

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Систем якості,
стандартизації та метрології»

В авторській редакції

**ВІРТУАЛЬНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ
СИСТЕМИ**

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять
(заочна форма навчання)

Електронне видання

ДНІПРО
2025

УДК 681.518.3-021.131:006.91(076.5)

В 52

Упорядник:
К. О. Черноіваненко

Електронне видання

Рекомендовано ГЗЯОП «Інформаційно-вимірювальні технології та інженерія якості»
спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»
Протокол № 4 від 30.01.2025 р.

В 52 Віртуальні вимірювальні системи : методичні рекомендації до проведення практичних занять (заочна форма навчання) / упоряд. К. О. Черноіваненко ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2025. – 49 с.

Методичні рекомендації призначені для використання студентами безвідривної форми навчання спеціальності 175 (G6) «Інформаційно-вимірювальні технології» під час виконання практичних занять з дисципліни «Віртуальні вимірювальні системи».

Методичні рекомендації містять інформацію, необхідну для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання практичних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

Іл. 22. Табл. 7. Бібліогр. 9 назв.

© Черноіваненко К. О., упорядкування, 2025

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНІ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	7
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	7
2.1 Навчально-методичні рекомендації до практичних занять	7
Практична робота № 1 «Інтерфейси комп'ютерних систем з візуалізації процесу вимірювань».....	7
Практична робота № 2 «Інформаційні технології віртуального узгодження даних вимірювань».....	18
Практична робота № 3 «Структурування віртуальних вимірювальних систем».....	24
Практична робота № 4 «Розробка віртуального приладу».....	28
2.2 Навчально-методичні рекомендації до індивідуального завдання «Моделювання фізичних процесів в середовищі LabVIEW».....	38
3 ЗАСОБИ САМОКОНТРОЛЮ	46
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ	48

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Віртуальні вимірювальні системи» є вибірковою для студентів, що навчаються за освітньою програмою «Якість, стандартизація, сертифікація та метрологія» спеціальності 175 (G6) – Інформаційно-вимірювальні технології другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Метою наявного видання у контексті вивчення дисципліни «Віртуальні вимірювальні системи» є освоєння студентами комплексних знань та практичних навичок з користування інструментами комп'ютерної платформи візуальної мови програмування для обробки різних даних, що надходять під час експлуатації інформаційно-вимірювальних систем.

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

ІК1. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і проблеми у галузі інформаційно вимірювальних технологій і техніки, метрології та якості техніко-організаційних систем, процесів та продукції (послуг) у будь-якій предметній області економічної діяльності, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

ЗК-3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК-5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (використовувати системний аналіз та синтез, комп'ютерне моделювання та методи оптимізації).

ЗК-6. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми у фаховій сфері.

ФК-1. Здатність обирати та застосовувати придатні математичні методи, комп'ютерні технології, а також підходи до стандартизації, аспектів технічного регулювання та сертифікації для вирішення завдань у сферах метрології, інформаційно-вимірювальної техніки, систем якості і технічного регулювання.

ФК-2. Мати практичні навички розв'язування складних задач і проблем метрології, інформаційно-вимірювальної техніки, стандартизації при контролі та оцінюванні (зокрема, кваліметричному) якості продукції.

ФК-3. Знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів експериментальної інформатики, необхідних для наукової та практичної діяльності у сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки з орієнтацією на управління якістю, стандартизацію та технічне регулювання (сертифікацію).

- **вміти:** застосовувати практичні навички з використання інструментів комп'ютерної платформи візуальної мови програмування; 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 робіт та індивідуального завдання

Код	Очікуваний результат навчання	Рівень
ОРН1	Описувати принципи побудови програмного та апаратного забезпечення комп'ютерних вимірювальних комплексів із застосуванням віртуальної мови програмування, надавати їх класифікацію, моделювати характеристики компоненти вимірювальних приладів.	II
ОРН2	Використовувати основні принципи моделювання процесів вимірювання та метрологічного забезпечення, а також принципи створення інформаційно-вимірювальних систем на їх основі із застосуванням відповідних засобів візуальної мови програмування.	III
ОРН3	Застосовувати сучасні візуальні та об'єктно-орієнтовані технології при представленні компонентів інформаційно-вимірювальних систем.	III

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

Код	Соціальна навичка (<i>soft skill</i>)
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 дисципліни «Ділове спілкування іноземною мовою» циклу загальної підготовки, дисциплінами «Метрологія, контроль та інформаційно-вимірювальні технології», «Системи

управління якістю», «Акредитація та забезпечення діяльності випробувальних лабораторій» циклу фахової підготовки.

1 ЗАГАЛЬНІ НАВЧАЛЬНО- МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Структуру вивчення дисципліни «Віртуальні вимірювальні системи» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура вивчення дисципліни

Курс/ семестр	Загалом, годин	Лекцій, годин	Практ., годин/ кількість	Самост., годин	Вид контролю
1/2	90	6	2/4	82	Індивідуальне завдання. Диф. залік

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

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

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Навчально-методичні рекомендації до практичних занять

Практична робота № 1

«Інтерфейси комп'ютерних систем з візуалізації процесу 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.

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 [2].

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, часового 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 «зїрка»), *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.

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 [3].

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 часовим 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 послідовною.

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 регістру 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 технологіям. 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-gigabit Ethernet (або *40GbE*) та *100-gigabit 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 (*ЕСР, ЕРР*). 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 інтерфейсом. 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 станом 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.

В 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 взаємодії 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 з 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.

Дано 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».

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 транспорт 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 та запропонувати раціональний тип інтерфейсу.

(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. 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 № 2

«Інформаційні технології віртуального узгодження даних вимірювань»

Мета: ознайомлення студентів з деякими засобами вдосконалення метрологічного забезпечення вимірювальних систем.

Суть розробки: аналіз віртуальних результатів вимірювань із застосуванням інформаційних технологій для узгодження даних інструментальних пристроїв їх збору та накопичення.

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 2.1 наведено деякі з найбільш поширених перетворювачів.

Таблиця 2.1 – 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 шланга 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 ТТЛ-сумісний 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.

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

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

Зокрема, підсилення електричних сигналів збільшує точність в результуючому оцифрованному 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 вимірюваного сигналу. Більш того, якщо різниця потенціалів землі джерела сигналу і ПЗД велика, можна пошкодити вимірювальну систему. Щоб уникнути

появи ланцюга (контуру) 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 у вигляді певних характеристик датчиків або сигналів (наприклад, термопара, тензодатчик, сигнали з високочастотними перешкодами та ін.).
3. Пропонує 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 № 3

«Структурування віртуальних вимірювальних систем»

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

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

Предметна сфера розробки: діяльність метрологічного підрозділу підприємства.

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 2.1).

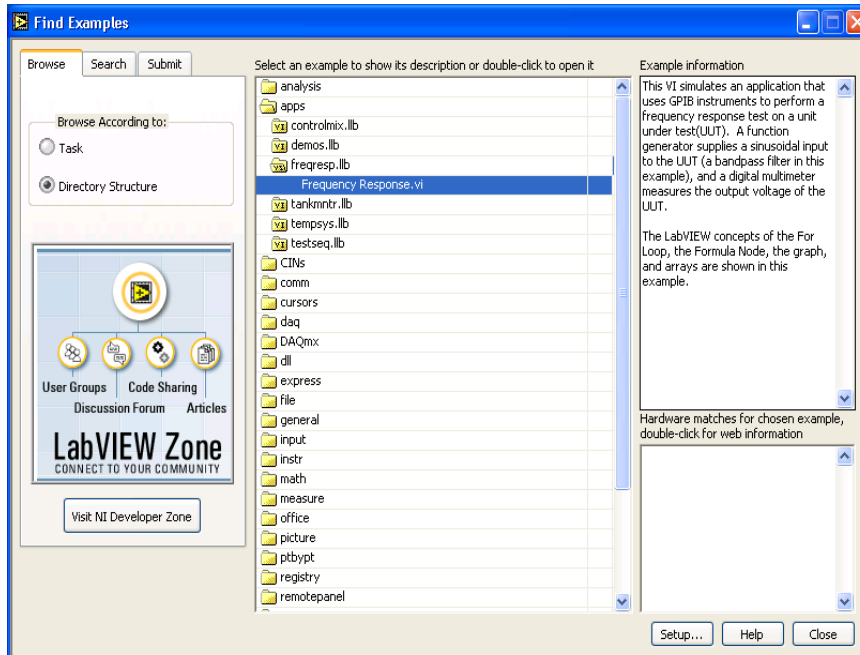



Рисунок 2.1 - Діалогове вікно пошуку прикладів ВП

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**.

4. На панелі інструментів натискає кнопку **Run**  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 2.2).

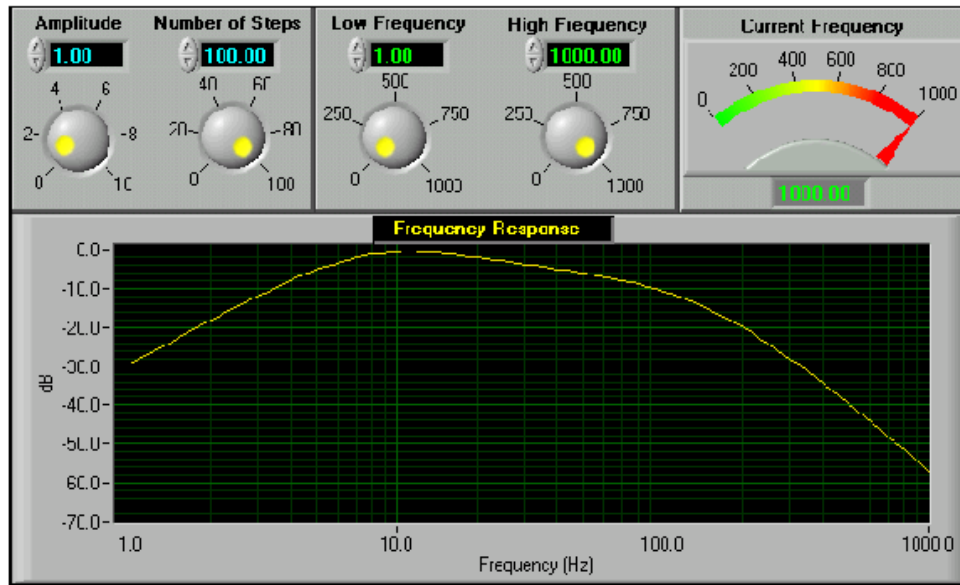




Рисунок 2.2 – Лицьова панель ВІ

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 враховане.

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

7. Переходить на блок-діаграму. Для цього вибирає у головному меню **Window » Show Diagram** або вводить <Ctrl-E> з клавіатури (рисунок 2.3).

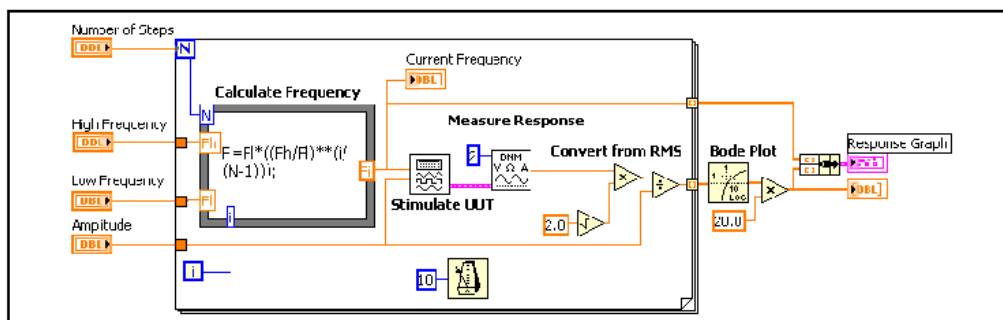


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд блок-діаграми в середовищі LabVIEW

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 2.4).

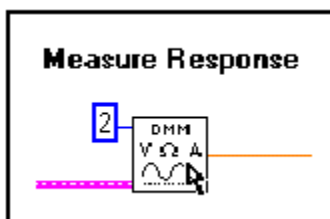


Рисунок 2.4 - Іконка Double Monotonicity Model в середовищі LabVIEW

Ця іконка – графічне відображення підпрограми **Demo Fluke 8840A VI**. Після подвійного клацання відкриється підпрограма, і на екрані з'явиться її лицьова панель (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 - 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.

Практична робота № 4 «Розробка віртуального приладу»

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

Суть розробки: розробити віртуальний прилад (ВП), який імітує роботу електричної схеми.

Предметна сфера розробки: моделювання і дослідження на моделі систем вимірювань, діяльність метрологічного підрозділу підприємства.

Загальні положення (на додачу до матеріалів, представлених у Практичних роботах № 1, 3).

Розробка лицьової панелі

Лицьова панель віртуального приладу має імітувати інтерфейс користувача реальних пристроїв або мнемосхему технологічного процесу, якщо віртуальний прилад використовують для автоматизованих систем керування технологічним процесом. Під час розробки лицьової панелі слід урахувати вимоги ергономіки щодо кольорового оформлення лицьових панелей, зручності роботи з регуляторами і наочність наданої інформації на індикаторах.

Кольорове оформлення елементів лицьової панелі

Завдання кольорової схеми лицьової панелі та елементів, які на ній розміщені, виконують інструментом «*колір*», що знаходиться в палітрі інструментів. Натискання мишкою в полі задання кольору переднього плану або фону на лицьовій панелі призводить до відкриття вікна встановлення відповідного кольору. Установлення кольорової схеми елементів здійснюють вибором відповідних кольорів переднього плану і фону. Колір переднього плану зафарбовує елемент, колір фону позначає фон текстових полів шкал, міток і текстових елементів. Для елементів, які розміщуються в класичній субпалітрі, колір переднього плану встановлює колір контурів елементів, а колір фону зафарбовує елемент і позначає фон текстових полів шкал.

Створення текстових написів

Текстові написи створюють для позначення функціонального призначення елементів, установлених на лицьовій панелі, заголовків функціональних блоків, уточнювальних і пояснювальних написів, назви ВП тощо.

Стиль, розмір і національне кодування шрифту, яким виконують текстові написи, для встановлюваних елементів або групи виділених елементів можна задавати, використовуючи список шрифтів.

У LabView текстові написи можна розділити на пов'язані з елементом написи і написи, не пов'язані з елементом.

Пов'язані з елементом текстові написи поділяють на мітки і заголовки.

Мітки (Label) являють собою ім'я елемента, яке ідентифікує його на лицьовій панелі, блок-діаграмі і об'єктах, пов'язаних із цим елементом (наприклад, локальних змінних). Мітки створюються автоматично при встановленні елемента на лицьову панель. Ім'я мітки за замовчуванням відповідає імені встановлюваного елемента.

Відображення міток на лицьовій панелі або блок-діаграмі можна відключити або включити, вибравши пункт контекстного меню елемента «**Visible Items**→**Label**».

Заголовки (Caption) ідентифікують елемент лише на лицьовій панелі. Заголовки можна використовувати в тих випадках, коли необхідно створити два пов'язані з елементом текстові написи, коли мітку потрібно сховати з лицьової панелі, коли текст мітки є завеликим, і з цією міткою незручно працювати в блок-діаграмі тощо. На відміну від міток, заголовки автоматично не створюються. Для створення заголовка необхідно вибрати пункт контекстного меню «**Visible Items**→**Caption**», після чого в місці розміщення мітки створюється заголовок, який має текст, аналогічний тексту мітки, а мітка переміщується вправо і вниз. Після створення заголовка його текст можна редагувати, при цьому будь-які зміни тексту мітки або заголовка не впливають один на інший. Подальша робота із заголовками не відрізняється від роботи з мітками.

Зміна властивостей елементів

Зміна властивостей елементів дозволяє змінити поведінку елементів, прийняту за замовчуванням LabView, приховувати чи відображати елементи на лицьовій панелі, задавати допустимі діапазони зміни значень тощо. Зміна властивостей елементів здійснюється через пункти контекстного меню елемента, яке відкривається натисканням правої кнопки мишки на необхідному елементі. Для елементів різних класів деякі пункти можуть змінюватися або

додаватися нові, деякі пункти містять вкладені підпункти. Водночас існують пункти контекстного меню, які використовують для всіх класів об'єктів. Пункти меню поділяють на групи, які відділяються одна від одної лінією. Пункти перших трьох груп є загальними і використовуються в роботі з усіма елементами, наступні групи містять пункти, специфічні для різних класів елементів.

Збереження розробленого ВП

Після завершення розробки і настройки ВП його необхідно зберегти на диску. Зберегти ВП можна двома способами: на диску в каталозі або на диску в бібліотеці, яка дозволяє групувати всі файли, що входять до розробленого ВП, або файли, що стосуються системи.

Збереження на диску в каталозі здійснюється звичайним способом – вибором пункту меню «**File**→**Save**» або «**File**→**Save As...**», потім вибираємо необхідний каталог у діалоговому вікні і вводимо ім'я ВП, який зберігається. Збережені файли, що містять ВП, за замовчуванням мають розширення «**.vi**».

Для збереження ВП в бібліотеку її попередньо потрібно створити. Наступні ВП можна зберігати в уже створену бібліотеку. Для кожного проєкту рекомендується створювати нову бібліотеку.

Бібліотека створюється натисканням кнопки «**New Vi Library**», яка з'являється в діалоговому вікні збереження файла під час вибору пункту меню «**File**→**Save**», якщо ВП ще не зберігався, або пункту меню «**File**→**Save As...**».

Із натисканням цієї кнопки відкривається вікно задання імені створюваної бібліотеки.

У полі «**Name of new VI library**» вводять ім'я бібліотеки, яка зберігається. При цьому бажано задавати таке ім'я бібліотеки, щоб воно відображало сутність розробленого проєкту.

Порядок виконання роботи студентом:

Запускає програму – з іконки «**LabVIEW**» на робочому столі комп'ютера.

Отримує завдання: розробити ВП, який імітує роботу електричної схеми, наведеної на рисунку 2.6, що містить регульоване джерело струму, позначене «**U_{out}**»; два змінних резистори **R₁**, **R₂**; вимірювач напруги джерела **U**; вимірювачі зниження напруги в резисторах: **U₁** – вольтметр на резисторі **R₁**, яке визначається як $U_1 = I \times R_1$; **U₂** – вольтметр на резисторі **R₂**, яке визначається як $U_2 = I \times R_2$; амперметр **A** – вимірювач струму **I** у колі, який визначається виразом $I = \frac{U_{out}}{R_1 + R_2}$.

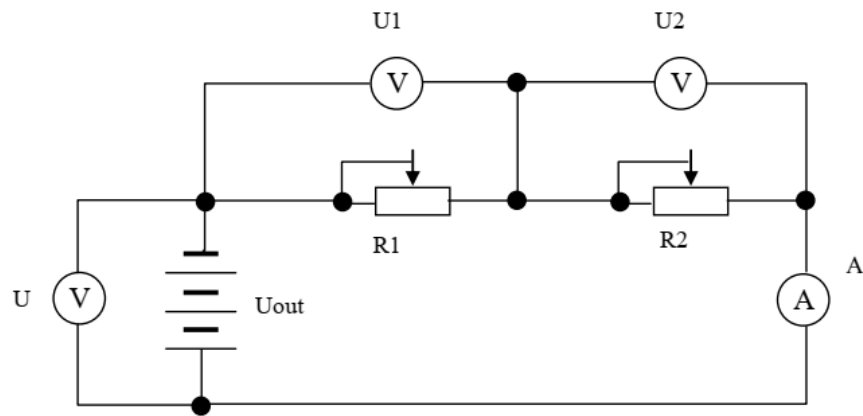


Рисунок 2.6 – Електрична схема досліджуваного кола постійного струму

1. Створює новий ВП натисканням кнопки «**New**» і вибором пункту «**Blank Vi**».
2. Встановлює на лицьову панель регулятор «**Knob**».
3. Змінює мітку регулятора на «**Uout**», виділивши інструментом «Текст» назву мітки «**Knob**».
4. Вибирає інструмент «Вибір», позиціонує його на елементі «**Knob**» і збільшує його розміри.
5. Установлює на лицьову панель індикатор «**Meter**» над регулятором «**Uout**» і змінює його мітку на «**U**».
6. Виділяє інструментом «Вибір» регулятор та індикатор і вирівнює їх розміщення по вертикалі, використовуючи список вирівнювання та кнопку «**Horizontal Centers**». Отримана лицьова панель має відповідати фрагменту, поданому на рисунку 2.7.

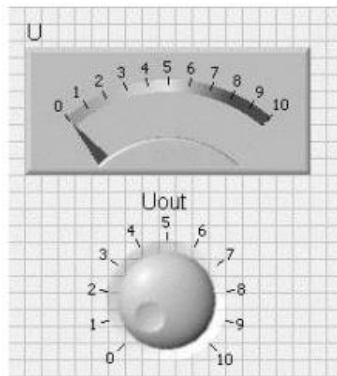


Рисунок 2.7 – Фрагмент лицьової панелі розробленого ВП

7. Переходить до вікна блок-діаграми й інструментом «**З'єднання**» з'єднує термінали, як показано на рисунку 2.8.

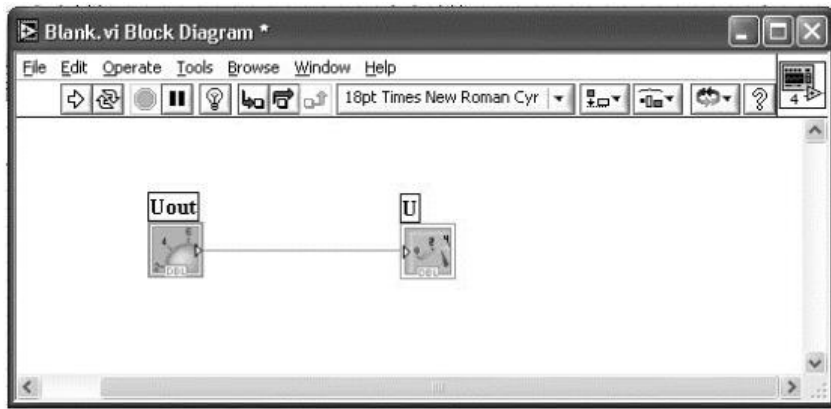




Рисунок 2.8 – Блок-діаграма розробленого ВП

8. Переходить на лицьову панель і запускає ВП на виконання кнопкою «**Циклічний Пуск**». Змінюючи значення регулятора «**Uout**» інструментом керування, спостерігає відхилення стрілки індикатора «**U**».

9. Зупиняє роботу ВП кнопкою «**Стоп**».

10. Вибирає з палітри елементів керування та індикації субпалітри «**Decoration**» елемент «**Flat Frame**»  .

11. Використовуючи інструмент *вибір*, «розтягує» елемент так, щоб він оконтурив регулятор і індикатор.

12. Вибирає з палітри елементів керування та індикації субпалітри «**Decoration**» елемент «**Raised Box**»  і встановлює його на регулятор «**Uout**».

13. Переміщає елемент «**Raised Box**» на задній план, виділивши елемент інструментом «**Вибір**» і натиснувши кнопку «**Move To Back**» зі списку реорганізації (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Список реорганізації

14. Використовуючи інструмент *вибір*, «розтягує» елемент так, щоб регулятор розмістився всередині елемента.

15. Вибирає інструмент *текст* і створює текстовий напис «**Джерело напруги**» на верхній границі елемента «**Flat Frame**».

16. Вибирає інструмент «*Колір*», встановлює в поле щодо встановлення кольору фону білий колір і, натиснувши інструментом на текстовому написі, задає фон текстового напису.

Отримана лицьова панель має відповідати фрагменту, наведеному на рисунку 2.10.

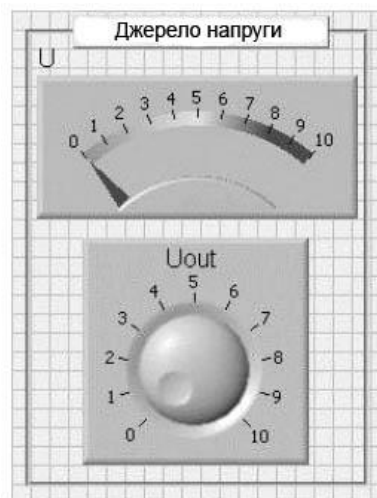


Рисунок 2.10 – Фрагмент «Джерело напруги» лицьової панелі розробленого ВП

17. Установлює на лицьову панель регулятор «**Horizontal Pointer Slide**», що знаходиться в палітрі елементів керування та індикації в субпалітрі «**Numeric**», і змінює його мітку на «**R1**».

18. Натисканням правої кнопки мишки викликає контекстне меню регулятора і вмикає відображення цифрового дисплея, вибравши пункт «**Visible Items→Digital Display**».

20. Установлює в цифровому дисплеї регулятора «**R1**» значення «**1**», використовуючи кнопку збільшення значення, розміщену зліва від дисплея, і робить встановлене значення як прийняте за замовчуванням, для чого викликає контекстне меню регулятора та вибирає пункт «**Data Operations→Make Current Value Default**».

21. Установлює на лицьову панель індикатор «**Meter**» над регулятором «**R1**» і змінює його мітку на «**U1**».

22. Прибирає з палітри елементів керування та індикації субпалітри «**Decoration**» елемент «**Flat Frame**» і, використовуючи інструмент «**Вибір**», «розтягує» елемент так, щоб він оконтурив регулятор «**R1**» та індикатор «**U1**».

23. Створює текстовий напис «**Падіння напруги на R1**» на верхній границі елемента «**Flat Frame**» і задає білий фон текстового напису.

Отримана лицьова панель має відповідати фрагменту, поданому на рисунку 2.11.



Рисунок 2.12 – Фрагмент «Джерело напруги» і «Падіння напруги на R1» лицьової панелі розробленого ВП

24. Установлює на лицьову панель регулятор «**Horizontal Pointer Slide**» і змінює його мітку на «**R2**».

25. Включає відображення цифрового дисплея, вибравши пункт «**Visible Items**→**Digital Display**».

26. Установлює на лицьову панель індикатор «**Meter**» над регулятором «**R2**» і змінює його мітку на «**U2**».

22. Вибирає елемент «**Flat Frame**» і, використовуючи інструмент «**Вибір**», «розтягує» елемент так, щоб він оконтурив регулятор «**R2**» та індикатор «**U2**».

23. Створює текстовий напис «**Зниження напруги на R2**» на верхній границі елемента «**Flat Frame**» і задає білий фон текстового напису.

Отримана лицьова панель має відповідати фрагменту, поданому на рисунку 2.13.

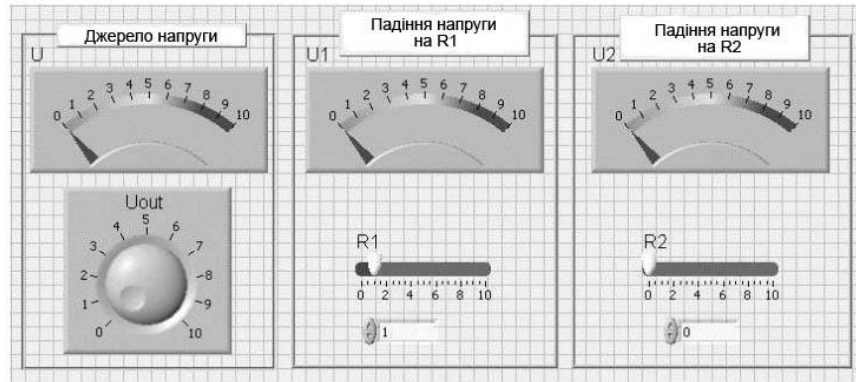


Рисунок 2.13 – Фрагмент «Джерело напруги», «Зниження напруги на R1» і «Зниження напруги на R2» лицьової панелі розробленого ВП

24. Установлює на лицьову панель індикатор «**Meter**», що знаходиться в палітрі елементів керування та індикації в субпалітрі «**Classic Control**» у субпалітрі «**Classic Numeric**», і змінює його мітку на «**A**».

25. Вибирає елемент «**Flat Frame**» і, використовуючи інструмент «**Вибір**», «розтягує» елемент так, щоб він оконтурив індикатор «**Meter**».

26. Створює текстовий напис «**Струм у колі**» на верхній границі елемента «**Flat Frame**» і задає білий фон текстового напису.

Отримана лицьова панель має відповідати поданій на рисунку 2.14.

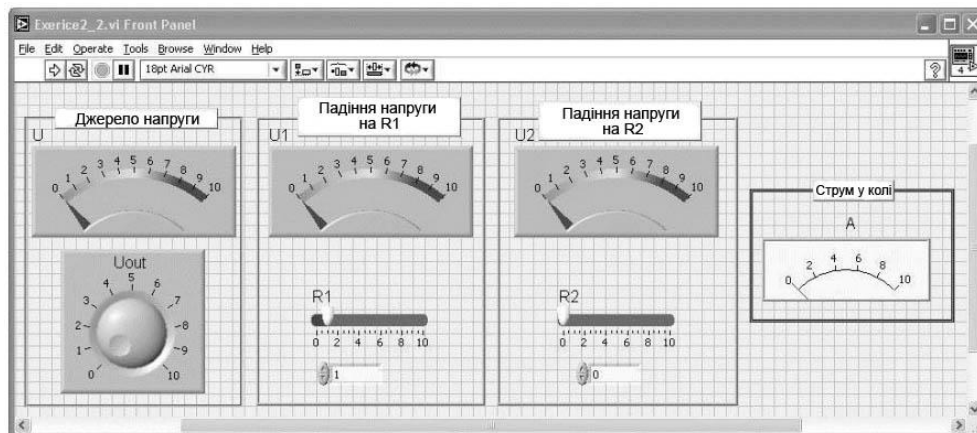


Рисунок 2.14 – Лицьова панель ВП, що імітує роботу електричної схеми

27. Переходить у вікно блок діаграми і з'єднує термінали «**Uout**», «**U**», «**R1**», «**R2**», «**A**», використовуючи елементи «**Add**» і «**Divide**», що знаходяться в палітрі функцій у субпалітрі «**Numeric**» так, щоб реалізовувався вираз $I = \frac{U_{out}}{R1+R2}$, як показано на рисунку 2.15.

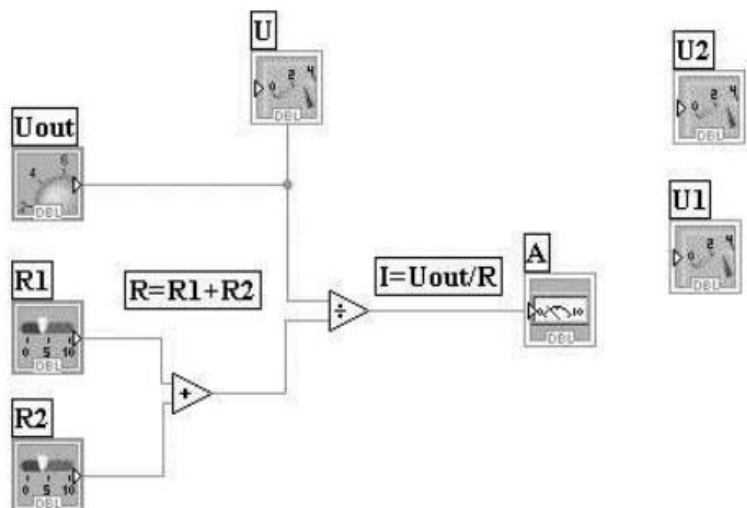


Рисунок 2.15 – Фрагмент блок-діаграми ВП, що обчислює струм у колі

28. Переходить на лицьову панель і запускає ВП на виконання кнопкою «Циклічний пуск». Змінюючи значення регулятора «Uout», «R1» і «R2» інструментом «Керування», відстежує відхилення стрілки індикатора «U» і «A».

29. Зупиняє роботу ВП кнопкою «Стоп».

30. Переходить у вікно блок-діаграми і підключає термінали «U1» і «U2» так, щоб реалізувати вираз $U1 = I \times R1$ і $U2 = I \times R2$, як показано на рисунку 2.16.

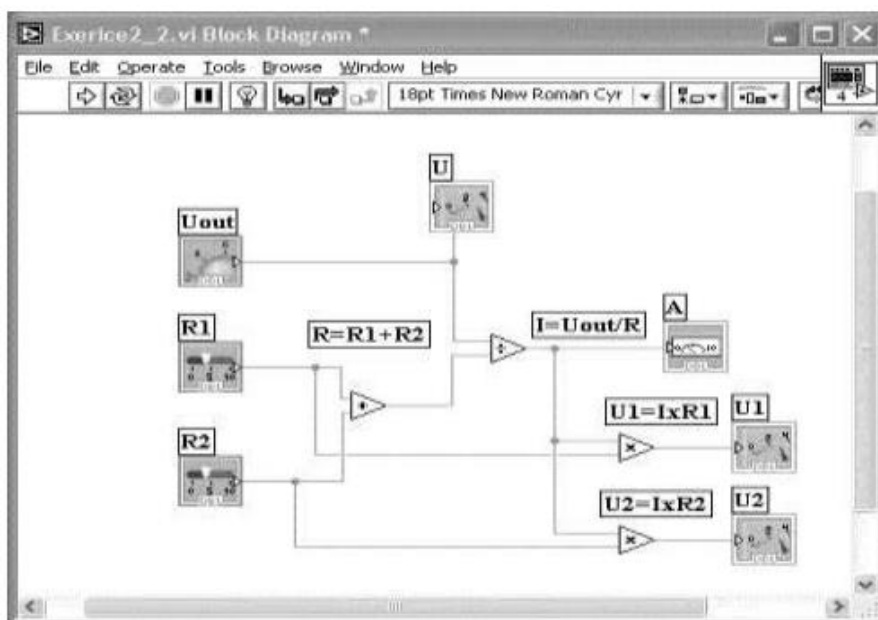


Рисунок 2.16 – Блок-діаграма ВП, що імітує роботу електричної схеми

31. Переходить на лицьову панель і запускає ВП на виконання кнопкою «Циклічний пуск». Змінюючи значення регулятора «Uout», «R1» і «R2» інструментом «Керування», спостерігає відхилення стрілки індикатора «U», «U1», «U2» і «A», як показано на рисунку 2.17.

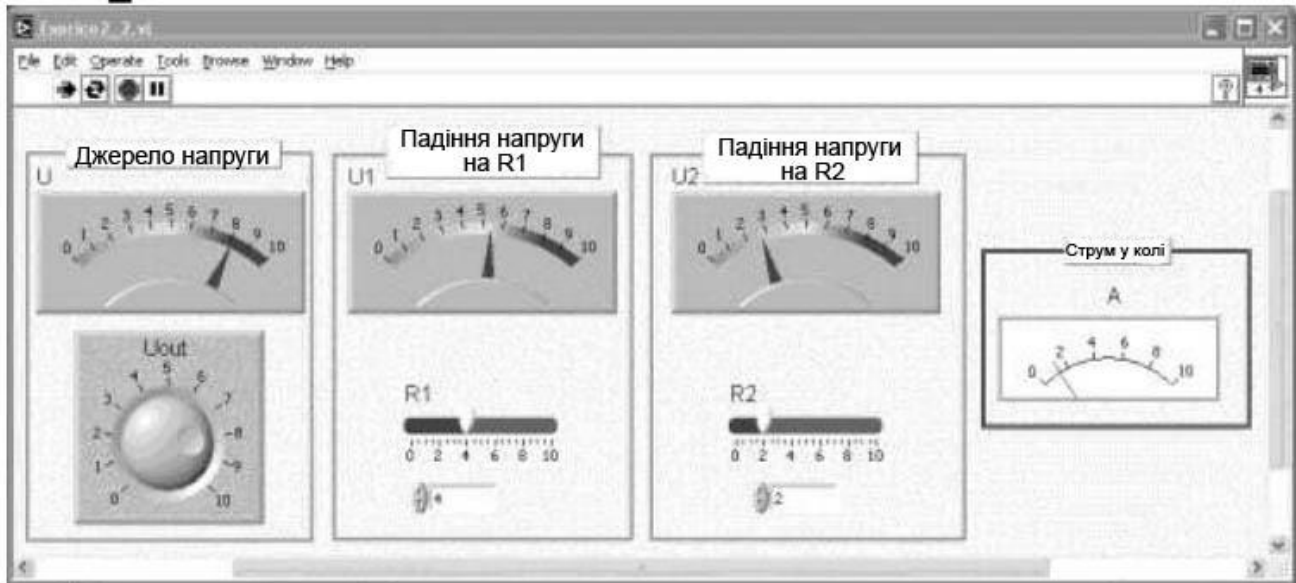


Рисунок 2.17 – Лицьова панель ВП, що імітує роботу електричної схеми, у процесі виконання

32. 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.

2.2 Навчально-методичні рекомендації 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 2.2.

Таблиця 2.2 – 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 2.18. 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 → *Палітри елементів керування* (Controls), графічні індикатори (Graph Inds), перший (Waveform Chart) та третій елемент (XY-Graph). Змінює легенди шкал, як показано на рисунку 2.18.

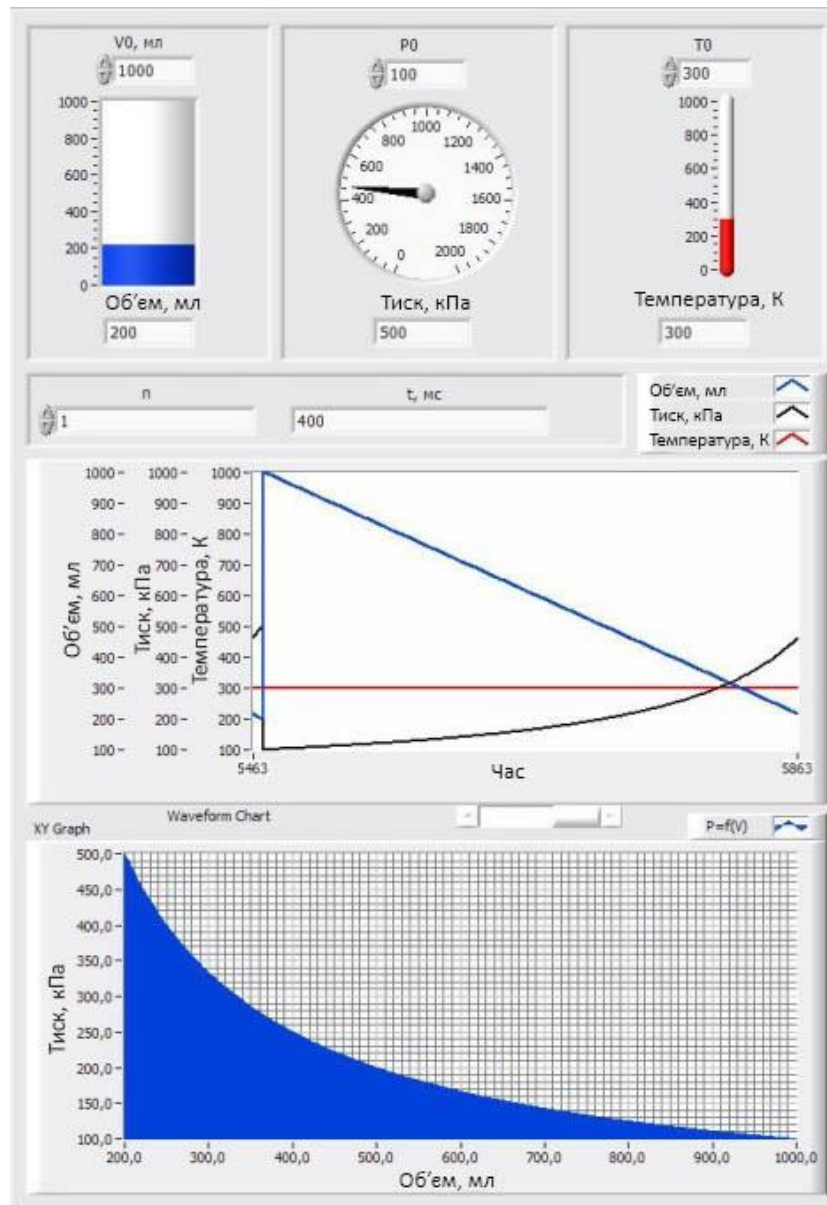


Рисунок 2.18 – Лицьова панель віртуального приладу для моделювання процесів стиснення

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 *Палітрі 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 2.19).

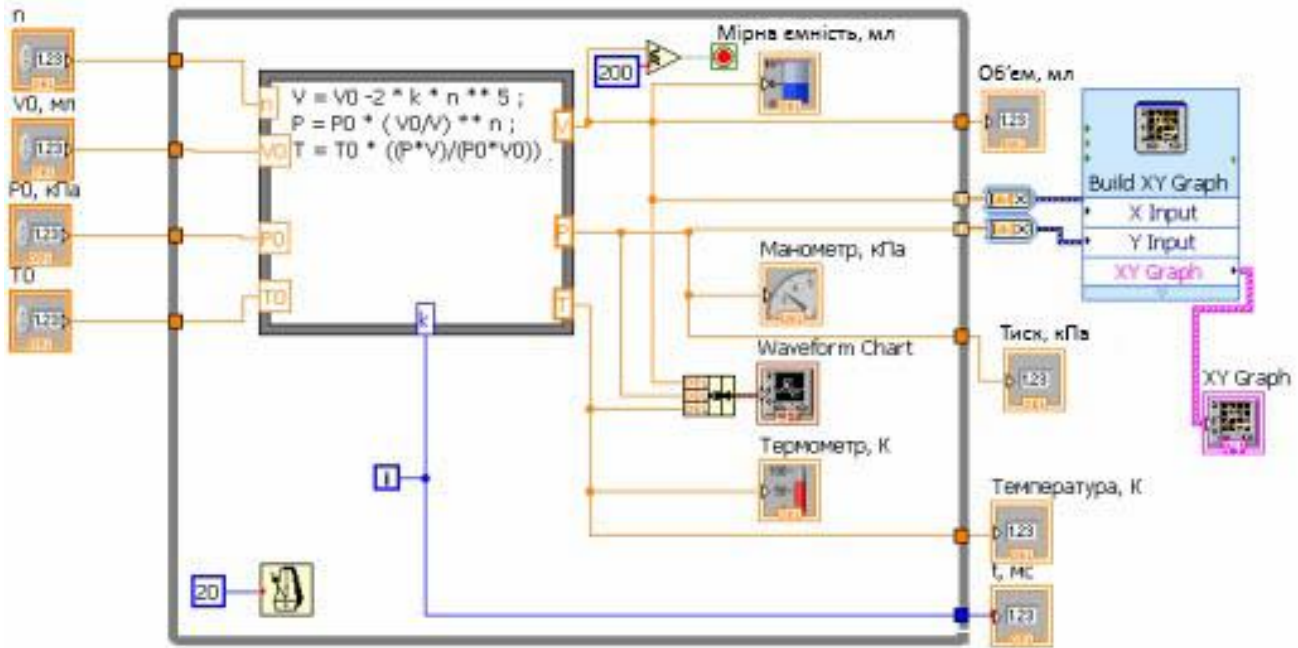


Рисунок 2.19 – Блок - діаграма програми розрахунку параметрів стиснення газу

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:

$$V = V_0 - 0,002 \cdot k \cdot n^5, \quad (2.1)$$

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.

Вводить формулу (2.1) у підготовлений вузол і створює на його кордоні три термінала 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 термінали, 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 *Palimpsest 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, неламау 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:

$$P = P_0 \cdot \left(\frac{V_0}{V} \right)^n. \quad (2.2)$$

Вносить співвідношення (2.2) 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 *Palimpsest* 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 Car.

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:

$$T = T_0 \cdot \left(\frac{P \cdot V}{P_0 \cdot V_0} \right). \quad (2.3)$$

Вводить формулу (2.3) 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_0 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 2.3.

Таблиця 2.3 – Цифрові індикатори

n	t, мс	V _к , л	P _к , кПа	T _к , 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 2.4.

Таблиця 2.4 – 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 2.20...2.22). 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:

$$A = \sum P \cdot dv.$$

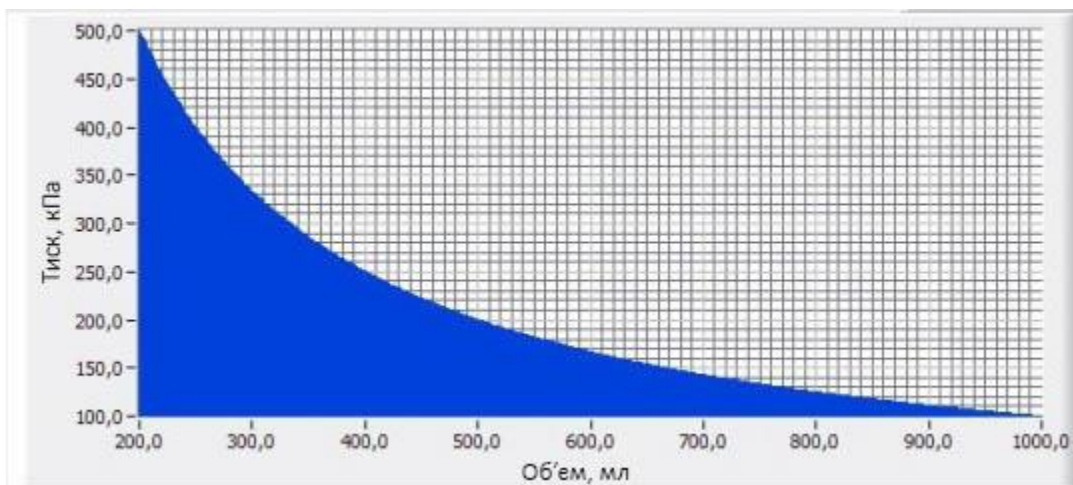


Рисунок 2.20 – P-V діаграма при $n = 1$

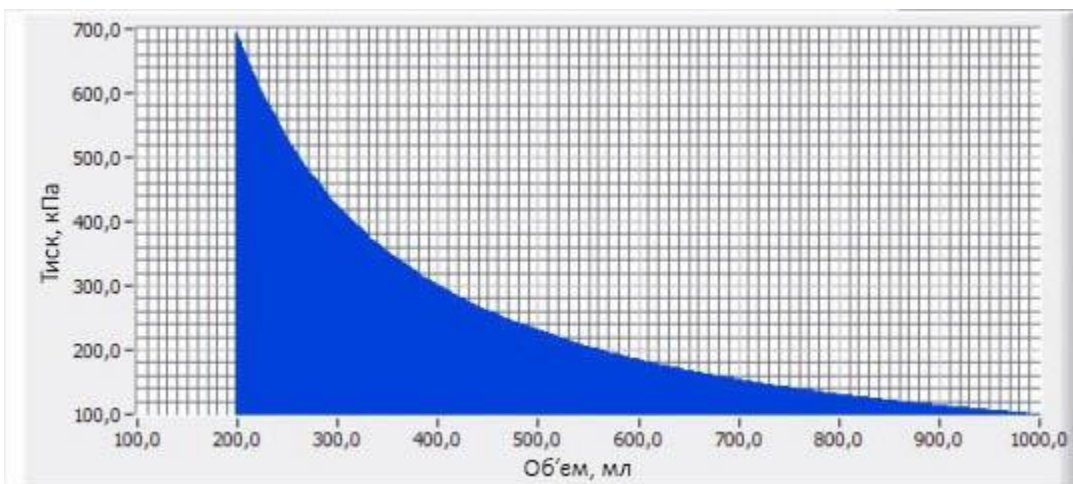


Рисунок 2.21 – P-V діаграма при $n = 1,2$

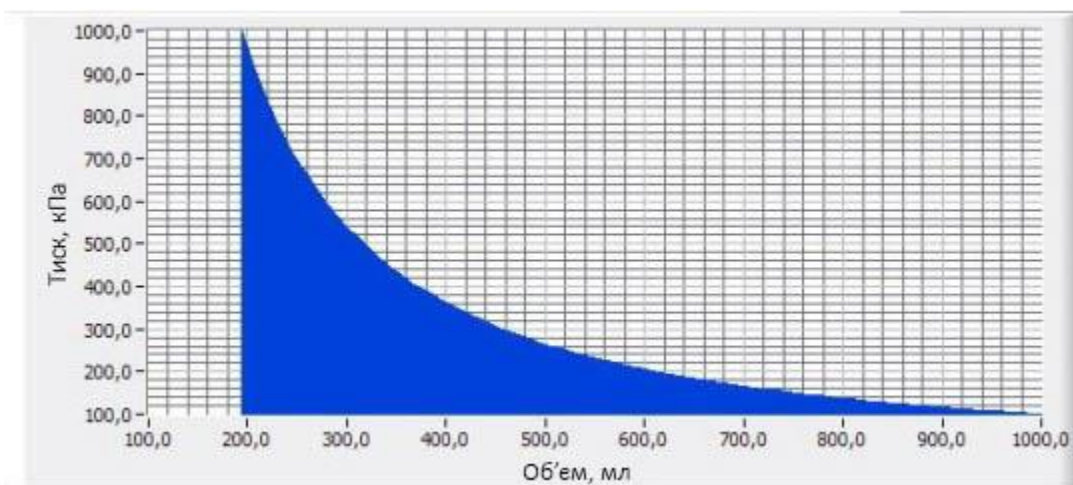


Рисунок 2.22 – P-V діаграма при $n = 1,4$

10. Проводить чисельне моделювання процесу при $n = 1; 1,2$ та $1,4$. Отримані дані заносить до таблиці 2.4 та аналізує їх.

11. 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) Із чого складається віртуальний прилад?
- 2) Поясніть призначення основних складових віртуального приладу.
- 3) Які основні переваги віртуальних вимірювальних приладів?
- 4) Наведіть приклад віртуального приладу.
- 5) Як класифікуються інтерфейси за організацією зв'язку?
- 6) Як класифікуються інтерфейси за режимом обміну інформацією?
- 7) У чому полягає принцип відкритої архітектури у роботі інтерфейсу?

8) 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?

9) 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?

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

11) Що представляють собою субкомплекси в комплексах отримання інформації?

12) Які існують панелі інтерфейсів у середовищі LabVIEW?

13) Які є палітри у середовищі LabVIEW?

14) Охарактеризуйте типи функцій у середовищі LabVIEW?

15) Назвіть базові функції програмування у середовищі LabVIEW.

16) Назвіть додаткові функції програмування у середовищі LabVIEW.

17) Математичні функції у середовищі LabVIEW.

18) Функції генерації та обробки сигналів у середовищі LabVIEW.

19) Функції обміну даними у середовищі LabVIEW.

20) Функції підтримки взаємодії віртуального приладу у середовищі LabVIEW.

21) Які функції підтримки введення/виведення даних і стандартних інтерфейсів використовуються у середовищі LabVIEW?

22) Протоколи передачі даних у середовищі LabVIEW.

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

24) Від чого залежить точність результатів імітаційного моделювання?

25) Поясніть призначення блок-діаграми у середовищі LabVIEW. Які вимоги до розробки блок-діаграми?

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ 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. *Сумський державний університет*. URL : <https://mix.sumdu.edu.ua/textbooks/36685/1104922/index.html> (дата звернення: 12.05.2024).
5. Защепкіна Н. М., Шульга О. В., Наконечний О. А. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем : навч. посіб. для студ. спец. 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка». 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. Петльованій та ін. Дніпро : Видавництво «Свідлер А.Л.», 2018. 191 с.
7. Сердюк Л. І. Теорія розмірностей, подібності та математичне моделювання : посібник. Полтава : ПолтНТУ, 2005. 154 с.
8. Хвищун І. О. Програмування і математичне моделювання : підручник. Київ : Видавничий Дім «Ін Юре», 2007. 544 с.
9. Положення про виконання кваліфікаційної роботи в Українському державному університеті науки і технологій : рукопис / розроб.: А. В. Радкевич та ін. Дніпро : УДУНТ. 2022. 47 с.

Навчально-методичне видання

Чорноіваненко Катерина Олександрівна

ВІРТУАЛЬНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Методичні рекомендації до проведення практичних занять
(заочна форма навчання)

Електронне видання

Експертний висновок склала канд. техн. наук, доц. Оксана Бондаренко

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 35 від 24.03.2025)

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

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,84. Обл.-вид. арк. 2,88.
Зам. № 62.

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