

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять та
самостійної роботи з дисципліни
КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАНЬ
для студентів спеціальності
152 „Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка“
денної й заочної форм навчання

2020

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Комп'ютерні системи вимірювань» для студентів спеціальності 152 „Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка“ денної й заочної форм навчання / Укл.: Г.В. Сніжної. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 43 с.

Укладач: Г.В. Сніжної, проф., доктор техн. наук

Рецензент: В.В. Погосов, проф., д-р фіз.-матем. наук

Відповідальний за випуск: А.В. Коротун, доц., канд.фіз.-мат.наук

Затверджено
на засіданні кафедри
мікро- та наноелектроніки

Протокол №5
від “ 20 “ жовтня 2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФРЕТ
Протокол №3
від “ 22 “ жовтня 2020 р.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Практична робота №1 “Призначення та можливості комп’ютерних систем вимірювання”	6
1.1 Теоретичні відомості	6
1.2 Контрольні запитання	9
2. Практична робота №2 “Структура комп’ютерних систем вимірювання”	10
2.1 Теоретичні відомості	10
2.1.1 Основні визначення, область застосування та ознаки комп’ютерних систем вимірювання.	10
2.1.2 Класифікація КСВ	11
2.1.3 Основні структурні елементи КСВ	12
2.1.4 Основні вимоги до правил і методів випробування КСВ	13
2.2 Контрольні запитання	14
3. Практична робота №3 „Принципи формування комплексів отримання інформації”	15
3.1 Теоретичні відомості	15
3.1.1 Характеристики КСВ	15
3.1.2 Метрологічні аспекти КСВ	16
3.1.3 Принципи формування комплексів отримання інформації	18
3.1.4 Класифікація засобів обміну неперервними сигналами	19
3.2 Контрольні запитання	21
4. Практична робота №4 “Віртуальні вимірювальні системи та прилади”	22
4.1 Теоретичні відомості	22
4.1.1 Віртуальна вимірювальна система	22
4.1.2 Віртуальні вимірювальні прилади	24
4.2 Контрольні запитання	28
5. Практична робота №5 “Конструктивно закінчені віртуальні вимірювальні прилади”	29
5.1 Теоретичні відомості	29
5.1.1 Конструктивно закінчені віртуальні вимірювальні прилади	29
5.1.2 Ознаки комплексного підходу до розробки віртуальних вимірювальних приладів (ВВП)	31

5.1.2.1 Зовнішнє виконання ВВП	31
5.1.2.2 USB-інтерфейс	31
5.1.2.3 «Гаряче» підключення	31
5.1.2.4 Уніфікований корпус	31
5.1.2.5 Єдиний програмний інтерфейс	31
5.1.2.6 Автоконфігурація типових вимірювальних завдань. . .	32
5.1.2.7 Трансляція даних	32
5.1.3 Віртуальні осцилографи	32
5.1.4 Віртуальні генератори	33
5.2 Контрольні запитання	36
6. Практична робота №6 “Контролер звуку ПЕОМ в якості плати введення/виведення даних віртуального приладу”	37
6.1 Теоретичні відомості	37
6.2 Контрольні запитання	40
7. Теми для самостійної роботи	41
Рекомендована література	42

ВСТУП

Широке і все зростаюче впровадження автоматизації практично в усі сфери діяльності призвело до корінної перебудови вимірювальної техніки: тепер в її завдання поряд з вимірами входить також інформаційне обслуговування досліджуваного (контрольованого) об'єкта, яке включає реєстрацію, відображення, обробку та аналіз інформації, отриманої в результаті вимірювань. Найчастіше доводиться стикатися з цілими потоками вимірювальної інформації. Якщо виконання всього обсягу вимірювальної інформації покласти на людину, збройного лише найпростішими вимірювальними і обчислювальними пристроями, через обмеженість фізіологічних можливостей він не зможе виконати цю роботу. Тому основою сучасної вимірювальної техніки є не окремі, хай навіть автоматичний прилад, а комп'ютерна система вимірювань (КСВ), яка і вирішує поставлене завдання. Застосування КСВ, утворених сукупністю різних засобів вимірювань, отримує в даний час все більшого розвитку, а їх вивчення в дисциплінах вимірювань стає все більш актуальним.

Комп'ютерні засоби вимірювання здатні повною мірою замінити традиційні вимірювальні засоби (осцилографи, вольтметри, аналізатори спектру то-що). Важливою особливістю комп'ютерного засобу вимірювання є те, що розроблена і відтворена на екрані монітора програмним шляхом попередня панель засобу може повністю копіювати панель традиційного засобу вимірювання, але на відміну від панелі управління традиційного приладу така віртуальна панель може коректуватися як на етапі проектування, так і в процесі експлуатації.

У методичних вказівках викладено основи архітектури, програмного та апаратного забезпечення комп'ютерних систем вимірювання, наведено їх класифікацію та технічні характеристики. Розглянуто основні складові частини і комп'ютерних систем вимірювання: контролери, аналого-цифрові перетворювачі, інтерфейси, локальні мережі, засоби відображення інформації. Розглянуто основні принципи процесу вимірювання, метрологічного забезпечення та принципи побудови на їх базі комп'ютерних систем вимірювання, а також засобів їх розробки.

1. ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 “ПРИЗНАЧЕННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ”

Мета роботи: Проаналізувати особливості побудови комп'ютерних систем вимірювання, порівняти традиційні і комп'ютерні методи вимірювання.

1.1 Теоретичні відомості

Комп'ютер (настільний або портативний) як центральний орган будь-якої віртуальної вимірювальної системи виконує перш за все функції інтерфейсу «людина – об'єкт вимірювання». Екран будь якого монітора дає значно більше можливостей для індикації, чим, наприклад екран осцилографа (будь той що навіть запам'ятовує), і, зрозуміло, екран монітора значно більше, чим дисплей мультиметра. Клавіатура і особливо миша зручніше в роботі, чим клавіші. Будь-який персональний комп'ютер (ПК), нехай навіть дуже «старий», володіє великою обчислювальною потужністю, яку можна використовувати для того, щоб застосувати різні види обробки результатів вимірювань: нормування (приведення шкали), лінеаризацію, часову прив'язку обчислення статистичних показників і так далі. Нарешті, дисковий накопичувач буде дуже зручний для накопичення великих об'ємів даних з метою їх подальшої обробки, архівації або передачі по лініях зв'язку за допомогою модему.

Вимірювання фізичних параметрів, таких як напруга, струм, температура або тиск передбачає точну оцінку аналогових величин. Комп'ютер же працює виключно з дискретними величинами. Отже, процес перетворення ПК у комп'ютерний вимірювальний прилад передбачає підключення аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Комп'ютер може управляти АЦП через послідовний або паралельний порти.

Інтерфейсні пристрої також можуть виконувати інші необхідні функції, наприклад гальванічну розв'язку джерел сигналів від ланцюгів ПК, узгодження сигналів, що формуються деякими типами датчиків, по імпедансу, напрузі, полярності і т.п., а також комутацію декількох каналів. Сфера застосування комп'ютерних засобів

вимірювання практично повністю визначається характеристиками програмного забезпечення, тоді як характеристики інтерфейсних пристроїв в більшості випадків цілком зрозумілі користувачеві. Окрім виконання програм збору даних користувач комп'ютерного засобу вимірювання зможе часто експортувати результати вимірювань, наприклад в електронні таблиці чи програми побудови діаграм. Ці офісні застосування роблять зрозумілими найабстрактніші записи або масиви даних, виділяючи в них непомітні на перший погляд тенденції або взаємні зв'язки. І, звичайно, файли цифрових даних, отримані при записі вимірюваних фізичних параметрів, можуть передаватися по лініях зв'язку з використанням модему зокрема по електронній пошті та через Internet.

При порівнянні реальних і комп'ютерних засобів вимірювання, окрім можливостей і режимів роботи, треба також приймати до уваги й їх основні характеристики – точність і швидкодію.

Точність комп'ютерних вимірювальних засобів визначається не лише кількістю цифр після коми, яке виводиться на екран керуючою програмою. До речі, ці цифри можуть бути помилковими, якщо не прийняті деякі заходи метрологічного характеру.

Одним з основних критеріїв є розрядність аналого-цифрового перетворювача. Цей параметр визначає ступінь розрядності при вимірюваннях, тобто ту найменшу різницю між двома сусідніми значеннями, яку «відчуває» вимірювальний прилад. Наприклад, восьмирозрядний АЦП здатний формувати 2^8 або 256 різних значень вихідного сигналу (коду). Якщо його повна шкала складає 5 В, він зможе розрізнити два рівні вхідної напруги, що відрізняються приблизно на 20 мВ; це відповідає чутливості гарного стрілочного гальванометра класу 0,4 або більшості осцилографів. Простий розрахунок показує, що вхідна напруга 4 В може бути виміряна з точністю близько 0,5 %, а напруга 100 мВ – лише з точністю близько 20 %. Тут проявляється відоме емпіричне правило «останньої треті шкали», яке, ймовірно, відомо всім користувачам аналогових мультиметрів і залишається актуальним в цифрову епоху.

12-розрядний АЦП з можливістю формування на виході 2^{12} або 4096 різних значень зможе вимірювати напругу 4 В з точністю близько 0,03%, а 100 мВ – з точністю близько 1,2%. Зрозуміло, ці розрахунки вірні за умови, що всі електронні компоненти в АЦП мають допуски, відповідні вказаним величинам. Не варто, наприклад,

розраховувати на середню точність 1% (що було б вельми непогано) у вимірювальних ланцюгах, зібраних на звичайних резисторах з допуском 5%.

Крім того, для визначення значення для точності всього засобу великий вплив має точність характеристик джерела опорної напруги, що працює з АЦП. Досить перегорнути каталоги, щоб переконатися в тому, як високо цінуються джерела опорної напруги з допуском 0,1%. Крім того треба враховувати немінучий температурний дрейф, вплив якого може суттєво впливати на проведення вимірювань в польових умовах в різні пори роки. Крім того, зазначимо що і як будь-який інший засіб вимірювання, комп'ютерний засіб вимірювання повинен повірятися чи калібруватися настільки часто, наскільки це необхідно за винятком випадків, коли проводяться порівняльні або відносні вимірювання. На рис. 1.1 наведено приклад екранного меню комп'ютерного засобу вимірювання та осциллографа АСК-3107.

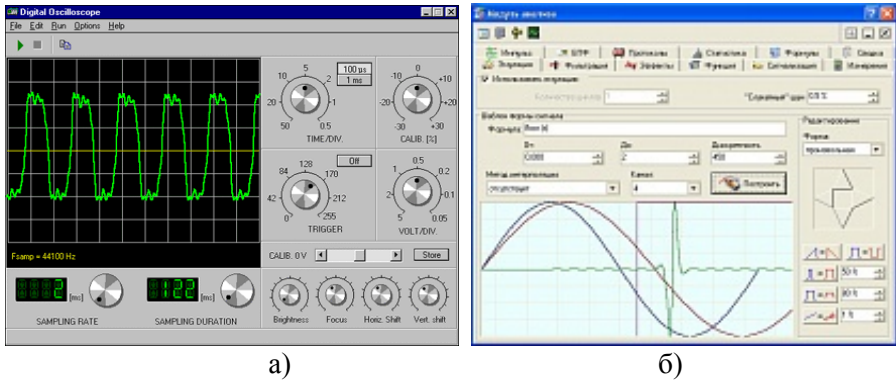


Рисунок 1.1 – Екранне меню комп'ютерного засобу вимірювання (а) та емуляція сигналів цифровим осциллографом АСК-3107 (б)

Слід зазначити, що використання комп'ютерних моделей вимірювальних приладів ніяким чином не передбачає підміну штатних засобів вимірювальної техніки віртуальними комп'ютерними моделями, а навпаки лише розширює можливості процесу вимірювання.

Успіхи в розвитку вимірювальної та обчислювальної техніки і програмування з'явилися передумовами для розробки комп'ютерно-

орієнтованих (віртуальних) засобів вимірювальної техніки (ЗСТ), конкурентоспроможних за своїми метрологічними характеристиками, а за економічною ефективністю помітно перевершує традиційні засоби вимірювань.

Найбільш відомі в області ЗСТ досягнення американської компанії «National Instruments». Орієнтуючись на можливість вільного доступу будь-якого споживача до широкого спектру контрольно-вимірювальних приладів, оснащених інтерфейсом GPIB (IEEE-488), ця компанія запропонувала програмні засоби, емулювати на екрані ПК монітор вимірювального приладу і дозволяли управляти процесом вимірювань з клавіатури ПК. При цьому збір інформації цим же ПК і можливість побудови програмної зв'язку між процесами управління вимірами, збору даних і їх обробки дозволили створити з них єдиний «технологічний» цикл. Така ситуація створила передумови для подання віртуального приладу/інструменту як програми, яка об'єднує в єдине ціле апаратні засоби (вимірювальний прилад, комп'ютер) і процес збору і обробки даних.

Будь-який комп'ютер, в тому числі і персональний комп'ютер, може перетворитися на потужний вимірювальний комплекс, якщо його забезпечити одним або декількома аналоговими входами. Єдине, чого не може зробити комп'ютер - безпосередньо виміряти і обробити аналоговий сигнал.

Для вирішення цієї проблеми існують аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Пристрої, за допомогою яких аналогові і/або цифрові дані вводяться в комп'ютер або виводяться з нього, називаються пристроями введення/виведення (ПВВ) або платами збору даних (ПЗД).

1.2 Контрольні запитання

1. Призначення та можливості комп'ютерних систем вимірювання (КСВ)?
2. Особливості використання аналого-цифрового перетворювача у КСВ?
3. Напрямок діяльності компанії «National Instruments».

2. ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 “СТРУКТУРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ”

Мета роботи – ознайомитися з основними структурними елементами комп'ютерних систем вимірювання.

План

1. Основні визначення, область застосування та ознаки комп'ютерних систем вимірювання.

2. Класифікація комп'ютерних систем вимірювання (КСВ).

3. Основні структурні елементи комп'ютерних систем вимірювання.

4 Основні вимоги до правил і методів випробування КСВ

2.1 Теоретичні відомості

2.1.1 Основні визначення, область застосування та ознаки комп'ютерних систем вимірювання

Робота будь-якого технічного обладнання визначається процесом, який характеризується сукупністю фізичних параметрів. Надійна робота технічного обладнання значно підвищується при наявності комп'ютерних систем вимірювання (КСВ).

Основна термінологія:

Вимірювання - знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом з допомогою спеціальних технічних засобів. При цьому отримуємо числове значення, яке характеризує вимірювану величину.

Контроль - визначення відповідності між станом об'єкта контролю і заданою нормою фізичної величини.

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) - сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів для отримання вимірюваної інформації, її перетворення, оброблення з метою подання її оператору в зручному вигляді для подальшого оброблення і прийняття рішення. Таким чином до ІВС входять КСВ, засоби контролю, діагностики, ідентифікації та виконавчі механізми. Сучасні ІВС і КСВ здатні виконувати функції вимірювання, контролю та діагностики одночасно.

Системи автоматичного контролю призначені для контролю об'єкта шляхом порівняння вимірювальних параметрів із заданими значеннями. Ці системи називають системами централізованого контролю. Інформація, видана системою, носить якісний характер і відповідає на запитання чи перебуває об'єкт в заданому режимі.

Системи технічної діагностики на основі результатів вимірювання видають повідомлення про стан об'єкта дослідження, характер відхилень від алгоритму роботи системи, методи виправлення таких відхилень.

Комп'ютерні системи вимірювання (КСВ) являє собою автоматизований засіб вимірювання фізичних величин, до складу якого входить комп'ютер, мікропроцесор, різноманітні датчики, інформаційні канали (провідні та безпровідні).

Область застосування КСВ визначається: номенклатурою приєднаних первинних перетворювачів, пристроїв безпосередньої дії на об'єкт, метрологічними характеристиками; можливістю програмного забезпечення; експлуатаційними характеристиками.

Основні ознаки КСВ – комплекс нормованих метрологічних характеристик, блочно-модульна структура, наявність мікропроцесорного контролера, використання типових інтерфейсів і наявність пристроїв відображення.

КСВ виконують одну із наступних функцій: прямі, непрямі, сумісні і сукупні вимірювання електричних величин; керування процесом вимірювання і дію на об'єкт вимірювання; відображення результатів вимірювання оператору в заданому вигляді. Для виконання цих функцій КСВ забезпечують перетворення і обробку електричних сигналів від первинних вимірювальних перетворювачів; керування засобами вимірювання і другими технічними компонентами; формування нормованих електричних сигналів дії на об'єкт вимірювання; оцінку точності вимірювання і відображення результатів вимірювання.

2.1.2 Класифікація КСВ

За призначенням КСВ класифікують на типові, проблемні і спеціалізовані. Ця класифікація є лише умовною, так як задана характеристика є також важливою при виборі структури за вказаними умовами вимірювання. Типові КСВ вирішують широке коло задач автоматизації вимірювання, випробувань або дослідження. Проблемні

КСВ застосовують для широкого кола задач специфічної конкретної області автоматизації вимірювання, випробовування і дослідження. Спеціалізовані КСВ призначені для вирішення унікальних задач автоматизації вимірювання, випробовування і дослідження, для яких типові і проблемні КСВ не можуть бути застосовані.

2.1.3 Основні структурні елементи КСВ

До складу КСВ входять технічні і програмні компоненти. Технічні компоненти КСВ поділяють на основні і допоміжні.

Основними технічними компонентами є:

- а) засоби вимірювання електричних величин – вимірювальні компоненти;
- б) засоби обчислювальної техніки – обчислювальні компоненти;
- в) міра поточного часу і інтервалів часу з нормованими характеристиками похибок;
- г) засоби вводу-виводу аналогових, цифрових і релейних сигналів.

Допоміжними технічними компонентами КСВ:

- а) блоки електричного з'єднання вимірювальних компонентів між собою або вимірювальних компонентів з обчислювальними (блоки інтерфейсного з'єднання, контролери);
- б) комутуючі пристрої, які не є засобами вимірювання; в) спеціалізовані пристрої буферної пам'яті;
- г) розширювачі інтерфейсної лінії;
- д) пристрої розширення функціональних можливостей КСВ;
- ж) джерело живлення для допоміжних технічних компонентів.

Програмні компоненти КСВ - це системне програмне забезпечення і загальне прикладне програмне забезпечення. Програмні компоненти КСВ створюють в сукупності математичне забезпечення КСВ.

Системне програмне забезпечення КСВ являє собою сукупність програмного забезпечення ЕОМ, яке використовується в КСВ, і додаткових програмних засобів, які забезпечують:

- а) роботу в діалоговому режимі з КСВ;
- б) керування вимірювальними компонентами;
- в) обмін вимірюваною інформацією з вимірювальними компонентами;
- г) перевірку працездатності окремих компонентів КСВ в цілому;

д) зміну та доповнення складу загального прикладного програмного забезпечення.

Загальне програмне забезпечення КСВ являє собою організовану сукупність програм (програмних модулів), які реалізують:

а) типові алгоритми обробки вимірюваної інформації (в тому числі при непрямих, сумісних вимірюваннях), а також з метою корекції похибок;

б) типові алгоритми планування експерименту;

в) метрологічне обслуговування КСВ (повідка, експериментальне визначення метрологічних характеристик каналів, метрологічна атестація).

2.1.4 Основні вимоги до правил і методів випробування КСВ

КСВ, які призначені до серійного виробництва, підлягають державним контрольним випробуванням. Спеціалізовані КСВ, які компонується безпосередньо у користувача (замовника), а також модернізовані КСВ, підлягають метрологічній атестації. КСВ в цілому необхідно перевіряти експериментально на працездатність, а також на ефективність вентиляційних пристроїв, розміщених в стійках (шафах) або корпусах (каркасах).

Перевірку працездатності проводять за допомогою спеціальних програмних засобів із складу математичного забезпечення КСВ. При повірці КСВ необхідно проводити комплексну або поелементну повірку кожного із каналів КСВ (вид випробувань встановлюється відповідно державними випробуваннями КСВ). Канали, призначені для спостереження за зміною величини без оцінки їх значень в одиницях фізичних величин з нормованою точністю, повірці не підлягають.

Поелементну повірку проводять у випадку, коли всі компоненти каналів КСВ є засобами вимірювань з нормованими метрологічними характеристиками. Методику поелементної повірки, а також формули і підпрограми розрахунку метрологічних характеристик каналів КСВ по метрологічних характеристиках окремих вимірювальних компонентів необхідно подавати на державні випробування КСВ для метрологічної експертизи і затвердження.

При поелементній повірці нормовані метрологічні характеристики вимірювальних каналів і каналів виходу сигналів КСВ

підтверджують нормовані метрологічні характеристики вимірювальних компонентів і розрахунком метрологічних характеристик цих каналів по метрологічних характеристиках цих компонентів відповідно до методики метрологічної атестації формулами і підпрограмами, затвердженими у встановленому порядку.

Випробування підпрограм компонентів КСВ проводять за допомогою контрольних задач, зміст і склад яких затверджені в установленому порядку.

Випробуванням підлягають програмні компоненти того ж або вищого рівня, які раніше не випробовувалися. Випробування на надійність проводять на зразках першої партії, а також при внесенні змін в конструкцію або технологію виготовлення КСВ, які впливають на метрологічні характеристики. Допускають підтверджувати нормовані показники розрахунковим методом по методиках розрахунку, затверджених у встановленому порядку.

Кліматичні випробування і механічні випробування КСВ необхідно проводити комплексно або роздільно в залежності від технічних можливостей і техніко-економічної доцільності. Випробування КСВ вважаються позитивними, якщо всі компоненти КСВ пройшли ці випробування з позитивним результатом.

2.2 Контрольні запитання

1. Поясніть суть вимірювання і контролю в КСВ.
2. Поясніть відмінність між системою автоматичного контролю і системою технічної діагностики.
3. Наведіть визначення інформаційно-вимірювального комплексу.
4. Назвіть основні класифікаційні ознаки КСВ.
5. Назвіть основні структурні елементи КСВ.
6. Які основні вимоги ставлять до правил і методів випробування КСВ?
7. Назвіть основні види КСВ.

3. ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 „ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСІВ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ”

Мета роботи – ознайомитися з характеристиками та метрологічними аспектами КСВ.

План

1. Характеристики КСВ.
2. Метрологічні аспекти КСВ.
3. Принципи формування комплексів отримання та накопичення інформації.
4. Класифікація засобів обміну неперервними сигналами.

3.1 Теоретичні відомості

3.1.1 Характеристики КСВ

Характеристики КСВ, в порівнянні з традиційними засобами вимірювання, мають суттєво ширший спектр. Вони повинні відображати не тільки властивості, безпосередньо пов'язані з отриманням інформації, а також властивості, пов'язані з обміном, обробкою, зберіганням і відображенням інформації. У тих випадках, коли до складу КСВ входить серійний обчислювальний комплекс (СОК), ці властивості можуть бути проаналізовані і визначені на основі характеристик використовуваного КСВ і вживаних інтерфейсів. Так характеристики, пов'язані з можливими потоками і обсягами інформації, визначаються на підставі аналізу характеристик інтерфейсів і засобів вводу-виводу. Характеристики, пов'язані з обробкою інформації, визначаються типом використовуваного процесора і операційної системи. Можливості КСВ як засобу зберігання інформації визначаються використанням внутрішніх і зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв.

Якщо засоби управління, оброблення і зберігання входять до складу модульного КСВ, вибір номенклатури його інформаційних і метрологічних характеристик, а також методів їх визначення, являють собою складне завдання, яке в даний час не має однозначного вирішення. При цьому можуть нормуватися такі параметри, як час виконання циклу випробувань, метрологічні характеристики отримуваних результатів випробувань, число або канальність об'єктів

випробувань, обсяг і форма отриманих документів. Перевірка характеристик таких КСВ може проводитися на еталонних засобах вимірювання.

Для КСВ, область застосування яких не обмежується одним конкретним видом випробувань, найбільш розповсюдженим підходом до нормування характеристик є розділення апаратних і програмних засобів КСВ на тракти. При цьому визначення метрологічних характеристик проводиться розрахунковим методом, а їх перевірка здійснюється шляхом введення в програмне забезпечення КСВ спеціальних програм (метрологічного програмного забезпечення).

Труднощі, що виникають при нормуванні характеристик трактів, зв'язані з визначенням в КСВ початку і кінця тракту. Наприклад, кінцем результату вимірювань можна приймати момент попадання кодованого значення результату на магістраль, в оперативній пристрій, який зберігає засобами відображення або документування. Аналогічні труднощі виникають при видачі сигналу із заданими метрологічними характеристиками.

3.1.2 Метрологічні аспекти КСВ

Конкретний зміст проблем метрологічного забезпечення засобів, які входять в КСВ і ІВС на їх основі, з'ясовується при детальному аналізі процесів, які відбуваються в тракті, і виникаючої при цьому похибки.

Розрізняють чотири основні види перетворення вимірюваної інформації в автоматизованих вимірювальних системах:

- 1) перетворення сигналів в аналоговій формі;
- 2) аналого-цифрове перетворення;
- 3) перетворення вимірюваної інформації в цифровій формі;
- 4) перетворення в каналах видачі аналогової інформації.

Похибка аналого-цифрового перетворення обумовлена похибкою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який включає похибку квантування безперервного сигналу по рівню, та похибку відліків, що викликана невідповідністю реального моменту вимірювань запланованому.

Похибка цифрового перетворення пов'язана із заокругленням в ЕОМ даних вимірювання, проміжних обчислень і коефіцієнтів; відхиленням реального оператора цифрового перетворення від

ідеального; впливом похибок прямих вимірювань на остаточну похибку результатів непрямих, сумісних і сукупних вимірювань, отриманих за допомогою цифрового перетворення.

Похибка каналу аналогового виведення інформації зумовлена тими ж причинами, що і похибка вимірювального каналу ІВС. Аналіз системи повинен містити метрологічний аналіз кожного етапу перетворення сигналів вимірюваної інформації окремо і аналіз сумісного перетворення на всіх етапах. Результати цього аналізу повинні стати основою для розроблення методів експериментального і розрахункового визначення характеристик засобів різного рівня.

Нормативною базою цих методів повинні бути методики розрахунків і експериментального визначення метрологічних характеристик трактів вимірюваної інформації і системи в цілому, а також перелік нормованих характеристик для засобів, що входять до складу трактів.

Метрологічні характеристики засобів вимірювань нормуються. Найбільш важливі з них:

- 1) межі вимірювань (по входу);
- 2) номінальні значення входів;
- 3) діапазон робочих частот;
- 4) допустимі значення систематичної похибки;
- 5) характеристики випадкової похибки, які визначають, зокрема, межі допустимого значення середньо-квадратичного відхилення випадкової складової похибки;
- 6) характеристики загальної похибки;
- 7) вхідний повний опір;
- 8) вихідний повний опір;
- 9) динамічні характеристики, зокрема, амплітудно- частотні, фазочастотні і т.д.;
- 10) функції впливу, які є залежністю зміни метрологічних характеристик від зміни впливових величин або неінформативних параметрів вхідного сигналу; при цьому неінформативним параметром вхідного сигналу називають параметр, не пов'язаний функціонально з вимірюваною властивістю об'єкту вимірювань; наприклад, залежність показів електронного вольтметра від частоти або форми вимірюваної напруги.

У технічній документації метрологічні характеристики засобів вимірювання відображають у вигляді чисел, формул, таблиць і

графіків. У КСВ можуть виникнути інструментальні похибки внаслідок обмеженості розрядної сітки ЕОМ. Операція заокруглення в ЕОМ здійснюється шляхом відсікання розрядів, які не враховуються, або симетричного округлення з врахуванням значення старшого відкиданого розряду.

Похибки відсікання мають негативний знак для будь-яких арифметичних операцій над числами. При великій кількості послідовних арифметичних операцій похибки можуть перевищити допустимий рівень. Оцінка цієї похибки проводиться у випадках, коли розрядна сітка ЕОМ близька до розрядності АЦП. Рекомендується мати в ЕОМ 2-4 додаткові (в порівнянні з розрядністю АЦП) розряди.

3.1.3 Принципи формування комплексів отримання інформації

Комплекси отримання інформації (КОІ) є найважливішою складовою частиною КСВ.

Основними апаратними засобами КОІ є модулі, блоки, прилади і субкомплекси. Модулі – це пристрої, конструктивно розташовані на одній або декількох друкованих платах стандартного розміру, які виконують одну або декілька певних функцій вимірювання, перетворення, видачі, комутації безперервних сигналів, а також введення і виведення дискретних сигналів. До складу модуля входять також вузли для виконання функцій системного обміну з магістраллю.

Конструктивне виконання модулів передбачає їх розміщення і закріплення в певному типі каркасу (крейту). Електроживлення здійснюється від зовнішніх джерел.

Часткові блоки – це пристрої, призначені для перетворення вхідних або вихідних сигналів КОІ (підсилювачі потужності, напруги або струму, нормуючі перетворювачі).

Прилад - це пристрій, поміщений в опломбований корпус, який має автономне джерело живлення і лицьову панель, на якій розташовані органи управління і індикації, що дозволяють виконувати всі заплановані операції в ручному режимі. Вимірювальна частина приладу може складатися з тих же вузлів, які використовуються в модулях. На сучасному етапі метрологічні характеристики таких приладів вищі в порівнянні із модулями. Це досягається шляхом застосування структурних, алгоритмічних і конструктивних рішень,

які з тих або інших причин не можуть бути виконані в модульному виконанні.

Субкомплекси являють собою прилади, які дозволяють отримувати більшу кількість вимірюваних електричних величин, володіють більшою кількістю вимірювальних каналів і пристроїв первинної обробки вимірюваної інформації. Апаратна частина субкомплексу є набором модулів.

3.1.4 Класифікація засобів обміну неперервними сигналами

Першою ознакою класифікації є призначення пристрою: вимірювання, видача або комутація. Другою ознакою є вигляд вимірюваної, виданої або комматованої електричної величини. Третя група ознак описує метрологічні характеристики засобів, в першу чергу, діапазон зміни, точність і швидкодія, а також деякі додаткові характеристики, пов'язані з конкретними видами засобів (шуми, перешкоди, число каналів, вхідні і вихідні опори і т. д.).

Засоби вимірювань це найбільш розвинена і численна підгрупа засобів отримання інформації широко представлена в КСВ на всіх рівнях конструктивного виконання: приладному, блоковому, модульному. Найбільш поширеними є засоби вимірювання напруги постійного струму, опору, частоти. Крім того, шляхом перетворення сигналів в уніфікований сигнал постійної напруги або струму вимірюються багато електричних і неелектричних величин.

Промисловістю випускається значна кількість цифрових приладів електровимірювання. Ступінь автоматизації вимірювальних функцій, які виконуються різними приладами, або «системність» цих цифрових приладів різна.

Мінімально придатним для застосування в КСВ є цифровий прилад, який здатний по зовні поданому сигналу запуску провести вимірювання вхідної величини і сигналізувати про момент часу, починаючи з якого його вихідні дискретні сигнали можуть сприйматися засобами системного обміну. При цьому решта операцій, пов'язаних з вибором режиму роботи, виду вимірюваної величини і її піддіапазону, виконуються вручну.

На першому етапі розвитку КСВ саме такі прилади склали основу вимірювального комплексу. Дискретні сигнали на виході цих приладів є двійково-десятковим кодом мантиси вимірюваної величини, а також сигнали полярності і порядку піддіапазону,

закодовані довільним чином. З розвитком елементної бази відбувалася поступова зміна системних функцій приладів з метою оснащення їх виходом на стандартний інтерфейс (для програмного управління всіма операціями по вибору режимів роботи, вигляду і піддіапазону вимірюваної величини).

Найбільше застосування в КСВ знаходять цифрові вольтметри і мультиметри, а також частотоміри-періодоміри. Крім того, випускаються цифрові омметри, фазометри, цифрові мости для вимірювання ємності і індуктивності, які можуть застосовуватися в КСВ.

Цифрові вольтметри здійснюють попереднє перетворення вимірюваної величини в уніфікований сигнал – постійну напругу чи струм, який потім перетвориться в цифровий код аналого-цифровими перетворювачами різного типу.

У сучасних КСВ знаходять застосування засоби вимірювань, виконані у вигляді блоків. По своєму призначенню всі вони виконують функції перетворення типу аналог-аналог, тобто на вході і на виході цих пристроїв присутні неперервні електричні сигнали, які розрізняються виглядом, рівнем і спектром. Вони призначені як для автономного використання, так і у складі комплексів і систем. Блоки мають вмонтоване електроживлення, опломбований корпус і нормовані метрологічні характеристики.

Модульні засоби вимірювань призначені для виконання тих же функцій, які в даний час виконуються приладами і блоками. Всі модульні засоби вимірювань можна розділити на дві групи: аналогоцифрові перетворювачі (АЦП) і нормуючі перетворювачі. Застосовуються два типи АЦП:

- 1) ті, що здійснюють перетворення постійної напруги чи струму в код (АЦПН);
- 2) ті, що здійснюють перетворення частоти чи періоду в код (АЦПЧ).

АЦПН можуть вимірювати миттєве значення вхідної величини і середнє значення за інтервал часу. Вони знаходять найбільше розповсюдження при вимірюваннях в умовах завод з частотою живлення мережі.

Інтегруючі АЦПН мають високі метрологічні характеристики, в цифрових вольтметрах постійного струму роздільна здатність досягає

0,0001%. У апаратурі КАМАК використовуються модульні АЦПН із швидкодією від 200 нс до 2 с і розрядністю від 7 до 20.

Частотні аналого-цифрові перетворювачі представляють собою різновидність АЦП. АЦПЧ призначені для отримання з вхідних аналогових сигналів інформації про частоту або період з подальшим перетворенням у паралельний двійковий код. В даний час є елементна база, яка дозволяє на одній або двох платах реалізувати вимірювання частоти і періоду в широкому діапазоні. Можливості програмного управління дають модульним засобам переваги перед частотомірами приладного виконання по продуктивності при вимірюванні частоти на низьких частотах і періоду – на високих. Межі для роботи модуля в режимі вимірювання частоти або періоду обумовлюються необхідною похибкою вимірювання.

Нормуючі перетворювачі в модульному виконанні за своїм призначенням відповідають або блоковим вимірювальним перетворювачам, які підсилюють сигнали низького рівня, або блоковим перетворювачам, які нормують сигнали з давачів неелектричних величин.

3.2 Контрольні запитання

1. Назвіть основні види структур КСВ.
2. Поясніть структуру КСВ магістрального типу.
3. Апаратн модулі системи КАМАК
4. Поясніть структуру однопроцесорного модульного КСВ.
5. Поясніть структуру багатопроцесорного модульного КСВ.
6. Поясніть структуру багатопроцесорного КСВ з системою магістралей.
7. Які основні види перетворення вимірюваної інформації розрізняють в автоматизованих вимірювальних системах і комплексах?
8. За якими ознаками проводять класифікацію засобів обміну неперервними сигналами?

4. ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 „ВІРТУАЛЬНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ТА ПРИЛАДИ”

Мета роботи – ознайомитися з характеристиками віртуальних вимірювальних систем та приладів.

План

1. Віртуальна вимірювальна система.
2. Системна сумісність.
2. Віртуальні вимірювальні прилади

4.1 Теоретичні відомості

4.1.1 Віртуальна вимірювальна система

Віртуальна вимірювальна система (virtual measuring system) - 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, причому для управління процесом вимірювань і/або відображення їх результатів застосовують стандартні інтерфейси користувача.

Додаткові програмні засоби віртуальної вимірювальної системи (ВВС) можуть включати в себе наступні компоненти:

- драйвери додаткових технічних засобів;
- модулі управління процесом вимірювань і/або відображення їх результатів;
- модулі процедур, що забезпечують зберігання, обробку, прийом і передачу даних;
- модулі процедур, що забезпечують захист результатів вимірювань, даних і програмних засобів та ін.

При цьому частина додаткових програмних засобів доцільно виділяти в якості метрологічно значимого програмного забезпечення.

Додаткові технічні засоби віртуальної вимірювальної системи можуть бути вбудовані в корпус ЕОМ і/або розміщені за його межами. При цьому вони можуть включати в себе первинні і вторинні вимірювальні перетворювачі (фільтри, підсилювачі, АЦП, ЦАП), контролери, модулі для прийому і передачі даних по каналах дротового і бездротового зв'язку.

В даний час забезпечується можливість перебудовувати ВВС програмним способом для вимірювання різних фізичних величин, а

також змінювати порядок виконання вимірювань. Таким чином, комп'ютери перетворюються в ВВС і можуть з успіхом виконувати функції стандартних засобів вимірювання (вимірювальних приладів): вольтметрів, амперметрів, фазометрів, частотомерів, вимірників інтервалів часу, генераторів сигналів різної форми, цифрових осцилографів, цифрових аналізаторів спектра. Іншими словами, комп'ютер робить вимірювальну систему виключно гнучкою, оскільки користувач може легко змінити його програмне забезпечення (ПЗ).

Конструктивно ВВС можуть являти собою цифрові вимірювальні прилади, вимірювально-обчислювальні комплекси (ВОК), інформаційно- та комп'ютерно-вимірювальні системи, а їх розробка є одним з найбільш перспективних напрямків в області розвитку засобів вимірювань (ЗС).

Основні переваги ВВС:

- обсяг вимірювальної інформації та її обробка практично необмежені;
- зручний інтерфейс користувача та розширюваність;
- автоматизація процесу вимірів;
- вбудовані в вимірювальні процедури мультимедійні засоби;
- доступ в Інтернет для поширення даних по всьому світу;
- взаємодія з іншими базами даних та інформаційними системами.

Зростаючі вимоги до ЗС, з одного боку, і розширюються можливості вимірювальної та обчислювальної техніки, з іншого боку, створюють постійно діючу тенденцію підвищення рівня автоматизації засобів вимірювання з метою надання їм більшої гнучкості, розширення їх функціональних можливостей, сполучення їх з іншими засобами в автоматичних системах самого різного призначення.

Перші кроки в напрямку автоматизації вимірювань були зроблені фізиками при експериментальних дослідженнях таких складних об'єктів як прискорювачі, установки термоядерного синтезу, бульбашкові камери. У 60-ті роки ХХ століття ці роботи досягли високого рівня розвитку і отримали втілення в системах КАМАК, що передбачили багато ідей майбутніх вимірювально-обчислювальних комплексів.

Виняток надлишкових вузлів ЗС, в тому числі зайвих блоків живлення, дає можливість розмістити залишилися вимірювальні вузли знаходяться в робочому однієї або декількох друкованих платах і конструктивно об'єднати їх з комп'ютером. Така інтеграція дозволяє

створити *комп'ютерно-вимірювальні системи*, що володіють практично такими ж можливостями, як і інформаційно-вимірювальні комплекси (ІВК), але апаратні витрати при цьому значно знижуються. Роль приладового інтерфейсу в КВС виконує власна загальна шина комп'ютера.

Таким чином, автоматизація засобів вимірювань йде по шляху інтеграції вимірювальних і обчислювальних засобів і функцій.

4.1.2 Віртуальні вимірювальні прилади

Віртуальний прилад має невеликі розміри, вагу і, як правило, низьку вартість, а для відображення інформації монітор (на сьогоднішній день кожний інженер або дослідник в роботі й так використовує ПЕОМ). Наприклад: вартість сучасних цифрових вольтметрів, у залежності від типів і метрологічних характеристик приладів, може перевищувати вартість плати збору даних на цифрові вольтметри майже у десять разів.

Завдяки невеликим габаритам та вазі ВВП разом з ПЕОМ (або краще з ноутбуком) легко можна транспортувати та швидко розгортати.

Завдяки можливостям ПЕОМ обсяг вимірювальної інформації, яка відображається, обробляється і зберігається обмежується тільки характеристиками ПЕОМ.

Обслуговування складних великогабаритних пристроїв, приладів і систем вимагає великих витрат часу, засобів і висококваліфікованого обслуговуючого персоналу. Плата збору даних відрізняється простотою у використанні й обслуговуванні, а також завдяки наявності в програмному забезпеченні системи підказок, робота з віртуальним приладом не потребує від оператора спеціальних знань.

Значною перевагою використання ПК у складі віртуального приладу є можливість створення максимально дружнього інтерфейсу для оператора. Зручний і зрозумілий режим підказок, звичне оформлення передньої панелі, можливість поміняти колірну гаму, усе це і багато чого іншого робить віртуальний прилад ергономічним і приємним для користувача.

Простота діалогу, можливість швидкої переконфігурації, вбудований апарат обробки даних дозволяють створювати на основі персонального комп'ютера і плати збору даних безліч різноманітних

гнучких вимірювальних систем. Швидка, неproblemатична взаємозамінність плати збору даних, можливість дублювання особливо важливих елементів вимірювальних систем, широкі можливості моніторингу й обробки сигналу, можливість передачі інформації, як у локальній, так і глобальній мережі – усе це вказує на універсальність віртуальних вимірювальних приладів.

ВВП можна широко використовувати у пересувних або мобільних вимірювальних та метрологічних лабораторіях. Якщо традиційні вимірювальні прилади замінити ВВП, то це дасть змогу по-перше змінити автомобільну базу для транспортування та роботи на більш дешеву та економічну, по-друге зменшити кількість працівників, які виконують вимірювальні роботи, по-третє збільшити кількість об'єктів, які можуть одночасно обслуговуватись.

Дуже актуальним є використання ВВП у науково-дослідних установах та лабораторіях під час проведення досліджень, експериментів та випробувань. ВВП можуть одночасно виконувати велику кількість вимірювальних операцій, математичних обчислень та порівняння результатів вимірювань. Також вони є незамінними під час проведення довго плінних за часом експериментів та досліджень і під час проведення вимірювальних робіт за межами стаціонарних умов використання.

Незамінними ВВП є і в метрологічних лабораторіях. По-перше багатофункціональність їх використання дає змогу замінити велику кількість традиційних вимірювальних приладів набагато меншою кількістю ВВП. По-друге за допомогою ВВП одночасно можна проводити перевірку декількох однотипних або навіть приладів різного типу, які є близькими за функціональним призначенням. По-третє за допомогою ВВП можна створювати автоматизовані робочі місця з перевірки засобів вимірювальної техніки, що дасть можливість колосальної економії робочого часу.

Але використання віртуальних приладів поки зустрічає деякі труднощі. Одна з них носить чисто суб'єктивний характер. Це звичка роботи з приладами, що мають звичайні органи управління і блоки збору і представлення інформації. Збереженню цієї звички сприяє і політика фірм, що виробляють традиційну контрольно-вимірювальну апаратуру. Аналіз технічних можливостей найбільш сучасніших осцилографів, генераторів сигналів і інших приладів деяких фірм, показує, що згадані прилади фактично реалізують вивернуту

концепцію віртуальних інструментів, коли вимірювальний прилад сполучається з комп'ютером не за рахунок інтерфейсу, а шляхом "вбудовування" ПК у корпус приладу. У деяких випадках компанії будують вимірювальні прилади навколо комп'ютерного процесора, а в деяких створюють спеціалізовані процесори, але суть від цього не змінюється: успіхи мікроелектроніки у створенні елементної бази із субмікронними розмірами елементів дозволяють розмістити в одному корпусі вимірювальний прилад і ПК. Це розширює універсальність застосування вимірювальної апаратури нового покоління, але подібна практика відповідним чином відбивається на ціні та складності управління такими приладами.

У той же час можливо вирішувати проблеми оснащення вимірювальних лабораторій за допомогою високопродуктивних і водночас дешевих плат збору даних, що вбудовуються в ПК. Таким чином, у даний час можна говорити про еру віртуальних приладів, в основі яких лежить з'єднання аналогово-цифрового перетворювача з ПК.

Перспективним є підхід, в основу якого покладений принцип поєднання ПК з платою збору даних (ПЗД), основними елементами якої є аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) і перетворювач код-код (ПКК). Можливо включення до складу ПЗД мікропроцесорного контролера, який виконує функції управління, синхронізації та підтримки програмного забезпечення (ПЗ).

В загальному випадку віртуальний прилад складається з двох компонентів: пристрою управління та обробки інформації, тобто персонального комп'ютера, і плати збору даних. Перший компонент, а саме ПК, не потребує капітальних затрат на його виготовлення або придбання, тому що є необхідним атрибутом сучасності, і є обов'язковим інструментом на майже на кожному робочому місці. Тому будемо розглядати його, як вже існуючий, компонент віртуального вимірювального приладу. Другий компонент, а саме плата збору даних (ПЗД) в загальному випадку містить: мультиплексор, АЦП, мікроконтролер, порт RS-485, запам'ятовуючий пристрій, перетворювач напруги та фільтр. Таким чином можна вважати, що апаратурна складова віртуального приладу є визначеною і далі доцільно зосередити увагу на програмному забезпеченні приладу.

У розвитку віртуальних засобів вимірювальної техніки проглядаються три основних напрямки.

По-перше, це створення конструктивно закінчених автономних вимірювальних приладів загального призначення, аналогічних приладів в традиційному виконанні.

По-друге, це розробка спеціалізованих вимірювальних приладів на основі плат збору і обробки аналогової вимірювальної інформації на основі комп'ютерного інтерфейсу РСІ.

По-третє, створення віртуальних вимірювальних приладів і систем на основі інтерфейсу РХІ (VXI), що володіє всіма видами системної сумісності.

Системна сумісність.

Науково-технічною основою створення будь-якого комплексу є системна сумісність всіх функціональних елементів, що входять до його складу. Основними категоріями сумісності є:

- інформаційна, що забезпечується шляхом уніфікації та нормування видів і параметрів сигналів з урахуванням їх часових і логічних співвідношень, фізичної реалізації і правил передачі;

- метрологічна, яка передбачає однотипність метрологічних характеристик всіх засобів вимірювальної техніки, які використовуються в комплексі і забезпечують отримання кількісної оцінки достовірності виконуваних вимірювань;

- програмна, що досягається за рахунок узгодженості використовуваних програм і підпрограм, мов програмування, а також за рахунок нормування правил обміну потоками інформації між вузлами комплексу;

- конструктивна, яка передбачає уніфікацію використовуваних модулів, виконаних на єдиному технологічному рівні; нормалізацію їх конструктивних параметрів, а також умов їх механічного сполучення;

- експлуатаційна, що забезпечується за рахунок уніфікації та нормування джерел живлення, умов навколишнього середовища, надійності.

Інформаційна і конструктивна сумісність всіх блоків комплексу досягається за рахунок використання стандартних інтерфейсів.

Віртуальні прилади складаються з комп'ютера, наявність якого сьогодні - необхідна умова високоякісних і швидких вимірювань, і плат або зовнішніх модулів (пристроїв) збору даних, причому

програмна частина віртуального приладу може емулювати панель і органи управління реального.

Віртуальні вимірювальні прилади є комп'ютер, здатний виконувати функції вимірювального приладу. Панель, сформована на екрані дисплея, стає панеллю керування віртуального приладу. На відміну від реальної панелі управління така віртуальна панель може бути багато разів реконфігурована в процесі роботи. Користувач віртуального приладу керує ним за допомогою графічної панелі, використовуючи «миша», клавіатуру і сенсорне управління, а також органи управління зовнішніх пристроїв.

Віртуальні прилади всього за кілька років стали популярними і навіть модними серед сучасних споживачів вимірювальної техніки. Використовуючи віртуальні прилади, всього за кілька хвилин можна перетворити свій комп'ютер в універсальний вимірювальний прилад з відмінними параметрами.

Досить вставити невелику плату у вільний слот комп'ютера або підключити до ПК зовнішній модуль, встановити відповідне програмне забезпечення - і в вашому розпорядженні повноцінний вимірювальний прилад з великим кольоровим екраном, наочним призначеним для користувача інтерфейсом, широкими можливостями вимірювань, обробки і зберігання отриманої інформації.

4.2 Контрольні запитання

1. Назвіть програмні засоби (компоненти) віртуальної вимірювальної системи.
2. Системна сумісність.
3. Роль програмного забезпечення у можливостях КВС.
4. Структура та можливості системи КАМАК.
5. Можливості, принцип роботи та технічна реалізація віртуальних вимірювальних приладів.

5. ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 „КОНСТРУКТИВНО ЗАКІНЧЕНІ ВІРТУАЛЬНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ”

Мета роботи – ознайомитися з конструкціями віртуальних вимірювальних приладів.

План

1. Аспекти використання віртуальних вимірювальних приладів.
2. Віртуальні імітатори реальних приладів.
3. Ознаки комплексного підходу до розробки віртуальних приладів.
4. Віртуальні осцилографи.
5. Віртуальні генератори.

5.1 Теоретичні відомості

5.1.1 Конструктивно закінчені віртуальні вимірювальні прилади

Широкий спектр вимірювальних завдань і все зростаючі потреби в вимірах в найрізноманітніших галузях науки і техніки визначають активні зусилля по розробці традиційних приладів. Будучи серійно випускаються, пройшовши ретельну конструкторське пророблення і комплексні приймальні випробування, такі прилади мають більш низькою вартістю в порівнянні з, як правило, унікальними інформаційно-вимірювальними системами (ІВС), мають більшу надійність, сертифікованими метрологічними характеристиками, зручністю роботи.

У той же час звичайні прилади традиційно відстають від ІВС по обчислювальним можливостям, інтерактивності призначеного для користувача інтерфейсу, інформативності системи відображення.

Існує ряд віртуальних приладів, які відтворюють за допомогою ПЗ зовнішній вигляд, органи управління і функції вимірювальних приладів, так і вимірювані фізичні процеси. Подібні прилади є віртуальними імітаторами реальних приладів. Вони можуть використовуватися як тренажери в навчальних цілях, для масової підготовки фахівців до роботи на реальних вимірювальних приладах.

Основні аспекти використання віртуальних вимірювальних приладів замість традиційних цифрових приладів, що мають власний екран і органи управління.

По-перше, економія коштів, місця і ваги. Віртуальний прилад, який використовує для відображення результатів вимірювання екран ПК, а клавіатуру і «миша» - для завдання режимів вимірювання, варто, безсумнівно, дешевше, ніж аналогічний «звичайний» прилад в тандемі з ПК, і має менші габарити і масу.

По-друге, результати вимірювань, як правило, необхідно обробляти і протоколювати, для цього дані повинні бути передані в ПК. Для віртуальних приладів ця задача не викликає особливих проблем, тому що отриманий сигнал вже знаходиться в ПК і для пересилання даних не потрібно додатковий інтерфейсний модуль.

По-третє, настройки сучасних приладів є все більш складними і різноманітними. Якщо ж до складу вимірювального комплексу входить декілька приладів, то його налаштування для вирішення типової вимірювальної завдання вимагає досить значного часу і передбачає можливість існування різних її варіантів, які в ідеалі повинні зберігатися користувачем і в міру необхідності викликатися. Все це зручніше здійснювати з єдиного центру управління, яким є персональний комп'ютер.

По-четверте, мобільність використання приладів. Умови роботи сучасного сервіс-інженера, який був змушений виїжджати для обслуговування і ремонту устаткування на віддалені об'єкти, сформували потребу в віртуальних вимірювальних приладах, виконаних у вигляді приставки-модуля до ПК, яку можна класти в сумку разом з ноутбуком і возити з собою.

Сучасні ноутбуки, поступово стають головним партнером по вимірах віртуального приладу, в міру свого розвитку починають втрачати застарілі LPT- і COM- порти, які перестають задовольняти потребам користувача і можливостям сучасного периферійного обладнання. Їм на зміну приходять сучасні і швидкісні інтерфейси зовнішнього обладнання - USB, IEEE і ін., що дозволяють оперативно, без перезавантаження системи, змінювати склад вимірювального комплексу, підключаючи необхідні елементи і відключаючи вже використані. Вони також дозволяють без проблем підключити до ПК одночасно кілька віртуальних вимірювальних приладів (ПК, як правило, має кілька USB-роз'ємів, крім того, для цього можна використовувати і концентратор або хаб).

Розвиваються напрямки попередніх етапів, але вже з більш досконалими і продуктивними інтерфейсами: PCI express, SATA - для

вбудованих настільних систем; Ethernet, USB 2.0, USB 3 - для зовнішніх систем. Таким чином, у споживача з'являється можливість проведення складних вимірювань з використанням декількох різних приладів, тобто є можливість реалізації віртуальної вимірювальної лабораторії. Розглянемо концепцію віртуальної вимірювальної USB-лабораторії фірми АКТАКОМ, яка заснована на використанні вимірювальних модулів, що підключаються до ПК за допомогою USB-інтерфейсу. Для неї характерний комплексний підхід до розробки окремих моделей віртуальних приладів, який об'єднує їх в єдину вимірювальну систему за ознаками, розглянутих нижче.

5.1.2 Ознаки комплексного підходу до розробки віртуальних вимірювальних приладів (ВВП)

5.1.2.1 Зовнішнє виконання ВВП

Віртуальний прилад конструктивно виконується у вигляді окремого модуля, що підключається через зовнішній порт до ПК. В останні роки такий варіант став набагато популярнішим вбудованого (модуля або плати), оскільки забезпечує більшу гнучкість, можливість роботи з різними типами ПК (перш за все з ноутбуком), як в лабораторії, так і на віддаленому об'єкті.

5.1.2.2 USB-інтерфейс

Використання цього інтерфейсу вирішує проблему підключення віртуальних приладів до будь-якого сучасного ПК, в тому числі ноутбука. Інша особливість USB – масштабованість, яка дозволяє без проблем підключити до ПК одночасно кілька віртуальних приладів.

Разом з тим, для сумісності з більш старими ПК збережена можливість підключення приладів через LPT-порт.

5.1.2.3 «Гаряче» підключення

Важлива для мобільного користувача особливість USB, що дозволяє оперативнo, без перезавантаження системи, змінювати склад вимірювального комплексу.

5.1.2.4 Уніфікований корпус

Дозволяє збирати прилади у вертикальну стійку. Всі корпуси мають сучасний дизайн і зручну ручку для перенесення, яка стане в нагоді при роботі поза лабораторією.

5.1.2.5 Єдиний програмний інтерфейс

Загальний стиль оформлення «вікон», загальні для всіх приладів позначення і піктограми на елементах управління, єдина логіка

управління. Це дозволяє скоротити час навчання роботі на приладах всієї серії і забезпечує взаємну сумісність окремих елементів USB-лабораторії.

5.1.2.6 Автоконфігурація типових вимірювальних завдань

Єдина система конфігураційних файлів за допомогою загальної програмної оболонки дозволяє динамічно перезавантажувати необхідні настройки приладів в ході складних вимірювань за участю декількох віртуальних приладів. Це дозволяє швидко вирішувати типові вимірювальні завдання (наприклад, вимір АЧХ, ВАХ, С-V-метрія і ін.), Оперативно і синхронно встановлюючи необхідні режими і діапазони. Користувач може також самостійно налаштовувати і зберігати конфігурацію всієї системи, планувати вимірювання по етапах і в часі.

5.1.2.7 Трансляція даних

Всі прилади USB-лабораторії АКТАКОМ мають можливість передачі результатів вимірювань в додатку Windows типу електронних таблиць або текстових редакторів.

В даний час модельний ряд приладів, що входять в USB-лабораторію АКТАКОМ, являє собою добре продуманий і збалансований набір пристроїв, що дозволяє реалізувати широкий спектр вимірювальних завдань і включає в себе кілька типів приладів.

5.1.3 Віртуальні осцилографи

Для вимірювання та аналізу аналогових сигналів призначені наступні моделі віртуальних цифрових запам'ятовуючих осцилографів: двоканальний осцилограф АСК-3106 і унікальний серед віртуальних ширококутних осцилографів двоканальний АСК-3107, зовнішній вигляд та панелі якого наведено на рис. 5.1, 5.2.



Рисунок 5.1 - Зовнішній вигляд осцилографа-приставки АСК-3107

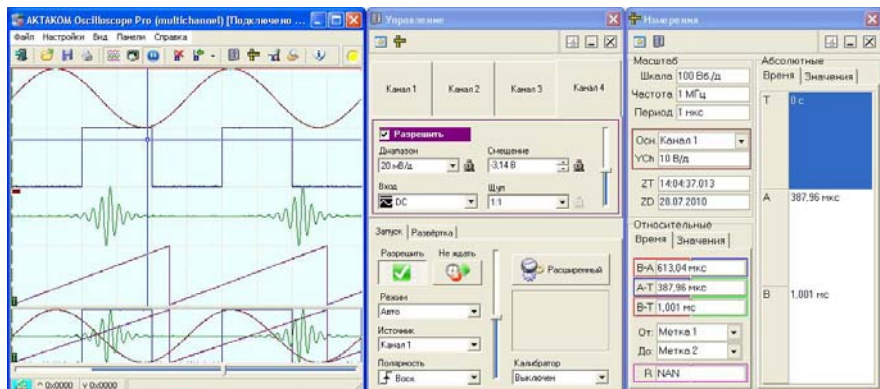


Рисунок 5.2 - Панелі (головна, управління і вимірів) цифрового віртуального осцилографа АСК-3107 (АКТАКОМ Oscilloscope Pro Multichannel)

Ці моделі характеризуються такими параметрами:

- широкою смугою пропускання (від 0 до 100 МГц);
- високою чутливістю (від 2 мВ / справ до 10 В / справ);
- високою частотою дискретизації (до 100 МГц в режимі однократного і до 10 ГГц - для повторюваного сигналу);
- великим об'ємом пам'яті (до 128 Кбайт на канал);
- ефективними програмними засобами (режим самописця, автонастройка параметрів відображення і синхронізації, цифрова фільтрація);
- цифровий персистенцією (інерцією), що оптимізує відображення складних модульованих сигналів, як в аналоговому осцилографі;
- потужним програмним пакетом аналізу отриманих осцилограм (автоматичні вимірювання параметрів сигналу, статистичний аналіз і побудова гістограм розподілу обраних параметрів, спектральний аналіз на базі швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), емуляція сигналу, вимір фазового зсуву різноманітними методами.

5.1.4 Віртуальні генератори

Генератори сигналів лабораторії АКТАКОМ представлені трьома моделями: двоканальні функціональні генератори АНР-3121, АНР-3122 і генератор вимірювальних ТВ-сигналів АНР-3125.

Генератори синтезують сигнали довільної форми за допомогою 12-бітного ЦАП і дозволяють отримувати сигнали частотою до 5 МГц (АНР-3121) або 10 МГц (АНР-3122), зовнішній вигляд якого представлений на рис. 5.3. Остання модель має вихідний підсилювач, що забезпечує амплітуду вихідного сигналу ± 10 В на навантаженні 50 Ом. Прилади характеризуються великим об'ємом вбудованої пам'яті (до 128 Кбайт на канал) і високою частотою тактирування ЦАП (до 80 і 100 МГц відповідно).



а)



б)

Рисунок 5.3 - Генератор сигналів довільної форми АНР-3122 USB: вид спереду (а), вид ззаду (б)

Зручний програмний інтерфейс дає можливість синтезу сигналів за допомогою табличних файлів, частотного синтезу, вбудованого графічного редактора (рис. 5.4, 5.5).

Новостворені форми сигналів можна зберігати і використовувати в подальшому. Крім цього, є бібліотека стандартних сигналів, а також режим «лазерного шоу» - генерація довільних фігур в режимі X-Y (фігури Ліссажу).

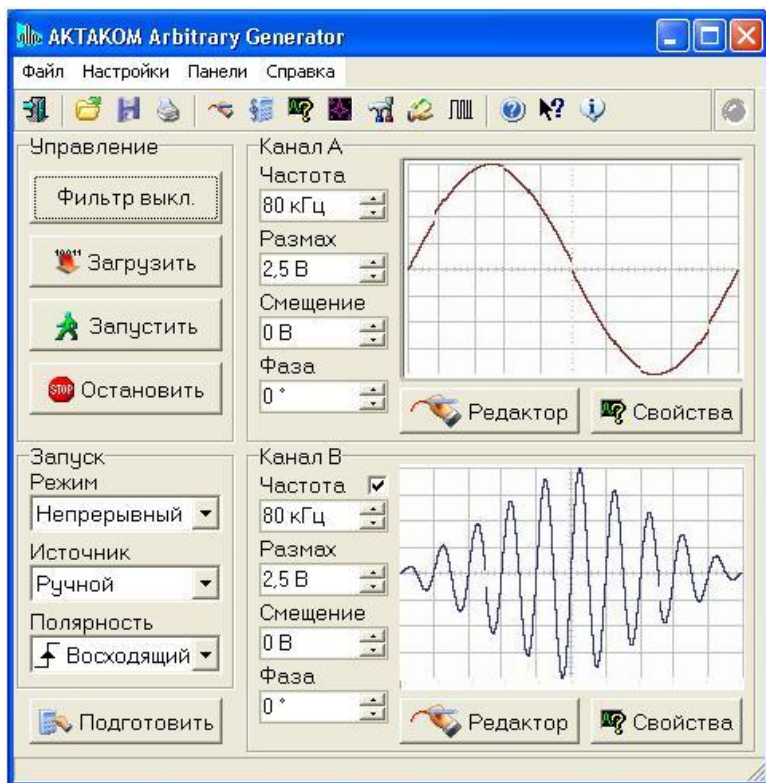


Рисунок 5.4 - Головна панель ПЗ віртуального генератора сигналів довільної форми АНР-3122 USB

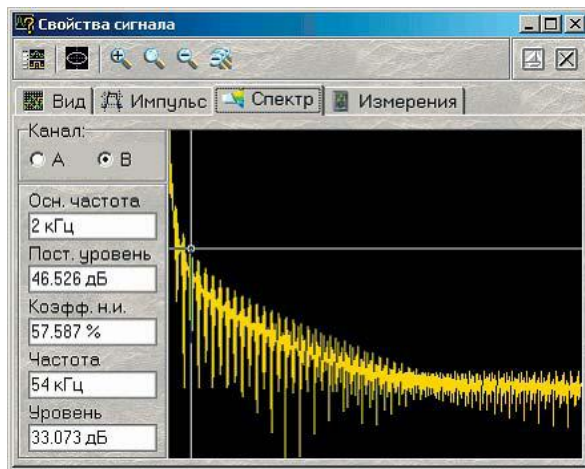


Рисунок 5.5 – Аналізатор спектру

Таким чином, користувач має можливість оперативно створювати бібліотеки зразкових сигналів для подачі на вхід тестованого пристрою і здійснювати тестування по вхідному впливу.

Спеціалізований генератор АНР-3125 представляє собою практично повний функціональний аналог генератора Г6-35 і призначений для настройки і випробувань при розробці різних пристроїв і оперативного контролю обладнання телевізійних центрів.

5.2 Контрольні запитання

1. Переваги використання віртуальних вимірювальних приладів.
2. Призначення програмного забезпечення (ПЗ) віртуальних вимірювальних приладів.
3. Використання USB-роз'ємів для функціонування віртуальних вимірювальних приладів.
4. Основні прилади USB-лабораторії фірми АКТАКОМ.
5. Переваги сумісності окремих елементів USB-лабораторії фірми АКТАКОМ.
6. Віртуальні осцилографи.
7. Віртуальні генератори.
8. Віртуальні вимірювальні прилади National Instruments.

6. ПРАКТИЧНА РОБОТА №6 „КОНТРОЛЕР ЗВУКУ ПЕОМ В ЯКОСТІ ПЛАТИ ВВЕДЕННЯ/ВИВЕДЕННЯ ДАНИХ ВІРТУАЛЬНОГО ПРИЛАДУ”

Мета роботи – ознайомитися з можливостями контролеру звуку ПЕОМ в якості плати введення/виведення даних віртуального приладу.

План

1. Концепції АС'97.
2. Універсальний процесор цифрових сигналів (DSP).
3. Підключення до звукової карти.

6.1 Теоретичні відомості

ПК в своїй конструкції вже містить засоби, які з деякими обмеженнями здатні перетворити його в той же осцилограф, аналізатор спектру, частотомір або генератор імпульсів. Найбільш простим рішенням створення віртуального вимірювального приладу є використання в якості пристрою вводу/виводу даних плати звуку або вбудованого в системну плату контролера звуку. З розвитком технологій мультимедіа одним з важливих компонент сучасного комп'ютера стала **звукова плата або карта** (рис. 6.1). Звукова карта надає засоби запису, відтворення та редагування музики, а також мовних повідомлень.



Рисунок 6.1 - PCI звукова плата (карта)

Зазвичай звукова карта розділяється на дві частини: відтворення MIDI музики і відтворення оцифрованого звуку (wav, mp3 та ін. файлів).

Одним з основних елементів звукової плати є цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) призначений для відтворення "цифрового" звуку. Саме він відтворює програмно-синтезовану музику а також більшу частину звукових ефектів. Іноді його ще називають "цифровим каналом". Інший – аналого-цифровий перетворювач (АЦП) використовується для запису (оцифровування) вхідного сигналу. Окрім цих основних елементів можуть бути спеціалізовані процесори для оброблення сигналів: компресія/декомпресія звуку в реальному часі під час запису чи відтворення, синтез мови, реалізація ефектів «об'ємного звуку» тощо.

Сьогодні більшість інтегрованих і автономних звукових рішень засновано на концепції АС'97. Її суть полягає в тому, що звуковий контролер фізично розділяється на дві частини. Перша частина - цифровий контролер (Digital Controller, DC), що перетворює звуковий сигнал в аналоговий електричний сигнал з подальшою його обробкою в цифровому вигляді. Його завдання - виконати задані перетворення звукової інформації.

В якості такого контролера зазвичай виступає спеціалізований або універсальний процесор цифрових сигналів (DSP). Друга частина звукової підсистеми - аудіокодек (Audio Codec, AC). Як впливає з назви, він повинен виконувати кодування і декодування цифрових даних, що надходять в цифровий контролер або з нього. Ці два чіпи зв'язуються між собою за допомогою стандартного інтерфейсу АС-Link, що складається з п'яти ліній (дві лінії синхронізації, одна - скидання, дві - передачі даних в обох напрямках). Тим самим забезпечується повна незалежність двох частин (аналогової і цифрової) звукової підсистеми.

Аудіокодек стандарту АС'97 повинен виконувати такі завдання:

- прийом, передача, буферизація цифрових даних;
- перетворення даних з цифрової в аналогову форму і назад;
- мікшування даних, що надходять від різних джерел (аналогових і цифрових);
- управління рівнем сигналу, що надходить від різних джерел тобто управління посиленням);
- посилення сигналу, що надходить на мікрофонний вхід.

Звичайна звукова плата ПК здатна сприймати і перетворювати сигнал складної форми в межах звукової частоти і амплітудою до 2В в цифрову форму з входу LINE-IN або ж з мікрофона. Можливо і зворотне перетворення, - на вихід LINE-OUT (Speakers). Таким чином, можна працювати з будь-яким сигналом до 20 кГц, а то і вище, залежно від звукової плати. Максимальна межа рівня вхідної напруги 0,5-2 В теж не складає проблеми, поьрыбен дільник напруги на резисторах збирається. Після запуску спеціальної програми на екрані монітора з'являється зображення осцилографа: з характерним для цих приладів екраном з координатної сіткою, тут же і панель управління з кнопками, движками і регуляторами, теж часто копіюють вигляд і форму таких з справжніх - апаратних осцилографів. Крім того, в програмних осцилографах можуть бути присутніми додаткові можливості, як, наприклад, можливість збереження досліджуваного спектра в пам'яті, плавне і автоматичне масштабування зображення сигналу і т.д.

Підключення до звукової карти.

До гнізда LINE-IN, за допомогою відповідного штекера. Типова звукова плата має на панелі всього три гнізда: LINE-IN, MIC, LINE-OUT (Speakers), відповідно лінійний вхід, мікрофон, вихід для колонок або навушників. Конструкція всіх гнізд однакова, відповідно і штекери для всіх йдуть одні і ті ж. Програма осцилограф працюватиме і відображати спектр і в тому випадку якщо знімається звуковий сигнал за допомогою мікрофону, підключеного до свого входу. Більш того, більшість програмних осцилографів, спектроаналізаторів і частотомерів нормально функціонують, якщо в цей же час на вихід звукової плати LINE-OUT виводиться якийсь інший сигнал за допомогою іншої програми, нехай навіть музика. Таким чином, на одному і тому ж комп'ютері можна задавати сигнал, скажімо за допомогою програми генератора, і тут же його контролювати осцилографом або аналізатором спектру.

При підключенні сигналу до звукової плати слід дотримуватися деяких заходів, не допускаючи перевищення амплітуди вище 2В, що чревато наслідками, такими як виходом пристрою з ладу. Хоча для коректних вимірювань рівень сигналу повинен бути набагато нижче від максимально допустимого значення, що так само визначається типом звукової карти. Наприклад, при використанні популярної недорогої плати на чіпі Yamaha 724 нормально сприймається сигнал з

амплітудою не вище 0,5В, при перевищенні цього значення піки сигналу на осцилографі ПК виглядають обрізаними (рис. 6.2).

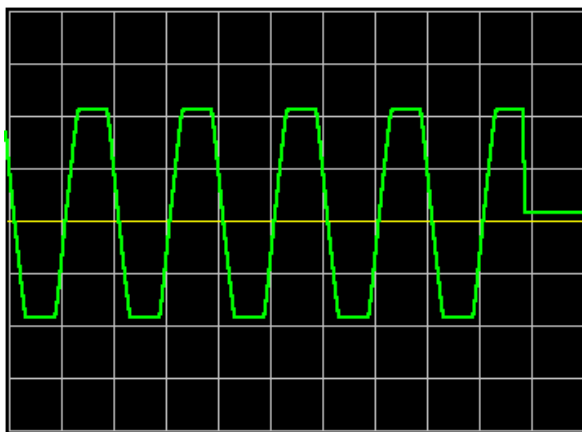


Рисунок 6.1 – Відображення сигналу за допомогою звукової карти на чіпі Yamaha 724

Перш ніж почати роботу з лінійним входом звукової карти, перевірте, чи включений в мікшері Windows цей канал (Регулятор гучності \ Параметри \ Властивості \ Запис \ Line \ Ok \ Recording Control).

6.2 Контрольні запитання

1. Які інтерфеси ПК дозволяють використовувати звукові плати?
2. Що називають "цифровим каналом"?
3. Як досягти реалізації ефектів «об'ємного звуку»?
4. Які сигнали здатна сприймати і перетворювати звукова плата ПК?
5. Як відбувається підключення до звукової карти?
6. Умови використання звукової плати у якості віртуального осцилограф.

7 ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Тема 1. Розробка структури вимірювальної системи автоматизованого екологічного моніторингу

Тема 2. Розробка структури програмного забезпечення для автоматизації вимірювань на основі приладів із стандартним інтерфейсом

Тема 3. Розробка структури програмно-апаратного забезпечення вимірювальної системи автоматизації метеоспостережень

Тема 4. Розробка програмного забезпечення вимірювальної системи автоматизованого фізіологічного моніторингу

Тема 5. Розробка програмної моделі приладу електровимірювання зі стандартним інтерфейсом

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Войтенко С. С., Герасимов С. В. Використання комп'ютерних засобів вимірювання при підготовці фахівців-метрологів. / Системи обробки інформації. 2009. № 6(80). С. 156-158.

2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008. (Із змінами, внесеними згідно із Законом № 124-VIII від 15.01.2015, ВВР, 2015, № 14, ст.96).

3. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів: навчальний посібник / М. Паламар, М. Стрембіцький, А. Паламар. – Тернопіль : ТНТУ, 2018. – 150 с.

4. Виртуальные средства измерений : учеб.-метод. пособие / А. Л. Гурский, В. Т. Ревин. – Минск : БГУИР, 2016. – 67 с.

5. Дорожовець М. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик, за ред. Б. Стадника. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка». 2005, - т.1. Основи метрології. – 532 с.

6. Дорожовець М. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик, за ред. Б. Стадника. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка». 2005, - т.2. Вимірювальна техніка. – 656 с.

7. Раннев Г. Г. Информационно-измерительная техника и электроника: учебник для вузов / Г. Г. Раннев. – М.: издательский центр «Академия», 2006. – 512 с.

8. Ширяев В. В. Компьютерные измерительные средства (КИС): учеб. пособие / В. В. Ширяев.– Томск:ТПУ, 2008.– 190 с.

9. РХІ. Высокопроизводительная модульная платформа,

предназначенная для создания автоматизированных и испытательных комплексов / National Instruments [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: ni.com.

10. UART и USART. COM-порт. Часть 1. – [Электронный ресурс] режим доступа до ресурсу: http://www.rotr.info/electronics/mcu/arm_usart.htm

11. Описание шины CAN – [Электронный ресурс] режим доступа до ресурсу: http://itt-ltd.com/reference/ref_can.html

12. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій [Електронний ресурс]: для підготовки докторів філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікація за спеціальністю 171 Електроніка за спеціалізацією «Електронні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т. О. Терещенко– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 192 с.

13. Universal serial bus [Електронний ресурс] – режим доступа до ресурсу: <http://www.usb.org>

14. Автоматизація виробничих процесів [Текст] : підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед ; Нац. ун-т харч. технол. – 2-ге вид., випр. – К. : Ліра-К, 2015. – 378 с.

15. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст] : навч. посіб. / О. М. Пупена, І. В. Ельперін, Н. М. Луцька, А. П. Ладанюк. – К. : Ліра-К, 2011. – 552 с.

16. Промислові контролери [Текст] : навч. посіб. / І. В. Ельперін ; МОН України, НУХТ. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.

17. Boyer, Stuart A. (2010). SCADA Supervisory Control and Data Acquisition. USA: ISA – International Society of Automation. p. 179. ISBN 978-1-936007-09-7.

18. SCADA системи [Електронний ресурс] режим доступа до ресурсу:<http://www.scadasystems.net/>

19. Як вибрати SCADA систему [Електронний ресурс] режим доступа до ресурсу:<http://readonline.com.ua/items/47871-yak-vibrati-scada-sistemu/>