Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Веремій Ю.П.
Кононов М.В.

Програмна автоматизація вимірювань

Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт

для студентів спеціальностей
105 «Прикладна фізика» та 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
факультету радіофізики, електроніки
та комп'ютерних систем

Київ – 2019

УДК 53.08

Програмна автоматизація вимірювань. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт для студентів спеціальностей 105 «Прикладна фізика» та 172 «Телекомунікації та радіотехніка» факультету радіофізики електроніки та комп'ютерних систем / Веремій Ю.П., Кононов М.В. – Київ: ФРЕКС Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2019. – 33 с.

Рецензенти:

професор кафедри фізичної електроніки Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор фізико-математичних наук Черняк Валерій Якович.

доцент кафедри квантової радіофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат фізико-математичних наук Оберемок Євген Анатолійович.

Ухвалено Вченою радою
факультету радіофізики електроніки та комп'ютерних систем
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
(протокол № 2 від 15.10.2019)

© Веремій Ю.П., Кононов М.В., 2019

Зміст

ВСТУП 4

1. ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТУ 5

2. ЕМУЛЯТОР МОДУЛЬНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ 7

3. РЕДАГУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЇ СИСТЕМИ 8

4. ПРОГРАМУВАННЯ ВИМІРЮВАННЯ 10

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 15

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 18

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 21

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 23

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 26

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 28

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 30

ЛІТЕРАТУРА 33

Вступ

Загалом алгоритмізація автоматичних вимірювань є схожою на роботу з неавтоматичними приладами. Хоча слід зазначити, що саме використання автоматики часто дозволяє використати більш складну методику дослідження, якою не в змозі в реальному часі керувати людина. Це часто забезпечує більшу надійність та точність дослідження.

При розробці автоматизованої вимірювальної системи доводиться розв'язувати певні додаткові задачі. Оскільки сам експеримент програмується фактично до його проведення, експериментатор (точніше програміст) більш чітко і детально повинен розуміти послідовність дій під час досліду, вміти на рівні написання керуючої програми передбачати і виконувати такі традиційні операції, як перемикання з'єднань, підбір масштабування вимірюваного сигналу, тощо.

В практикумі використано мову програмування С++, але метою практикуму не є вдосконалення навичок з синтаксису мови. Тому при виконанні робот надається достатньо потужне функціональне оточення. Крім того, при проблемах з синтаксисом рекомендується негайно звернутись до викладача.

Хід виконання кожної лабораторної роботи включає в себе такі етапи:

- Запустити оболонку CodeBlocks і завантажити з Вашого особистого каталогу проект EXP (Experiment Emulation). Файл проекту – ***CB_Exp.cbp***, єдиним файлом для розробки студентського коду є ***USER.CPP***.
- Виконати редагування конфігурації системи, тобто вибрати стенд для виконання даної роботи (якщо передбачено), потрібні модулі та необхідні віртуальні з'єднання (якщо передбачено).
- Написати та відлагодити програму керування експериментом відповідно до конкретного завдання лабораторної роботи
- запустити програму на виконання для забезпечення необхідного у лабораторній роботі автоматичного дослідження.

1. Основи автоматизації експерименту

При проведенні будь якого фізичного експерименті необхідно чітко розуміти його алгоритмізацію, тобто покрокову послідовність дій, які забезпечують отримання результату з необхідною точністю. Алгоритм експерименту звичайно передбачає коректне використання методів та методик вимірювання та обладнання, що відповідають цим методикам. При ручному керуванні ходом дослідження експериментатор також дотримується алгоритму, але в цьому випадку можливі певні відхилення від жорсткої послідовності дій, наявність галужень у алгоритмі і навіть його корекція під час роботи у значній мірі нівілюють сприйняття цього алгоритму, особливо при використання відносно простих методик.

При розробці програми, яка керує експериментом алгоритм має значно більше значення. Крім того ідеологія економного і гнучкого формування автоматизованої вимірювальної системи передбачає відмову від використання замість “повноцінних” приладів, які включають такі зайві для автоматичного режиму роботи елементи, як ручні органи керування, дисплей, самостійний блок живлення, тощо. Замість цього використовуються модульні системи вимірювання. Відповідно до цієї ідеології установка утворюється з окремих блоків, кожен з яких виконує відносно вузьку функцію. До сукупності таких модулів додається один, чи декілька контролерів, роль яких часто відіграє комп’ютер. Ці контролери повністю беруть на себе логіку взаємодії окремих модулів. Для зручності модулі об’єднуються на спеціальній рейці, або у каркасі. До них підводяться стандартизовані інформаційні магістралі та живлення. Все це дозволяє розробляти достатньо потужні та зручні вимірювальні системи.

Модульна ідеологія спирається на поділенні довільної вимірювальної процедури на певні елементарні операції:

■ ***Вимірювальне перетворення*** *- процес перетворення вхідного сигналу у вихідний, інформативний параметр якого з заданою точністю функціонально зв'язаний з інформативним параметром першого*. Використовується для уніфікації типу сигналів та перетворення до фізичної природи, яка є зручною для вимірювання.

■ ***Масштабування -*** *утворення сигналу, інформаційна характеристика якого зв’язана з аналогічною вхідного сигналу пропорційним законом*. Пристрій, що забезпечує масштабування

зветься масштабним перетворювачем. Його роль відіграє дільник та підсилювач. Масштабування використовується для уніфікації рівня сигналів, узгодження динамічного діапазону сигналу з динамічним діапазоном приладу.

■ ***Відтворення величини заданого розміру - утворення сигналу з наперед заданим розміром інформаційного параметру.*** Засіб, що служить для відтворення заданої величини зветься мірою. Найбільш точно можна відтворювати напругу, струм, частоту, час, довжину, масу. Формально цю операцію можна представити як перетворення коду у фізичну величину заданого типу.

■ ***Порівняння – операція визначення співвідношення між розмірами однорідних величин з ціллю одержання відповіді – більше / менше.*** Засіб, що служить для порівняння зветься компаратором.

До цих основних вимірювальних операцій можна додати певні допоміжні, такі як запам'ятовування (аналогового або цифрового сигналу), ***передача, усереднення, комутація***.

Таким чином, зазвичай модульний вимірювальний комплекс складається з деякого каркасу або крейту (Crate), до якого можна вставляти окремі модулі, кожен з яких виконує певну функцію. Для приєднання кожного модуля у каркасі є роз’єм. Його шини забезпечують логічний зв'язок модулів з зовнішнім світом і постачають живлення у модуль. Модулі керуються централізовано з програмованого пристрою – контролера або комп’ютера.

Робота з модулями складається з послідовної передачі з контролера (комп'ютера) команд, які розпізнаються модулями і виконуються. Таким чином підготовка до будь-якого експерименту зводиться до написання програми, яка є віддзеркаленням алгоритму необхідного вимірювання.

Програма для керування експериментом за структурою нагадує програму для математичних обчислень, тобто послідовний ланцюжок команд з розгалуженнями та циклами. Але крім традиційних команд алгоритмічної мови в даному випадку додаються ще команди-звернення з програми до зовнішніх пристроїв (модулів вимірювальної системи). Часто є потреба коректного врахування зворотних зв’язків та потребу у необхідних місцях програмного коду часових затримок.

2. Емулятор модульної вимірювальної системи

Усі лабораторні роботи виконуються на основі Емулятора модульної вимірювальної системи (далі – Емулятор). Це спеціальна прикладна програма, яка імітує роботу з деякою типовою комп'ютерною модульною системою вимірювання фізичних величин. Програма дозволяє формувати задану вимірювальну установку (рис.1), бачити на екрані комп'ютера, на якому виконується емуляція, розташування модулів (рис.2) в каркасі, з'єднання модулів між собою і їх приєднання до вимірюваного об'єкта, бачити процес виконання написаної програми та хід керованого нею експерименту.

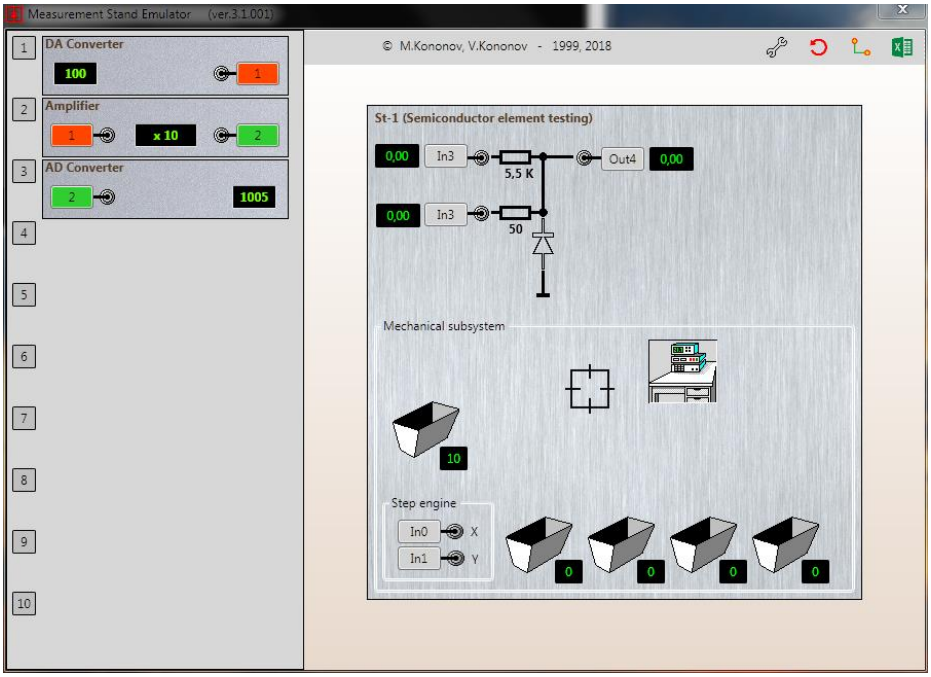


Рис.1. Зображення робочого вікна емулятору з трьома модулями в каркасі та одним з стендів

В даному лабораторному циклі використовуються наступні модулі:

- Цифро-аналоговий перетворювач, ЦАП (dac). Призначений для формування аналогового сигналу, пропорційного до числового коду, що записується до регістру приладу. Має

розрядність регістру 12 бітів, діапазон відтворюваних напруг від -5 В до 5 В (рис.2.а).

- Аналого-цифровий перетворювач, АЦП (adc). Призначений для формування числового коду, пропорційного до аналогового сигналу, що подається на відповідний вхід. Результат перетворення (тобто вимірювання) для передачі до контролеру записується до регістру приладу. Має розрядність регістру 12 бітів, діапазон вимірюваних напруг від -5 В до 5 В (рис.2.б).
- Комутатор аналогових сигналів, КАС (cas). Призначений для приєднання до входу одного з чотирьох виходів. Передача аналогового сигналу можлива в обидва боки (з входу до виходу і навпаки). Комутатор є релейним, тобто опором з'єднання можна знехтувати (рис.2.в).
- Керований підсилювач (amp). Забезпечує підсилення/послаблення вхідного сигналу із коефіцієнтом (в межах 0.001 – 1000), що задається із контролера (рис.2.г) .
- Блок керування кроковим двигуном, БККД (stp). Формує для керування двигуном відповідну серію імпульсів, кожен з яких сприймаються двигуном як зсув на крок. Для спрощення роботи користувача модуль має регістр, в який записується кількість кроків. Знак цього числа визначає напрямок руху (рис.2.д) .

3. Редагування конфігурації системи

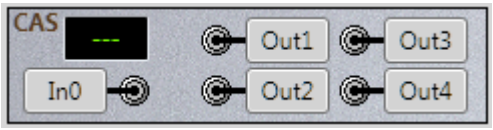
3.1. Для вибору об'єкту вимірювання (варіанту стенда) треба запустити програму з Вашого проекту (зрозуміло, що для цього вона повинна успішно компілюватись) та головному вікні Емулятора, що з’явиться після запуску, натиснути кнопку

В результаті у «Блокнот» буде виведено файл конфігурації (рис.3), у якому задається рядок стенда. На прикладі обрано стенд № 1.

3.2. Для встановлення модулів у відповідну позицію крейта до файлу конфігурації додаються команди, що складаються із назви модуля (dac, adc, cas, amp, stp) та необхідного номера позиції у крейті.

а. Цифро-аналоговий перетворювач (dac)

б. Аналого-цифровий перетворювач (adc)



в. Комутатор аналогових сигналів (cas)

г. Керований підсилювач (amp)

д. Блок керування кроковим двигуном (stp)

Рис.2. Модулі

3.3. Для того, щоб задати з'єднання, треба додати до файлу конфігурації команду con з перерахуванням чотирьох значень (номер позиції першого модуля, номер контакту першого модуля, номер позиції другого модуля, номер контакту другого модуля). Кожне з'єднання позначається окремим кольором та номером (рис.1). Увага! Для приєднання до контактів стенда використовується номер позиції 0.

3.4. Для того, щоб подивитись результат редагування файлу конфігурації, його треба записати (команда «Блокнота» Файл-записати, або CTRL+S і натиснути на вікні емулятора кнопку

3.5. Для того, щоб подивитись номер контакту для даного з’єднання слід навести мишку на відповідний контакт модуля або на вікні емулятора на кнопку

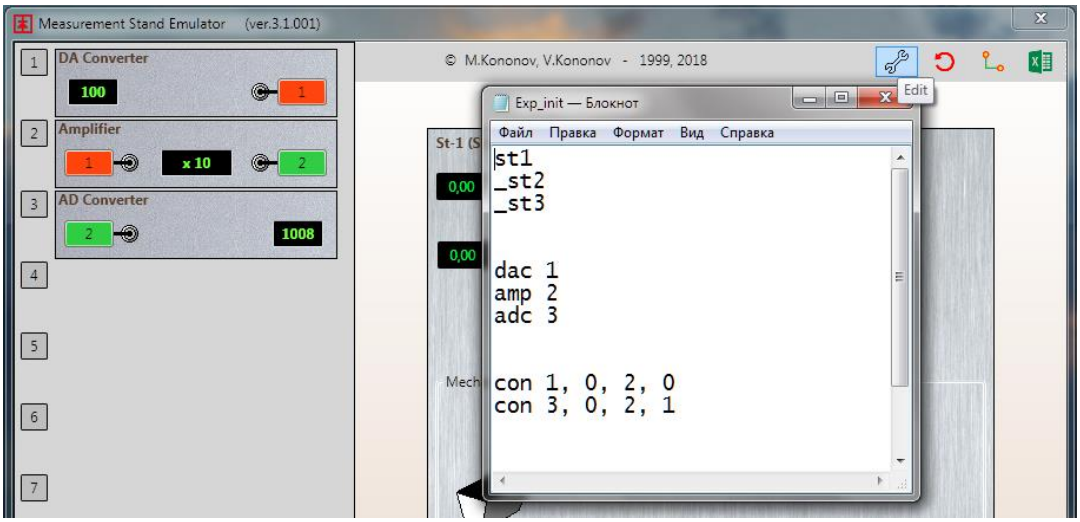


Рис.3. Редагування конфігурації системи

4. Програмування вимірювання

Текст програми керування експериментом може бути написаний всередині функції Experiment, або викликатись з неї, тобто можливо використання декількох самостійних функцій з відповідним викликом.

На відміну від традиційної комп’ютерної програму у текст програми керування експериментом додаються команди звернення до модулів вимірювальної системи. В даному випадку комплекс підтримує географічну адресацію, тобто адреса модуля в каркасі визначається номером станції, до якої приєднано даний модуль. Таким чином, кожне звернення до модуля передбачає крім передачі коду самої команди передачі номера станції (позиції модуля у крейті).

- com (command) тобто безпосередньо команда, яку необхідно виконати модулю.
- pos (position) - номер станції (місця), куди вставлений модуль, тобто адреса модуля. Цей номер вказано на корпусі каркасу поруч з роз’ємом.

- Більшість команд вимагають супроводжувати завдання команди даними, які використовуються при виконанні цієї команди - (data). Деякі команди навпаки – після виконання повертаються дані з модуля у контролер.

4.1. Для передачі у модуль, що встановлений на позицію pos, команди com, що супроводжується відправкою даних data, використовується виклик C++ функції

int Do(int pos, int com, int data) ; із кодом команди 1.

Такий варіант більше відповідає програмуванню модульної вимірювальної системи.

Альтернативою є використання виклику однієї з двох інших функцій (більше нагадує програмування мікроконтролера з використанням звернення до його портів вводу та виводу)

void PortWrite(int pos, int data);
void PW(int pos, int data) ;

4.2. Для передачі у модуль команди, що супроводжується отриманням з модуля результата виконання використовується один з викликів:

int Do(int pos, int com) ; із кодом команди 0,
int PortRead(int pos) ;
int PR(int pos) ;

Приклад:

```
PortWrite(1, 100);
int res1 = PortRead(3);
PW(2, 4);
int res2 = PR(3);
Do(1, 1, 120);
int res3 = Do(3, 0);
```

Коди команд модулів наведені у табл.1.

Табл.1. Система команд модулів:

<table>
<tr><th>Модуль</th><th>com</th><th colspan="2">команда</th></tr>
<tr><td>ЦАП</td><td>1</td><td colspan="2">Запис коду (в діапазоні -2047;2047), що перетворюється у напругу (-5 – 5 В)</td></tr>
<tr><td>АЦП</td><td>0</td><td colspan="2">Запуск перетворення напруги в межах (-5 – 5 В) у код і повернення результату в діапазоні -2047; 2047</td></tr>
<tr><td>КАС</td><td>1</td><td colspan="2">Запис номера каналу (1-4), що вмикається, та його комутація.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Підсилювач</td><td rowspan="8">1</td><td colspan="2">Запис коду комутації підсилювача</td></tr>
<tr><td>data</td><td>Коефіцієнт підсилення</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0.001</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0.01</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td>3</td><td>1</td></tr>
<tr><td>4</td><td>10</td></tr>
<tr><td>5</td><td>100</td></tr>
<tr><td>6</td><td>1000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">БККД</td><td>0</td><td colspan="2">Повертає стан виконання руху (кількість кроків, що залишилось до завершення), 0 – відсутність руху (завершення дії).</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">Запис необхідної кількості кроків, знак даних відповідає напрямку руху</td></tr>
</table>

4.3. Допоміжні дії

Для очікування паузи використовується виклик

Pause(2.5); // у секундах !

Для виведення даних у файл можна використати

sprintf(s,"%8f\t%d\n", res1/30.,res2); //внесення даних у рядок

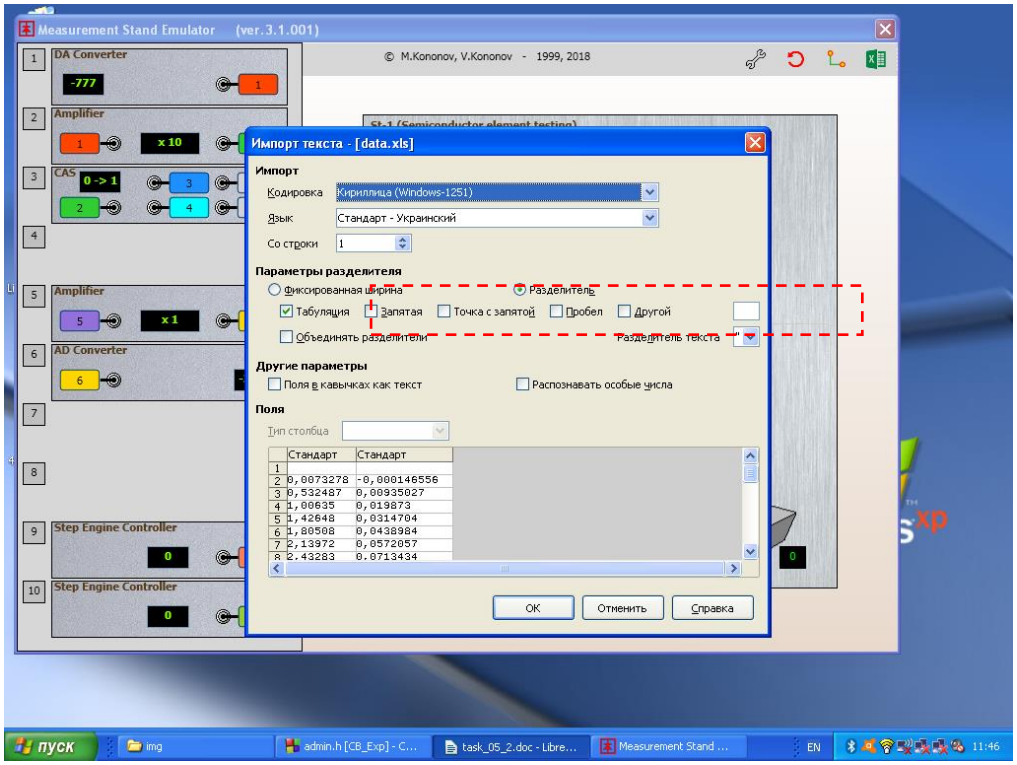
printf (s); // якщо є бажання вивести на консоль

Write(s); // виведення у файл, який автоматично відкривається та закривається

Як роздільник між полями виведення треба обов’язково використовувати символ табуляції, оскільки він є роздільником за замовчуванням (на колонки), що значно спрощує роботу з Microsoft Excel (або або LibreOffice Calc).

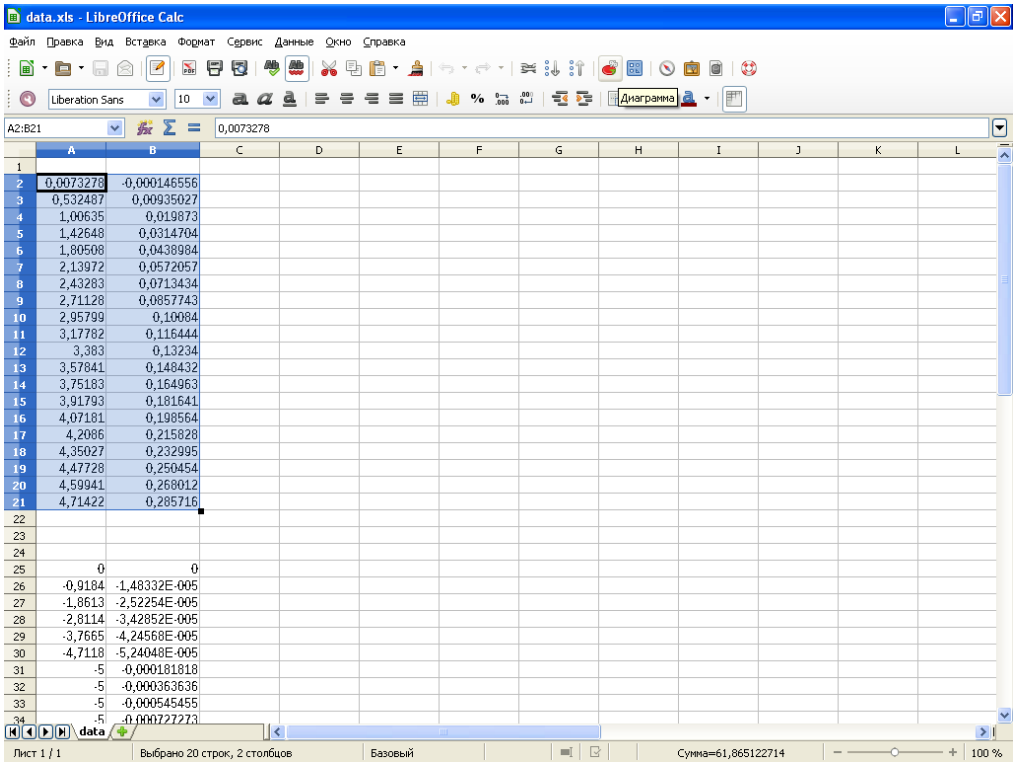
Для виведення результатів у табличний процесор необхідно на вікні емулятора натиснути кнопку

Подальші діє для побудови графіку показані на рис.4.

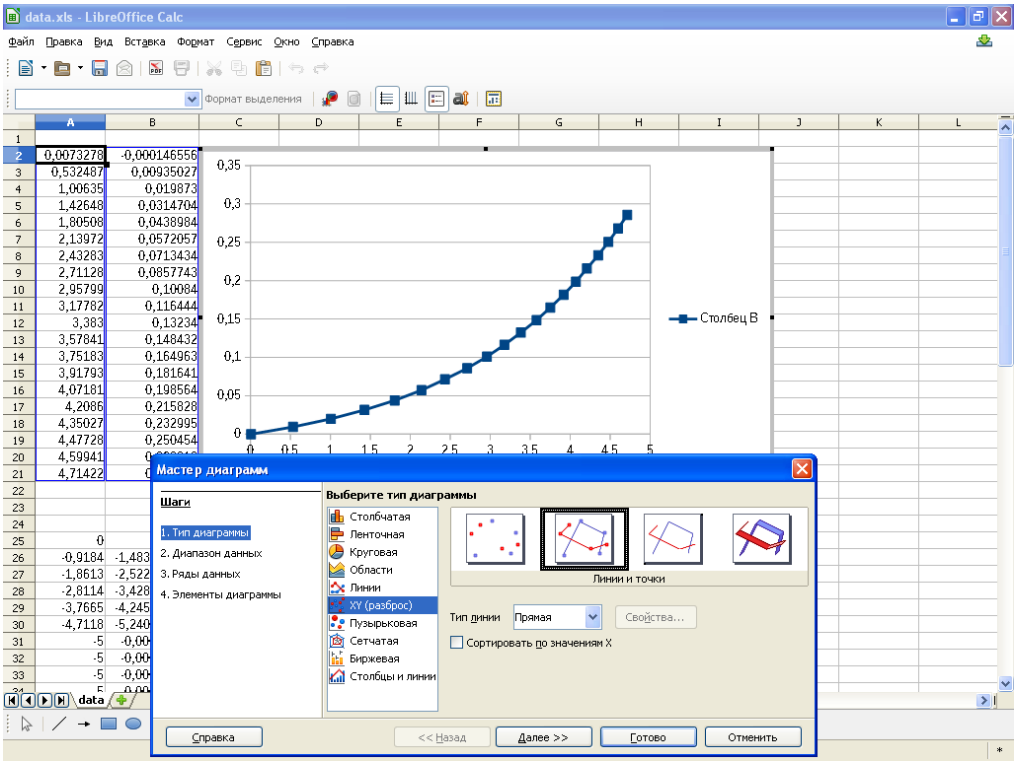


а

Рис.4. Побудова графіка в LibreOffice Calc



б



в

Рис.4. Побудова графіка в LibreOffice Calc

Лабораторна робота № 1

Програмування системи керування механічним маніпулятором

Мета роботи: ознайомитись з принципами керування координатними механічними системами

В роботі використовується стенд №1 (рис.5)

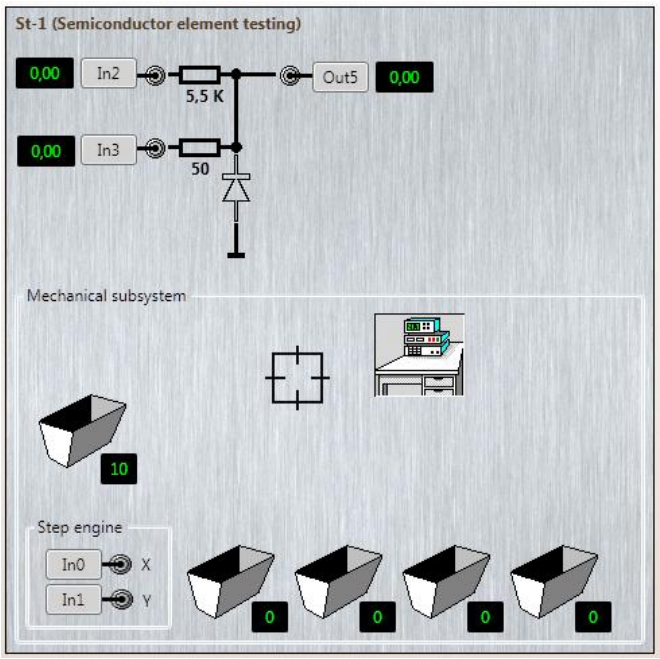


Рис.5. Стенд дослідження напівпровідникових діодів

Загальні відомості

При автоматизації вимірювань і особливо при автоматизації виробничих процесів широко застосовується цифрове (в сучасному розумінні комп'ютерне) керування механічними зсувами, часто у формі двокоординатного або трикоординатного планшету. Такі системи можна розділити на два основних типа:

- без зворотного зв'язку. В цій системі використовується тільки завдання наступних значень зсувів.
- із зворотнім зв'язком. В цьому випадку сигнал керування кожним зміщенням формується з врахуванням реальної ситуації в системі зміщення (наприклад з врахуванням силового навантаження маніпулятора при торканні предмета).

Для механічного впливу в обох випадках найчастіше використовуються крокові двигуни, тобто двигуни, які мають деяку структуру стійких положень. Перехід з одного стійкого положення в інше (зсув на крок) виконується під дією поодинокого імпульсу керування. Відповідно серія імпульсів заданої довжини формує зсув на необхідну кількість кроків. Як правило крокові двигуни мають обертальну конструкцію з кутовими кроками. При необхідності використовуються механічні системи перетворення обертального руху в лінійний. Будь яка траєкторія механічної системи зводиться до сукупності точок, зсув між кожною сусідньою парою з яких повинен оброблюватись кроковими двигунами.

Таким чином система керування кроковим двигуном повинна формувати серії з відповідної кількості імпульсів, формувати сигнал керування напрямком руху і відстежувати закінчення операції зсуву.

Як приклад, розглядається система керування двокоординатним планшетом без оберненого зв'язку.

Завдання

1. З використанням емулятора ознайомитись з системою команд типового блоку керування кроковими двигунами.
2. Написати і відлагодити функцію, яка виконує захоплення наступного вимірюваного елемента (діоду) з контейнеру подачі (Зверху зліва) і переміщення його до стенду дослідження. Захоплення виконується автоматично при влученні маніпулятора у контейнер. Аналогічним чином елемент підключається до стенду при влученні маніпулятора в зону стенду дослідження.
3. Написати і відлагодити функцію, яка виконує переміщення вимірюваного елемента із стенду дослідження до одного з контейнерів приймання відповідно до номера досліджуваного діода (вибір чергового контейнера «по колу») і повертає порожній маніпулятор у нейтральне положення. Звільнення маніпулятора виконується автоматично при його влученні у контейнер

Контрольні запитання

1. Що таке адреса модуля в модульній вимірювальній системі. Для чого вона потрібна ?

2. Для чого потрібно відстеження закінчення руху до завдання нової команди кроковому двигуну?
3. Для чого необхідний контролер в модульній вимірювальній системі?
4. Чи можливе керування кроковим двигуном за допомогою інших приладів? Поясніть.
5. Чим визначається наскрізна швидкодія системи механічного зміщення?

Лабораторна робота № 2

Програмування вимірювання функціональних залежностей

Мета роботи: ознайомитись із структурою установки і основами алгоритмізації вимірювання функціональних залежностей

В роботі використовується стенд №1 (рис.5)

Загальні відомості

Як правило науковий експеримент являє собою отримання зв'язку між сукупністю вхідних і вихідних параметрів, що надалі дозволяє визначити необхідні особливості внутрішніх властивостей досліджуваної системи. Значна частина фізичних досліджень зводиться до одержання залежностей однієї фізичної величини для досліджуваної системи від одного вхідного параметру при фіксованих інших. З методикою і прикладами отримання таких залежностей Ви мали змогу ознайомитись під час виконання інших практикумів. Наявність людини під час експерименту з одного боку гарантує гнучкість керування експериментом, а з іншого боку є додатковим джерелом похибок, особливо коли знімаються динамічні часові залежності. Ці похибки складаються з помилок експериментатора, паралаксу спостереження при використанні стрілочних приладів, неідеальності синхронізації тощо.

При використанні комп'ютерного керування таким експериментом використовуються аналогічні алгоритми, що і при ручному дослідженні. Але на відміну від ручного вимірювання, коли експериментатор має змогу перемкнути наприклад чутливість приладу або полярність напруги, алгоритм експерименту повинен бути запрограмований і перевірений до його початку. Саме коректності алгоритму і врахуванню усіх можливих варіацій початкових умов вимірювання треба приділити максимальну увагу. Тому фактично при формуванні вхідного параметру має бути присутнім вихідний параметр, як дані для встановлення режимів приладів. Слід зазначити, що в найбільш простих випадках такої необхідності немає. Ця ситуація нагадує два варіанти системи керування координатними зсувами (минула лабораторна робота).

Оскільки відлагодження програми вимагає деякого часу і зусиль, автоматизація розглядуваного типу вимірювань має сенс у випадках, коли аналогічному вимірюванню підлягає значна кількість об'єктів, або треба гарантувати об'єктивність вимірювання.

Для формування установки частіше за все використовуються ЦАП (цифро-аналогові перетворювачі) як джерело сигналу, АЦП (аналого-цифрові перетворювачі) як основний вимірювальний пристрій. Для розширення динамічного діапазону вказаних приладів використовуються підсилювачі та дільники (в даній роботі ці елементи розглядаються як один прилад, тобто дільник є підсилювачем з коефіцієнтом підсилення менше одиниці). У випадку, коли необхідно забезпечити перемикання, використовують комутатори аналогових сигналів - релейні або електронні. Перші з них мають переваги практично нульового опору з'єднання і двонаправленості, другі - швидкодією і надійністю. При необхідності використовуються перетворювачі напруга / іншій фізичний параметр та навпаки.

В найпростішому варіанті алгоритмізація вимірювання функціональних залежностей зводиться до циклу, тіло якого включає покрокове збільшення (або зменшення) вхідного параметру і процедуру вимірювання вихідного. При необхідності очікування перехідних процесів між цими операціями додається необхідна пауза. Цикл формує потрібний діапазон вхідного параметра. При такому алгоритмі треба знати можливий діапазони зміни вихідного параметра щоб забезпечити максимальну точність.

Для забезпечення універсальності при вимірюванні необхідно використовувати ітераційний підбір параметрів вимірювача (наприклад підбір коефіцієнта підсилення в залежності від отриманого результату вимірювання). Нагадаємо, що мінімальна похибка приладу відповідає максимальному коефіцієнту використання діапазону вимірювального приладу.

При можливій варіації об'єкта дослідження аналогічним чином треба формувати діапазон вхідного параметра виходячи з отриманих результатів для запобігання можливого ушкодження об'єкту дослідження. Це може виконуватись будь-яким із способів дострокового завершення циклу.

Завдання.

1. Як основу, використати установку та програму, які отримані в результаті виконання лабораторної роботи №1.

2. Сформувати схему для дослідження вольт-амперної характеристика напівпровідникового діода (якщо передбачено).
3. Написати функцію, яка забезпечує отримання вольт-амперної характеристики діода.
4. З використанням результатів минулої роботи забезпечити вимірювання одного (першого) діода.
5. Вивести результати вимірювання як графік за допомогою табличного процесора (наприклад, MS ExCel або LibreOffice Calc).

Увага ! Перевантаження справжнього діоду за струмом як у прямому, так і до зворотному напрямку, призводить до його руйнування, іноді навіть з вибухом. В даному випадку діоди «віртуальні», але це не значить, що їх треба нищити ☺

Контрольні запитання

1. Завдяки чому в даному випадку досягається більша швидкодія ніж при ручному вимірюванні?
2. Чим визначається похибка розглянутого експерименту?
3. Який параметр визначається точніше, струм чи напруга?
4. Чи можна для утворення стенду для цієї роботи обійтись без комутатора?
5. Для чого в дослідному стенді використано два буферних опори?

Лабораторна робота № 3.

Визначення непрямих параметрів

Мета роботи: ознайомитись із принципами програмування непрямих вимірювань на основі визначення напруги стабілізації

В роботі використовується стенд №1 (рис.5)

Загальні відомості

Використання засобів автоматизації експерименту є дуже корисними при отриманні параметрів, які є результатом певної обробки даних прямого вимірювання. В цьому випадку обробка даних може бути реалізована разом з їхнім отриманням. За рахунок цього навіть галуження алгоритму керування експериментом за потреби може виконуватись з використанням результатів розрахунків.

Як приклад подібного вимірювання можна навести визначення напруги пробою напівпровідникового діода або отримання залежності від напруги його диференціального опору

$$R_d(U) = \frac{dU}{dI} \quad .$$

Іншою задачею, що спирається на обробку результатів вимірювання в процесі дослідження, є визначення певних характеристик елементів, в тому числі з метою їх сортування. Як приклад можна навести сортування транзисторів або діодів за їх параметрами.

В даній роботі, як приклад такої задачі, пропонується забезпечити відбраковку непрацездатних діодів. Тобто вважається що на вимірювальний стенд потрапляють як працездатні діоди, так і дефектні. Відповідно при виконанні роботи треба запропонувати деякий спосіб визначення працездатності та його реалізувати. Зазначимо, що ця задача може бути розв’язана різними способами. При цьому треба звернути увагу на можливість різної орієнтації діодів що потрапляють на вимірювальний стенд.

Завдання.

1. Як основу, використати установку та програму, які отримані в результаті виконання лабораторної роботи №2.
2. Розробити програму для відсортовування дефектних діодів (розкласти працездатні та несправні діоди у два контейнери).
3. Забезпечити розрахунок і виведення у вигляді графіка залежності диференційного опору діода від напруги.

Контрольні запитання

1. Чи можна для утворення стенду для цієї роботи обійтись без комутатора?
2. Запропонуйте схему та алгоритм сортування фільтрів за резонансною частотою (з використанням керованого генератора).
3. Чи можна забезпечити стабілізацію напруги звичайним випрямляючим діодом?
4. Які фізичні величини є найзручнішими для автоматичного вимірювання? Чому?

Лабораторна робота № 4.

Програмування вимірювання динамічних залежностей на прикладі вимірювання сталої часу кріостату

Мета роботи: ознайомитись із основами алгоритмізації вимірювання динамічних залежностей

В роботі використовується стенд №2 (рис.6)

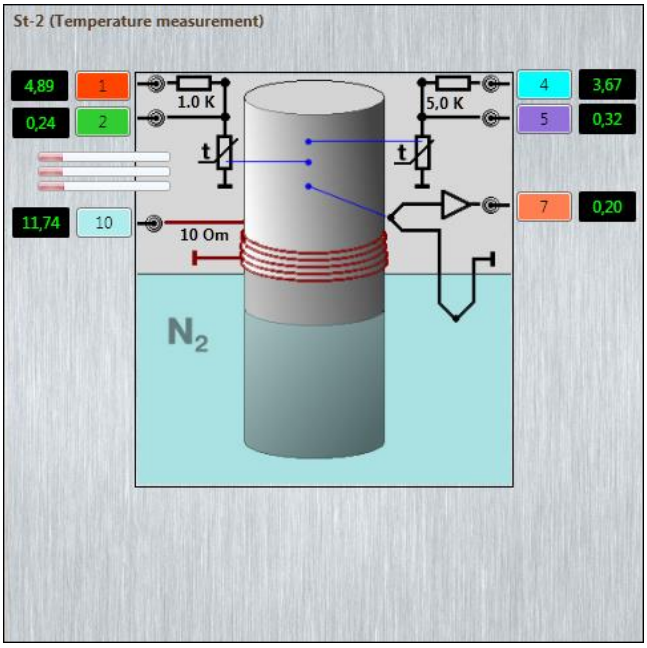


Рис.6. Стенд дослідження датчиків температури

Загальні відомості

При вимірюванні залежності від часу деякої величини, як і в минулому випадку, алгоритм вимірювання зводиться до деякого циклу. Відміна полягає в тому, що вхідний параметр не задається експериментатором, а відстежується. Найпростіший варіант такого параметра - час. Головна проблема одержання максимальної точності вимірювання - швидкодія циклу вимірювання і точність його синхронізації із зміною вхідного параметра. Саме це є головною проблемою при ручному режимі вимірювання. При використанні комп'ютерного керування таким експериментом забезпечується необхідна об'єктивність і швидкодія дослідження, особливо у випадку швидкого процесу.

Використання автоматизації є також бажаним при дослідженні надповільних процесів.

Проблема швидкодії вимагає мінімізації перенастроювань експериментальної системи під час вимірів, в тому числі за рахунок зменшення гнучкості вимірювальної системи. Зазначимо, що для коректної синхронізації при отриманні часових залежностей через скінчений час вимірювання некоректно використання функції паузи. Замість цього треба використовувати прив'язування до шкали реального часу.

В багатьох експериментальних системах, де як один з вхідних параметрів використовується температура, необхідно забезпечити коректний температурний режим робочої області установки. Для цього після будь-якої зміни параметрів живлення нагрівача або охолоджувача виконується очікування часу, за який система приходить у стан теплової рівноваги. Нагадаємо, що температура описується експоненціальним законом $T-T_\infty=(T_o-T_\infty)exp(-t/\tau)$, де T, T_o, T_∞ відповідно температура в точці вимірювання в поточний момент, в початковий момент, коли виконано перемикання нагрівача або охолоджувача, асимптотичне значення при $t\to\infty$. τ - стала часу, тобто час, за який $T-T_\infty$ зменшується у *e* разів. Слід пам'ятати, що у моменти часу, коли робоча частина не прийшла до стану рівноваги змінюється з часом також співвідношення температур у різних точках системи через скінчену швидкість теплопередачі.

Завдання.

1. Сформувати установку для дослідження залежності температури у робочій частині кріостата від часу.
2. Написати функцію, яка виконує запис дослідження залежності температури у робочій частині кріостата від часу після ступінчастої зміни потужності на нагрівачі.
3. Розрахувати сталу часу кріостату

Для вимірювання температури використовується диференційна термопара, один контакт якої занурений в рідкий азот. Чутливість термопари з врахуванням використаного попереднього підсилювача, змонтованого в кріостаті, 0.015 Вольт/град.

Контрольні запитання

1. Поясніть принцип регулювання температури в застосованому кріостаті.
2. Завдяки чому досягається більша точність вимірювання часових залежностей ніж при ручному вимірюванні?
3. Запропонуйте алгоритм вимірювання залежності від довільного параметра, що повільно змінюється з часом (наприклад опору від рівня рідини у деякій судині, що змінюється з часом за деяким невідомим законом)?
4. Для чого використаний попередній підсилювач безпосередньо біля термопари?

Лабораторна робота № 5

Програмування вимірювання повільних залежностей на прикладі градуювання вторинного термометра

Мета роботи: ознайомитись із основами алгоритмізації вимірювання повільних залежностей

В роботі використовується стенд №2 (рис.6)

Загальні відомості

Минулого разу було отримано часову залежність температури в деякому кріостаті, як приклад вимірювання динамічного процесу. В цьому випадку динаміка є безпосередньо об'єктом дослідження. Існує важливий протилежний випадок, коли навпаки від динаміки системи треба абстрагуватись, тобто після кожної зміни стану системи треба очікувати, доки система не прийде до стану теплової рівноваги. З врахуванням необхідної точності такий час дорівнює 3-5 τ. Саме така пауза закладається до головного циклу, який забезпечує вимірювання.

Для вимірювання температури в автоматизованих системах використовується такі типи вимірювального перетворення:

- ***температура / електрорушійна сила*** (термопара, непоганий первинний термометр, але має значний недолік - наднизьку чутливість)
- ***температура / опір.*** Опір легко вимірюється. Використовується металевий або напівпровідниковий термометр. Металевий при температурах далеких від 0 К практично лінійний і може розглядатись як первинний. Напівпровідниковий термометр є досить чутливим, але має складну залежність опору від температури, яка теоретично описується навіть експонентою.

  $$R(T) = R_0 \mathrm{e}^{\frac{\alpha}{T}}$$

  Але фактично кожен екземпляр такого термометра потребує попереднього калібрування за допомогою первинного.
- ***температура / частота***. Також потребує градуювання.

- ***температура /тиск***. Використовується з подальшим перетворенням тиск /напруга або тиск /механічний зсув. Не дуже зручний спосіб вимірювання.

Завдання.

1. Сформувати схему (якщо передбачено) для градуювання вторинних термометрів за первинним. Первинним вважати термопару.
2. Написати функцію, яка виконує градуювання, тобто отримання залежності від температури опору термометру, що градуюється. При відладці програми паузу для вирівнювання температури в робочій області можна зробити значно меншою за потрібну. Правильне значення слід задати вже при робочих вимірюваннях, коли програма є повністю відтестованою.
3. Приблизно оцінити потрібний час затримки.
4. Виконати робоче вимірювання градуювання.
5. Вивести результати вимірювання як графік за допомогою табличного процесора (наприклад, MS ExCel або LibreOffice Calc).

Варіанти виконання:

Основний: Одночасно градуюються два термометри, що є на стенді. Треба визначити, який з них напівпровідниковий.

Спрощений: градуюється один з термометрів, що вказується викладачем.

Контрольні запитання

1. Який з досліджених вторинних термометрів точніший? Чому?
2. Чи можна градуювати вторинний термометр в динамічному режимі, тобто без очікування встановлення теплової рівноваги? Поясніть.
3. Що буде, якщо для збільшення чутливості термометра опору збільшувати струм?
4. В чому перевага автоматизації надповільних процесів?
5. Чому прагнуть максимально зменшити розміри температурних датчиків?

Лабораторна робота № 6.

Програмування простої задачі керування на прикладі системи стабілізації температури

Мета роботи: ознайомитись із особливостями алгоритмізації процесу керування

В роботі використовується стенд №2 (рис.6)

Загальні відомості

При виконанні багатьох наукових експериментів і автоматизації виробничих процесів доводиться забезпечувати утримання одного чи декількох вхідних параметрів експериментальної системи у наперед заданих межах. В однопараметричному (найпростішому) випадку задача керування зводиться до одержання параметру керування, як функції контрольованого параметра.

В найпростіших системах використовуються звичайні аналогові системи із зворотнім зв'язком, аналогічні системам автоматичного регулювання частоти, відомі Вам з курсу радіоелектроніки. В таких системах для формування сигналу зворотного зв'язку використовується елемент, що виконує перетворення відхилення регульованого параметра в напругу, яка після множення на коефіцієнт зв'язку використовується як параметр керування системою. Такі системи досить непогано працюють у випадках однопараметричної задачі в системах з малим часом реакції.

При теплових вимірюваннях існує потреба стабілізації температури. Алгоритмізація цієї задачі полягає в формуванні у тілі головного циклу, що відстежує температуру, оберненого зв'язку з системи вимірювання до нагрівача або охолоджувача. При цьому слід пам'ятати, що завищення коефіцієнту оберненого зв'язку або надшвидка реакція призводить до самозбудження системи і виникнення температурних коливань. Слід приділяти також увагу коректності взаємодії систем регулювання температури і вимірювання.

Завдання.

1. Сформувати установку для забезпечення стабілізації температури на основі використання одного з двох термометрів опору, вказаного викладачем.
2. Написати програму, яка забезпечує стабілізацію температури.
3. Розробити програму, яка забезпечує виведення кріостату на задану температуру.

Контрольні запитання

1. Що таке система із зворотнім зв'язком?
2. Яким чином можна боротись із самозбудженням системи із зворотнім зв'язком?
3. Яким чином на систему керування впливає точність вимірювальної системи?
4. В чому переваги автоматизації по відношенню до ручного режиму керування?
5. Запропонуйте аналогову систему термостабілізації.

Лабораторна робота № 7.

Програмування задачі керування з зворотнім зв'язком

Мета роботи: ознайомитись із особливостями алгоритмізації процесу керування системою із зворотнім зв'язком на прикладі керування хімічним реактором

В роботі використовується стенд №3 (рис.7)

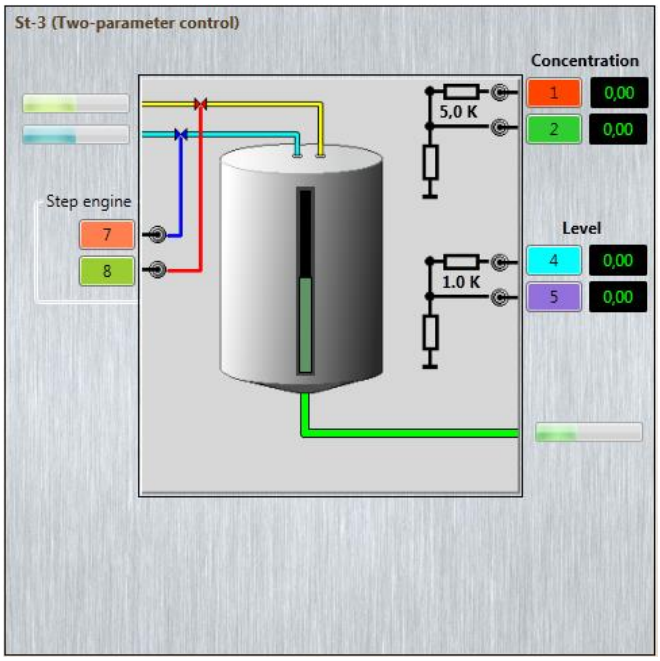


Рис.7. Стенд дослідження системи автоматичного керування

Загальні відомості

В більш складних ситуаціях виникає складна функція обробки значення відхилення та потреба включення уповільнення реакції керуючої системи з врахуванням реактивності системи, яка призводить до порушення стійкості найпростішого способу керування. Наприклад при регулюванні температури, якщо не враховується стала часу теплових процесів в системі виникають теплові коливання, причому іноді досить високої амплітуди.

В багатопараметричних задачах ситуація ще ускладнюється. Комп'ютеризовані системи керування для розрахунку параметрів керування дозволяють по-перше використовувати складні математичні алгоритми для обчислення впливу окремо на кожен з вхідних параметрів, по-друге дозволяють застосовувати

складні логічні алгоритми дій у деяких нештатних ситуаціях. Крім того в найбільш складних випадках (для систем з дуже складною поведінкою) можливо для формування керуючих сигналів використовувати математичне моделювання стану системи і її реакцію на можливі варіанти дій керуючої системи. Звичайно це вимагає великої швидкодії обробляючої системи і високої якості розробки програмного забезпечення. Нагадаємо, що саме помилки в системі керування призвели до вибуху в Чорнобилі!

В даній лабораторній роботі пропонується виконати задачу стабілізації двохкомпонентного хімічного реактора. Приблизно така задача досить поширена в сучасному виробництві. Слід відзначити, що багато інших задач керування можна розглядати як ускладнення цієї. Для максимального спрощення задачі не будемо розглядати хімічні реакції і фактично будемо розглядати реактор як змішувач. Це принципово спрощує рівняння розрахунку керуючих параметрів.

Таким чином:

Є хімічний реактор у вигляді циліндра, у верхню частину якого подається по трубах заданого перетину дві рідини - сірчана кислота деякої концентрації і вода. З нижньої частини реактора суміш витікає. Вважається, що до моменту витікання змішування повністю завершується.

Швидкість витікання - деяка випадкова функція часу. Концентрація вхідного розчину кислоти також має часові коливання (спрощений варіант - вхідна концентрація постійна).

Необхідно забезпечити з максимально можливою точністю збереження початкового рівня і концентрації рідини у реакторі . Вихід керованих параметрів за деякі межі призводить до аварії.

Елементи вимірювання, що маються: перетворювач концентрація - опір - два повністю занурених у рідину плоских електроди (для спрощення вважати що провідність такої системи лінійно залежить від концентрації), вимірювач рівня рідини у вигляді двох занурених вертикально у рідину паралельних стрижнів (яка залежність опору такої системи від рівня і концентрації ?)

Елементи керування: Кожен з вхідних трубопроводів має вентиль, що керується кроковим двигуном. Вважати пропускну здатність лінійною відносно сумарного кута обертання. Повне закриття вентилів відповідає 200 крокам двигуна.

Завдання.

1. Сформувати установку для керування хімічним реактором.
2. Написати програму, яка забезпечує вимірювання концентрації і рівня розчину в реакторі і забезпечує стабільність початкових значень рівня і концентрації. Вважати важливішим параметром концентрацію..
3. Написати програму стабілізації рівня та концентрації розчину у реакторі. Сподіваємось, що в результаті роботи Вашої програми національна хімічна промисловість не буде знищена повністю
4. (Додаткове завдання) Додати запис у файл даних для побудови графіку залежності від часу рівня рідини у реакторі і концентрації розчину.
5. Запустити програму і перевірити її стійкість на протязі 20-30 хвилин

Варіанти виконання:

Основний: Вхідна концентрація кислоти має випадкові в часі відхилення від деякого значення.

Спрощений: Вхідна концентрація кислоти є сталою величиною.

Контрольні запитання

1. В чому складність керування зв'язаними параметрами?
2. Яким чином можна вимірювати потік рідини? Чи буде це корисним для виконаної в цій роботі задачі:
3. В чому переваги і недоліки модульних вимірювальних систем?
4. Запропонуйте альтернативний варіант вимірювача рівня рідини.
5. У яких випадках є сенс формувати автоматичну системи при потребі одноразового дослідження?

Література

1. Б. В. Шандров, А.Д. ЧудаковВ. Технические средства автоматизации : учебник для студ. высш. учеб. заведений — М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 368
2. В.Ю.Шишмарев. Средства измерений / М.: «Академия», 2010. — 320 с.
3. Бутырин П., Васьковская Т. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы. – «ДМК», 2014. – 256 с.
4. В. П. Колодийчук. Шаговые двигатели. – «Электротехнический рынок». 2007. – № 12 (18). – С.50-53.
5. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы. К.: Вища школа, 1988. - 504 с.
6. Атамалян Э.Г. Приборы и методы измерений электрических величин. М.: Высшая школа, 1989 -384 с.
7. Соломенчук В.Г., Соломенчук П.В. Железо ПК 2012 – СПб.: «БХВ-Петербург», 2012. – 384 с.