого виробу. Розробка аванпроекту повинна гарантувати можливість створення продукції, що відповідає за техніко-економічними показниками світовому рівню.

Структура технічного завдання (та відповідного аванпроекту) наступна.

Згідно з чинними стандартами ТЗ повинно включати в себе такі відомості про об'єкт розробки:

1. Найменування об'єкта розробки, та область застосування.
 - повне найменування об'єкта та його умовне позначення,

- шифр теми або шифр (номер) договору,
 - перелік документів, на підставі яких створюється проєкт, ким і коли затверджені ці документи,
 - планові терміни початку та закінчення робіт із створення об'єкта.
2. Підстава для розробки та назва проєктної організації:
- найменування підприємств розробника і замовника системи та їхні реквізити;
 - перелік юридичних та фінансових документів, на підставі яких створюється система, ким і коли затверджені ці документи;
 - відомості про джерела та порядок фінансування робіт.
3. Мета розробки.
4. Джерела розробки. Тут повинні бути перераховані документи та інформаційні матеріали (техніко-економічне обґрунтування, звіти про закінчені науково-дослідні роботи, інформаційні посилання на вітчизняні і зарубіжні аналоги та ін.), на підставі яких розроблялося ТЗ і які мають бути використані при створенні системи.
5. Технічні вимоги, які включають:
- склад об'єкта та вимоги до його конструктивного виконання;
 - показники призначення та економічного використання сировини, матеріалів, палива і енергії;
 - вимоги до надійності;
 - вимоги до технологічності;
 - вимоги до рівня уніфікації і стандартизації;
 - вимоги безпеки при роботі обладнання;
 - естетичні і ергономічні вимоги;
 - вимоги до складових частин продукції, сировини і експлуатаційних матеріалів;
 - вимоги патентної чистоти;
 - вимоги експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту;
 - вимоги до категорії якості.
6. Економічні показники:
- гранична ціна;
 - економічний ефект;
 - термін окупності витрат на розробку і освоєння об'єкта;
 - допустима річна потреба в об'єкті проєктування.
7. Порядок контролю і приймання об'єкта:
- види, склад, обсяг і методи випробувань системи та її складових частин (види випробувань відповідно до чинних норм, які поширюються на систему, що розробляється);
 - загальні вимоги до приймання робіт (продукції) за стадіями (перелік учасників, місце і терміни проведення), порядок узгодження і затвердження приймальної документації;
 - статус приймальної комісії.

Порядок виконання роботи студентом

1. Ознайомлюється з теоретичними положеннями, викладеними вище.

2. Отримує від викладача завдання в вигляді переліку метрологічних характеристик та функціональних можливостей вимірювального приладу, який (в рамках ділової гри) необхідно проектувати.

3. За структурою, що наведена вище, «генерує» пункти ТЗ та відповідної Технічної пропозиції (ТП) із вказівкою застосовних засобів вимірювань.

Примітка: наявність варіантності заохочується.

4. Проводить обґрунтування свого вибору та представляє розроблені матеріали у пояснювальній записці.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 6...8 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

2.2 Методичні вказівки до лабораторних занять

Лабораторна робота № 1

«Комп'ютерне середовище з розробки віртуальних вимірювальних систем»

Мета: набуття студентами умінь та навиків з вивчення інтерфейсу та можливостей програми LabVIEW.

Суть розробки: вивчення програмного забезпечення програми LabVIEW.

Термін виконання – 1 година.

Предметна сфера розробки: діяльність метрологічного підрозділу підприємства.

Теоретичні положення

LabVIEW, або Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (Середовище розробки лабораторних віртуальних приладів) представляє собою середовище графічного програмування, яке широко використовується в промисловості, освіті та науково-дослідних лабораторіях як стандартний інструмент для збору даних та управління приладами. LabVIEW може бути встановлене на комп'ютери з операційними системами сімейства Windows, MacOS або Linux [3].

Програми LabVIEW називаються віртуальними приладами (ВП), оскільки вони функціонально і зовні подібні до реальних (традиційних) приладів.

За допомогою графічної мови «G» (від англ. Graphical - графічне програмування) у LabVIEW завдання програмування зводиться до написання графічної блок-діаграми, яка компілює алгоритм у машинний код.

Важливою перевагою LabVIEW є можливість управління процесом вимірювання в автоматичному чи інтерактивному режимі. Для обробки та аналізу даних використовується великий набір функціональних бібліотек (загального призначення та спеціалізованих). Взаємодія з дослідником або оператором здійснюється за допомогою графічного інтерфейсу.

Перед початком роботи керівник (викладач) проводить інструктаж з техніки безпеки, в якому представляє наступне.

1 Вимоги безпеки перед початком роботи

1.1 Задіяти систему кондиціювання повітря в приміщенні.

1.2 Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Відеодисплейні термінали (ВДТ) має стояти не на краю стола. Повернути ВДТ так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз; при цьому екран має бути трохи нахиленим - нижній його край ближче до оператора.

1.3 Перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана.

1.4 Відрегулювати освітленість робочого місця.

1.5 Відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки.

1.6 Приєднати до процесора необхідну апаратуру (принтер, сканер тощо).

Усі кабелі, що з'єднують системний блок (процесор) з іншими пристроями, слід вставляти та виймати тільки при вимкненому комп'ютері.

1.7 Ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: стабілізатор напруги (джерело безперебійного живлення), ВДТ, процесор, принтер (якщо передбачається друкування).

1.8 Відрегулювати яскравість свічення екрана ВДТ, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення занадто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Рекомендуються:

– яскравість свічення екрана - не менше 100 кд/м²; відношення яскравості екрана ВДТ до яскравості оточуючих його поверхонь в робочій зоні - не більше 3:1;

– мінімальний розмір точки свічення - не більше 0,4 мм для монохромного ВДТ і не менше 0,6 мм для кольорового; контрастність зображення знаку - не менше 0,8.

1.9 При виявленні будь-яких несправностей роботу не розпочинати, повідомити про це керівника.

2 Вимоги безпеки під час виконання роботи

2.1. 3 відеодисплейним терміналом

2.1.1 Необхідно розташовувати клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання. Разом з тим має бути передбачена можливість її поворотів та переміщень. Положення клавіатури та кут її нахилу мають відповідати побажанням користувача.

Якщо в конструкції клавіатури не передбачено простору для опори долонь, то її слід розташовувати на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моторного поля. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися.

2.1.2 Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) належить забезпечити вільну велику поверхню столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба.

2.1.3 Не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми.

2.1.4 Періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури. Екран ВДТ та захисний екран протирають ватою, змоченою у спирті.

Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби для чищення поверхонь комп'ютера.

2.1.5 Забороняється:

– самостійно ремонтувати апаратуру, тим більше ВДТ, в якому кінескоп може знаходитися під високою напругою (близько 25 кВ); ремонт апаратури виконують тільки спеціалісти з технічного обслуговування комп'ютерів, вони ж раз на півроку повинні відкривати процесор і вилучати пилососом пил і бруд, що там накопичилися;

– класти будь-які предмети на апаратуру комп'ютера, канпки та напої на клавіатуру або поруч з нею - це може вивести її з ладу;

– закривати будь-чим вентиляційні отвори апаратури, що може призвести до її перегрівання і виходу з ладу.

2.1.6 Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатися до металевих поверхонь (батарея центрального опалення тощо).

2.1.7 Для зниження напруженості праці на комп'ютері необхідно рівномірно розподіляти і чергувати характер робіт відповідно до їх складності. З метою зменшення негативного впливу монотонності доцільно застосовувати чергування операцій введення тексту та числових даних (зміна змісту робіт), редагування текстів та введення даних (зміна змісту та темпу роботи) і т. і.

2.1.8 Для зменшення негативного впливу на здоров'я працівників виробничих факторів, пов'язаних з роботою на комп'ютерах, необхідно раціонально організувати режим праці і відпочинку.

Тривалість безперервної роботи за ВДТ без регламентованої перерви має не перевищувати 2 год. Тривалість обідньої перерви визначається чинним законодавством про працю та правилами внутрішнього трудового розпорядку УДУНТ.

2.1.9 Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційного напруження та втоми зорового аналізатора, що розвиваються у користувачів, усунення негативного впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку позотонічної втоми рекомендується виконувати комплекс вправ виробничої гімнастики, а також у спеціально обладнаних приміщеннях проводити сеанси психофізіологічного розвантаження.

3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

3.1 Закінчити та записати у пам'ять комп'ютера файл, що знаходиться в роботі. Вийти з програмної оболонки і повернутися у середовище MS DOS.

3.2 Вимкнути принтер, інші периферійні пристрої, вимкнути ВДТ і процесор. Вимкнути стабілізатор, якщо комп'ютер підключений до мережі через нього. Штепсельні вилки витягнути з розеток. Накрити клавіатуру кришкою для запобігання попаданню в неї пилу.

3.3 Прибрати робоче місце. Оригінали та інші документи покласти в ящик стола.

3.4 Ретельно вимити руки теплою водою з милом.

3.5 Вимкнути кондиціонер, освітлення і загальне електроживлення приміщення.

Порядок виконання роботи студентом:

1. Отримує від викладача варіант роботи за таблицею 1.

2. Розробляє віртуальний прилад, який обчислює значення двох еквівалентних числових формул $y_1 \sim y_2$, $z_1 \sim z_2$ із зазначеними у варіанті індивідуального завдання (таблиця 1) значеннями вихідних даних (\sim – це символ подібності).

3. Обчислення числових формул y_1 , z_1 виконує за допомогою структури Formula Node.

Примітка: структурний вузол Формула (Formula Node) представляє собою прямокутник, що перебудовується за розміром, в якому можна в текстовому вигляді записувати математичні вирази і оператори.

4. Обчислення числових формул y_2 , z_2 , виконує за допомогою базових математичних функцій LabVIEW.

Примітка: дві числові формули еквівалентні, якщо для всіх можливих значень змінних їх математичні значення дорівнюють одне одному. Вважатимемо, що значення еквівалентні, якщо вони відрізняються не більше ніж на 10^{-5} .

5. Представляє отримані результати у пояснювальній записці. Пояснювальна записка складається з короткого опису можливостей середовища LabVIEW, застосованих операцій в ході виконання завдання та отриманих результатів у відповідності з наданим варіантом роботи.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 6...8 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи: здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Таблиця 1 - Варіанти індивідуального завдання

№	Вхідні дані	Формули
1	$m=2.3$ $\alpha=0.23$ $\beta=1.2$	$y_1 = \frac{m^2 - m - 6 - (m+3) \sqrt{m^2 - 4}}{m^2 + m - 6 - (m-3) \sqrt{m^2 - 4}}; y_2 = \frac{-\sqrt{m+2}}{m-2};$ $z_1 = \cos \alpha - \cos \beta^2 + (\sin \alpha - \sin \beta)^2;$ $z_2 = 4 \sin^2 \frac{\alpha - \beta}{2}$
2	$x=5.3$ $\alpha=0.3$ $\beta=0.1$	$y_1 = \frac{x + \sqrt{x^2 - 4x}}{x - \sqrt{x^2 - 4x}} - \frac{x - \sqrt{x^2 - 4x}}{x + \sqrt{x^2 - 4x}}; y_2 = \sqrt{x^2 - 4x};$ $z_1 = \sin(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha - \beta) \cdot \sec^2 \alpha \cdot \sec^2 \beta;$ $z_2 = \tan^2 \alpha - \tan^2 \beta$

3	a=3.5 b=-2.1 α=0.1	$y_1 = \frac{a^2-b^2}{a-b} - \frac{a^3-b^3}{a^2-b^2}; y_2 = \frac{ab}{a+b};$ $z_1 = \frac{\cos 2\alpha}{ctg^2\alpha-tg^2\alpha}; z_2 = \frac{1}{4}\sin^2 2\alpha$
4	x=0.3 α=0.77	$y_1 = \sqrt{1-x^2} + 1 : \frac{1}{1+x} + \sqrt{1-x}; y_2 = \sqrt{1+x};$ $z_1 = \frac{\cos 3\pi-2\alpha}{2\sin^2 \frac{5}{4}\pi+\alpha}; z_2 = \tan \alpha - \frac{5}{4}\pi$
5	x=4.3 α=1.23	$y_1 = \frac{x^4-x^3-x+1}{x^3-5x^2+7x-3} x - 3; y_2 = x^2 + x + 1;$ $z_1 = \frac{\sin 4\alpha}{1+\cos 4\alpha} \cdot \frac{\cos 2\alpha}{1+\cos 2\alpha}; z_2 = ctg \frac{3}{2}\pi - \alpha$
6	a=12.3 α=0.24	$y_1 = \frac{\bar{a}}{2} - \frac{1}{2} \frac{1}{\bar{a}}^2 \frac{\bar{a}-1}{\bar{a}+1} - \frac{\bar{a}+1}{\bar{a}-1}; y_2 = \frac{1-a}{a};$ $z_1 = \frac{\sin 2\alpha - \sin 3\alpha + \sin 4\alpha}{\cos 2\alpha - \cos 3\alpha + \cos 4\alpha}; z_2 = \tan 3\alpha$
7	m=1.8 α=0.43 β=0.58	$y_1 = \frac{4m m + \bar{m}^2}{m + \bar{m}^2 - 1}; y_2 = \frac{1}{\bar{m}^2 - 1};$ $z_1 = \frac{tg 2\alpha + ctg 3\beta}{ctg 2\alpha + tg 3\beta}; z_2 = \frac{tg 2\alpha}{tg 3\beta}$
8	a=2.3 α=0.75	$y_1 = \frac{\sqrt{2a+1}^3 + \sqrt{2a-1}^3}{4a+2 \sqrt{4a^2-1}}; y_2 = 4a - \sqrt{4a^2-1};$ $z_1 = \frac{\sin \frac{\pi}{2} + 3\alpha}{1 - \sin 3\alpha - \pi}; z_2 = ctg \frac{5}{4}\pi + \frac{3}{2}\alpha$
9	a=5.1 α=0.1	$y_1 = \frac{\bar{a}+1}{a \bar{a}+a} \cdot \frac{1}{\bar{a}}; y_2 = a - 1;$ $z_1 = \frac{\sin \alpha - \sin 3\alpha + \sin 5\alpha}{\cos \alpha - \cos 3\alpha + \cos 5\alpha}; z_2 = \tan 3\alpha$
10	a=5.3 b=2.1 α=0.75	$y_1 = \frac{a^2-b^2 \cdot \sqrt[3]{\bar{a}-3} \bar{b}}{\sqrt[3]{a^4+\sqrt[3]{ab^3-3}} \sqrt[3]{a^3b-3} \sqrt[3]{b^4}}; y_2 = a - 1;$ $z_1 = \cos 4\alpha - \sin 4\alpha \cdot ctg 2\alpha; z_2 = \cos 2\alpha - 2 \cos^2 \alpha$

Лабораторна робота № 2
«Побудова віртуальних вимірювальних систем»

Мета: набуття студентами умінь та навиків щодо опанування принципами роботи та використання можливостей програми LabVIEW.

Суть розробки: вивчення основ побудови віртуальних приладів (ВП) за допомогою програми LabVIEW.

Термін виконання – 1 година.

Предметна сфера розробки: діяльність метрологічного підрозділу підприємства.

Перед початком роботи керівник (викладач) проводить інструктаж з техніки безпеки, в якому представляє наступне.

1 Вимоги безпеки перед початком роботи

1.1 Задіяти систему кондиціонування повітря в приміщенні.

1.2 Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Відеодисплейні термінали (ВДТ) має стояти не на краю стола. Повернути ВДТ так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз; при цьому екран має бути трохи нахиленим - нижній його край ближче до оператора.

1.3 Перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана.

1.4 Відрегулювати освітленість робочого місця.

1.5 Відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки.

1.6 Приєднати до процесора необхідну апаратуру (принтер, сканер тощо).

Усі кабелі, що з'єднують системний блок (процесор) з іншими пристроями, слід вставляти та виймати тільки при вимкненому комп'ютері.

1.7 Ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: стабілізатор напруги (джерело безперебійного живлення), ВДТ, процесор, принтер (якщо передбачається друкування).

1.8 Відрегулювати яскравість свічення екрана ВДТ, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення занадто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Рекомендуються:

– яскравість свічення екрана - не менше 100 кд/м^2 ; відношення яскравості екрана ВДТ до яскравості оточуючих його поверхонь в робочій зоні - не більше 3:1;

– мінімальний розмір точки свічення - не більше 0,4 мм для монохромного ВДТ і не менше 0,6 мм для кольорового; контрастність зображення знаку - не менше 0,8.

1.9 При виявленні будь-яких несправностей роботу не розпочинати, повідомити про це керівника.

2 Вимоги безпеки під час виконання роботи

2.1. З відеодисплейним терміналом

2.1.1 Необхідно розташовувати клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання. Разом з тим має бути передбачена можливість її поворотів та переміщень. Положення клавіатури та кут її нахилу мають відповідати побажанням користувача.

Якщо в конструкції клавіатури не передбачено простору для опори долонь, то її слід розташовувати на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моторного поля. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися.

2.1.2 Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) належить забезпечити вільну велику поверхню столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба.

2.1.3 Не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми.

2.1.4 Періодично при вимкненому комп'ютері прибирати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури. Екран ВДТ та захисний екран протирають ватою, змоченою у спирті.

Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби для чищення поверхонь комп'ютера.

2.1.5 Забороняється:

– самостійно ремонтувати апаратуру, тим більше ВДТ, в якому кінескоп може знаходитися під високою напругою (близько 25 кВ); ремонт апаратури виконують тільки спеціалісти з технічного обслуговування комп'ютерів, вони ж раз на півроку повинні відкривати процесор і вилучати пилососом пил і бруд, що там накопичилися;

– класти будь-які предмети на апаратуру комп'ютера, канючки та напої на клавіатуру або поруч з нею - це може вивести її з ладу;

– закривати будь-чим вентиляційні отвори апаратури, що може призвести до її перегрівання і виходу з ладу.

2.1.6 Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатися до металевих поверхонь (батарея центрального опалення тощо).

2.1.7 Для зниження напруженості праці на комп'ютері необхідно рівномірно розподіляти і чергувати характер робіт відповідно до їх складності. З метою зменшення негативного впливу монотонності доцільно застосовувати чергування операцій введення тексту та числових даних (зміна змісту робіт), редагування текстів та введення даних (зміна змісту та темпу роботи) і т. і.

2.1.8 Для зменшення негативного впливу на здоров'я працівників виробничих факторів, пов'язаних з роботою на комп'ютерах, необхідно раціонально організувати режим праці і відпочинку.

Тривалість безперервної роботи за ВДТ без регламентованої перерви має не перевищувати 2 год. Тривалість обідньої перерви визначається чинним законодавством про працю та правилами внутрішнього трудового розпорядку УДУНТ.

2.1.9 Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційного напруження та втоми зорового аналізатора, що розвиваються у користувачів, усунення негативного впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку позотонічної втоми рекомендується виконувати комплекс вправ виробничої гімнастики, а також у спеціально обладнаних приміщеннях проводити сеанси психофізіологічного розвантаження.

3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

3.1 Закінчити та записати у пам'ять комп'ютера файл, що знаходиться в роботі. Вийти з програмної оболонки і повернутися у середовище MS DOS.

3.2 Вимкнути принтер, інші периферійні пристрої, вимкнути ВДТ і процесор. Вимкнути стабілізатор, якщо комп'ютер підключений до мережі через нього. Штепсельні вилки витягнути з розеток. Накрити клавіатуру кришкою для запобігання попаданню в неї пилу.

3.3 Прибрати робоче місце. Оригінали та інші документи покласти в ящик стола.

3.4 Ретельно вимити руки теплою водою з милом.

3.5 Вимкнути кондиціонер, освітлення і загальне електроживлення приміщення.

Порядок виконання роботи студентом:

1. Запускає на комп'ютері програму LabVIEW. З'явиться діалогове вікно **LabVIEW**.
2. Обирає **Help** » **Find Examples**. На екрані з'явиться діалогове вікно пошуку прикладів ВП, поділених за категоріями (рисунок 1).
3. Переходить на закладку **Browse** (Огляд). Відмічає пункт **Directory Structure**. Обирає **Apps, Freqresp.llb**, і двічі клацає на **Frequency Response VI**. З'явиться лицьова панель ВП Частотна характеристика.

Примітка. Відкрити цей ВП можна, натиснувши кнопку Open VI і перейшовши до директорії **labview\examples\apps\freqresp.llb\Frequency Response.vi**.

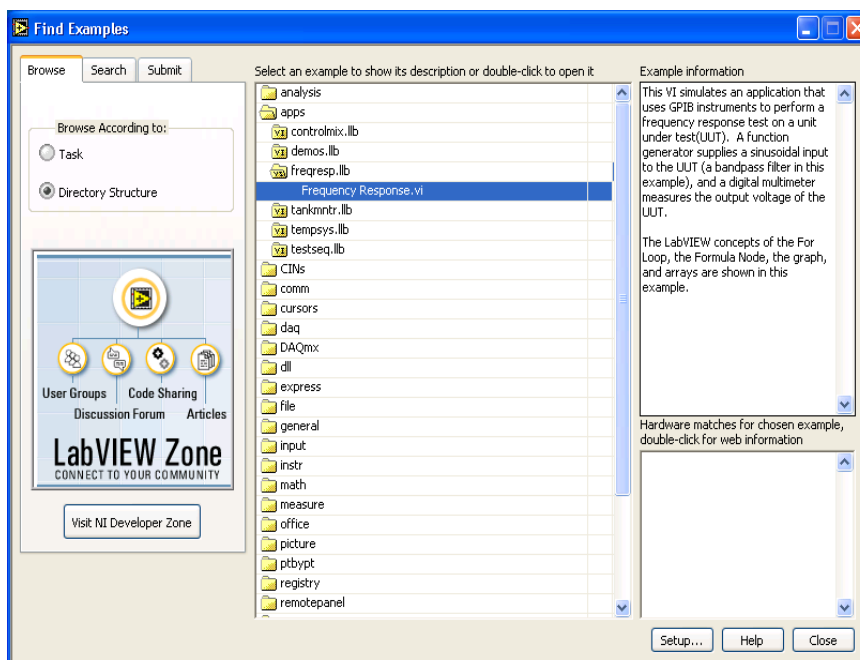



Рисунок 1 - Діалогове вікно пошуку прикладів ВП

4. На панелі інструментів натискає кнопку **Run** , показану ліворуч, і запускає ВП. Даний ВП моделює надсилання сигналу до вимірювального приладу та реєстрацію його відгуку. Реакція приладу в частотній ділянці показана на графіку лицьової панелі (рисунок 2).

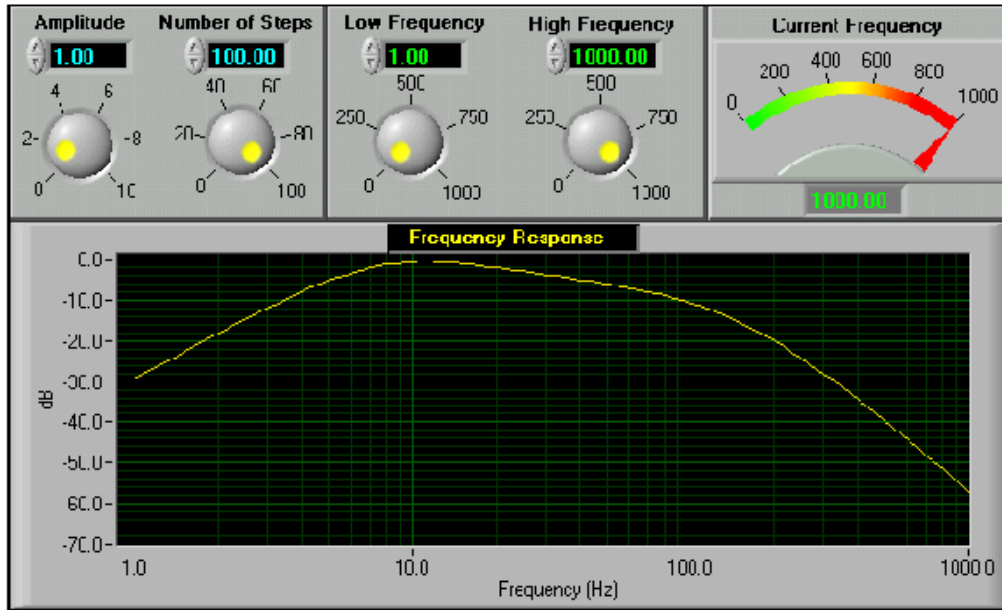




Рисунок 2 – Лицьова панель ВП

5. За допомогою інструмента КЕРУВАННЯ  змінює значення установки амплітуди **Amplitude**. Змінити значення можна або перемістивши вказівник кнопки в потрібне положення, або за допомогою стрілки зміни значень елемента керування, або ввівши число безпосередньо в дисплей елемента.

Якщо число введено безпосередньо в дисплей елемента, необхідно натиснути кнопку **Enter** , що з'явилася на панелі інструментів. Інакше число не буде запроваджено.

6. Натискає кнопку **Run** та запускає ВП. Змінюючи значення інших засобів управління, що є на панелі, досліджує роботу ВП.

7. Переходить на блок-діаграму. Для цього вибирає у головному меню **Window** » **Show Diagram** або вводить <Ctrl-E> з клавіатури (рисунок 3).

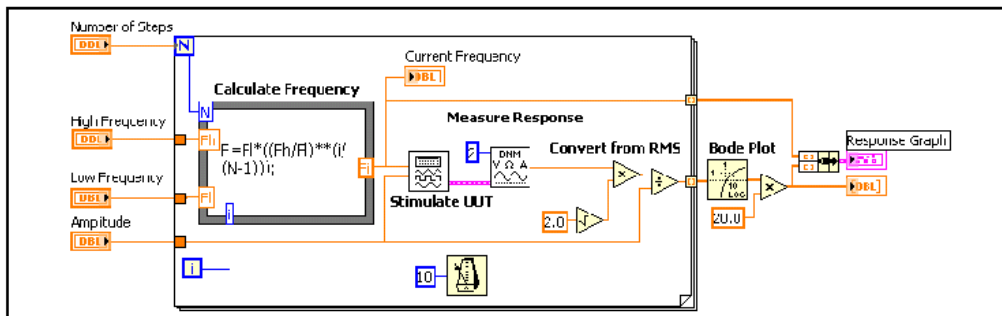


Рисунок 3 – Зовнішній вигляд блок-діаграми в середовищі LabVIEW

Блок-діаграма містить кілька основних об'єктів, включаючи підпрограми ВП, функції та структури.

8. За допомогою інструменту УПРАВЛІННЯ двічі клацає на іконці **DMM** (Double Monotonicity Model) (рисунок 4).

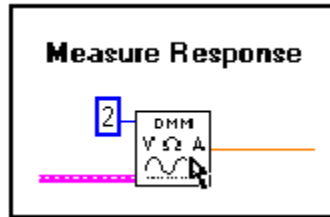


Рисунок 4 - Іконка Double Monotonicity Model в середовищі LabVIEW

Ця іконка – графічне відображення підпрограми **Demo Fluke 8840A VI**. Після подвійного клацання відкриється підпрограма, і на екрані з'явиться її лицьова панель (рисунок 5).

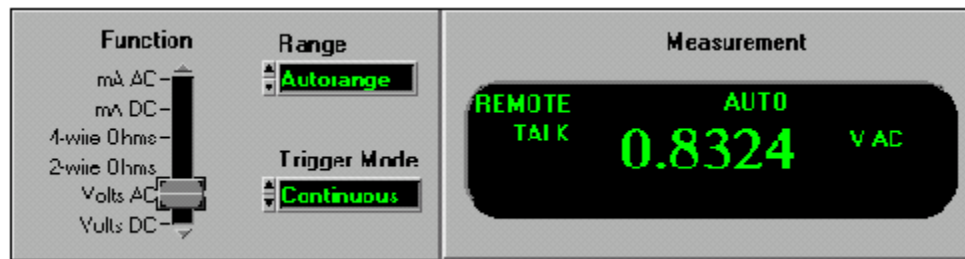


Рисунок 5 - Лицьова панель підпрограми Demo Fluke 8840A VI

Дизайн лицьової панелі нагадує мультиметр. Саме тому програми LabVIEW називаються віртуальними приладами.

Створюючи модульні програми LabVIEW, можна змінювати лише частини програми та/або багаторазово використовувати ці частини в інших програмах. Наприклад, ця підпрограма моделює дію комбінованого приладу **Demo Fluke**, але користувач може внести зміни, щоб отримати нові функції.

9. Представляє отримані результати у пояснювальній записці. Пояснювальна записка складається з короткого опису можливостей побудови віртуального приладу в середовищі LabVIEW, операцій в ході виконання завдання та отриманих результатів.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 10...12 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи: здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Лабораторна робота № 3
«Представлення, відображення функцій та сигналів у середовищі для розробки віртуальних вимірювальних систем»

Мета: набуття студентами умінь та навиків щодо принципів роботи та можливостей програми LabVIEW.

Суть розробки: створення кластерів на лицьовій панелі, використання функції обробки кластерів.

Термін виконання – 1 година.

Предметна сфера розробки: діяльність метрологічного підрозділу підприємства.

Перед початком роботи керівник (викладач) проводить інструктаж з техніки безпеки, в якому представляє наступне.

1 Вимоги безпеки перед початком роботи

1.1 Задіяти систему кондиціонування повітря в приміщенні.

1.2 Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Відеодисплейні термінали (ВДТ) має стояти не на краю стола. Повернути ВДТ так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз; при цьому екран має бути трохи нахиленим - нижній його край ближче до оператора.

1.3 Перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана.

1.4 Відрегулювати освітленість робочого місця.

1.5 Відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки.

1.6 Приєднати до процесора необхідну апаратуру (принтер, сканер тощо).

Усі кабелі, що з'єднують системний блок (процесор) з іншими пристроями, слід вставляти та виймати тільки при вимкненому комп'ютері.

1.7 Ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: стабілізатор напруги (джерело безперебійного живлення), ВДТ, процесор, принтер (якщо передбачається друкування).

1.8 Відрегулювати яскравість світлення екрана ВДТ, мінімальний розмір світної точки, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення занадто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Рекомендуються:

- яскравість свічення екрана - не менше 100 кд/м²; відношення яскравості екрана ВДТ до яскравості оточуючих його поверхонь в робочій зоні - не більше 3:1;
- мінімальний розмір точки свічення - не більше 0,4 мм для монохромного ВДТ і не менше 0,6 мм для кольорового; контрастність зображення знаку - не менше 0,8.

1.9 При виявленні будь-яких несправностей роботу не розпочинати, повідомити про це керівника.

2 Вимоги безпеки під час виконання роботи

2.1. 3 відеодисплейним терміналом

2.1.1 Необхідно розташовувати клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання. Разом з тим має бути передбачена можливість її поворотів та переміщень. Положення клавіатури та кут її нахилу мають відповідати побажанням користувача.

Якщо в конструкції клавіатури не передбачено простору для опори долонь, то її слід розташовувати на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моторного поля. Під час роботи на клавіатурі сидіти прямо, не напружуватися.

2.1.2 Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) належить забезпечити вільну велику поверхню столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба.

2.1.3 Не дозволяються сторонні розмови, подразнюючі шуми.

2.1.4 Періодично при вимкненому комп'ютері прибрати ледь змоченою мильним розчином бавовняною ганчіркою порох з поверхонь апаратури. Екран ВДТ та захисний екран протирають ватою, змоченою у спирті.

Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби для чищення поверхонь комп'ютера.

2.1.5 Забороняється:

- самостійно ремонтувати апаратуру, тим більше ВДТ, в якому кінескоп може знаходитися під високою напругою (близько 25 кВ); ремонт апаратури виконують тільки спеціалісти з технічного обслуговування комп'ютерів, вони ж раз на півроку повинні відкривати процесор і вилучати пилососом пил і бруд, що там накопичилися;

- класти будь-які предмети на апаратуру комп'ютера, канючки та напої на клавіатуру або поруч з нею - це може вивести її з ладу;

- закривати будь-чим вентиляційні отвори апаратури, що може призвести до її перегрівання і виходу з ладу.

2.1.6 Для зняття статичної електрики рекомендується час від часу доторкатися до металевих поверхонь (батарея центрального опалення тощо).

2.1.7 Для зниження напруженості праці на комп'ютері необхідно рівномірно розподіляти і чергувати характер робіт відповідно до їх складності. З метою зменшення негативного впливу монотонності доцільно застосовувати чергування операцій введення тексту та числових даних (зміна змісту робіт), редагування текстів та введення даних (зміна змісту та темпу роботи) і т. і.

2.1.8 Для зменшення негативного впливу на здоров'я працівників виробничих факторів, пов'язаних з роботою на комп'ютерах, необхідно раціонально організувати режим праці і відпочинку.

Тривалість безперервної роботи за ВДТ без регламентованої перерви має не перевищувати 2 год. Тривалість обідньої перерви визначається чинним законодавством про працю та правилами внутрішнього трудового розпорядку УДУНТ.

2.1.9 Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційного напруження та втоми зорового аналізатора, що розвиваються у користувачів, усунення негативного впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку позотонічної втоми

рекомендується виконувати комплекс вправ виробничої гімнастики, а також у спеціально обладнаних приміщеннях проводити сеанси психофізіологічного розвантаження.

3 Вимоги безпеки після закінчення роботи

3.1 Закінчити та записати у пам'ять комп'ютера файл, що знаходиться в роботі. Вийти з програмної оболонки і повернутися у середовище MS DOS.

3.2 Вимкнути принтер, інші периферійні пристрої, вимкнути ВДТ і процесор. Вимкнути стабілізатор, якщо комп'ютер підключений до мережі через нього. Штепсельні вилки витягнути з розеток. Накрити клавіатуру кришкою для запобігання попаданню в неї пилу.

3.3 Прибрати робоче місце. Оригінали та інші документи покласти в ящик стола.

3.4 Ретельно вимити руки теплою водою з милом.

3.5 Вимкнути кондиціонер, освітлення і загальне електроживлення приміщення.

Порядок виконання роботи студентом:

1. Відкриває новий віртуальний прилад (ВП) та створює лицьову панель, як показано нижче (рисунок 1).

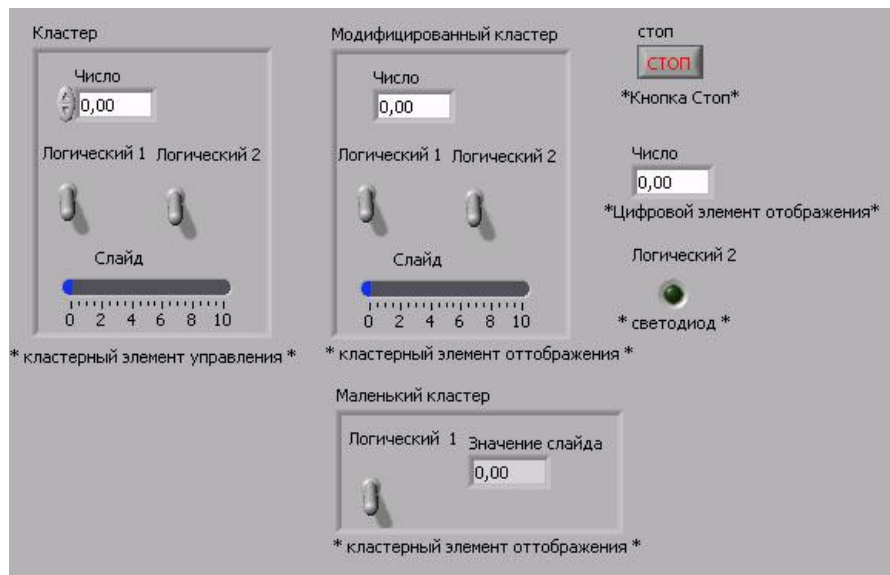


Рисунок 1 – Лицьова панель віртуального приладу

а. Поміщає на лицьову панель кнопку "Стоп" та круглий світлодіод.

б. З панелі **Controls >> Array & Cluster** вибирає шаблон кластера.

Кластер (cluster) – форма представлення впорядкованої сукупності елементів різних типів (числові, рядкові, логічні тощо. буд.).

с. Об'єкти лицьової панелі, що показані на рисунку 1, поміщає у шаблон кластера.

д. Створює та перейменовує копію елемента **Кластер** на **Модифікований Кластер**. Після цього клацає правою кнопкою миші по межі шаблону кластера **Модифікований Кластер** і вибирає **Change to Indicator** з контекстного меню.

е. Повторює дії за позицією «d» для створення елемента **Маленький кластер**. Змінює його.

2. Перевіряє порядкові номери елементів у кластерах **Кластер** та **Маленький кластер**. Порядкові номери кластерів **Модифікований кластер** і **Кластер** повинні збігатися.

а. Клацає правою кнопкою миші по межі шаблону кожного кластера, у контекстному меню вибирає пункт **Reorder Controls in Cluster**.

б. Порядкові номери елементів встановлює, як показано нижче (рисунок 2).



Рисунок 2 – Панель управління кластерами

3. Створює блок-діаграму, як показано нижче (рисунок 3).

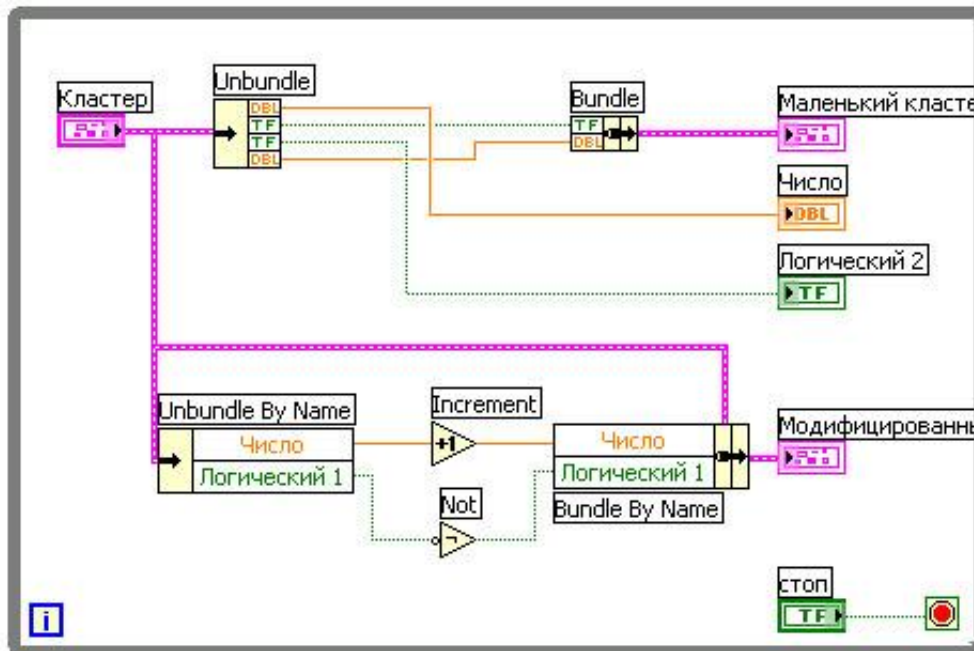


Рисунок 3 – Зовнішній вигляд блок-діаграми в середовищі LabVIEW

4. Зберігає ВП під ім'ям «Робота з кластерами.vi»
5. Переходить на лицьову панель та запускає ВП.

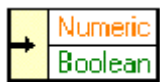


З палітри **Functions** >> **Cluster** виберіть функцію **Unbundle**. Ця функція роз'єднує кластер **Кластер**. Змініть розмір цієї функції до чотирьох полів введення даних або з'єднайте термінал кластера з функцією для автоматичного додавання полів введення даних.

З палітри **Functions** >> **Cluster** виберіть функцію **Bundle**. Ця функція об'єднує елементи в кластер **Маленький кластер**.



З палітри **Functions** >> **Cluster** виберіть функцію **Unbundle by Name**



. Ця функція виділить два елементи кластера **Кластер**. Змініть розмір функції до двох полів даних. Якщо імена в полях виведення даних відрізняються від показаних на ілюстрації, слід клацнути правою кнопкою миші на ім'я елемента та у контекстному меню увійти до розділу **Select Item**.

З палітри **Functions** >> **Numeric** виберіть функцію **Increment**. Ця функція додасть 1 до значення елемента **Число**.



З палітри **Functions** >> **Boolean** виберіть функцію **Not**. Ця функція видасть логічне заперечення елемента **Логічний 1**.



З палітри **Functions** >> **Cluster** виберіть функцію **Bundle by Name**



. Ця функція змінить значення елементів **Число** та **Логічний** у кластері **Кластер** і створить кластер **Модифікований кластер**. Змініть розмір цієї функції на два поля введення даних. Якщо імена в полях виведення даних відрізняються від показаних на ілюстрації, слід клацнути правою кнопкою миші на ім'я елемента та у контекстному меню увійти до розділу **Select Item**.

6. Змінює значення елементів у кластері **Кластер** і запускає ВП.
7. Закриває ВП.
8. Представляє отримані результати у пояснювальній записці. Пояснювальна записка складається з короткого опису можливостей побудови віртуального приладу в середовищі LabVIEW, операцій в ході виконання завдання та отриманих результатів.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 8...10 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи: здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

Лабораторна робота № 4

«Проектування та віртуальна реалізація інформаційно-вимірювальної системи для вимірювань температури»

Мета: набуття студентами умінь та навиків проектування інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), зокрема, для вимірювань фізичних величин.

Суть розробки: проектування складових системи для вимірювань температури. Визначення метрологічних характеристик. Прогнозування якості і надійності системи. Використання типових блоків. Конструювання та використання системи. Перевірка адекватності моделі.

Термін виконання – 1 година.

Предметна сфера розробки: діяльність метрологічного підрозділу підприємства.

Теоретичні положення

Проектування — це комплекс робіт який складається з пошуку, досліджень, розрахунків та розрахування з метою отримання опису достатнього для створення нового об'єкту або виробу, його реконструкції, модернізації, що відповідає заданим вимогам.

У техніці — це розробка проектної, конструкторської та іншої технічної документації, призначеної для забезпечення будівництва, створення нових видів та зразків.

В процесі проектування виконуються технічні та економічні розрахунки, розробляються схеми, графіки, пояснювальні записки, кошториси, калькуляції та описи.

Стадії проектування:

- *Технічне завдання (ТЗ)*, яке встановлює призначення обладнання, галузь його застосування, характеристику (короткий опис), технічні вимоги, етапи розробки і терміни їх виконання, обґрунтування ефективності застосування, перелік документів, що підлягають розгляду замовником, особливості приймальних випробувань;

- *Технічна пропозиція (ТП)* містить технічне та економічне обґрунтування доцільності проектування машини згідно з ТЗ, можливі варіанти його реалізації, а також порівняння розроблюваної конструкції з аналогічними, перевірку патентоспроможності й ін.

- *Ескізний проєкт (ЕП)* — це сукупність документації, яка містить принципові компонувальні і структурні рішення, що дають уявлення про устрій і принцип роботи обладнання, а також дані, що визначають основні параметри об'єкта, який розробляється.

- *Технічний проєкт (ТП-Т)* — сукупність документації, яка містить технічні рішення, що дають повне уявлення про обладнання, що проектується, а також всі початкові дані, необхідні для розробки робочої документації на стадії конструювання.

- *Робочу документацію (РД)* використовують для одиничного, серійного і масового виробництва машин. У процесі розроблення РД найбільш повно враховують технологічні й організаційні фактори виробництва. Ця стадія розроблення найбільш довготривала та потребує найбільших витрат часу і засобів. РД розробляють послідовно для виготовлення й випробування дослідного зразка (партії), установчої серії, серійного та масового виробництва.

Розробленим варіантам ТЗ відповідають кілька варіантів *попередніх* ТП. Зіставляючи ці ТП з варіантами ТЗ, установлюють оптимальне ТЗ (*ОТЗ*). За аналогією можуть бути встановлені *оптимальні*: технічна пропозиція (*ОТП*), ескізний проєкт (*ОЕП*), технічний проєкт (*ОТП-Т*).

Оптимальні варіанти визначають на підставі порівняння оцінок за двома стадіями розроблення; зворотні зв'язки між стадіями проектування вказують на можливість уточнення прийнятих раніше рішень.

Розроблення ТЗ і весь процес проектування слід розглядати як процес техніко-економічний на основі суспільної потреби у створенні нової технічної системи, що повинна відповідати сучасному рівню розвитку техніки, меті та задачам проектування. Тому при розробленні ТЗ мова повинна йти про виконання при проектуванні техніко-економічних вимог (*ТЕВ*), які враховують розвиток потреб суспільства, науково-технічного прогресу й існуючої матеріально-технічної бази. ТЕВ – це сукупність обмежень на технічні та економічні показники, структуру і склад техніки, отримані як результат найбільш раціонального врахування потреб суспільства в техніці й найкращих способах їх задоволення.

При проектуванні системи вимірювання температури з урахуванням загальних етапів проектування (див. вище) розглядають наступні види вимірювальних приладів:

- контактні термометри, чутливі елементи (датчики) яких вступають у безпосередній контакт з об'єктом вимірювання;

- неконтактні термометри, що вимірюють дистанційно інтенсивність інтегрального теплового або оптичного випромінювання об'єкту.

В рамках цих видів розрізняють термометри:

- рідинні ртутні, спиртові, силіконові тощо (рисунк 1, а), дія яких базується на тепловому розширенні робочої рідини;

- рідинні манометричні, дія яких базується на розширенні рідини, що нагрівається, та підвищенні тиску (рис. 1, б);

- газові азотні, на інертних газах тощо одного з трьох типів: постійного *об'єму*, постійного *тиску* і постійної *температури* (рис. 1, в);

- дилатометричні (біметалеві), дія яких базується на різному розширенні пари твердих матеріалів, наприклад, міді та фарфору (рисунк 2, *a, б*);
- термопари біметалеві (рис.2, *в*);
- напівпровідникові (рис. 2, *г*);
- радіаційні.

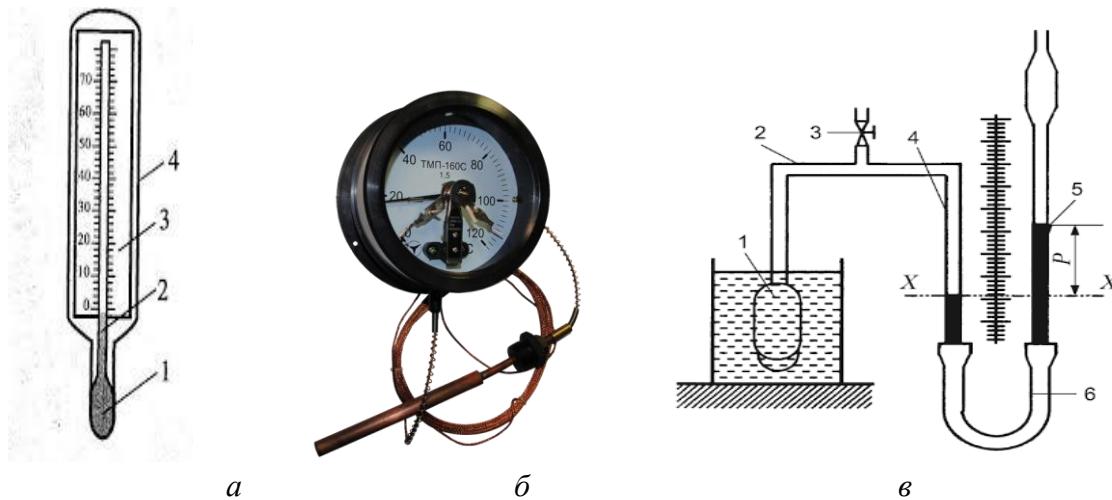


Рисунок 1 – *a* - вигляд рідинного скляного термометра (1 – розширювач з термометричною рідиною; 2 – капіляр; 3 – шкала; 4 – корпус); *б* - вигляд рідинного манометричного термометра; *в* - схема газового термометра постійного об'єму [6]

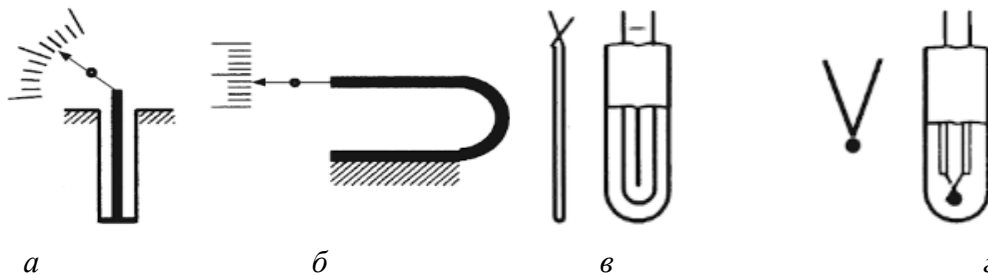


Рисунок 2 – Схеми дилатометричних термометрів: *a* – виготовлений з лінійних деталей, матеріали яких що мають різний коефіцієнт лінійного розширення; *б* – біметалічного (пояснення позицій – у тексті) та електричних біметалевого (*в*) та напівпровідникового (*г*) термометрів опору [6]

Перед початком роботи керівник (викладач) проводить інструктаж з техніки безпеки, в якому представляє наступне.

1 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

1.1 Усе лабораторне обладнання (установки, огороження, запобіжні пристрої) повинні бути ретельно оглянуті та перевірені відповідальними за проведення конкретної лабораторної роботи.

1.2 При наявності будь яких несправностей, вони повинні бути усунуті до початку проведення лабораторних робіт.

1.3 Перевірити справність заземлення на лабораторних установках, які мають живлення від електричної мережі університету.

1.4 Перевірити справність пускових пристроїв та підключень приладів та оснащення до електричної мережі живлення.

1.7 При проведенні лабораторних робіт, пов'язаних з використанням освітлювальних або нагрівальних пристроїв, необхідно перевірити їх на відсутність перегріву; при наявності неприємного запаху виключити пристрій і повідомити керівника роботи (викладача).

1.8 Перевірити установку вимірювальних приладів на «О».

ПОПЕРЕДЖЕННЯ: вмикання лабораторних установок без відома викладача (керівника) **ЗАБОРОНЕНО**.

2 ВИМОГИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

2.1 При включенні приладів необхідно проконтролювати відповідну індикацію.

2.2 ЗАБОРОНЕНО:

2.2.1 виконувати будь який ремонт включених приладів та оснащення;

2.2.2 торкатися руками до деталей, які рухаються.

2.3 **ЗАБОРОНЕНО** будь яке гальмування (руками чи сторонніми предметами) механізмів, які обертаються.

2.4 **ЗАБОРОНЕНО** студентам поза межами виконуваної лабораторної роботи пересуватись по лабораторії, підходити до працюючих машин, відволікати працюючих розмовами, торкатися руками до електропроводки, рубильників, автоматів тощо.

2.5 У разі раптового припинення подачі електроенергії необхідно працюючу установку відключити від живлення та повідомити про це керівника (викладача).

2.6 Необхідно негайно відключити прилади та оснащення: при перегріві вище нормально допустимого, появі сторонніх звуків, порушенні нормального живлення тощо та повідомити про це керівника (викладача).

2.7 **ЗАБОРОНЕНО** торкатися до розігрітих частин лабораторних установок.

3 ВИМОГИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ЗАКІНЧЕННІ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

3.1 Вимкнути джерело живлення лабораторних установок.

3.2 Дати можливість охолонути розігрітим частинам приладів та оснащення.

3.3 Привести у порядок лабораторну установку.

3.4 Прибрати робоче місце.

3.5 Доповісти викладачу про закінчення проведеної роботи на даній установці.

Порядок виконання роботи студентом:

1. Отримує від викладача завдання щодо утворення інформаційно-вимірювальної системи вимірювання температури для певних умов (наприклад, в рамках ділової гри щодо контролю роботи радіаторів обігріву приміщення або киплячої води, або зовнішньої поверхні лампи розжарювання чи енергозаощаджувальної лампи тощо).

2. Користуючись переліком засобів вимірювання температури, інформацією про наявні прилади та поняття про процес проектування (див. вище) за допомогою доступних джерел інформації (Інтернет, довідники тощо) визначає характерні параметри та умови використання відповідних приладів.

3. Визначає складові проекту відповідної інформаційно-вимірювальної системи.

4. В рамках ділової гри складає Технічне завдання на проектування інформаційно-вимірювальної системи.

5. Зіставляє властивості придатних засобів вимірювань з умовами завдання на проектування, виробляє та обґрунтовує Технічну пропозицію щодо для розв'язання поставленої задачі.

6. Використовуючи наявні придатні та застосовні засоби вимірювань складає вимірювальну систему.

7. Використовує складену систему для вимірювання температури із застосуванням різних вимірювальних приладів.

8. Порівнює результати вимірювань між собою за рівнем фізичної величини та точністю вимірювань.

9. Представляє отримані результати у пояснювальній записці, відображуючи характеристику стадій проектування, показники працездатності та якості засобів вимірювання температури, обґрунтування Технічної пропозиції, результати вимірювань та загальні висновки по роботі.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка, як правило, містить: титульний аркуш; реферат; зміст; опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 10...12 стор.; ф. А4; шрифт 14; 1 інтервал.

Захист роботи: здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

2.3 Методичні вказівки до індивідуального завдання

«Моделювання фізичних процесів в середовищі LabVIEW»

Мета: опанування можливостями середовища LabVIEW для математичного моделювання фізичних явищ та процесів, створення підпрограм обробки даних.

Суть розробки: використання можливостей програмного забезпечення програми LabVIEW для моделювання термодинамічних процесів.

Умови виконання – самостійна робота у позааудиторний час.

Предметна сфера розробки: метрологічне забезпечення діяльності підприємства.

Загальні положення

В індивідуальному завданні розглядаються можливості інженерного середовища графічного програмування для моделювання термодинамічних процесів ідеального газу. Процесом називається будь-яка зміна параметрів його стану. Зазвичай змінюються всі три параметри, пов'язані між собою рівнянням $PV=RT$, де P – тиск, V – об'єм, T – температура, R – універсальна газова стала. Існує ряд процесів, протягом яких зберігається постійне відношення виконаної роботи та кількості тепла, що бере участь у теплообміні із зовнішнім середовищем. Такі процеси називаються політропними. Для них виконується додаткове співвідношення $PV^n = \text{const}$.

Якщо в політропному процесі повітря, що є ідеальним газом, стискається дуже швидко, то при зменшенні об'єму в 15 разів, температура його підвищується до 650 °С. В нього можна вприснути дизельне паливо, і воно самозаймається. Таким способом може бути реалізований один з процесів, за допомогою якого приводиться у дію дизельний двигун.

При тому ж ступені стискання, що здійснюється дуже повільно, температура залишається без змін. Це пов'язано з тим, що в повільному процесі теплова енергія, яка утворюється при стисканні газу, встигає розсіятися у навколишньому середовищі. Таким чином, характер зміни параметрів стану фактично залежить від швидкості процесу.

Порядок виконання роботи студентом

1. Розроблює програму моделювання політропного процесу стискання повітря у циліндрі об'ємом V_0 з початковим тиском P_0 та температурою T_0 при ступені стискання $\lambda=V_0/V_K$. Результати обчислень відображує у вигляді індикаторів традиційних приладів, що служать для вимірювання параметрів стану V , P , T , графіків їх зміни за часом та P - V діаграми процесу.

2. Отримує від викладача варіант розрахункового завдання згідно таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні розрахункові дані

№ варіанту	V_0 , л	P_0 , кПа	T_0 , К	λ
1	1	100	300	5
2	2	300	100	4
3	4	500	700	3
4	3	700	200	5
5	2	600	500	6
6	4	400	400	4
7	1	200	600	5
8	3	800	300	4
9	4	100	400	2

10	2	300	600	3
11	1	200	500	4
12	3	400	300	6
13	4	600	600	4
14	2	500	500	5
15	1	200	300	3

3. Здійснює запуск середовища LabVIEW. У головному вікні програми вибирає команди: *New*→*Blank VI* для створення нового файлу. Далі вибирає меню: *Window*→*Tile Left and Right* для одночасного відображення на екрані двох вікон програми - сірої *Лицьової панелі* і білої панелі *Блок-діаграм*. Для подальшої роботи необхідно викликати *Палітру інструментів* за допомогою меню: *View*→*Show Tools Palette* на *Лицьовій панелі* або на *Блок-діаграмі*.

4. Створює на *Лицьовій панелі* чотири цифрові елементи управління для вихідних даних задачі: V0, P0, T0, n як показано на рисунку 1. Для цього клацанням ПКМ (правої кнопки миші) по сірій панелі викликає *Палітру елементів управління (Controls)* та закріплює її, активізувавши кнопку у лівому верхньому куту палітри.

Відкриває пункт меню *Num Ctrl*, вибирає перший елемент у верхньому ряду. На *Палітрі елементів управління*, що відкрилася, виділяє елемент *Num Ctrl*. Переміщає чотири елемента по черзі перетягуванням на *Лицьову панель* та розташовує їх горизонтально в один рядок.

Змінює власні мітки керуючих елементів, підписавши замість *Numeric* нові позначення: V0, P0, T0, n. Встановлює у віконцях регуляторів відповідні значення вихідних даних (n=1) за допомогою інструмента «введення тексту (A)».

Для відображення отриманих даних V, P, T створює на *Лицьовій панелі* три прилади - мірну ємність, манометр та індикатор температури. Підписує назви цих приладів на українській мові та змінює верхні межі їх шкал - для об'єму – 5 л, тиску - 2000 кПа, температури 1000 К. Для спостереження за ходом процесу створює на *Лицьовій панелі* трипроменевий запам'ятовуючий осцилограф і X-Y-самописець для побудови P-V діаграми процесу → *Палітру елементів керування (Controls)*, графічні індикатори (*Graph Inds*), перший (*Waveform Chart*) та третій елемент (*XY-Graph*). Змінює легенди шкал, як показано на рисунку 1.

5. Звільнює середню частину *Блок-діаграми* для побудови графічного коду програми. Клацає ПКМ на *Блок-діаграмі*, викликає *Палітру функцій (Functions)→Express*. Використовує кнопку у верхньому лівому куті палітри, фіксує її на екрані.

В *Palimpi* Programming викликає перший елемент у першому ряду у вигляді квадрата з потовщеними сторонами, далі в ньому вибирає цикл за умовою *While*, перетягує його на *Блок-діаграму* та розтягує на більшу частину екрану. Повертається до «Структур», обирає формульний (Formula No...) вузол і переносить його усередину циклу (рисунок 2).

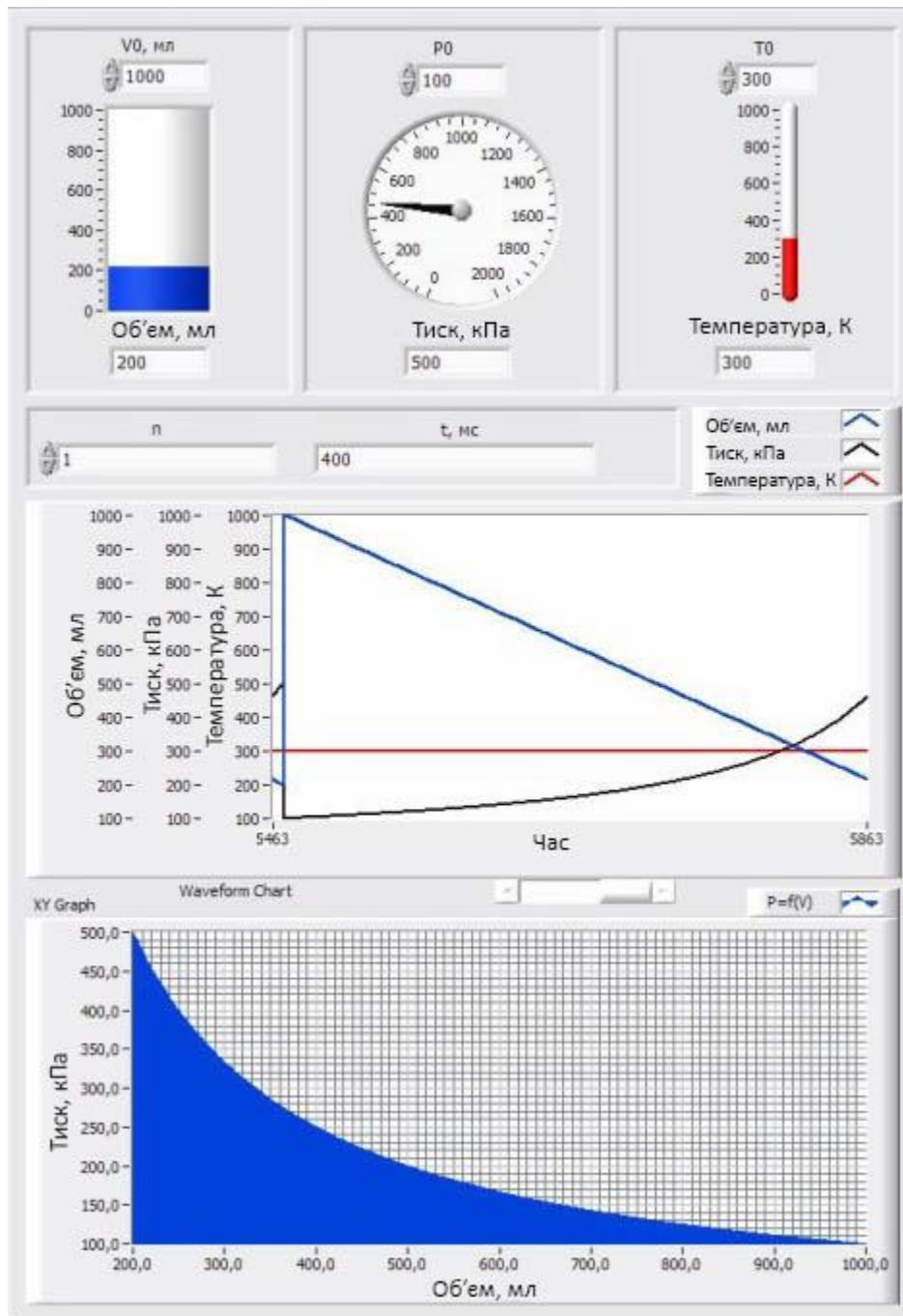


Рисунок 1 – Лицьова панель віртуального приладу для моделювання процесів стиснення

У нашому випадку визначальним процесом у моделюванні є рух поршня та відповідна зміна об'єму стиснутого повітря. Швидкість цього процесу пов'язана з політропним показником наступним чином:

$$V = V_0 - 0,002 \cdot k \cdot n^5, \quad (1)$$

де $k=i$.

Таким чином, при моделюванні час процесу приймається рівним i – номеру поточної ітерації циклу.

Це означає, що за кожний цикл моделювання процесу об'єм газу, що стискається, лінійно зменшується на $(2 \cdot n^5)$ мл.

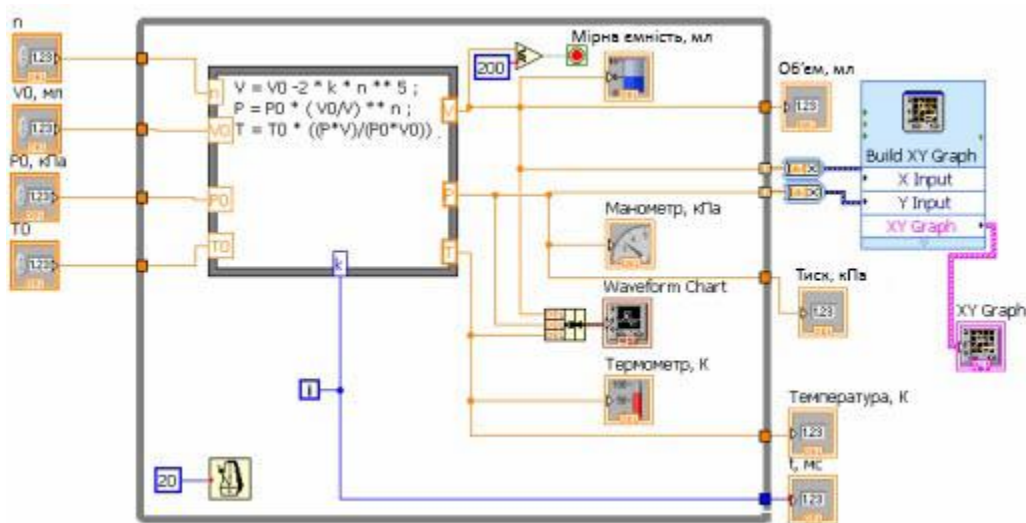


Рисунок 2 – Блок - діаграма програми розрахунку параметрів стиснення газу

Вводить формулу (1) у підготовлений вузол і створює на його кордоні три терміналі введення необхідних для розрахунку V даних - V_0 , k , n , а також один термінал для виведення V . Для цього клацанням ПКМ на межі вузла викликає спливаюче меню, в ньому – три рази «Add Input» та один раз «Add Output».

Вписує в терміналі, що з'явилися, літерні позначення змінних і за допомогою інструмента «провідник» з'єднує їх відповідно з піктограмами V_0 , n та вузлом лічильника ітерацій, вважаючи, що $k = i$.

6. Виводить отримане значення V на границю циклу, вносить в цикл піктограму мірної ємності, осцилограф і додає значення V на їх входи.

Враховуючи умову $\lambda = V_0/V_k$, знаходить значення V_k , що використовується для завершення циклу. Знаходить в *Palitri Express* → Programming → Comparison → Less Or Equal (вузол \leq). Підводить поточне значення V до верхнього логічного терміналу вузла, а до нижнього підводить розраховане значення V_k .

Логічний результат *False* або *True* приєднує до терміналу завершення циклу. Звертає увагу на колір провідника, що відповідає логічному типу даних. Оскільки за умовчанням кожен цикл розраховується лише за одну мілісекунду, то для відстеження динаміки процесу встановлює затримку циклу, що дорівнює 20 мс. Для цього на *Панелі Express*→*Programming*→*Timing*→*Wait Until* вибирає піктограму приладу часу, а в ній – «метроном». Поміщає його всередині циклу, знаходить вхідний термінал та клацанням ПКМ викликає спливаюче меню, у ньому *Create* → *Const.* У прямокутнику, що з'явився, з клавіатури набирає число 20.

Переконається, що стрілка запуску циклу має правильну, неламану форму. Це означає, що програма складена правильно та готова до запуску. В іншому випадку - клацанням ПКМ за стрілкою викликає контекстне меню з роздруківкою допущених помилок. Усуває їх та запускає програму. При цьому об'єм стиснутого повітря в мірній ємності за 10-15 секунд зменшується від V_0 до V_k літрів, а на осцилографі з'являється графік зменшення об'єму у вигляді прямої похилої лінії. На цьому створення та налагодження програмного управління зміною об'єму стисненого газу завершується.

7. Відповідна розглянутому процесу зміна тиску в циліндрі описується формулою:

$$P = P_0 \cdot \frac{V_0}{V} \cdot n. \quad (2)$$

Вносить співвідношення (2) у формульний вузол. Додає додатковий вхід для введення P_0 та за допомогою провідника пов'язує його з відповідним елементом керування. На правій межі формульного вузла створює вихід P і з'єднує його з піктограмою манометра, що внесена всередину циклу.

Для одночасного відображення графіків зміни тиску та об'єму повітря на тому самому приладі перетворює однопроменевий осцилограф у двопроменевий. Для цього в *Палітрі Express*→*Programming*→*Cluster, Cla...* →*Bundle* вибирає масиви та кластери, в де є елемент «об'єднання». Активізує провідник, що з'єднує осцилограф з виходом V і прибирає його. До нижнього входу елемента «об'єднання» підводить значення P , а у верхньому – відновлює з'єднання з V . Вихід елемента «об'єднання» з'єднує з входом комп'ютерного осцилографа, який з цього моменту стає двопроменевим.

Робота зі створення підпрограми моделювання зміни тиску при стисканні може вважатися завершеною, якщо стрілка запуску має правильний вигляд. Для перевірки

правильності роботи цієї програми необхідно очистити попередній графік клацанням ПКМ по екрану осцилографа набором команд у спливаючому меню Data Operation та Clear Cap.

Запускає програму та переконується в тому, що за час процесу тиск у циліндрі змінюється від 100 до 500 кПа, а графік його зміни за часом є зростаючою експоненціальною функцією.

8. Зміна температури у досліджуваному процесі визначається співвідношенням:

$$T = T_0 \cdot \frac{P \cdot V}{P_0 \cdot V_0} \quad (3)$$

Вводить формулу (3) в формульний вузол, додає додатковий вхід T_0 і вихід для отриманого значення T . З'єднує вихід T та піктограму термометра, вміщену всередині циклу. Додає ще один канал з'єднання з осцилографом. Для цього за допомогою курсору у вигляді стрілки активізує елемент «об'єднання» і розтягує його вниз на одну нову позицію. Підводить до нового входу сигнал T і з'єднує загальний вихід з осцилографом.

Далі необхідно переконатися у правильності складеної підпрограми, очищує колишній графік та запускає програму цілком. При $n=1$ показання термометра залишаються на тому ж рівні, оскільки цей ізотермічний процес характеризується як раз постійним значенням температури. Тиск та об'єм змінюються, як й у попередньому випадку.

9. Передбачає виведення кінцевих значень параметрів модельованого процесу на лицьову панель. Для цього клацанням ПКМ по сірій панелі викликає 5 цифрових індикаторів та розташовує їх у наступній послідовності у відповідності з таблицею 2.

Таблиця 2 – Цифрові індикатори

n	t, мс	V_k , л	P_k , кПа	T_k , К
---	-------	-----------	-------------	-----------

Виводить значення цих параметрів на праву межу циклу та з'єднує їх із відповідними індикаторами. Повторює запуски програми при $n=1,2$ та $n=1,4$. Переносить виміряні значення до таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати моделювання

№ п/п	Параметри				
	n	t, мс	V , л	P , кПа	T , К

1	1				
2	1,2				
3	1,4				

10. Отримані значення параметрів стану можуть бути використані для автоматичної побудови P-V діаграми досліджуваного процесу (рисунки 3...5). Для цього виводить на межу циклу поточне значення P та V. За замовчуванням вихідні термінали у циклі While зберігають лише останні значення циклу як у пункті 7. Для того, щоб при моделюванні були збережені всі значення, необхідно для P та V змінити тип вихідних даних. Для цього клацанням ПКМ по терміналу викликає контекстне меню та змінює виходи (Enable Indexing). Далі з'єднує вихідні термінали V та P відповідно з X-Y входами двокоординатного самописця.

Примітка: слід звернути увагу, що товщина провідників для масивів чисел, переданих з вихідних терміналів циклу, більш ніж у провідників поодиноких скалярних величин.

Вкотре очищує графіки та запускає програму. Аналізує вид P-V діаграми. Змінює форму подання даних виділення області, що лежить під кривою P(V), і дає її фізичну інтерпретацію:

$$A = P \cdot dv.$$

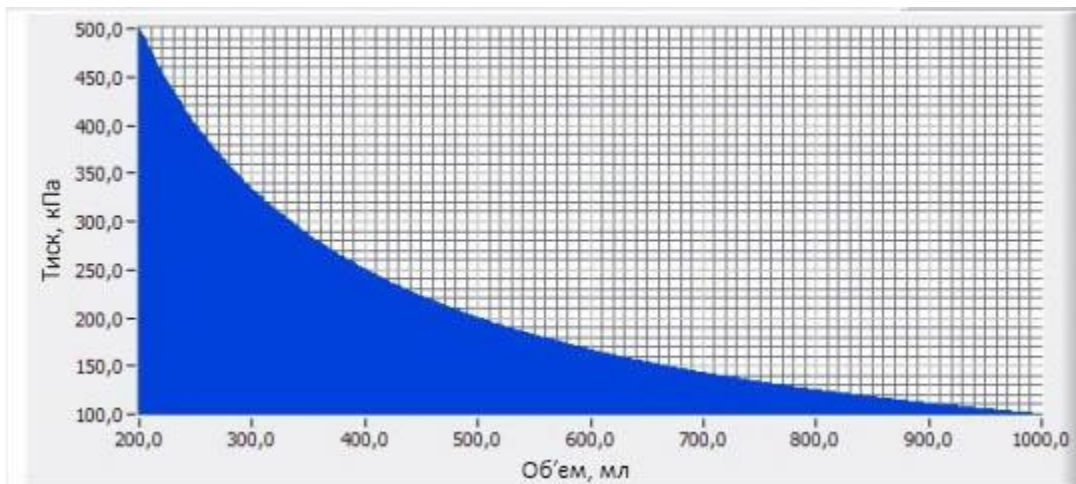


Рисунок 3 – P-V діаграма при n = 1

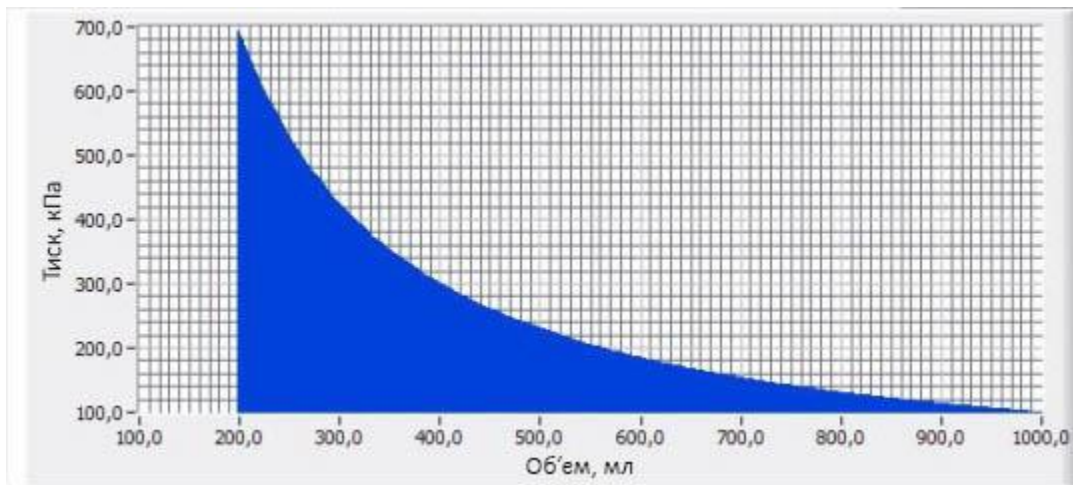


Рисунок 4 – P-V діаграма при $n = 1,2$

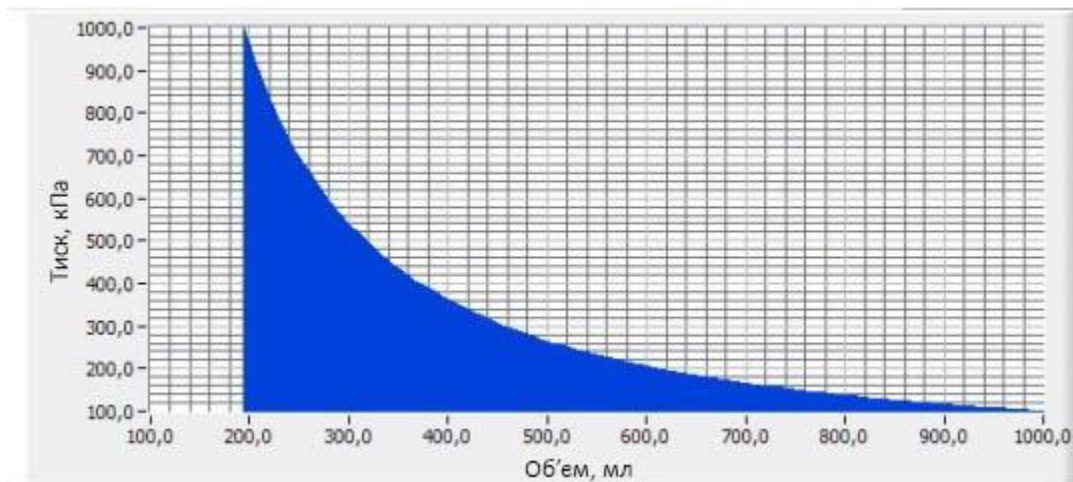


Рисунок 5 – P-V діаграма при $n = 1,4$

11. Проводить чисельне моделювання процесу при $n = 1$; 1,2 та 1,4. Отримані дані заносить до таблиці 3 та аналізує їх.

12. Оформлює результати у пояснювальній записці. При цьому наводить короткий опис термодинамічних процесів ідеального газу та процесів моделювання; описує операції в ході програмування моделі політропного процесу стиснення повітря в циліндрі (лицьової панелі та блок-діаграми); демонструє роботу програми; робить висновок.

Приклад оформлення висновків щодо роботи:

1) Розроблено універсальну програму моделювання політропного процесу стиснення повітря в циліндрі, об'єм, початковий тиск та температура в якому можуть бути задані довільним чином.

2) Встановлено, що у повільному ізотермічному процесі ступінь підвищення тиску дорівнює ступеню стиснення повітря. При швидкому адіабатичному стисканні тиск повітря в

кілька разів перевищує ізотермічне і при ступені стиснення 5 збільшується більш ніж у 10 разів. Температура при цьому досягає 560 К.

3) Побудовано P-V діаграми досліджуваних процесів. Показано, що площа під кривою стиснення на P-V діаграмі чисельно дорівнює механічній роботі, витраченої на стиск повітря.

Оформлення роботи: згідно з відповідними методичними вказівками, що діють в УДУНТ [9]. Пояснювальна записка має містити: титульний аркуш; реферат; короткий опис розробки; висновки та рекомендації; перелік посилань.

Обсяг пояснювальної записки – 12...15 стор.; ф. А4; шрифт 14 пп.; 1 інтервал.

Захист роботи здійснюється у ході співбесіди студента з керівником. Наявність заліку враховується при формуванні заключної оцінки з навчальної дисципліни.

3 ЗАСОБИ САМОКОНТРОЛЮ

1) Як називається вимірювальний пристрій, призначений для формування на своєму виході сигналу, що функціонально зв'язаний із сигналом вимірюваної інформації на вході у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та збереження?

2) Які основні вимоги висуваються до вимірювальних перетворювачів?

3) Які перетворення здійснюють вимірювальні трансформатори, вимірювальні підсилювачі струму і напруги?

4) Які перетворення здійснюють термопари, терморезистори, тензорезистори, фотоелементи, реостатні, ємнісні та індуктивні датчики переміщення?

5) Як розділяють вимірювальні перетворювачі за характером перетворення вхідної величини у вихідну?

6) Який принцип дії електромагнітної системи приладів?

7) Який принцип дії індукційної системи приладів?

8) Як називаються вимірювальні системи, у яких вимірювання різнорідних фізичних величин здійснюється безперервно в часі за допомогою індивідуального для кожної величини вимірювального каналу, причому вихідний сигнал кожного каналу може надходити на загальний реєструючий чи обчислювальний пристрій?

9) До якого типу систем приладів відносяться лічильники електричної енергії?

10) До якого типу систем приладів відносяться ватметри?

11) Як називається сукупність уніфікованих апаратних, програмних, конструктивних засобів, що необхідні для реалізації алгоритмів взаємодії різних функціональних блоків вимірювальних систем та приладів, а також функціональних блоків, що входять до складу автоматизованих систем управління?

12) Що являє собою автоматизований засіб вимірювання фізичних величин, до складу якого входить комп'ютер, мікропроцесор, різноманітні датчики, інформаційні канали (провідні та безпровідні)?

13) Що входить до основних технічних компонентів комп'ютерних систем вимірювання?

14) Чим обумовлена похибка аналого-цифрового перетворення?

15) Як називаються вимірювальні перетворювачі, що змінюють в певну кількість разів розмір вхідної величини без зміни її фізичної природи?

16) Як називаються вимірювальні перетворювачі, які виконують над вхідною величиною математичні операції вищого порядку – диференціювання чи інтегрування за часовим параметром?

17) Що забезпечує конструктивна категорія системної сумісності функціональних елементів?

18) Які основні переваги віртуальних вимірювальних приладів?

19) Наведіть приклад віртуального приладу.

20) Як класифікуються інтерфейси за організацією зв'язку?

21) Як класифікуються інтерфейси за режимом обміну інформацією?

22) У чому полягає принцип відкритої архітектури у роботі інтерфейсу?

23) Який принцип закладено в процес, який полягає в тому, що після повідомлення машині адреси першої команди програми та занесення тіла цієї команди до регістру команд, програма управляє сама собою?

24) Що являє собою різновид керуючої конструкції у високорівневих мовах програмування, що призначений для організації багатократного виконання набору інструкцій?

25) Що представляє собою набір однотипних даних (елементів), розташованих у пам'яті безпосередньо один за одним, доступ до яких здійснюється за індексом (індексами)?

26) Яка категорія системної сумісності функціональних елементів передбачає однотипність метрологічних характеристик всіх засобів вимірювальної техніки, які використовуються в комплексі і забезпечують отримання кількісної оцінки достовірності виконуваних вимірювань?

27) Як називається вимірювальна система, реалізована на основі універсальної ЕОМ з додатковими технічними засобами, в якій склад і порядок роботи програмного забезпечення і технічних засобів можуть бути змінені користувачем?

28) Що являють собою «модулі» в комплексах отримання інформації?

29) Що представляють собою субкомплекси в комплексах отримання інформації?

30) Як називається графічне подання операторів циклу та вибору з текстових мов програмування у середовищі LabVIEW?

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Технічне регулювання та контроль на підприємстві / А. М. Должанський та ін. Дніпро : Видавець «Свідлер А. Л.», 2021. Т. 1. 523 с.

2. Кондратов В. Т., Кондратов Ю. Т. Классификация интерфейсов измерительных систем и приборов. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2014. № 4. С. 85–97.

3. Воцинський В. С. Інформаційно-вимірювальні комплекси : конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. 337 с.

4. Програмування електронних систем обробки даних. *СумДУ*. URL: <https://mix.sumdu.edu.ua/textbooks/36685/1104922/index.html> (дата звернення: 12.05.2024).

5. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем : навч. посіб. / Н. М. Защепкіна та ін. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 176 с.

6. Методи та засоби інформаційно-вимірювальної техніки, випробувань і контролю : підручник (з грифом Вченої ради НМетАУ) / Є. О. Петльований та ін. Дніпро : Видавництво «Свідлер А. Л.», 2018. 191 с.

7. Сердюк Л. І. Теорія розмірностей, подібності та математичне моделювання : посіб. Полтава : ПолтНТУ, 2005. 154 с.

8. Хвищун І. О. Програмування і математичне моделювання : підручник. Київ : Видавничий «Дім Ін Юре», 2007. 545 с.

9. Положення про виконання кваліфікаційної роботи в Українському державному університеті науки і технологій : рукопис / розробники: А. В. Радкевич та ін. Дніпро : УДУНТ. 2022. 47 с.

Навчально-методичне видання

Чорноіваненко Катерина Олександрівна

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-методичні рекомендації
до проведення практичних та лабораторних занять

Електронне видання

Експертний висновок склала канд. техн. наук, доц. Наталія Полякова

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 739 від 26.06.2024)

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка К. О. Чорноіваненко

Формат 60x84_{1/16}. Ум. друк. арк. 3,72. Обл.-вид. арк. 3,2.
Зам. № 59

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010