

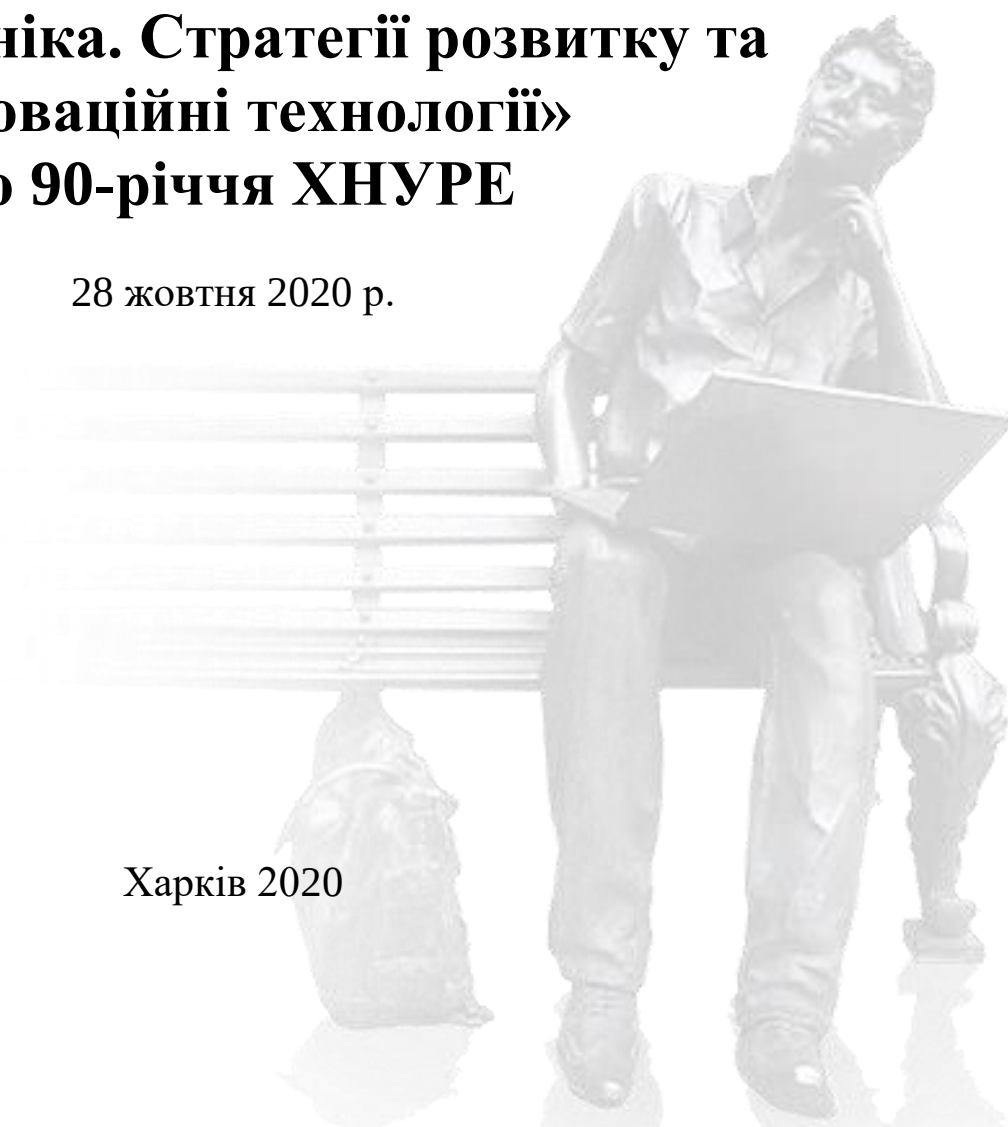


Харківський національний університет радіоелектроніки

**МАТЕРІАЛИ
II ФОРУМУ
«Автоматизація, електроніка та
робототехніка. Стратегії розвитку та
інноваційні технології»
до 90-річчя ХНУРЕ**

28 жовтня 2020 р.

Харків 2020



Збірник матеріалів II форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» до 90-річчя ХНУРЕ. – Харків, ХНУРЕ, 2020. – 64 с.

В збірник включені матеріали II форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» до 90-річчя ХНУРЕ

Видання підготоване
Харківським національним університетом радіоелектроніки (ХНУРЕ)

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14
Тел. +38 (057) 755 0220
E-mail:
iryna.svyd@nure.ua

© Харківський
національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ), 2020

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Семенець В.В.	голова програмного комітету, проф., ректор ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
Рубан І.В.	проф., перший проректор ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
Янковський А.А.	начальник відділу мультимедійних засобів навчання ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
Свид І.В.	доц., зав. каф. МТС ХНУРЕ, м. Харків, Україна.
Новоселов С.П.	проф. ХНУРЕ, м. Харків, Україна.

ВІТАЛЬНЕ СЛОВО ДО 90-РІЧЧЯ З ДНЯ ЗАСНУВАННЯ ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Шановні учасники форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології»! Вітаємо вас на другому спеціалізованому форумі присвяченому 90-річчю Харківського національного університету радіоелектроніки.

16 жовтня 2020 року Харківський національний університет радіоелектроніки відзначив знаменну дату – 90-річчя з дня заснування.

За 90 років Харківський національний університет радіоелектроніки пройшов довгий та славетний шлях від інженерно-будівельного інституту до сучасного, потужного наукового центру, якість освіти якого високо цінується та визнається у багатьох країнах світу, та який завжди залишався і залишається флагманом підготовки фахівців з ІТ-технологій, автоматизації інтелектуальних виробництв, мікроконтролерних засобів, радіоелектроніки та робототехніки. Наші випускники є конкурентоспроможними на вітчизняному та світовому ринку праці.

Сьогодні дуже актуальним є впровадження в життя концепції Industry 4.0, яка збрала воедино всі новітні технології в області електроніки, телекомунікації, мехатроніки та робототехніки. Адже четверта промислова революція передбачає максимально широке застосування інформаційних технологій та інтелектуальних засобів радіоелектроніки на виробництві.

Цифровізація та об'єднання промислового обладнання в єдину мережу – головна риса четвертої промислової революції. Нові технології роблять можливим злиття фізичного і віртуального світу в області виробництва і логістики в кіберфізичні системи.

Поширенню використання інтелектуальних пристроїв, сенсорів та виконуючих пристроїв, як в повсякденному житті так і в промисловості, сприяла їх доступність для придбання і для самостійного вивчення. Саме молодь амбіційна і цілеспрямована, зацікавлена в позитивних змінах в житті є рухомою силою сучасних технологій.

Тому в теперішній час навчальні заклади відіграють дуже важливу роль у наданні необхідних знань. Адже заклади освіти є тим містком, який поєднує інтереси виробників цифрової продукції та зацікавленість молодих майбутніх спеціалістів в галузі автоматизації та робототехніки до вивчення нових технологій як в галузі ІТ так і в радіоінженерії.

Метою даного форуму є об'єднання спільноти зацікавлених представників виробництва, студентів, викладачів та наукових діячів для обміну ідеями, цінним досвідом та придбання знань про сучасні тенденції розвитку інноваційних технологій в сучасному виробництві.

Досить цікавим є досвід вдосконалення виробничих систем і підвищення ефективності функціонування промислових об'єктів з метою досягнення високих кінцевих результатів діяльності на основі раціонального використання виробничих ресурсів.

Важливими напрямками для обговорення в рамках форуму є:

- промисловий Інтернет речей та засоби телекомунікації;
- питання використання сучасних мікроконтролерів для побудови інтелектуальних засобів керування;
- впровадження енергозберігаючих технологій в сучасні виробничі процеси та технології;
- технології дистанційного навчання та викладання апаратних дисциплін.

Бажаємо всім учасникам форуму нових інноваційних та наукових досягнень у розбудові суспільства!

З повагою,
програмний комітет конференції

ПРОГРАМА КЕРУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРОМ РОБОТА МАРСОХІДА

професор, к.т.н., Новоселов С.П., старший викладач Сичова О.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,
e-mail: sergiy.novoselov@nure.ua, oksana.sychova@nure.ua

Abstract. In the given work developed a program to control the manipulator robot «Mars rover» in space. The control program interacts with the manipulator control module via a serial wired or wireless interface. Commands are sent sequentially. Each command affects the operation of a particular motor depending on its type. The main interface of the program combines all visual components and processes events from active components.

Вступ. Найчастіше в мобільних роботах дослідницького призначення в якості інструменту для контактування з об'єктами використовується рука-маніпулятор. Рука робота є гнучким та універсальним інструментом тому, що кінцевий сегмент маніпулятора може бути застосовано для виконання різноманітних завдань або виробництв. Наприклад, шарнірний зварювальний маніпулятор може бути використаний для точкового зварювання, за допомогою сопла-розпилювача можна забарвлювати різні деталі і вузли, а захват може використовуватися для затиску і встановлення предметів.

Для управління пристроєм, що розробляється, потрібне застосування обчислювального пристрою. Таким пристроєм може служити мікроконтролер. Цей мікроконтролер повинен виконувати наступні функції: приймати сигнали зворотних зв'язків по струму і швидкості двигунів, проводити обчислення регуляторів двигунів, управляти двигунами, видаючи сигнали, що управляють, на драйвери двигунів.

Для керування маніпулятором найчастіше використовуються спеціалізовані портативні пульти керування, або застосовують програмне забезпечення на персональному комп'ютері, коли оператор не може знаходитись в прямому візуальному контакті з роботом.

Метою даного дослідження є рішення задачі візуалізації переміщення ланок маніпулятора робота «Марсохід» в просторі за допомогою програми.

Основна частина. З аналізу об'єкту автоматизації було складено ескіз маніпулятора, яким потрібно керувати (рис. 1). Плече 1 має довжину 380 мм, а плече 2 – 200 мм. В якості серводвигуна 1 використовується кроковий двигун, в якості серводвигуна 2 використовується двигун постійного струму з редуктором. Захватом керує серводвигун з вбудованим контролером керування.

Всі двигуни керуються за допомогою спеціальних модулів – драйверів відповідного типу двигунів. Програма, що розроблюється повинна мати можливість зв'язуватися з головним модулем керування за допомогою будь-якого інтерфейсу та передавати спеціально розроблені для цього команди для включення, або виключення певного двигуна.

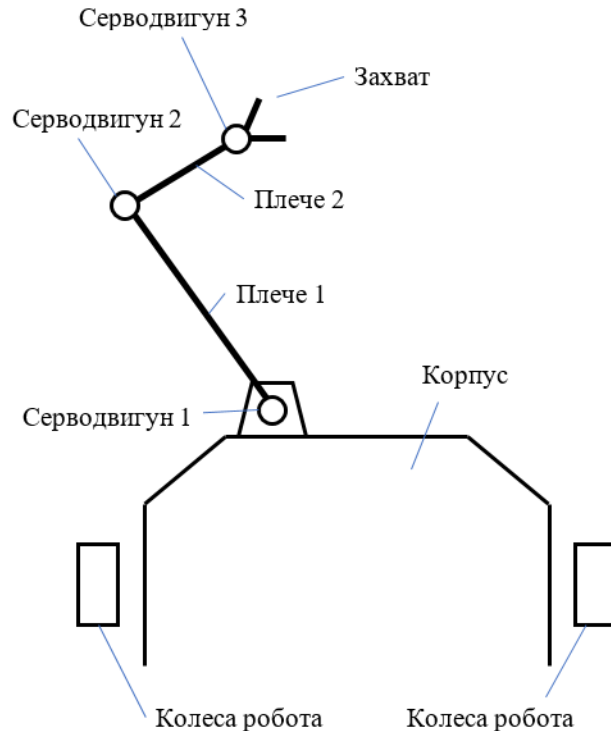


Рисунок 1 – Ескіз маніпулятора робота «Марсохід»

Особливістю даного типу маніпулятора є відсутність реалізованого зворотного зв'язку з модулем керування. Це накладає певні вимоги до програмного модуля керування. Одним з рішень є використання візуального контакту з маніпулятором робота під час керування. Тобто оператор повинен мати можливість за допомогою відеокамери або наочно контролювати процес переміщення маніпулятора.

Іншим варіантом є визначення кута повороту плеча за допомогою часу, що сплинув після отримання команди керування. Якщо знати час, який витрачається на весь шлях, то можна з певною похибкою підрахувати необхідний проміжок часу для зміщення механізму на заданий кут.

Головне вікно програми керування маніпулятором робота «Марсохід» наведено на рис. 2. В інтерфейсі виділяються дві області: область керування та область відображення поточного стану маніпулятора. На рисунку позначено: 1 – елемент керування великим плечем маніпулятора; 2 – кнопка «Вліво» для керування великим плечем маніпулятора; 3 – кнопка «Вправо» для керування великим плечем маніпулятора; 4 – кнопка «Взяти» для керування захватом; 5 – кнопка «Відпустити» для керування захватом; 6 – кнопка «Вліво» для керування маленьким плечем

маніпулятора; 7 – кнопка «Вправо» для керування маленьким плечем маніпулятора; 8 – елемент керування нижнім плечем маніпулятора.

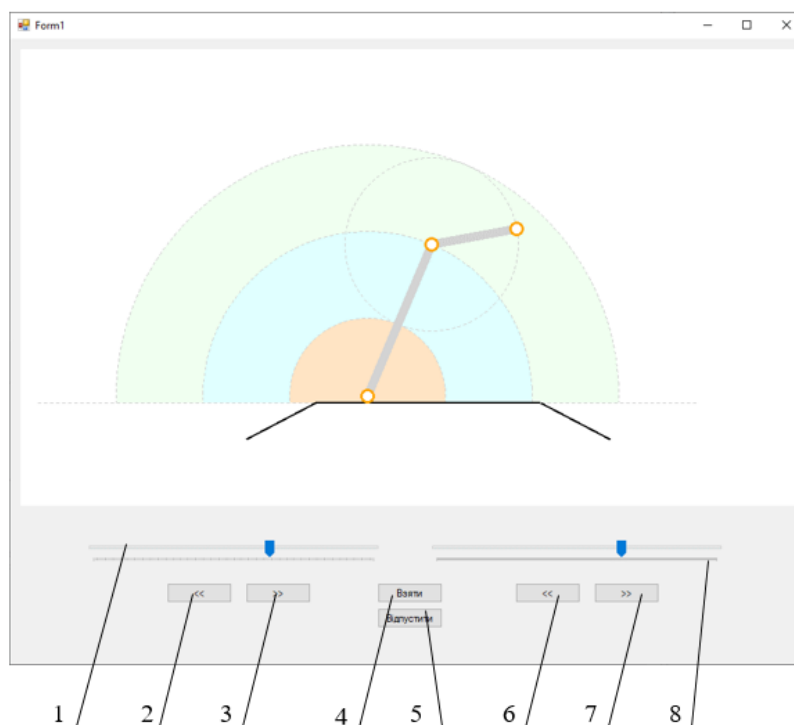


Рисунок 2 – Головна форма програми

В інтерфейсі програми використовуються такі візуальні компоненти, як кнопки та слайдери. Слайдери 1 та 8 призначені для точного позиціонування маніпулятора за допомогою комп'ютерної миші. Слайдер 1 керує великим плечем маніпулятора, слайдер 2 – для керування маленьким плечем. З переміщенням слайдеру відбувається перебудова поточного стану маніпулятора на екрані ПК. Беручи до уваги відсутність енкодерів на двигунах маніпулятора, зображення на екрані не завжди відповідає поточному стану маніпулятора на роботі марсоході. Тому для більш точного керування використовуються кнопки 2-7.

Для обробки стану слайдера використовується обробник події `ValueChanged`. Приклад функції обробника показано нижче:

```
private void trackBar6_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
{
    TrackBar tr = (TrackBar)sender;
    angle2 = 360 - tr.Value;
    panel1.Refresh();
}
```

Даний код обчислює кут оберту маленького плеча маніпулятора та присвоює його змінній `angle2`. Аналогічна функція використовується і для

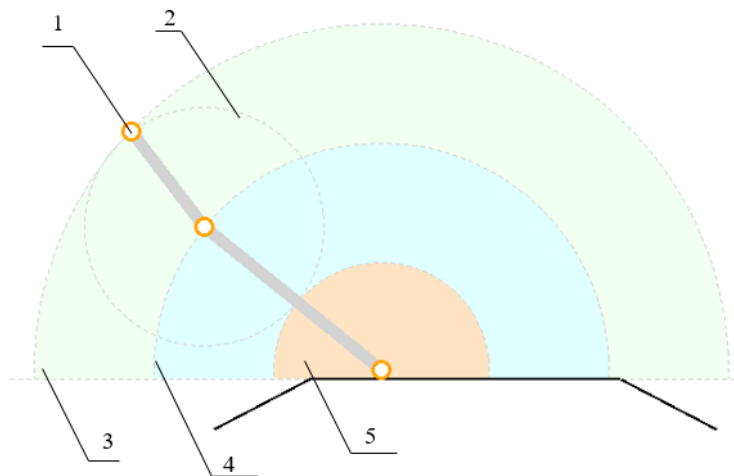
першого слайдера, тільки обчислює кут зміщення великого плеча маніпулятора та присвоює його змінній `angle1`.

При старті програми задаються початкові значення слайдерам:

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    trackBar5.Maximum = 180;
    trackBar5.Value = angle1;
    trackBar6.Minimum = -180;
    trackBar6.Maximum = 180;
    trackBar6.Value = angle2;
}
```

Для обробки стану кнопок використовуються події: `button_MouseDown` та `button_MouseUp`. Перша подія запускає таймер 1, а друга вимикає його. Перша кнопка працює з таймером 1, друга з таймером 2. Кнопка «<<» для керування маленьким плечем маніпулятора працює з таймером 3, кнопка «>>» для керування маленьким плечем маніпулятора – з таймером 4.

На рис. 3 показано графічний інтерфейс програми, який відображає поточний стан маніпулятора робота.



1 – положення захвату; 2 – траєкторія руху захвату маніпулятора;
3 – максимально можлива траєкторія руху; 4 – траєкторія руху середнього суглобу маніпулятора; 5 – зона недосяжності маніпулятора.

Рисунок 3 – Графічний інтерфейс програми, який відображає поточний стан маніпулятора

Для розрахунку позиції суглобів маніпулятора скористуємося рис. 4. Як можна бачити, перший суглоб L1 закріплений на основі і повернений

на кут $Q1$. Другий суглоб $L2$, кріпиться до кінця першого суглоба і повернений відносно нього на кут $Q2$. Робочий орган (захват) маніпулятора знаходиться на кінці другого суглоба.

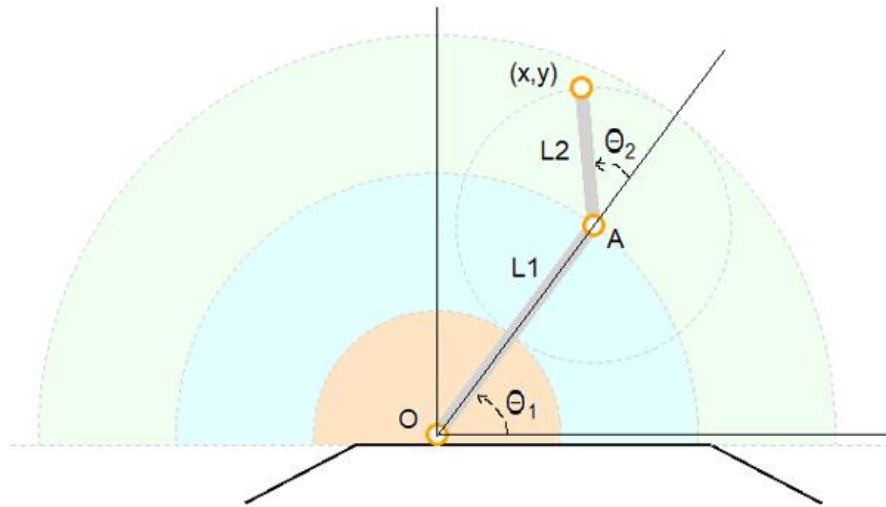


Рисунок 4 – Вихідні дані для розрахунку позиції суглобів маніпулятора

Пряме завдання кінематики полягає в знаходженні координат робочого органу (x, y) за заданим $L1, L2, Q1, Q2$. $L1$ і $L2$ – це, відповідно, довжини плеча і ліктя маніпулятора, які в нашому випадку визначені конструкцією маніпулятора.

Для рішення даної задачі ми маємо дві системи відліку – перша, пов'язана з точкою кріплення плеча $L1 - O$, а друга – з початком координат в точці кріплення ліктя – A . Для графічного зображення маніпулятора, знайдемо зміщення малого плеча відносно великого:

$$XA = L1 \cdot \cos(Q1) \quad (1)$$

$$YA = L1 \cdot \sin(Q1) \quad (2)$$

Координати розташування захвату (x, y) в системі відліку ліктя виразимо формулами

$$x'' = L2 \cdot \cos(Q2) \quad (3)$$

$$y'' = L2 \cdot \sin(Q2) \quad (4)$$

З рис. 4 можна бачити, що лікоть $L2$ повернуто відносно плеча на кут $Q1+Q2$, тому:

$$x' = L2 \cdot \cos(Q1 + Q2) \quad (5)$$

$$y' = L2 \cdot \sin(Q1 + Q2) \quad (6)$$

Таким чином координати захвату (x, y) можна обчислити наступним чином:

$$x = XA + x' = L1 \cdot \cos(Q1) + L2 \cdot \cos(Q1 + Q2) \quad (5)$$

$$y = YA + y' = L1 \cdot \sin(Q1) + L2 \cdot \sin(Q1 + Q2) \quad (6)$$

Виходячи з цього, позиція кожного плеча обчислюється окремо за допомогою наступної функції:

```
private void DreawLine(Graphics g)
{
    Point plecho_point1 = new Point(plecho1_start_x,
plecho1_start_y);

    plecho_Middle = new Point((int)(plecho1_start_x - plecho1 *
Math.Cos(angle1 * Math.PI / 180)),
(int)(plecho1_start_y - plecho1 * Math.Sin(angle1 * Math.PI /
180)));

    Point plecho_point2 = new Point((int)(plecho_Middle.X - plecho2
* Math.Cos((angle1 - angle2) * Math.PI / 180)),
(int)(plecho_Middle.Y - plecho2 * Math.Sin((angle1 - angle2) *
Math.PI / 180)));
    plecho_Start = plecho_point1;
    plecho_End = plecho_point2;
    DrawNormal(g, plecho_Start, plecho_End, plecho_Middle, 25);
}
```

Висновки. Таким чином, в даній роботі представлена розроблена програма для візуалізації переміщення ланок маніпулятора робота «Марсохід» в просторі. Дана програма взаємодіє з модулем керування маніпулятором через послідовний дротовий або бездротовий інтерфейс. Команди надсилаються послідовно. Кожна команда впливає на роботу конкретного двигуна в залежності від її типу. Головний інтерфейс програми об'єднує всі візуальні компоненти та обробляє події від активних компонентів.

Список використаних джерел.

1. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования [Текст] / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004 г. – 266 с.
2. Багаева Т. А. Автоматизация процесса реконфигурации сложной технической системы // Автоматизация в промышленности. 2009. №10. с. 11-14.
3. Барщевский Е. Г., Зубарев Ю. Я., Солдатенко С. А. Активная идентификация автоматизированных систем на основе вычислительного эксперимента Текст. // Программные продукты и системы. 2009. №1. с. 15-17.

НАНОРОБОТИЧНІ МАНІПУЛЯТОРИ В СКАНУЮЧІЙ МІКРОСКОПІЇ

доцент Бородін А.В., ст. викл. Карнаушенко В.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра МЕЕПІ,
e-mail: vladimir.karnaushenko@nure.ua

Abstract. A scanning microscopy provides real-time imaging with nanometer resolution and a large scanning area, which enables the development and integration of robotic nanomanipulation systems with nanoscaled samples. Emerging techniques enable the characterization of nanostructures and the assembly of nanodevices. This presents recent advances in nanorobotic manipulation, tools, sensing units, control and automation techniques, enabled applications. The limitations of the existing technologies and prospects for new technologies are discussed.

Вступ. Різноманітність наноматеріалів, таких як нанотрубки, нанопроволоки, плазмонні та напівпровідникові наноматеріали, двовимірні матеріали, такі як графен та дихалькогеніди перехідних металів, вимагає дослідження їх характеристик та властивостей для розуміння їх поведінки та вивчення можливостей їх застосування в наноелектроніці, нанофотоніці, біології і медицині. Виготовлення нанорозмірних пристроїв та наноелектромеханічних систем (НЕМС), які використовують наноматеріали, також вимагають чітких методів та засобів позиціонування, зондування та збірки з нанометровою роздільною здатністю.

Основна частина. Підходи до побудови нанорозмірних приладів можна розділити на методи "згори–вниз", "знизу–вгору" та "наноманіпуляція". Підходи згори – вниз, як правило, використовують такі методи, як рентгенівська, електронно-променева літографія і наноімпринтна літографія. Технології знизу, так само як і збірка, хімічний синтез або супермолекулярні методи, що зумовлено тенденцією фізичних систем звести до мінімуму їх потенційну енергію. Ці методи дозволяють побудувати конструкції та пристрої за допомогою прямого з'єднання атомів і молекул; однак модифікація окремих комірок для налаштування властивостей пристрою може бути дуже складною задачею. Нанороботичні маніпулятори є пристроями, що дозволяють гнучке та точне позиціонування зондів для визначення характеристик різноманітних структур, розробки прототипів нанорозмірних приладів та модифікації властивостей матеріалів.

Перший експеримент з нанороботичних маніпуляцій був виконаний Ейглером та Швейцером у 1990 році зі скануючим тунельним мікроскопом (СТМ) для формування логотипа IBM. Проте СТМ вимагає використання електропровідних зондів та зразків внаслідок його принципу роботи. Атомно-силовий мікроскоп (АСМ) дозволяє маніпулювати нанорозмірними матеріалами в навколишньому середовищі, у рідині та в вакуумі, що дозволяє досліджувати електропровідні, непровідні та

біологічні матеріали. Проте, виконання одночасно маніпуляцій та створення зображень за допомогою АСМ залишається складним.

Трансмісійний електронний мікроскоп (ТЕМ), який випромінює електрони високої енергії, що проходять через зразок, має роздільну здатність зображення на рівні субнанометрів. З розвитком коректорів аберації, сучасні ТЕМ можуть досягти роздільної здатності зображення на десятки пікометрів та виконувати вимірювання атомарного рівня для дослідження структурної динаміки. Проте робочий принцип ТЕМ вимагає спеціальної підготовки зразків, а невелика камера та робоча область ТЕМ обмежують можливості комплексної наноманіпуляції. В той же час, Скануючий мікрохвильовий мікроскоп (СММ) за рахунок більшої кількості ділянок сканування, виявляє характеристики, що забезпечують візуалізацію зображення об'єктів в режимі реального часу на нанометровому рівні. Ці переваги дозволяють отримати одночасно зображення та точну наноманіпуляцію.

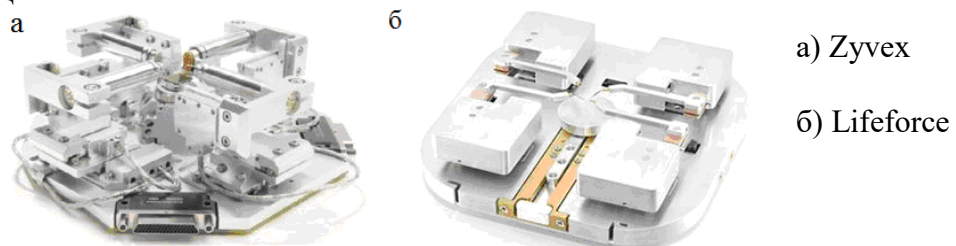
Вже з 90-х років було побудовано ряд систем маніпуляцій для роботи в скануючих мікроскопах (СМ). Однак, перші системи були здатні маніпулювати лише відносно великими об'єктами та не могли виконувати складні задачі внаслідок наявності інерції та механічного люфту. Зараз на базі інструментів з нанометровою роздільною здатністю побудовані платформи нанороботів з різними ступенями свободи (СС) та п'єзоелектричними виконавчими механізмами, що дозволяє реалізувати складні задачі, починаючи від механічних випробувань на розтягування та електромагнітного зондування наноматеріалів, електронне та фотонне прототипування, збірку НЕМС, маніпуляцію біологічними об'єктами та екстракцію внутрішньоклітинних органел. Найсучасніші наноманіпулятори на базі СМ також інтегровані з різними системами та змінними наборами інструментів. Це обумовило поштовх до створення потужних нано-лабораторій, які здатні одночасно, з високою ефективністю і відтворюваністю проводити дослідження та модифікацію матеріалів та структур за допомогою використання нових методів автоматизації.

Системи наноманіпуляції всередині СМ, в основному, складаються з пристрою керування, сенсорів та програмного забезпечення. Приводи, які використовуються для наноманіпуляції всередині СМ, мають бути компактними і здатні генерувати точні рухи, не заважаючи роботі пристрою. Теплові приводи не можуть ефективно розсіювати тепло, електричні двигуни та електромагнітні виконавчі механізми утворюють поля, які можуть перешкоджати роботі мікрохвильової оптики. П'єзоелектричні виконавчі механізми, які керуються зворотним п'єзоелектричним ефектом, долають ці перешкоди і здатні генерувати достатньо великі сили з субнанометровою роздільною здатністю позиціонування та високою швидкістю. Було розроблено ряд п'єзоелектричних наноманіпуляторів з різними СС для точного

позиціонування та маніпулювання мікро- та нанорозмірними об'єктами такими компаніями, як Zyvex, Kleindiek, SmarAct, Attocube та провідними університетами світу.

Найбільш поширеною конфігурацією наноманіпуляторів є комбінація грубого та точного механізму, або один привід для грубого та точного позиціонування. Наприклад, системи Zyvex та Lifeforce складаються з чотирьох квадрантів наноманіпуляторів з трьома СС, кожен з яких використовує два окремі тривісні п'єзоелектричні виконавчі пристрої для грубого позиціонування та точного позиціонування відповідно. Грубі позиціонери переміщуються відповідно до принципу ковзання, щоб генерувати ступінчасті рухи на високій швидкості на порядок сантиметрів, але з низькою роздільною здатністю і точністю. Окремий прецизійний блок використовує п'єзоспакети, п'єзотрубки або біморфні структури для точного позиціонування зонду і забезпечення переміщення на порядок мікрометрів. Системи Kleindiek та SmarAct також складаються з чотирьох квадрантів наноманіпуляторів з трьома СС, кожна з яких використовує лише один тривісний п'єзоелектричний привід.

Додатково до цих стаціонарних платформ, було також розроблено мобільні наноманіпулятори. Їх активація, як правило, ґрунтується на принципі ковзання або на мобільному механізмі, що використовує п'єзокерамічні виконавчі пристрої. Ці мобільні платформи працюють в середовищі декількох роботів. Проте точне відстеження позиції та орієнтації мобільних роботів є досить складним завданням. Стаціонарні наноманіпуляційні платформи можуть генерувати більш точні рухи, їх локалізацію простіше контролювати, що полегшує автоматичну наноманіпуляцію.



Рисунок– Приклади комерційних систем наноманіпуляції

П'єзоелектричні виконавчі елементи за своєю суттю виявляють нелінійні характеристики гістерезису та повзучості, що знижує точність позиціонування і може викликати нестійкість системи. Існує три типи сенсорів положення для інтеграції з п'єзоелектричними виконавчими механізмами, включаючи ємнісні, оптичні датчики і датчики деформації. Незважаючи на те, що п'єзоелектричні виконавчі елементи, за своєю суттю, мають чуттєві здатності для оцінки сили та переміщення, само суміщення функцій сенсора та актюатора важко реалізувати в п'єзоелектричних пакетах, що зазвичай використовується для побудови нанопозиціонерів.

Ємнісні сенсори забезпечують безконтактний, малопотужний та прямий метод вимірювання положення для отримання точних вимірювань на рівні нанометрів та субнанометрів з швидкістю до 10 кГц та мінімальним нагріванням. Сенсори на основі оптичного датчика генерують сигнали, які здатні забезпечити точний зворотний зв'язок на нанометровій роздільній здатності. Проте оптичні елементи генерують тепло, що може спричинити термічний дрейф навколишніх компонентів та об'єкту дослідження. Аналогічно, датчики на основі деформації також мають тепловий дрейф.

Архітектура управління наноманіпуляторами всередині СМ включає контролер для прямої передачі або управління зворотним зв'язком. Контролер прямої передачі генерує сигнали управління відповідно до значень та режимів гістерезису, повзучості та вібрації. Оскільки управління прямою передачею не покладається на зворотний зв'язок датчика для нанопозиціонування з високою пропускнуою здатністю, перевагами є низька вартість та низька апаратна складність. Однак точність методів прямої передачі залежить як від моделі, так і від параметрів, визначених у моделі, які можуть змінюватися з часом. Контроль зворотного зв'язку використовує зворотний зв'язок датчика, пом'якшує вимоги до моделювання та забезпечує кращі показники щодо точності, придушення вібрації та відхилення невизначеності. Однак зворотний зв'язок впливає на швидкість системи і вимагає інтеграції датчиків в апаратну платформу. Тому застосовують системи, керовані прямим та зворотним зв'язком, для більшої пропускнуої здатності та більш високої точності.

Для автоматизованої наноманіпуляції візуальний зворотний зв'язок у режимі реального часу важливий для забезпечення візуального замкнутого контролю. Щоб уникнути таких проблем, як шум і дрейф зображення СМ, застосовують методи обробки зображення та компенсації дрейфу з використанням методів графічного процесора.

Висновки. Формування гібридних систем шляхом інтеграції різних інструментів СМ надає унікальні можливості. Наприклад, інтеграція СМ/СММ здатна маніпулювати окремими атомами. Завдяки унікальним перевагам програмування та автоматизації, наноманіпуляція всередині СМ надалі перетвориться на більш потужну технологію для галузі електроніки.

Список використаних джерел.

1. Garcia R, Knoll AW, Riedo E. Advanced scanning probe lithography. *Nature Nanotechnology* 2014; 9: 577–587.
2. Liu J, Wen J, Zhang Z et al. Voyage inside the cell: Microsystems and nanoengineering for intracellular measurement and manipulation. *Microsystems & Nanoengineering* 2015; 1: 15020.
3. Fatikow S, Jasper D, Dahmen C et al. Robot-based automation on the nanoscale. *Encyclopedia of Nanotechnology* 2012; 2012: 2246–2264.
4. Fleming AJ. A review of nanometer resolution position sensors: Operation and performance. *Sensors and Actuators A: Physical* 2013; 190: 106–126.

МЕХАНІЧНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ ЗАСОБАМИ СКАНУЮЧОЇ МІКРОСКОПІЇ

ас. Горбенко Є.О., ст. викл. Карнаушенко В.П., ас. Пятайкина М.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра МЕЕПП,
e-mail: vladimir.karnaushenko@nure.ua

Abstract. Scanning microscopy (SM) has become a powerful technique for the experimental study of nanomaterials, since it can provide unprecedented details for individual nanostructures upon mechanical and electrical stimulus and thus uncover the fundamental deformation and failure mechanisms for their device applications. The given work is devoted to the modern developments in the field of in situ SM-based mechanical and electrical characterization techniques including tensile, compression, bending, and electrical property probing on individual nanostructures, as well as the state-of-the-art electromechanical coupling analysis. In addition, the advantages and disadvantages of in situ SM tests were also discussed with some possible solutions to address the challenges. Critical challenges for the development and design of robust in situ SEM characterization platform with higher resolution and wider range of samples.

Вступ. З розвитком скануючої мікроскопії (СМ) і методів наноманіпуляції і механічних та електричних випробувань стало можливим визначення широкого спектру унікальних властивостей окремих наноструктур безпосередньо всередині скануючих мікроскопів. З'явилась можливість проводити такі маніпуляції, як випробування на розтяг, на тиск і на вигин. В останні роки, за допомогою скануючої мікроскопії, методів нановимірювань і нанообробки із застосуванням МЕМС, ці методи тестування можна поступово поєднувати разом для бажаних маніпуляцій „на місці” всередині СМ.

Основна частина. Серед усіх методів механічного випробування на розтяг – це найпростіший спосіб, який може безпосередньо визначити широкий спектр механічних властивостей, таких як еластичність, пластичність та міцність на руйнування. Оскільки Dingley розробив технологію випробування на розтяг на місці, багато зусиль було приділено цьому напрямку.

Випробування на розтяг також допомагає дослідити механічні характеристики двовимірних наноструктур. Для тонких металевих плівок, які є ключовими компонентами пристроїв мікроелектроніки, Хейк і Сайф представили нову методику випробування на розтяг, яка використовує МЕМС датчики сили для вимірювання механічних характеристик субмікронних окремо стоячих тонких плівок у СМ.

Випробування на компресію наноматеріалів подібні до тих, що застосовуються на макроскопічних зразках, але з деякими модифікаціями, що полегшують як виготовлення зразків, так і подальші маніпуляції за допомогою системи випробувань. Комерційні системи наноіндентації

завжди розглядаються як механічна випробувальна система експериментів на тиск, за винятком того, що гострий наконечник для вдавнення відповідно замінюється на плоский наконечник. Роздільна здатність навантаження та зсуву більшості систем наноіндентації добре підходить для тестування на мікро- та нанокомпресію, оскільки вони, як правило, створюють криві деформацій напруження з нанорозмірною роздільною здатністю для зразків відповідного масштабу. На рисунку 1 показано типовий тест на стиснення наностовпчика, який був виготовлений сфокусованим іонним пучком.

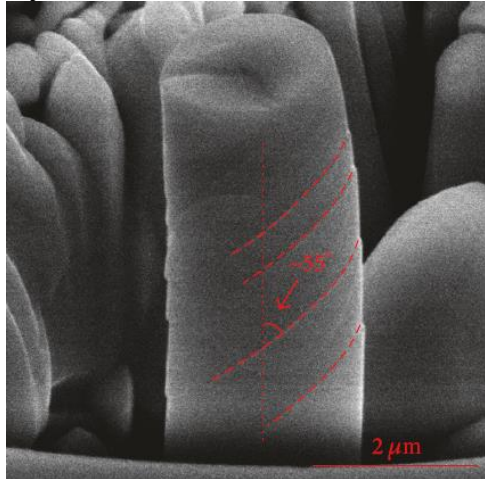


Рисунок 1 – Типовий тест на посткомпресію наностовпчика ніобію, який руйнувався із вираженим зміщенням ковзання

Механізм руйнування матеріалів, що стискаються, може бути найбільш важливим для дослідників через особливий напружений стан, який зазвичай не є повністю одновісним. Цей підхід спричинив низку досліджень, і традиційні закони пластичності на малих масштабах були оскаржені, оскільки загальні розміри зразків обмежували масштаби довжини, доступні для пластичних процесів. Зокрема, для аморфних матеріалів (металеве скло), які зазвичай мають високу міцність, під час випробувань на стиснення було виявлено низьку неоднорідну пластичність наностовпчиків.

Система наноіндентації придатна не тільки для випробування на стиснення наностовпчиків, але також корисна для кількісної характеристики тонких плівок. Оскільки деякі тонкі керамічні плівки широко використовуються як захисне покриття в трибологічних додатках, стало необхідним дослідити мікротвердість, модуль Юнга та в'язкість їх руйнування. Зі зменшенням розмірів виконавчих механізмів та датчиків наноіндентація може давати більше інформації про утворення та розповсюдження механічних дислокацій та дефектів під час експерименту, щоб співвіднести дані про переміщення навантаження з мікроструктурними змінами на місці.

Оскільки ці тонкі плівки безпосередньо осідали або вирощувались на підкладці, експерименти показують механічні властивості композитної структури, а не самої тонкої плівки, особливо для все тонших плівок. Для того, щоб позбутися впливу підкладки, деякі дослідники провели випробування на окремо стоячих тонких плівках. Леземан та Макін розробили нову систему вдавнення для дослідження окремо стоячих тонких плівок Au з кулястим наконечником вдавнення. Незважаючи на те, що він не проводився всередині СМ, він має можливість одночасно реєструвати прикладене навантаження та зміщення мембрани.

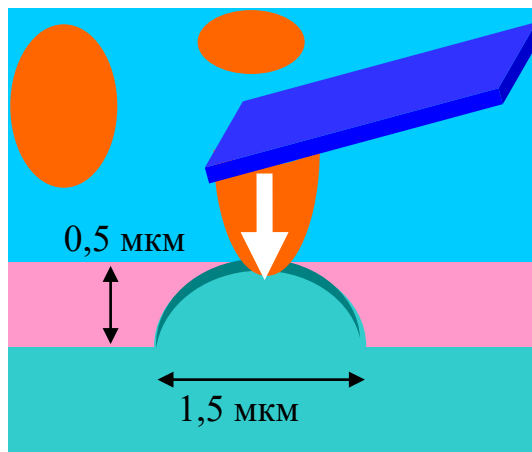


Рисунок 2 – Схематична ілюстрація наноіндентації на окремо стоячій графеновій плівці.

Електричні властивості також є важливим фактором, який впливає на надійність металевих і напівпровідникових нанопроводів, крім їх механічних властивостей, коли вони служать елементами з'єднань та конструктивними блоками в застосуванні наноприладів та наноелектроніки. Хоча важко виміряти різні електричні властивості наноматеріалів, за допомогою нещодавно розроблених методів, таких як наноманіпулятори та система наноіндентації, було отримано багато цікавих результатів, як показано на рис. 2

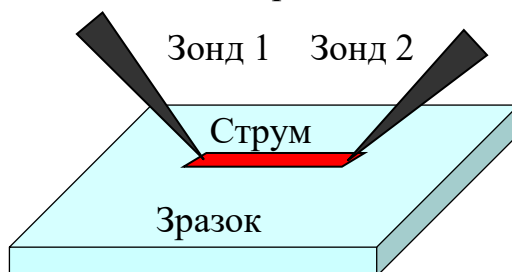


Рисунок 3 – Схематична ілюстрація електричного зондування окремого нанопроводу всередині СМ.

Ефект електромеханічного зчеплення важливий фактор нанотехнологій. Розуміння електромеханічних властивостей наноматеріалів є важливим для подальшого застосування у металевих та

напівпровідникових системах. Наприклад, п'єзорезистивні або п'єзоелектричні властивості нанопроводів можуть бути використані в якості чутливих елементів сенсорів, фотонних та електронних елементів. В електромеханічних дослідженнях нанопроволок найпоширенішим підходом є деформування зразка та вимірювання електричної реакції зразка (опір, генерований заряд тощо) за допомогою двох або чотирьох електричних контактів, таких самих, як на рисунку 5.

Однак цей метод часто включає контактний опір і може ввести бар'єри Шотткі. Щоб уникнути цих проблем, були розроблені чотирьох зондові пристрої, призначені для електромеханічних вимірювань.

Висновки. Експерименти в області наноманіпуляції із застосуванням скануючої мікроскопії показують не тільки унікальні властивості наноматеріалів, але також надають корисний матеріал для подальших досліджень. Незважаючи на значний прогрес, в області нановимірювань на місці все ще залишаються такі проблеми, як швидкодія та складність експериментів для отримання більш переконливих статистичних даних. Подальший розвиток як апаратного, так і програмного забезпечення дозволить створити ще менші, тонкіші, точніші та більш універсальні методи тестування для СМ на місці та забезпечить платформу до застосування наноматеріалів повсюди.

Список використаних джерел.

1. D. J. Dingley, "A simple straining stage for the scanning electron microscope," *Micron* (1969), vol. 1, no. 2, pp. 206–210, 1969.
2. D. S. Gianola, A. Sedlmayr, R. Mnig et al., "In situ nanomechanical testing in focused ion beam and scanning electron microscopes," *Review of Scientific Instruments*, vol. 82, no. 6, Article ID 063901, 2011.
3. M. A. Haque and M. T. A. Saif, "Application of MEMS force sensors for in situ mechanical characterization of nano-scale thin films in SEM and TEM," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 97-98, pp. 239–245, 2002
4. H. Zhang, K. W. Siu, W. Liao, Q. Wang, Y. Yang, and Y. Lu, "In situ mechanical characterization of CoCrCuFeNi high-entropy alloy micro/nano-pillars for their size-dependent mechanical behavior," *Materials Research Express*, vol. 3, no. 9, Article ID 094002, 2016.
5. C. Lee, X. Wei, J. W. Kysar, and J. Hone, "Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene," *Science*, vol. 321, no. 5887, pp. 385–388, 2008.
6. Z. C. Leseman and T. J. Mackin, "Indentation testing of axisymmetric freestanding nanofilms using a MEMS load cell," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 134, no. 1, pp. 264–270, 2007
7. R. He and P. Yang, "Giant piezoresistance effect in silicon nanowires," *Nature Nanotechnology*, vol. 1, no. 1, pp. 42–46, 2006
8. Z. L. Wang and J. Song, "Piezoelectric nanogenerators based on zinc oxide nanowire arrays," *Science*, vol. 312, no. 5771, pp. 243–246, 2006.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

ас. каф. ІУС, Кальницька А.Ю., студенти Бунецька О.О., Єрохін Д.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

кафедра інформаційних управляючих систем,

e-mail: olena.bunetska@nure.ua, dmytro.yerokhin@nure.ua

Abstract. The use of new technologies to increase crop yields and profitability while lowering the levels of traditional inputs needed to grow crops (land, water, fertilizer, herbicides, and insecticides). In other words, farmers utilizing precision agriculture are using less to grow more. Drones allow farmers to plant crops in more efficient patterns and proceed from point A to point B with more precision, saving time and fuel. Fields can be leveled by lasers on drones, which means water can be applied more efficiently and with less farm effluent running off into local streams and rivers. The result can be a boon for farmers and holds great potential for making agriculture more sustainable and increasing food availability.

Сільське господарство схильне до впливу навколишнього середовища та комах, що в свою чергу призводить до втрати врожаю. Через постійну необхідність контролю площ виникає потреба в засобах швидкого пошуку ділянок врожаю, які зазнали тих чи інших впливів. Через великі площі посівних масивів ускладнений контроль за станом врожаю.

Технологія дронів – це феноменальне нововведення, яке продовжує надавати далекосяжні наслідки в сучасному суспільстві, змінюючи наше життя та спосіб ведення бізнесу.

Мета роботи – визначити сфери сільського господарства, у яких застосування автоматизованих літальних апаратів зможе зменшити час на обробку посівних площ, а також відсоток втрати врожаю тим самим збільшивши прибуток ферм.

Високотехнологічні безпілотники дозволяють фермерам та пілотам, які ними керують, підвищити ефективність у деяких аспектах фермерського процесу. Від моніторингу врожаю до посадки, управління худобою, обприскування врожаю, картографування зрошення тощо.

У даних тезах доповідей буде представлено місця застосувань безпілотників, а також перспективи їх використання.

За останні роки вартість сільськогосподарських безпілотників стрімко скоротилася, що призвело не тільки до поглиблення випадків використання безпілотників у сільському господарстві, але і зробило це безпроблемною інвестицією для сучасних фермерів. За оцінками Gartner, до 2020 року оборот світового ринку БПЛА перевищить \$ 11,2 млрд. У 2017 році він оцінювався в \$ 7,8 млрд, роком раніше – в \$ 7,3 млрд [1].

Сільськогосподарські безпілотники допомагають досягти та вдосконалити так зване точне землеробство [1].

Цей підхід до управління фермерським господарством базується на спостереженні, вимірюванні та вживанні заходів на основі даних врожаю та худоби в реальному часі. Це стирає необхідність здогадок у сучасному сільському господарстві й натомість дає фермерам можливість максимізувати свої врожаї та керувати більш ефективними організаціями, одночасно збільшуючи виробництво рослинництва.

Безпілотники оснащені такими технологіями, як: рушійні системи, інфрачервоні камери, GPS та навігаційні системи, програмовані контролери та автоматизоване планування польоту. Крім того, за допомогою спеціального програмного забезпечення для обробки даних будь-яка зібрана інформація може бути негайно використана для прийняття кращих управлінських рішень.

Існує багато варіантів використання сільськогосподарських безпілотників, зокрема:

- розвідка землі та посівів;
- посадка насіння;
- обприскування врожаю та точкове обприскування;
- картування та обстеження культур.

Нижче буде розглянуто детальніше кожен із цих способів застосування дронів.

1. Розвідка землі та посівів

На початку, в середині та в кінці циклу врожаю дрони можуть бути використані, щоб допомогти отримати дані про якість існуючого ґрунту. Отримавши тривимірні карти існуючого ґрунту, можна отримати інформацію щодо проблем з якістю ґрунту, управлінням поживними речовинами та мертвими зонами ґрунту.

Ця інформація допомагає фермерам визначити найефективніші схеми посадки, управління посівами тощо. Постійний моніторинг допомагає краще використовувати водні ресурси та ефективніше управляти рівнем поживних речовин в урожаї.

2. Посадка насіння

Посадка насіння за допомогою безпілотників – відносно нова технологія й не настільки широко застосовується. По суті, виробники експериментують із спеціальними системами, які мають можливість вистрілювати насіннєві стручки у підготовлений ґрунт.

Компанії, що займаються запуском безпілотних літаків, сприяли розробці унікальних технологій безпілотних літальних апаратів для вирішення широкого кола екологічних та сільськогосподарських проблем. Наприклад, компанія DroneSeed використовує безпілотні літальні апарати, здатні доставити до 57 фунтів корисного навантаження у вигляді насіння дерев, гербіцидів, добрив та води на один літак за один рейс, щоб сприяти проектам відновлення лісів та пересадки [1]. Ця технологія допомагає

мінімізувати потребу в посадці на землі, яка може бути дорогою, трудомісткою та напруженою роботою.

3. Обприскування врожаю та точкове обприскування

Посіви потребують послідовних обприскувань, щоб зберегти високі врожаї. Традиційно це робилося вручну, на транспортних засобах або навіть на літаку. Ці методи не тільки неефективні, але вони також можуть бути дуже дорогими.

Дрони можуть бути обладнані великими ємностями, які можуть бути заповнені добривами, гербіцидами або пестицидами. Використання дронів для обприскування врожаю набагато безпечніше та економічніше. Безпілотниками можна навіть управляти повністю автономно і запрограмувати їх на роботу за певними розкладами та маршрутами.

Точкове обприскування посівів раніше було неймовірно складним. Якщо виникли проблеми з бур'янами або певними культурами, всю площу потрібно було обприскати. Це величезна втрата часу та ресурсів, оскільки комусь доведеться пройти всю площу, а також загальні витрати на пестициди та пов'язані з цим екологічні витрати на використання хімічних речовин. Завдяки точковому розпиленню, яке пропонують безпілотники, це саме завдання можна виконати за менший час, з меншою кількістю грошових ресурсів та зменшенням екологічних витрат.

4. Картування та обстеження культур

Однією з найбільших переваг використання технології безпілотників є простота та ефективність масштабного моніторингу посівів та площ. У минулому супутникові або площинні зображення використовувались, щоб допомогти отримати широкомасштабний огляд ферми, одночасно допомагаючи виявити потенційні проблеми. Однак ці зображення були не тільки дорогими, але їм бракувало точності, яку можуть забезпечити безпілотники. Сьогодні можна отримати не тільки кадри в режимі реального часу, але й анімацію, що базується на часі, яка може висвітлити прогресування врожаю в режимі реального часу.

Завдяки картографуванню та опитуванню безпілотників тепер технологічні рішення можуть прийматись на основі даних у реальному часі, а не застарілих зображень або здогадок найкращої практики.

Отже, за допомогою використання автоматизованих систем з безпілотними літальними апаратами в сільському господарстві можна вирішити проблеми пов'язані із обприскуванням, картографуванням, загальним станом рослин, посівами, тощо.

Список використаних джерел.

1. Kondratenko P. What is precision farming and how to get started with it [Електронний ресурс] / Philip Kondratenko – Режим доступу до ресурсу: <https://blog.onesoil.ai/en/what-is-precision-farming>.

АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ТЕСТУВАННЯ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

професор Новоселов С.П., студент Бєлей Р.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,
E-mail: roman.bielei@nure.ua

Abstract. In this article analysis of general principles of construction of automated systems for testing the state of technological equipment is carried out. The architecture of the intelligent automated system of control of a condition of the technological equipment is developed.

Актуальність роботи. Одним з основних завдань на виробництві є контроль за ходом виконання технологічного процесу, а також станом технологічного устаткування. Для цього використовується контрольні панелі оператора на основі, як реальних вимірювальних приладів, так і цифрових двійників устаткування, що відображаються на екрані промислового комп'ютера. Моніторинг стану устаткування, архівація протоколу нештатних ситуацій і збереження отриманої архівної інформації у базі даних – невід'ємна функція систем диспетчеризації і прогнозування відмов на інтелектуальному виробництві.

Використання різних методів діагностування устаткування повинне передбачатися на стадії проектування, виготовлення і експлуатації його. Якщо на стадії проектування розробник нового устаткування не передбачив застосування методів неруйнівного контролю і діагностики, то технологічне обладнання може виявитися не придатним для виконання контролю, з невизначеними показниками надійності. Це призводить до скорочення терміну служби устаткування і труднощів при експлуатації і ремонті його.

Основна частина. Система моніторингу стану устаткування – сукупність процедур, процесів і ресурсів, реалізованих з використанням діагностичних апаратних та програмних засобів, що дозволяє за результатами вимірів заданих параметрів в заданих точках і спостережень за роботою устаткування отримати інформацію про поточний технічний стан технологічного обладнання, небезпеки і ризики, пов'язані з його використанням, необхідних діях обслуговуючого персоналу і інші відомості, необхідні для реалізації встановлених заходів обслуговування.

Системи моніторингу повинні забезпечувати отримання інформації про об'єкт моніторингу у необхідній кількості та якості для забезпечення прозорості його технічного стану.

Побудова систем моніторингу має бути виконана з урахуванням загальних принципів:

Принцип достатності. При побудові системи моніторингу слід

використати мінімально необхідне число датчиків процесів, супроводжуючих роботу устаткування і технологічної системи в цілому, яке здатне забезпечити отримання даних про технічний стан, і мінімальне необхідне число процедур обробки вихідних сигналів.

Принцип інформаційної повноти. Сукупність діагностичних ознак, використовуваних в системі моніторингу, повинна забезпечувати хорошу обумовленість зворотного фізичного завдання виявлення усіх несправностей, характерних для об'єкту моніторингу.

Принцип інваріантності. Вибрані діагностичні ознаки мають бути інваріантні до конструкції устаткування, що діагностується, і форми кореляції з його несправностями, що забезпечує застосування стандартних процедур безеталонного діагностування і прогнозування ресурсу устаткування і, відповідно, зменшує час розробки і впровадження систем моніторингу.

Принцип самодіагностики. Цей принцип може бути реалізований поданням у вимірювальні канали системи моніторингу спеціальних тестових сигналів з подальшим аналізом їх на виході каналів. Таким чином перевіряють функціонування усього тракту системи моніторингу від датчика до комп'ютерної програми і монітора. Реалізація цього принципу забезпечує легкий пуск систем в експлуатацію, простоту обслуговування і ремонту окремих каналів, зручність в адаптації системи моніторингу до умов виробництва, що змінюються.

Принцип структурної гнучкості і спроможності до програмування. Цей принцип забезпечує реалізацію оптимальної паралельно-послідовної структури системи моніторингу, виходячи з критеріїв необхідної швидкодії при мінімальній вартості. Системи з паралельною зосередженою структурою мають максимальну швидкодію при максимальній вартості. Системи з послідовною розподіленою структурою мають мінімальну швидкодію при мінімальній вартості. Системи з послідовно-паралельною структурою займають проміжне положення.

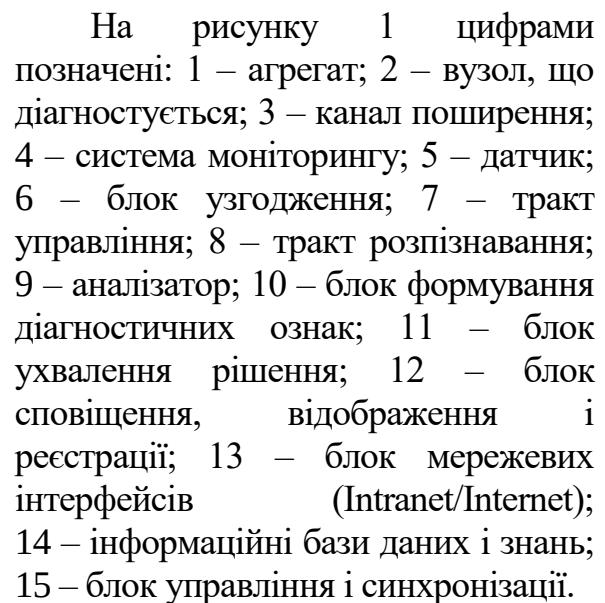
Принцип корекції. Для забезпечення необхідних метрологічних характеристик системи моніторингу неідеальність вимірювальних трактів має бути компенсована обчислювальними методами.

Принцип дружності інтерфейсу при максимальній інформаційній місткості. Інтерфейс системи моніторингу повинен забезпечувати швидко і легко сприйняття оператором інформації про стан технологічної системи в цілому і отримання ним приписів на найближчі невідкладні дії.

Принцип багаторівневої організації. Система моніторингу повинна передбачати можливість роботи з нею фахівців різних рівнів кваліфікації і відповідальності. Від фахівців початкового рівня кваліфікації не слід вимагати інших знань і умінь при роботі з системою, окрім здатності за допомогою простої дії, прийняти повідомлення системи про зміну в технічному стані устаткування і вказівок по його експлуатації. Від

Наявність мережевої підтримки дозволяє об'єднати системи моніторингу різних цехів в систему моніторингу підприємства, до якої підключені комп'ютери діагностів технічного нагляду і користувачів-керівників – від заступників і начальників цехів до головних механіків і інженерів виробництв і підприємства в цілому.

Загальна структурна схема системи автоматизованої моніторингу стану технологічного обладнання показана на рисунку 1.



інтерфейсів (Intranet/Internet);
14 – інформаційні бази даних і знань;
15 – блок управління і синхронізації.

До складу системи, що розробляється, входять: набір датчиків, для контролю стану технологічного устаткування; модуль узгодження вихідних сигналів датчиків з цифровими обладнаннями введення виводу; аналізатор отриманих сигналів; модуль формування вихідних сигналів; модуль реєстрації вхідних сигналів; модуль сповіщення при виході значень вимірюваних параметрів за допустимі межі; модуль відображення інформації для візуального контролю за станом об'єкту оператором; база даних.

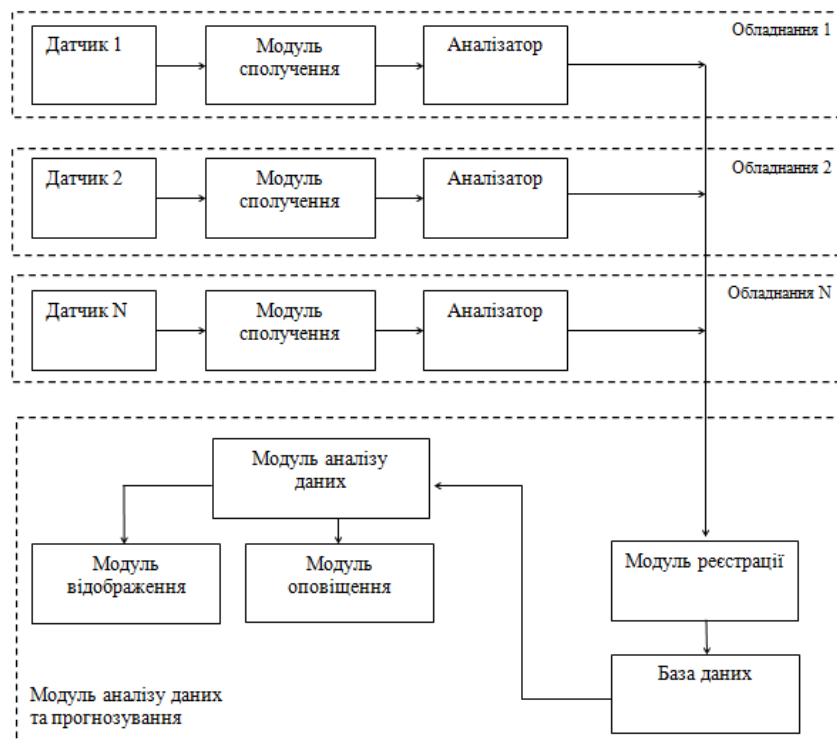


Рисунок 2 – Архітектура інтелектуальної автоматизованої системи контролю стану технологічного устаткування

Висновки. Проведений аналіз побудови систем моніторингу дозволив, з урахуванням загальних принципів, побудувати архітектуру інтелектуальної автоматизованої системи контролю стану технологічного устаткування. Передавання даних може відбуватись як засобами промислової мережі з використанням вже існуючих ліній зв'язку, так і з використанням бездротових технологій обміну повідомлення та технології промислового Інтернету Речей. При введенні нового обладнання рекомендується відразу використовувати технологію ПоТ для побудови системи комунікації. Всі отримані дані збираються до централізованого сховища. Модуль аналізу даних на основі інформації з централізованого сховища, виконує прогнозування щодо очікуваного стану технологічного обладнання та відображає обчислені дані засобами візуалізація та аварійного сповіщення. Для прогнозування використовується програмні модулі математичного аналізу які можуть незалежно один від одного підключатись до інтелектуальної системи моніторингу стану технологічного обладнання. Таким чином виконується принцип масштабування та функціональної незалежності автоматизованої системи.

Список використаних джерел.

1. Коваленко О.О. Аналіз тенденцій розвитку систем автоматизованого тестування / І.В. Гурман, А.В. Краснік, О.О. Коваленко / Тези доповідей XVII міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених. / ред. кол. Д. Струнін (голова ВНТ ВІКНУ) – К., - 2019. –С.73.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ DEVOPS ТА ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ СПОРТИВНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

ас. каф. ІУС Кальницька А.Ю., студент Захарченко Д.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра інформаційних управляючих систем,
e-mail: danylo.zakharchenko@nure.ua

Abstract. Nowadays, information systems are everywhere. And their automation is becoming more and more popular and forced process. Their main goals are storage, ensuring productive search and transfer of information on relevant requests for the fullest satisfaction of information requests of unlimited number of users. The main principle of creating an automated system is – systematic, i.e. consideration of the analyzed business.

The IT industry is changing day by day based on customer requirements and developer capabilities. New methodologies are appearing to improve the process of information systems automation.

DevOps є однією із найбільших ефективних сучасних методологій для впровадження автоматизації на підприємстві або до вже існуючої інформаційної системи.

Ця методологія дозволяє розгортати системи моніторингу, передбачати помилки або збої ще до їх виникнення, ефективно їх усувати, виконувати задачі за розкладом або за певною подією, отримувати доступу до елементів системи, підтримувати життєздатність системи, управляти групами елементів системи. І це ще не повний список можливостей, які надає грамотне використання DevOps-методології.

У сучасному світі спорт стає дедалі популярнішим та все більше виникає потреба у використанні інформаційних технологій для зберігання інформації про змагання, спортсменів, рейтинги тощо. Причиною цього є складні внутрішні зв'язки, велика кількість операцій, які ускладнюються великою вибіркою, а також необхідність використання однієї і тієї самої інформації одночасно у різних географічних місцях.

Наразі більша частина видів спорту має більше одного виду діяльності. Це можуть бути змагання у різних дисциплінах, завоювання титулів або звань, проходження певних екзаменів. З цього випливає висновок, що для такої організації необхідно мати систему, яка зможе виконувати певну низку задач та задовольняти потреби користувачів.

Незалежно від масштабу організації, застосування описаних методів дозволяє досягти значної автоматизації інформаційної системи, призначеної для спортивної організації.

У якості прикладу розглянемо спортивну організацію яка спеціалізується на східних єдиноборствах.

Усі заходи, новини, учасники та їх досягнення у такій організації повинні підлягати електронному обліку. Внесення будь якої інформації необхідно виконувати за рахунок передачі даних між елементами системи, що дозволяє виключити участь людини у більшості процесів.

Обробка даних та вибір кращого рішення відбувається за допомогою методів багатокритеріальної оптимізації. Так, наприклад, рішення присуджувати спортсмену нове звання або розряд, чи вибір спортсменів, які будуть брати участь у змаганнях, може залежати від великої кількості критеріїв.

Саме тому для ефективної автоматизації інформаційної системи доцільно застосувати методологію DevOps та набір звичайних практик для досягнення поставленої мети.

Перехід від використання традиційних обчислювальних систем до хмарних технологій дозволяє отримати значні покращення за такими критеріями: ефективність, захищеність, гнучкість, надійність, оптимізація, автоматизація та швидкість доступу.

Основною ідеєю хмарних технологій є раціональне та легке використання необхідних ресурсів, якими сучасні хмарні провайдери володіють вдосталь. До них відносяться: віртуальні машини, налаштовані сітьові мережі, правила контролю вихідного та вхідного трафіків, бази даних, сховища, системи моніторингу та «алертингу», контейнери та багато іншого.

Хмарні технології позбавляють користувача великої кількості проблем, адже вся техніка знаходиться на боці провайдера хмари. І саме він забезпечує працездатність апаратних приладів та усунення проблем, пов'язаних зі збоями.

З цього випливає що використання хмарних технологій при розробці інформаційної системи дозволяє не витратити зайві кошти на купівлю та налаштування апаратних обчислювальних засобів і допоміжного обладнання. Крім цього хмарні технології надають можливість змінювати апаратні характеристики системи без додаткової допомоги та зберігати «стан» системи для безпечного призупинення, а за необхідності, відновлення через певний проміжок часу.

Такі можливості надає принцип віртуалізації серверів – технічний прийом, що дозволяє запустити кілька віртуальних операційних систем на одному фізичному комп'ютері так, як ніби ви дійсно маєте кілька машин. Саме віртуалізація забезпечує відмовостійкість системи та досягнення ідемпотентності при розгортанні системи.

Розгорнуті системи моніторингу дають змогу перевіряти стан усіх елементів системи, збирати та надсилати данні на обробку, дозволяють контролювати зміни у системі.

Для керування, прийняття рішень, та «відання наказів» використовують спеціальну програму – оркестратор. Саме вона є об'єднуючим ланцюгом усіх елементів системи.

Оркестратор спрацьовує на певні події та за допомогою запитів надсилає повідомлення до елементів системи, за необхідності запускає певні процеси залежно від виду повідомлення, дозволяє зчитувати, змінювати та заносити інформацію до бази даних або до сховища.

На основі описаних технологій та підходів запропоновано розробити інформаційну систему для спортивної організації.

До складу розробленої системи входять сервери для Web і бекенд частини окремо, сервер для оркестратора та сервери які є його вузлами, база даних, сервери для системи моніторингу. Використання технології балансування навантаження допомагає досягти зниження навантаження на екземпляри Web-додатків.

Система моніторингу визначає стан інформаційної системи, збирає дані і відправляє їх оркестратору. Він, у свою чергу, обробляє дані і залежно від ситуації запускає відповідне завдання. Потім оброблені дані заносяться до бази, з якої вони доступні завдяки хмарному сервісу з будь-якого географічного місця.

Таким чином, отримано систему автоматизації, яка виявляє будь-які зміни і для кожної ситуації має певне рішення. Звичайно, це не означає, що участь людини у роботі системи не є необхідною. Але застосування такої системи значно знижує відсоток рутинної праці людини.

У підсумку слід зазначити, що хмарні технології розвиваються дуже швидко та надають все більше нових рішень для створення інформаційних систем та автоматизації вже існуючих. Для ефективного впровадження автоматизації з'являються нові підходи. Одним із найкращих підходів автоматизації інформаційних систем є застосування методології DevOps.

Список використаних джерел.

1. Беленський О. «Хмарні» технології починають та виграють [Електронний ресурс] / Олександр Беленський. – Режим доступу до ресурсу: <https://compress.ru/article.aspx?id=22306>.

2. Віртуалізація та відмовостійкість [Електронний ресурс] // Integrity Systems – Режим доступу до ресурсу: <http://integritysys.com.ua/solutions/havirtualization/>.

3. Переваги віртуалізації серверів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://catalogueofarticles.com/uk/tehnologiyi/perevagi-virtualizacii-serveriv/>.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В МЕДИЦИНЕ

студентка Исаева О.А., доц., к.т.н. Свид И.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
кафедра микропроцессорных технологий и систем,
e-mail: olha.isaieva@nure.ua , iryna.svyd@nure.ua

Abstract. Digital signal processing is a hardware and software complex that provides the necessary information about the properties and state of the signal, its primary processing, storage, transmission, secondary processing and output of data in a given form for solving various professional tasks of system users. The work is devoted to the basic concepts that are used in digital signal processing. The block diagram of digital signal processing is described. The types of laboratory research in medicine that use digital signal processing are discussed. In general, we are talking about modern digital signal processing.

Введение. Свойства и состояние физического объекта характеризуются различными физическими величинами, такими как температура, давление, солнечная радиация, имеющими, как правило, неэлектрическую природу. Для того, чтобы преобразовать эти физические величины в электрические сигналы используются измерительные преобразователи, которые называют датчиками.

Основой для предварительной обработки сигналов являются процедуры быстрых дискретных ортогональных преобразований, которые реализуются в различных функциональных базисах, процедуры линейной и нелинейной фильтрации, линейной алгебры.

Самая главная задача обработки – это устранение помех и шумов. Решить эту задачу в полной мере можно только в том случае, если сигнал поступает избыточный с точно определенными параметрами.

В результате необходимо обеспечить правильный прием сигнала. Чем больше избыточность поступающего полезного сигнала и чем меньше помех, тем больше вероятность выполнить задачу качественно.

Цель обработки формируемых датчиками аналоговых электрических сигналов заключается в необходимости получения содержащейся в них информации. Эта информация обычно присутствует в амплитуде сигнала, в частоте или в спектральном составе, в фазе или в относительных временных зависимостях нескольких сигналов. Как только передаваемая информация будет извлечена из сигнала, она может быть использована различными способами.

Результаты исследований. Сигналы могут быть обработаны с использованием аналоговых методов – аналоговой обработки, цифровых методов – цифровой обработки или комбинации аналоговых и цифровых методов – комбинированной обработки. Цифровая обработка обладает

целым рядом достоинств по сравнению с аналоговой обработкой. Однако невозможно обработать физические аналоговые сигналы, используя только цифровые методы [1-4]. Практически всегда в системах сбора и обработки данных используется комбинированная обработка сигналов. Разрабатываемые устройства цифровой обработки сигналов представляют собой многодетекторные устройства. В которых осуществляется непрерывный контроль состояния основных компонентов производств или звеньев технологического процесса, базирующиеся на промышленных ПК, микроконтроллерах, цифровых процессорах и программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). Также используется в процессе контроля световая и звуковая контрольная и аварийная сигнализации, а также осуществляется обмен данными между компьютером и блоками детектирования по инфокоммуникационным каналам, через системы телеметрии, по радиоканалу или по телефонным каналам [4, 5].

Структурная схема цифровой обработки сигналов (ЦОС) приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обобщенная схема цифровой обработки сигналов.

Обобщенная схема ЦОС отображает последовательность процедур, которые необходимы для осуществления преобразования аналогового сигнала в цифровой сигнал по заданному алгоритму аппаратными или программными средствами и передачу его получателю.

В ЦОС можно выделить три основных этапа:

- формирование цифрового сигнала из исходного аналогового сигнала;
- преобразование цифрового сигнала $x_u(f_f)$ в цифровой сигнал $y_u(f_f)$ в соответствии с определенным алгоритмом;
- формирование результирующего аналогового сигнала из цифрового сигнала.

В обобщенной схеме ЦОС этим этапам соответствуют три функциональных устройства: кодер; устройство ЦОС; декодер.

На сегодняшний день использование цифровой обработки сигналов в медицине очень актуально. Это анализ кардиограмм и энцефалограмм,

томографические исследования, анализ звуков животных, полоса сигнала до 400 кГц [4].

ЦОС также активно используется для обработки изображений. Также при получении дерматоскопическое изображений пораженных участков кожи используется цифровая обработка сигналов.

При цифровой обработке сигналов используются различные методы, востребованность которых сегодня гораздо выше, чем у применявшихся ранее аналоговых методов.

В основе большинства методов лежит применение DSP-процессоров. Эти импульсные цифровые устройства обеспечивают качественную обработку сигналов и объединяются в дискретные управляющие системы.

Методы и алгоритмы, которые применяются в цифровой обработке постоянно совершенствуются.

Выводы. Цифровая обработка сигналов имеет большое качественное преимущество. Обработка сигнала проводится с точностью от 75% и выше; дестабилизирующие факторы сводятся к минимуму; обработка информации может производиться программными средствами. Простая настройка и применение специальных алгоритмов для обработки сигналов существенно повышают эффективность и производительность работы. Цифровая обработка сигналов окружает нас в повседневной жизни каждый день.

Список использованных источников.

1. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. – М.: Бином-Пресс / Ричард Лайонс, 2006 г. – 656 с.

2. А.И. Солонина. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB: учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 560 с.

3. А.Б. Сергиенко. Цифровая обработка сигналов. – 2-е. – СПб.: Питер, 2007. – 751 с.

4. Конспект лекций по дисциплине «Цифровая обработка сигналов в медицине» / Липницкий Л. А. – Минск: МГЭУ, 2017. – 118 с.

5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС. Моделювання цифрових сигналів засобами Matlab і VHDL» для студентів усіх форм навчання спеціальностей: 125 – «Кібербезпека» (СТЗІ), 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка», 163 – «Біомедична інженерія», 171 – «Електроніка», 172 – «Телекомунікації та радіотехніка», 173 – «Авіоніка» / [Електронний ресурс] Упоряд.: І.В. Свид, І.І. Обод, О.В. Воргуль, Л.Ф. Сайківська, О.В. Зубков. – Електронне видання. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 75 с. – pdf 1,71 Мб.

6. І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, І.В. Свид. Математичне моделювання систем: навчальний посібник. / За редакцією І.І. Обода – Харків : НТУ «ХП», Друкарня МАДРИД, 2019. – 268 с.

МІКРОПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ РІВНЕМ ЗАХИСТУ ВІД КІБЕРЗАГРОЗ НА АПАРАТНОМУ РІВНІ

доцент, к.т.н. Воргуль О.В., студент Білоцерківець О.Г.,
студент Серіков А.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікропроцесорних технологій і систем,
e-mail: oleksii.bilotserkivets@nure.ua

Abstract. The more powerful and comprehensive the Internet becomes, the more perfect and "smart" the components connected to it, the more areas open up for their application. However, this can lead to critical security breaches that require appropriate measures to prevent vulnerabilities. The heart and soul of the sensory technologies of the fourth industrial revolution, Industry 4.0 and the Internet of Things (IoT), are microcontrollers and their software. They offer huge potential for growth and innovation in related "smart" factories and "smart" homes. In this business boom, but at the same time they make systems vulnerable to external attacks.

Вступ. На сьогодні електронні пристрої розробляються для використання в автоматизованих системах з різними умовами експлуатації. Це можуть бути різні кліматичні фактори або тяжке електромагнітне оточення, тобто використання мікропроцесорів при досить суттєвих електромагнітних перешкодах (електростанції, підстанції), де вимоги до безпеки і надійності зростають прямо пропорційно складності системи. Тому з боку розробників систем, так і певних державних стандартів, висувається вимога до таких властивостей апаратного забезпечення, як: захист мікропроцесорної системи від випадкових програмних змін, аварійних збоїв коду, порушень пам'яті, помилок у програмі та захист системи від несанкціонованого доступу.

Основна частина. Захистом від несанкціонованих маніпуляцій та кібератак в контексті IoT, Industry 4.0 і робототехніки все частіше стають мікроконтролери. Деякі сімейства мікроконтролерів вже включають безліч функцій безпеки. Справа в тому, що мікроконтролери є основними компонентами в середовищі управління системами та мережами що створюються в галузі IoT. Їх постачальники вже використовують процеси розробки та сертифікацію згідно з відповідними стандартами безпеки. А постачальники напівпровідників також гарантують, що можуть запропонувати своїм клієнтам безпечне комплексне рішення.

З точки зору безпеки мікроконтролери можуть бути класифіковані згідно їх цільовими фінальними додатками:

– рішення в області аутентифікації і довірені платформні модулі (trusted platform module, TPM), наприклад для захисту як безпосередньо самого користувача, так і мереж IoT;

– банківські та ідентифікаційні рішення для класичних компаній-виробників і емітентів смарт-карт, що використовуються в сфері обробки платежів, як персональних ідентифікаторів, для оплати послуг транспорту і в системах доставки платного контенту для телебачення;

– мобільні рішення безпеки для рішень на базі SIM-карт в мобільних продуктах і додатках міжмашинної взаємодії - M2M (machine-to-machine);

– автомобільні рішення для комунікації ближнього поля (NFC, eSE) і систем забезпечення безпечного водіння.

Інтегровані функції захисту даних

IoT і Industry 4.0 в основному використовують стандартні мікроконтролери, створені для промислового і побутового застосування (їх загальна назва - «Мікроконтролери загального призначення»). Але також вже доступні і моделі з вбудованими функціями безпеки. Наприклад, сімейство мікроконтролерів

STM32 (сімейство 32 бітних мікроконтролерів виробництва STMicroelectronics), яке має безліч вбудованих функцій, що забезпечують їх захист, в тому числі:

– захист від крадіжки особистих даних (захист від маніпуляцій, захист цілісності, відстеження руху продукту);

– відмова в обслуговуванні даних (регулювання);

– захист від відстеження і маніпулювання даними і кодом (захист пам'яті, управління правами доступу, рівень налагодження, захист від маніпуляцій, захист цілісності, безпечні оновлення прошивки);

– захист від фізичного (механічного) втручання (захист від маніпуляцій на кристалі).

Ці функції в основному реалізуються їх інтеграцією безпосередньо на кристалі мікроконтролера. Вони забезпечують надійну перевірку справжності (верифікацію), цілісність платформи і постійний захист даних, включаючи захист конфіденційності кінцевих користувачів, а також комплексний захист даних, IP-адрес і брендингу та відповідають найвищим вимогам безпеки даних для стандартних продуктів. Типові цільові програми таких мікроконтролерів - це, наприклад, комп'ютери, шлюзи, кінцеві точки IoT і різні датчики.

Функції захисту на апаратній основі

На апаратній основі як мінімум використовується залишок циклічного надмірного коду (cyclic redundancy check calculation), тобто обчислюється контрольна сума, яка виявляє помилки при передачі або зберіганні даних.

Це не тільки забезпечує перевірку цілісності коду, але і означає, що сигнатура ПО може бути розрахована під час його роботи. Моніторинг живлення - ще один метод з високим ступенем захисту. Для визначення причини скидання і, таким чином, забезпечення скидання тільки за допомогою аутентичного доступу використовується система управління

статусом прапора POR (power on RESET) / PDR (power down RESET) / BOR (brown out RESET) / PVD (programmable voltage detector). Для ефективного виявлення маніпуляцій і ведення журналу все це доповнюється функцією «Read while Write»

Функціональність CSS (Clock Security System) заснована на тому, що якщо при використанні зовнішнього генератора (в мікроконтролерах серії ST32 він позначений як HSE, external) в якості джерела тактового сигналу тактової частоти система не зависне намертво в невизначеному стані, а зможе виконати якісь дії, якщо в SYSCLOCK або PLL, станеться збій генерації, то CSS автоматично перемкне всю систему на роботу від вбудованого RC-генератора (в мікроконтролерах серії ST32 він позначений як HIS, internal). Таким чином, якщо щось трапиться з тактовими сигналами, то можна перевести об'єкт управління мікро контролером в безпечний стан. Крім того, резервний таймер (Watchdog) і віконний резервний таймер (Window Watchdog) також контролюють тимчасові вікна незалежно один від одного. Цілісність і достовірність вмісту пам'яті забезпечується перевіркою і справляння помилок коду (Error Correction Code, ECC) і, як вже було сказано, перевіркою парності. Тут теж забезпечується все щоб отримати додатковий захист від атак, спрямованих на недопущення зараження систем помилками коду. Крім того, датчик температури безперервно вимірює температуру середовища, що оточує мікроконтролер. Це необхідно для того, щоб переконатися, що вона залишається в зазначеному діапазоні, і таким чином уникнути ризику його пошкодження при спеціальному тривалому нагріванні.

Висновки. Аналізуючи сучасний стан та розвиток мікропроцесорних систем ми бачимо, що виробники використовують захист на апаратному рівні. Даний захист в залежності від виробника може бути реалізований як певний специфічний модуль, наприклад, у мікроконтролерів сімейства RX інтегрований модуль захисту пам'яті (MPU), який може розглядатися як апаратний брандмауер, що відокремлює, привілейований код операційної системи від програми користувача. Засоби та функції які наведенні в даній публікації дозволяють легко виявити збій і забезпечують гнучкі сценарії усунення помилок, що підвищує надійність програмного забезпечення та автоматизованої системи в цілому.

Список використаних джерел.

1. ST's secure microcontrollers contribute to a smarter and more secure connected world <https://www.st.com/en/secure-mcus/secure-hardware-platforms.html>

2. STM32 Trusted platforms
https://www.st.com/content/st_com/en/stm32trust.html

3. The National strategy Industry 4.0 Асоціація підприємств промислової автоматизації України (АПІАУ)
<https://appau.org.ua/en/category/pubs/>

АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ПРОКЛАДЕННЯ ШЛЯХУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ В НЕВИЗНАЧЕНОМУ ПРОСТОРІ

асистент Теслюк С.І., студентка Мамонько Д.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки,
E-mail: dasha.mamonko@nure.ua

Abstract. In this article the analysis of methods of laying of the way of the mobile platform in undefined space is carried out. The method of determining the position in space is based on the sequential calculation of the robot movement based on images from the camera.

Актуальність роботи. При впровадженні у виробництво концепції Industry 4.0 особливе значення має використання мобільних роботів для поєднання промислового обладнання в один цілісний виробничий процес.

Задача сумісного використання роботів та людини є дуже складною. По-перше, треба забезпечити прокладення шляху переміщення мобільних транспортних засобів серед об'єктів, положення яких динамічно змінюються. По-друге, треба забезпечити безпеку персоналу, що обслуговує обладнання за рахунок використання інтелектуальних сенсорів.

Актуальність цієї теми обумовлена необхідністю оптимізації траєкторії пересування мобільних транспортних роботів при перевезенні корисного навантаження (деталей, складальних одиниць) у виробничому цеху серед неоднорідних перешкод між промисловим обладнанням, з однієї ділянки на іншу, або між робочими місцями.

Основна частина. Системи позиціонування забезпечують визначення місцезнаходження мобільної платформи з прив'язкою до карти місцевості або об'єкту. Існують системи абсолютного (глобального) і відносного (локального) позиціонування.

Абсолютне позиціонування має на увазі отримання кожного разу нових координат, за допомогою супутникової навігації, незалежно від попереднього місця розташування.

Системи локального позиціонування знаходять широке застосування в сільськогосподарських і промислових галузях, що обумовлено їх високою точністю визначення координат об'єктів (1-3 м) і можливістю забезпечення безперервного відстежування місця розташування об'єктів як зовні, так і усередині будівель.

Системи локального позиціонування можуть бути двох видів:

— автономними — повна незалежність методики визначення координат від наявності зовнішніх випромінюваних сигналів;

– неавтономні – призначений для користувача пристрій вимірює затримку сигналу, що приходить від розташованих навколо базових станцій.

Найбільш поширені системи навігації використовують дані с сенсорів, що встановлені на роботі, для визначення відносного положення пристрою в локальному просторі. Таким сенсорами можуть бути:

– оптичні одометри – оптичні датчики, що розташовані на вісі колеса робота та видають певну кількість імпульсів за одне обертання;

– цифрові камери, лазерні сканери – оптичні пристрої на основі ПЗЗ-матриці, що дозволяють отримати інформацію про певну ділянку простору (оптична одометрія).

На рисунку 1 показано принцип встановлення камери на роботі для отримання візуальних даних про середовище попереду мобільного пристрою.

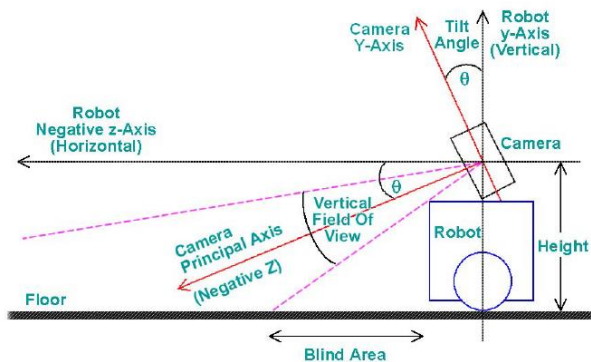


Рисунок 1 – Принцип встановлення камери на роботі для отримання візуальних даних про середовище попереду мобільного пристрою

У робототехніці візуальна одометрія – процес визначення позиції і орієнтації робота шляхом аналізу послідовних зображень отриманих за допомогою камери.

У навігації, одометрія це процес використання даних про навколишнє середовище і датчиків руху для визначення змін позиції робота, для цього використовуються такі пристрої як датчики кута повороту для виміру оборотів коліс.

Візуальна одометрія є процесом визначення подібної інформації для оцінки відстані переміщення на основі послідовних зображень отриманих з камери. Візуальна одометрія дозволяє підвищити точність навігаційних приладів в роботах або транспортних засобах, які використовують будь-який спосіб пересування відносно поверхні.

Цей метод визначення положення в просторі оснований на послідовному обчисленні переміщення робота на основі зображень з камери. Обчислення проводяться між новими і попередніми кадрами і об'єднані ці переміщенні для отримання траєкторії руху об'єкту в реальному часі.

Альтернативою методу виділення ознак являється "прямий" метод, який мінімізує помилку напряму в просторі зображення без попереднього пошуку ознак і їх порівняння.

Інший метод, визначає площинні переміщення і повороти між зображеннями використовуючи метод фазової кореляції замість виділення ознак.

Загальний алгоритм візуальної одометрії з виглядає так:

- підготовка даних (фреймів RGB і глибини), далі, коли згадується поточний фрейм – мається на увазі дані з кадру глибини і RGB-фрейма, отримані на поточній ітерації;

- пошук характерних особливостей на поточному кадрі (FAST) – характерні особливості це, наприклад, кути;

- сегментація – зображення розбивається на прямокутні ділянки, в кожному з яких відбирається задане число самих яскраво виражених характерних особливостей;

- визначаємо зміщення поточного фрейма відносно попереднього;

- на основі знайденого зміщення здійснюємо пошук і порівняння характерних особливостей не відразу в усьому зображенні, а по ділянках, що відповідають другу-другу, для порівняння і вирівнювання використовується декілька методів:

- а) значення SAD (sum of absolute difference) – абсолютна сума відмінностей між двома особливостями + вирівнювання на основі методу найменших квадратів

- б) будується граф, де кожна вершина відповідає парі особливостей, що співпала. Ребра проводяться між вершинами у випадку якщо відстань між особливостями не перевершує заданого порогового значення, упродовж аналізу усієї послідовності. (Якщо на двох кадрах ми знайшли декілька особливостей – наприклад кути будівлі – відстань Евкліда між ними буде постійною від кадру до кадру). У цьому графові шукається максимальний зв'язний підграф – тобто усі вершини якого сполучені ребрами;

- фінальне вирівнювання результатів:

- а) мінімізації дистанції Евкліда між особливостями, що співпали;

- б) мінімізації помилки проектування (з попереднього кадру на поточний і навпаки);

- в) мінімізація масштабного відхилення за допомогою ключових кадрів;

- доповнення загальної сцени даними з поточного сцени.

В результаті кроків 1-7 ми отримуємо фінальну ізометрію, досить точну для подальшого конструювання глобальної сцени і позиціонування камери в ній.

На рисунку 2 показано принцип отримання зображення з моно-камери.

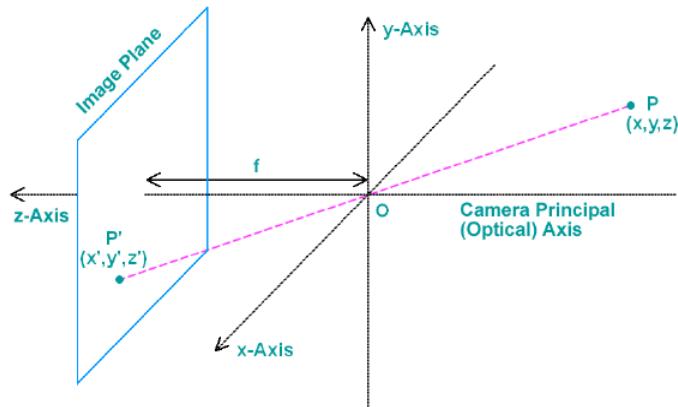


Рисунок 2 – Принцип отримання зображення з моно-камери

На рисунку 2.2 об'єктив камери знаходиться у початку системи координат камери, позначеної O . Світловий промінь із точки в реальному світі. $P(x, y, z)$. проходить крізь отвір і потрапляє в площину зображення в точці $P'(x', y', z')$.

Зображення створюється на площині під прямим кутом до головної (оптичної) осі камери. Щоб підтримувати правильну систему координат, ось z спрямована від отвору камери (початку координат) до площини зображення. Тому відстань вздовж осі z до площини зображення залишається постійною і відображається як f на діаграмі.

Рівняння, за допомогою якого виконується проекція координати P' до P , можна отримати за допомогою відомих геометричних перетворювань:

$$\frac{x'}{f} = \frac{x}{z}, \quad (1)$$

$$\frac{y'}{f} = \frac{y}{z}. \quad (2)$$

Якщо об'єктив у камері ідеальний, то застосовуються ті самі рівняння. Однак справжні лінзи не є ідеальними, тому виникає певна кількість спотворень, що ускладнює рівняння. У комп'ютерному зорі компенсація спотворення зображення у вигляді перспективи визначається як проектне відображення точок однієї площини на іншу.

Висновки. У роботі розглянуто методи визначення траєкторії переміщення мобільного робота по площині серед перешкод. Згідно з цим роботи повинні уміти переміщатися по певних траєкторіях в автоматичному режимі. Оскільки реальне середовище, в якому знаходиться робот, зазвичай містить рухливі перешкоди (люди, інші мобільні роботи), рух в ній по заздалегідь заданій траєкторії практично неможливий. Тому для необхідно використовувати навігаційну систему, яка визначає власні координати робота, планує траєкторію у нинішній момент часу та управляє його рухом.

Список використаних джерел.

1. Мамонько Д.В. Аналіз методів керування роботизованою платформою на основі даних візуальної одометрії / Збірник студентських наукових статей «Automation and Developed of Electronic Devices» ADED-2019. – 2019. – № 1. – С. 114-117.

МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ

проф., д.т.н. Семенець В.В., доц., к.т.н. Свид І.В.,
доц., к.т.н. Зубков О.В., доц., к.т.н. Воргуль О.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікропроцесорних технологій і систем,
E-mail: iryna.svyd@nure.ua

Abstract. The features of the development and implementation of the educational component regarding the design of devices are considered, taking into account the requirements of modern technical education, business and international experience.

Вступ. Навчання студентів на кафедрі мікропроцесорних технологій і систем (МТС) Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) розпочато з 2018-2019 навчального року. Головне завдання фундаментальної кафедри МТС - посилення якості підготовки професійних інженерних кадрів відповідно до міжнародних стандартів в області мікропроцесорних технологій і систем [1-6].

Навчальна програма з дисципліни «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС» розроблена в тісній співпраці з колегами з University of Limoges (France), Lublin University of Technology (Poland) and Istanbul Technical University (Turkey). При розробці навчальної програми були враховані кращі міжнародні навчальні практики.

У сучасному суспільстві приділяється велика увага якісній підготовці технічних фахівців, як складової науково-технічного прогресу. Науково-педагогічні працівники ХНУРЕ відповідно до місії і основним напрямком університету приділяють достатню увагу розвитку і впровадженню новітніх технологій в технічну освіту [1-6].

Основна частина. При розробці навчальної програми з дисципліни «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС» враховувалися кращі міжнародні практики університетів-партнерів, побажання бізнесу, науково-педагогічний досвід викладачів університету: максимальна практична складова; рішення блокових послідовних практичних завдань; розподіл дисципліни на зв'язані логічні модулі; навчання на сучасному обладнанні; використання новітніх технологій і так далі.

Дисципліна «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС» викладається в циклі загальної і спеціальної професійної підготовки для студентів першого (бакалаврської) рівня вищої освіти факультетів: автоматики і комп'ютеризованих технологій; інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації; інфокомунікацій; електронної та біомедичної інженерії. Дисципліну вивчають студенти наступних спеціальностей: 125 Кібербезпека; 151 Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології; 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка; 163 Биомедицинская інженерія 171 Електроніка; 172 Телекомунікації та радіотехніка; 173 Авіоніка.

Матеріали дисципліни «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС» обсягом 10 кредитів ECTS розділений на три модуля: Моделювання цифрових сигналів засобами MATLAB і VHDL (2 ECTS); Мікроконтролери (4 ECTS); Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) (4 ECTS). При розподілі аудиторних годин між видами занять особлива увага приділена практичній спрямованості дисципліни. Тому 75% навчального часу спрямовані на лабораторний практикум, а 25% часу займають лекційні заняття.

Вивчення кожного модуля дисципліни розраховано на один семестр. Кожен модуль включає лекційні та практичні заняття. У кожному модулі по дев'ять лабораторних робіт. Лабораторні роботи першого модуля виконуються по дві академічні години, а роботи другого і третього модулів виконуються по чотири академічні години.

1. Моделювання цифрових сигналів засобами MATLAB і VHDL. Даний модуль спрямований на вивчення математичних основ цифрової обробки сигналів і освоєння основних алгоритмів, що застосовуються для аналізу і синтезу пристроїв цифрової фільтрації сигналів. Лабораторний практикум виконується за допомогою програмного забезпечення MatLab [7, 8]. Матеріали модуля націлені на отримання студентом наступних умінь: розраховувати спектральні, тимчасові і кореляційні характеристики дискретних сигналів, знаходити їх Z-зображення; визначати системну функцію цифрових фільтрів; розраховувати тимчасові і частотні характеристики цифрових фільтрів; моделювати структурні схеми цифрових фільтрів в прямій, канонічній, каскадній і паралельній формах; синтезувати фільтри з нескінченної і кінцевої імпульсними характеристиками.

При виконанні лабораторного практикуму моделюється: дискретний сигнал; лінійна дискретна система; дискретне перетворення Фур'є; синтез КІХ фільтрів віконним методом; синтез КІХ фільтрів методом найкращої рівномірної апроксимації; синтез БІХ фільтрів методом білінійного z-перетворення; синтез КІХ і БІХ фільтрів засобами FDATool і FilterBuilder по використанню VHDL опису фільтру.

2. Мікроконтролери. Даний модуль спрямований на вивчення програмування сучасних мікропроцесорів STM32F407VGT виробництва фірми ST мовою C++, внутрісхемного налагодження програмного забезпечення мікропроцесорів [9]. Значна увага приділяється вивченню мови програмування, роботі з програмними пакетами IAR Embedded Workbench for ARM і STM32CubeMX, для написання і налагодження програм, застосування мікроконтролерів в цифрових пристроях передачі та обробки інформації. Лабораторний практикум виконується на макетах

STM32F4 DISCOVERY за допомогою програмного забезпечення MatLab, STM32CubeMX, IAR Embedded Workbench for ARM v8.3 Kikstart. Матеріали модуля націлені на отримання здобувачем наступних умінь: розробляти принципові схеми і писати програмне забезпечення для таких пристроїв як: контролер клавіатури, генератор ШІМ і аналогових сигналів, вимірник показань аналогових датчиків, пристрій цифрової фільтрації сигналів, пристрій обміну даними через інтерфейс UART, пристрій управління графічним дисплеєм і т.д.; налагоджувати програмне забезпечення з використанням пакетів симуляції STM32CubeMX і IAR Embedded Workbench for ARM; запрограмувати процесор.

Виконання лабораторного практикуму передбачає вивчення: архітектури і принципів роботи портів введення-виведення процесора stm32f407vgt; програмування таймерів-лічильників; програмування вбудованого цифро-аналогового перетворювача; програмування вбудованого аналого-цифрового перетворювача; цифровий фільтрації аналогового сигналу; програмування вбудованого асинхронного інтерфейсу uart; зберігання даних у внутрішній flash пам'яті процесора; управління lcd індикатором ili9328 через вбудований інтерфейс fsmc; розробки графічних вікон для індикатором ili9328.

3. ПЛІС. Даний модуль спрямований на вивчення архітектури і програмування сучасних програмованих логічних інтегральних схем сімейства Artix-7 FPGA виробництва фірми Xilinx, мови проектування цифрових пристроїв VHDL і методів і засобів налагодження за допомогою комплексу програмних засобів САПР Vivado; використання ПЛІС для розробки пристроїв цифрової обробки сигналів. Лабораторний практикум виконується на макетах Artix-7 FPGA Xilinx за допомогою САПР Vivado Hx Design Suite 2018.2, MatLab [10-13]. Матеріали модуля націлені на отримання здобувачем наступних умінь: вирішувати на апаратно-програмному рівні завдання побудови спеціалізованих технічних засобів; створювати моделі цифрових систем на різних рівнях опису: абстрактному, схематичному і програмному; освоїти методи декомпозиції системи, реалізуються апаратно програмно; реалізовувати опис логіки (програму) середньої складності на мові VHDL; розробляти вбудовані мікропроцесорні системи на основі ПЛІС.

Виконання лабораторних робіт передбачає вивчення: логічної обробки вхідних сигналів; управління 7-сегментним індикатором; формування періодичної послідовності імпульсів; формування ШІМ-сигналу; формування синусоїдального аналогового сигналу; управління аналого-цифровим перетворювачем; аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворень.

До початку занять всі навчальні матеріали дисципліни розміщуються на сайті dl.nure.ua, який реалізує електронну освітнє середовище Moodle. Кожен студент курсу отримує доступ до курсу. Така система дозволяє

студентам більш раціонально планувати навчальний час і завчасно готуватися до занять. Також при вивченні дисципліни студенти мають можливість брати участь в наукових дослідженнях кафедри МТС.

На дисципліні реалізовано накопичувальну систему балів, яка враховує: відвідування занять, звіти з лабораторних робіт, тести; також, як додаткові бали, враховується наукова робота студентів.

В ході виконання лабораторних робіт студенти отримують велику кількість графіків, скрінів етапів моделювання та верифікації, програмних кодів, фотографії роботи плати тощо. Всі оформлені звіти студенти здають виключно в електронному вигляді.

Така система роботи на дисципліні була введена при первісному створенні дисципліни.

Висновки. Дисципліна «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС» відповідає сучасним тенденціям суспільства з підготовки висококваліфікованих технічних фахівців в області мікропроцесорних систем і технологій. Також вносить великий вклад в формування фахівців напрямків вбудованих систем, IoT і PoT. Запропоноване розподіл видів занять на дисципліні дозволяє найкращим чином забезпечити практичну спрямованість підготовки фахівців. Планується в подальшому на лабораторному практикумі реалізувати систему спільної роботи студентів над проектами і можливість віддаленого доступу до апаратних платформ.

Список використаних джерел.

1. Iryna Svyd, Oleksandr Vorgul, Valerii Semenets, Oleg Zubkov, Valeriia Chumak, Natalia Boiko. Special Features of the Educational Component “Design of Devices on Microcontrollers and FPGA”. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 55-57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017

2. Oleksandr Vorgul, Iryna Svyd, Oleg Zubkov, Valerii Semenets. Teaching microcontrollers and FPGAs in Quarantine from Coronavirus: Challenges and Prospects. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 14-17. doi: 10.35598/mcfpga.2020.005

3. Valerii Semenets, Liliia Saikivska, Iryna Svyd, Oleksandr Maltsev. Trends in Training Modern Technicians. // First International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» MC&FPGA-2019, Kharkiv, Ukraine, July 26-27, 2019. – Kharkiv: 2019. – P. 35-36. DOI: 10.35598/mcfpga.2019.013

4. В.В. Семенец, И.В. Свид, Л.Ф. Сайковская. Методика повышения качества подготовки технических специалистов. // Высшее техническое

образование: проблемы и пути развития: IX Междунар. науч.-метод. конф. (Минск, 1-2 ноября 2018 года). – Минск: БГУИР, 2018. – С. 415-416.

5. В.С. Чумак, И.В. Свид. Современные тенденции подготовки технических специалистов. // Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XI Міжнародної науково-методичної конференції, 13–14 листопада 2019 року, м. Краматорськ – Краматорськ : ДДМА, 2019. – С. 245-247.

6. В.В. Семенець, В.Г. Кобзев, В.О. Філатов. Компоненти інформаційної системи моніторингу якості освіти у Харківському національному університеті радіоелектроніки. // Матеріали 7-ї Міжн. наук.-техн. конф. Інформаційні системи та технології (ICT-2018), 10-15.09.2018 р., Харків-Коблеве. – Х. : ХНУРЕ, 2018. – С. 51-54.

7. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов в зеркале Matlab. Учебное пособие – СПб.: БХВ-Петербург, 2018. – 560 с.

8. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і ПЛІС. Моделювання цифрових сигналів засобами Matlab і VHDL» для студентів усіх форм навчання спеціальностей: 125 – «Кібербезпека» (СТЗІ), 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», 163 – «Біомедична інженерія», 171 – «Електроніка», 172 – «Телекомунікації та радіотехніка», 173 – «Авіоніка» / [Електронний ресурс] Упоряд.: І.В. Свид, І.І. Обод, О.В. Воргуль, Л.Ф. Сайківська, О.В. Зубков. – Електронне видання. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 75 с.

9. G. Brown. Discovering the STM32 Microcontroller. USA, 2016. – 244 p.

10. Соловьев В.В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2016. – 392 с.

11. Artix-7 FPGAs Data Sheet:DC and AC Switching Characteristics. Product Specification. DS181 (v1.25) June 18, 2018, Xilinx.com, 2018. Available: https://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds181_Artix_7_Data_Sheet.pdf.

12. О.Г. Аврунін, Т.В. Носова, В.В. Семенець. Основи мови VHDL для проектування цифрових пристроїв на ПЛІС: навч. пос. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 196 с.

13. Семенец В. В. Проектирование цифровых систем с использованием языка VHDL : учеб. пособие / В. В. Семенец, И. В. Хаханова, В. И. Хаханов. – Харьков : ХНУРЭ, 2003. – 492 с.

МЕТОДИЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОНЛАЙН ЛАБОРАТОРІЇ З ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ

проф., д.т.н. Семенець В.В., доц., к.т.н. Свид І.В.,
доц., к.т.н. Зубков О.В., доц., к.т.н. Воргуль О.В.,
завідувач лабораторії Бойко Н.В., лаборант Чумак В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікропроцесорних технологій і систем,
E-mail: iryna.svyd@nure.ua

Abstract. Technical and methodological aspects of implementation of online laboratory for designing devices on microcontrollers and programmable logic integrated circuits are considered. One of the options for implementing an online laboratory is considered. This solution allows you to comply with quarantine measures and ensure the quality of the educational process.

Вступ. Світова пандемія COVID-19 поставила перед університетами нові завдання і нові запити на отримання освіти. У цій ситуації змінюється все суспільство, підвищуючи і вдосконалюючи свої цифрові компетенції і компетентності. Однозначно вже університети ніколи не будуть колишніми, підкоряючись науково-технічному прогресу і запитам суспільства. Незмінним повинен залишатися якість освіти, відповідно якість надання освітніх послуг. Так, з урахуванням ситуації, будуть удосконалені і змінені способи надання / отримання освітніх послуг, педагогічні методики і особливості викладу матеріалу, способи доступу до лабораторного обладнання тощо. Не всі технічне обладнання може бути повноцінно включено в онлайн навчальний процес, і це нагальні завдання, які доведеться вирішувати. З огляду на соціальну епідеміологічну обстановку перед університетами стоїть завдання розгортання дистанційних лабораторій для роботи з технічним обладнанням.

Основна частина. Проведено аналіз апаратно-програмного забезпечення лабораторної бази кафедри мікропроцесорних технологій і систем (МТС) Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ). Розглянуто та проаналізовано можливі варіанти реалізації віддаленого доступу до лабораторних макетів. З огляду на навантажувальні характеристики трафіку локальної мережі під час доступу студентів до обладнання лабораторії і, забезпечуючи, індивідуальний доступ до навчального макету (вхід по пароллю), запропонований описаний нижче варіант розгортання онлайн лабораторії з проектування вбудованих систем [1-6].

З початку осіннього семестру 2020-2021 навчального року на кафедрі МТС запрацювала лабораторія з підтримкою віддаленого доступу до обладнання (онлайн лабораторія), де студенти можуть в режимі реального часу створити проект і перевірити його дієздатність, перебуваючи за

межами лабораторії. Лабораторне заняття проводиться за допомогою платформи Moodle (dl.nure.ua), відеоконференції в Google Hangouts Meet і віддаленого доступу до апаратно-програмному комплексу лабораторії кафедри МТС (ПК, лабораторний макет і осцилограф). На рисунках 1 - 3 наведені фотографії онлайн лабораторії кафедри МТС.

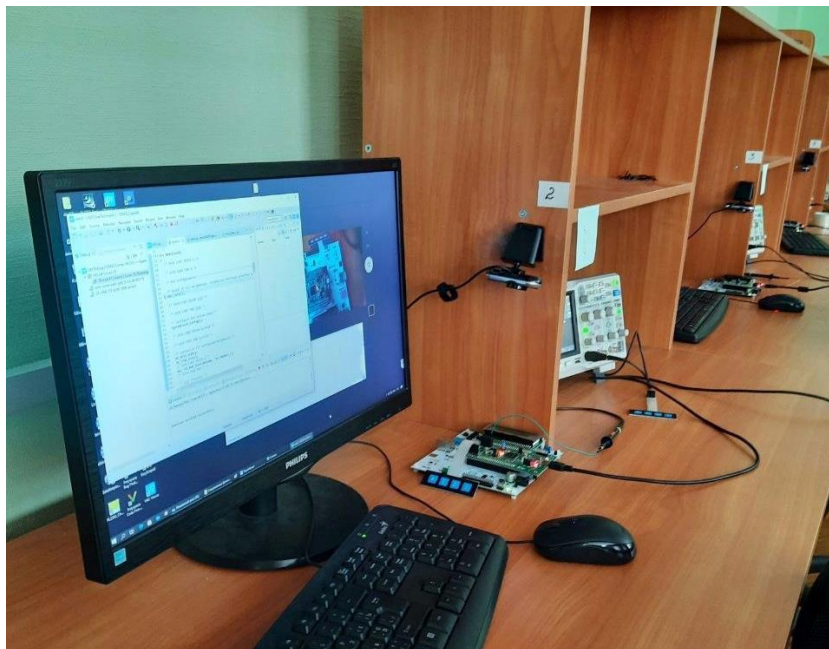


Рисунок 1 – Онлайн лабораторія кафедри МТС

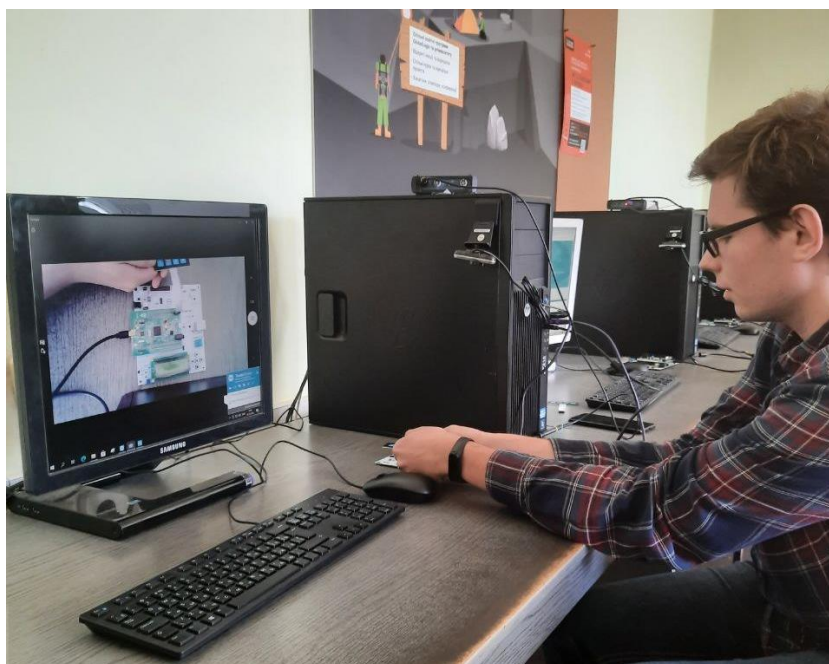


Рисунок 2 – Супровід лабораторної роботи учбово-допоміжним персоналом

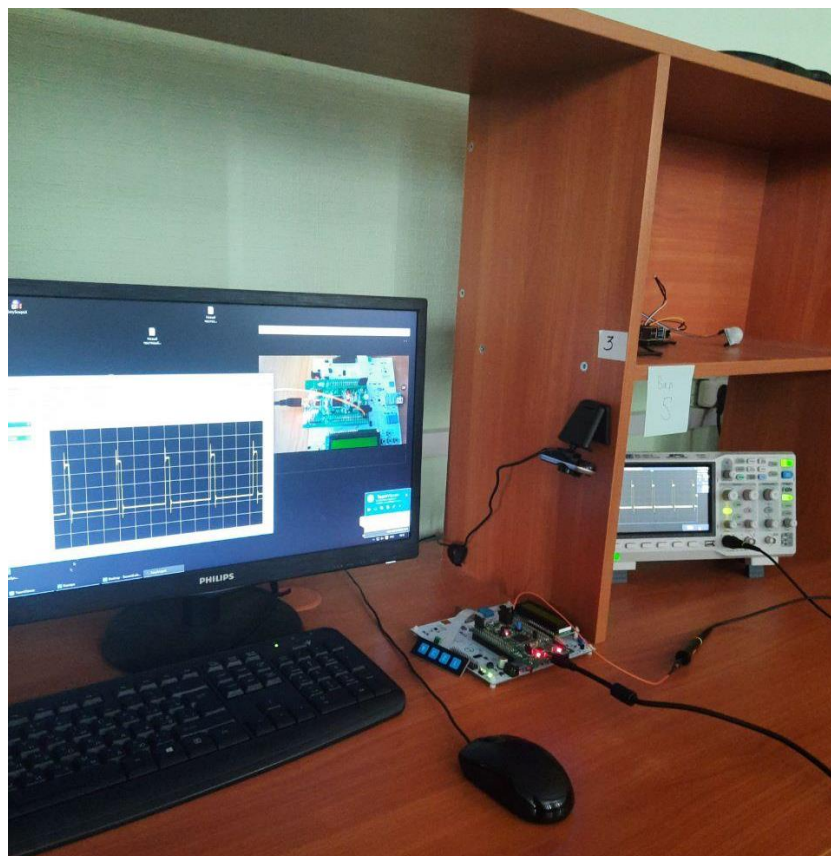


Рисунок 3 – Робоче місце в онлайн лабораторій

Для віддаленого доступу до ПК в лабораторії студентами і викладачами використовується пакет програмного забезпечення для віддаленої роботи TeamViewer. Налаштування обладнання лабораторії і супровід під час лабораторної роботи забезпечується навчально-допоміжним персоналом кафедри. Для проведення лабораторних робіт використовується новітнє обладнання, яке має можливість підключення до ПК. Лабораторні макети і осцилографи повністю управляються ПК. А за допомогою камери на монітор транслюється робота лабораторного макета. Це дозволяє завантажувати проекти в лабораторні макети дистанційно і бачити результати їх роботи на моніторі комп'ютера за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Висновки. Організація онлайн лабораторії для проведення занять з дисципліни «Проектування пристроїв на мікроконтролерах і програмованих логічних інтегральних схемах» дозволяє студентам отримати навички роботи з апаратно-програмними засобами, практичні навички роботи з програмування мікроконтролерів, вимірювальною технікою і забезпечує отримання додаткових навичок по віддаленій роботі з обладнанням. Запропонована методика проведення лабораторних занять відповідає основним запитам сучасної освіти. В подальшому, планується доукомплектувати лабораторні макети генераторним обладнанням і

частотомірами для розширення переліку розв'язуваних навчальних завдань. Також, було б доцільно, організувати середу спільної роботи студентів над проектами з можливістю віддаленого доступу до апаратно-програмним платформам.

Список використаних джерел.

1. Iryna Svyd, Oleksandr Vorgul, Valerii Semenets, Oleg Zubkov, Valeriia Chumak, Natalia Boiko. Special Features of the Educational Component “Design of Devices on Microcontrollers and FPGA”. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 55-57. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017

2. Oleksandr Vorgul, Iryna Svyd, Oleg Zubkov, Valerii Semenets. Teaching microcontrollers and FPGAs in Quarantine from Coronavirus: Challenges and Prospects. // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 14-17. doi: 10.35598/mcfpga.2020.005

3. Valerii Semenets, Liliia Saikivska, Iryna Svyd, Oleksandr Maltsev. Trends in Training Modern Technicians. // First International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» MC&FPGA-2019, Kharkiv, Ukraine, July 26-27, 2019. – Kharkiv: 2019. – P. 35-36. DOI: 10.35598/mcfpga.2019.013

4. В.В. Семенец, И.В. Свид, Л.Ф. Сайковская. Методика повышения качества подготовки технических специалистов. // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: IX Междунар. науч.-метод. конф. (Минск, 1-2 ноября 2018 года). – Минск: БГУИР, 2018. – С. 415-416.

5. В.С. Чумак, И.В. Свид. Современные тенденции подготовки технических специалистов. // Сучасна освіта – доступність, якість, визнання: збірник наукових праць XI Міжнародної науково-методичної конференції, 13–14 листопада 2019 року, м. Краматорськ – Краматорськ : ДДМА, 2019. – С. 245-247.

6. В.В. Семенець, В.Г. Кобзєв, В.О. Філатов. Компоненти інформаційної системи моніторингу якості освіти у Харківському національному університеті радіоелектроніки. // Матеріали 7-ї Міжн. наук.-техн. конф. Інформаційні системи та технології (ІСТ-2018), 10-15 вересня 2018 р., Харків-Коблеве. – Х. : ХНУРЕ, 2018. – С. 51-54.

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ГЕНЕРАТОРІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

старший викладач Сичова О.В., студент Зеленов Д.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки
e-mail: denys.zelenov@nure.ua

Abstract. In the given work an automated system for alternator diagnostic was developed. This system includes special software and hardware for applying full automated diagnostic tests for big amount types of alternators. Hardware includes sensors and special circuits for control outputs. Software includes realization of some industrial protocols and test sequences, indication of main parameters and saving of results.

Вступ. Генераторні установки та генератори змінного струму з кожним роком стають більш комп'ютеризованими приладами. На даний момент вони використовуються на електростанціях різноманітного типу, промислових підприємствах, автотранспорті тощо. З розвитком систем автоматичного керування та моніторингу стало можливим керувати подібними агрегатами більш гнучко та з можливістю розширення функціоналу самих агрегатів.

До параметрів генератора, що регулюються відносять вихідну напругу (відбувається регулювання струму обмотки збудження), різноманітні режими роботи, якщо така можливість є. До параметрів, що зчитуються можна віднести показники різноманітних датчиків, що встановлено в генераторній установці, наприклад: датчики температури, тахометри, аналого-цифрові перетворювачі. Усі ці показники зчитуються та оброблюються блоком керування генератором, якщо такий у конструкції передбачено. Такий блок керування можна підключити до різноманітних промислових мереж та керувати установкою віддалено та гнучко.

Цю можливість можна використовувати задля передачі параметрів на панель оператора чи переключити установку на повністю автоматичний режим.

Метою даного дослідження є рішення задачі створення автоматизованої системи діагностування генераторів різноманітних типів що базується на програмно-апаратному рішенні, що включає у себе перевірку не тільки силової частини генератора, але й перевірки працездатності контролюючого блока, якщо такий присутній.

Основна частина. На практиці застосовуються переважно трифазні ($t = 3$) машини змінного струму. Машини з іншим числом фаз ($t = 2, 6$) використовуються для спеціальних цілей. Однак дія всіх багатофазних машин заснована на принципі обертового магнітного поля, і тому їх теорія є спільною. Однофазні машини змінного струму мають обмеження

трансформаційних змін. Нижче розглядаються трифазні машини змінного струму. Вони підрозділяються на три основні види: синхронні, асинхронні і колекторні. Всі види машин змінного струму розраховуються на роботу при синусоїдальному змінному струмі. У синхронних машинах нормальних типів ротор обертається з такою ж швидкістю і в тому ж напрямку, як і магнітне поле, що обертається. Таким чином, обертання ротора відбувається в такт, або синхронно, з обертовим полем, звідки і походить назва цього виду машин. Синхронні машини використовуються насамперед як генератори, і за незначним винятком на електричних станціях змінного струму встановлюються синхронні генератори. Однак все більш розширюється також застосування синхронних машин в якості двигунів. Ротор асинхронних машин обертається не синхронно, або асинхронно, по відношенню до обертається магнітного поля, що навіть зумовлено назва цих машин. На практиці асинхронні машини використовуються головним чином як двигуни, і переважна кількість застосовуваних у промисловості електричних двигунів є асинхронні. Колекторні машини змінного струму також обертаються не синхронно з магнітним полем, і в цьому сенсі вони є асинхронними машинами. Однак зважаючи на наявність у них колектору та пов'язаних з цим особливостей вони виділяються в окремий вид машин змінного струму. Найбільше застосування колекторні машини знаходять в якості двигунів. Однак їх використання обмежено, і тому найголовнішими видами машин переносного струму є асинхронні і синхронні машини [1].

Для реалізації даного дослідження була побудована апаратна платформа (рис. 1), що реалізує певні спеціальні електричні схеми, що необхідні для обробки показників з різноманітних датчиків, реалізує схеми для працездатності певних цифрових протоколів, має інтерфейс підключення до персонального комп'ютера або сервера.

Завдяки швидкому мікропроцесору STM32H743 стало можливим реалізувати швидке зчитування показань з датчиків та швидку передачу їх до програми керування на персональному комп'ютері.

До параметрів, що зчитуються, відносяться: струм (до 600 А), напруга (до 60 В), частоти та інші. Також присутня можливість керування різноманітними комутаційними приладами, наприклад пускачами, реле тощо.

Програма буде замірювати та зберігати наступні параметри:

- швидкість обертання шківу генератора, при якій він починає утворювати струм;
- затримка старту генератора;
- напруга, яку утворює генератор після старту;
- для «лампових» генераторів: струм, що тече крізь індикаторну лампу на холостих обертах генератора;

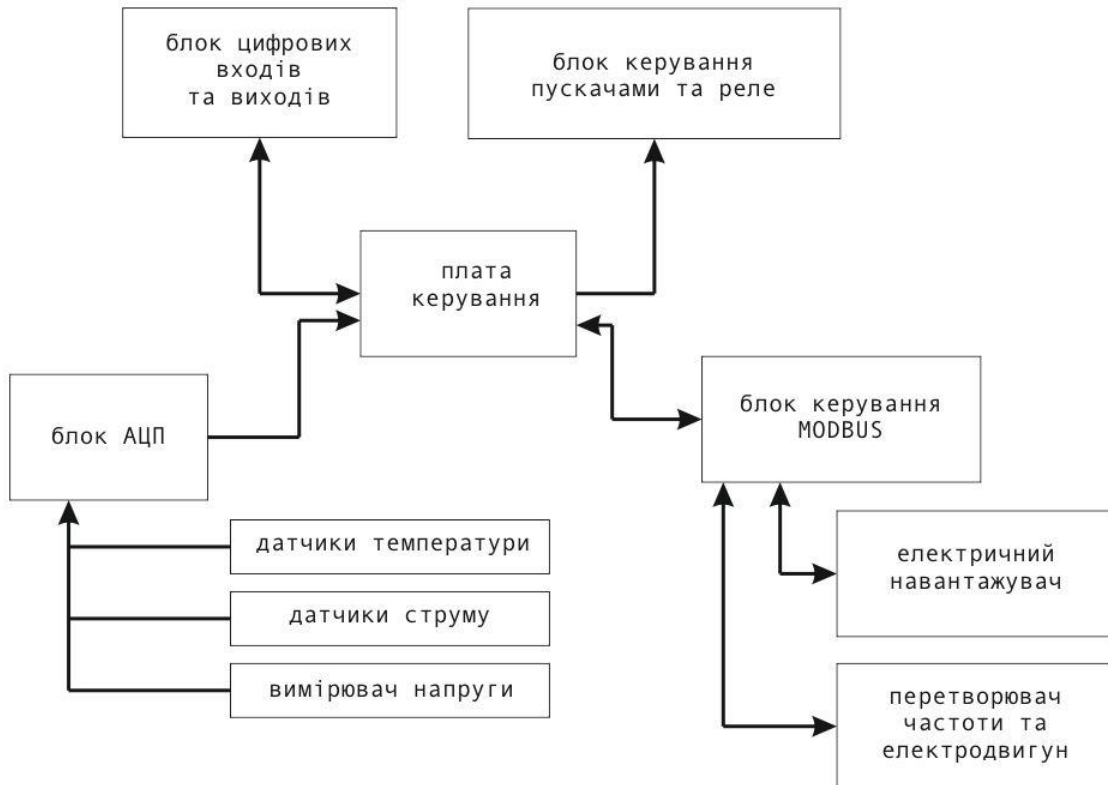


Рисунок 1 – Структурна схема апаратної частини комплексу діагностики

- для «лампових» генераторів: струм, що тече крізь індикаторну лампу при електричному навантаженні генератора;
- потужність холостого ходу – потужності двигуна що необхідна, щоб розкрутити генератор на холостих обертах. Розраховується за формулою:

$$P_{xx} = U_{dxx} * I_{dxx}, \#(1)$$

де U_{dxx} – напруга електродвигуна, що розкручує генератор на холостому ході,

I_{dxx} – струм електродвигуна, що розкручує генератор на холостому ході;

- потужність при максимальному електричному навантаженні – потужність, що необхідна, щоб розкрутити генератор на холостих обертах:

$$P_n = U_{дн} * I_{дн}, \#(2)$$

де $U_{дн}$ – напруга електродвигуна, що розкручує генератор під електричним навантаженням максимальним струмом,

$I_{\text{дн}}$ – струм електродвигуна, що розкручує генератор під електричним навантаженням максимальним струмом;

- вихідна потужність – вираховується як різниця потужності холостого ходу та потужності при максимальному електричному навантаженні:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{н}} - P_{\text{хх}} \quad \#(3)$$

- максимальний постійний струм, що утворюється генератором;
- змінний струм, що утворюється генератором;
- температура генератора.

Для проведення тестів, що зможуть зібрати усі необхідні параметри, було розроблено наступний алгоритм:

1) утворити обертання на шківу генератора (наприклад електродвигуном);

2) поступово збільшувати оберти та замірюючи вихідну напругу отримуємо на якій швидкості обертання генератор збуджується, також замірюємо час, за який генератор почав збудження;

3) після розгону до максимальних можливих обертів замірюємо потужність холостого ходу (1);

4) поступово додаємо електричного навантаження на генератор. В процесі вимірюємо струм та напругу. У певний момент, коли вихідна напруга генератора почне падати – записуємо у цей момент значення струму навантаження, це і буде максимальний струм для цього генератора;

5) утримуючи струм на максимальному для генератора значенні замірюємо потужність генератора за (2);

6) далі можна вирахувати чисту потужність генератора за (3).

7)

Була розроблена програмна реалізація даного алгоритму:

1) запускаємо електродвигун та контролюємо його:

```
int speed;
alternatorManualModel.Devices.CFMDevice.RunCFM();
Thread.Sleep(1000);
for (speed = 400; speed <= 2800; speed += 200)
{
    alternatorManualModel.SetRPMTToHerzs(speed);
    Thread.Sleep(2000);
    if (token.IsCancellationRequested || TestTask[0].IsCompleted)
    {
        alternatorManualModel.SetRPMTToHerzs(0);
        break;
    }
}
```

```
    }  
  }  
  alternatorManualModel.SetRPMToHerzs(0);  
  while (CFMDevice.RPMReal != 0) { Thread.Sleep(1); }  
  alternatorManualModel.Devices.CFMDevice.FULLStopCFM();  
  alternatorManualModel.Devices.CFMDevice.RunCFM();
```

- 2) очікуємо, поки генератор не перейде у фазу збудження:

```
while (alternatorManualModel.VariablesModel.BPlusVoltage < voltage)  
{  
    Thread.Sleep(1);  
}
```

- 3) розраховуємо усі необхідні параметри:

```
list.Add("start_speed", speed);  
list.Add("lamp_current_freerun", LampI);  
list.Add("motor_power_freerun", cfm_curr_out * _cfm_voltage_out);  
Thread.Sleep(2000);  
list.Add("voltage_setpoint", Voltage);  
list.Add("dc_current_freerun", Current);  
list.Add("ac_current_freerun", AlternateCurrent);  
list.Add("temperature_freerun", Temperature);
```

Висновки. Таким чином, в даній роботі представлено програмно-апаратний комплекс для діагностики генераторів змінного струму. Цей комплекс має у собі можливість зовнішнього керування генератором змінного струму, його силовими частинами та блоками керування. Завдяки отриманим параметрам можна оцінити які саме дефекти чи несправності мають місце в генераторі.

Список використаних джерел.

1. Устройство и принцип работы генератора [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <http://mlab.org.ua/articles/electric/59-electric-generator.html> – 12.10.2020 р.
2. Ветровые электростанции для дома и дачи. Преимущества и недостатки, виды и цены. [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://uaenergy.com.ua/post/32526/vetrovye-elektrostancii-dlya-doma-i-dachi> - 12.10.2020;
3. Что такое шина LIN [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://canhacker.ru/шина-lin/что-такое-шина-lin> - 12.10.2020.

ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ РЕВОЛЮЦІЇ В СИСТЕМІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

проф., д.т.н. Рубан І.В.¹, доц., к.т.н. Заволодько Г.Е.², доц., к.т.н. Свид І.В.¹

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікропроцесорних технологій і систем,

² Харківський національний університет «ХПІ»,
кафедра систем інформації,

e-mail: ann.zavolodko@gmail.com, iryna.svyd@nure.ua

Abstract. Methods of introduction and use of a new level of productivity in modern conditions of preparation of experts at the level of higher education are considered.

Вступ. Індустрія 4.0 вимальовується все чіткіше. Видно, що підприємства, здатні забезпечити принципово новий рівень продуктивності та конкурентоспроможності, і це потужний поштовх. Що стане можливим завдяки цифровим технологіям, які можуть обробляти величезні масиви даних і комплексно управляти виробництвом, – від проектування і виготовлення до логістики та технічної підтримки продукту.

Основна частина. Вже зараз змінюються вимоги до технічних професій, пов'язаних з промисловим виробництвом, переосмислюються завдання фахівців, яким належить працювати на «розумних» заводах або проводити наукові дослідження. Тому перед освітою, у цілому, і, зокрема, перед вищою освітою стоїть відповідальне завдання – дати майбутнім інженерам, технологам, конструкторам, проектувальникам досить глибокі знання і практичні навички в галузі новітніх технологій, щоб вони вступили в цифровий світ у всеозброєнні.

Проте, мета робототехніки – не замінить людей за допомогою процесів механізації та автоматизації задач, а знайти для машин способи допомагати людям і більш ефективно співпрацювати з ними. Роботи краще людини обробляють цифрові дані, піднімають важкі предмети і, в певних ситуаціях, рухаються з більшою точністю. Люди краще, ніж роботи, справляються з абстрактними завданнями, з тим, що вимагає узагальнення і творчого мислення, завдяки своїй здатності міркувати, згадувати схожі випадки з попереднього досвіду, а також завдяки дару уяви. Працюючи разом, роботи і люди можуть доповнити навички один одного і тим самим підвищити результативність своєї праці.

Основною причиною привабливості використання інноваційних рішень в автоматизації промислового виробництва стало суттєве зменшення витрат на переоснащення підприємств. зниження вартості робіт, комп'ютерних числових контролерів, апаратних засобів автоматизації (датчики, процесори), програмного забезпечення привело до

скорочення терміну окупності технологічного обладнання та інвестицій (рис. 1).

Знання, які визначаються сучасною тенденцією розвитку – впровадження комп'ютерних систем автоматики і управління у всіх галузях техніки та технологій, а саме промислового виробництва, транспорту, зв'язку, комунального господарства, енергетики. Фахівці повинні мати високий рівень комп'ютерної, електротехнічної та системотехнічної підготовки, здатні вирішувати задачі автоматизації діючого виробництва і створення нових систем автоматизації на базі інформаційних технологій. Об'єктами професійної діяльності в освіті є системи та пристрої управління, які реалізовані на мікропроцесорах та ЕОМ, електромеханічні системи автоматизації, автоматизовані технологічні системи, комп'ютеризовані адміністративні та соціальні системи, комп'ютерні мережі [1].

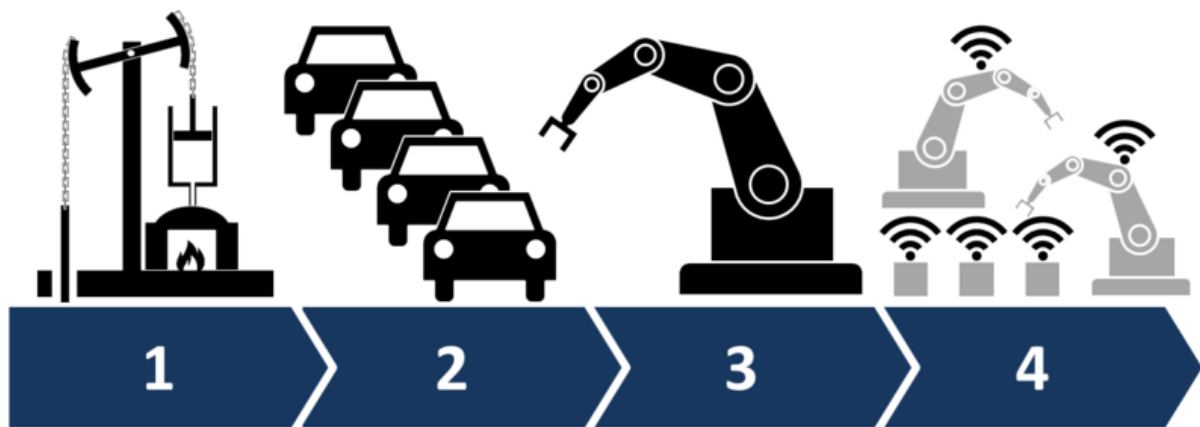


Рисунок 1 – Етапи індустріального розвитку

Майбутнє автоматизації – це вирішення побутових і виробничих проблем за допомогою сучасних технологій і систем управління. Першочергове завдання ЗВО – це підготовка конкурентоспроможних фахівців цього напрямку, тому дуже важливо вчасно адаптувати навчання фахівців, та модернізувати систему вищої освіти [2, 3].

Навчання – процес по передачі знань, умінь і навичок від викладача до здобувача вищої освіти. На сьогоднішній день виділяють очне, дистанційне і онлайн-навчання. Всі вони використовують інтерактивні засоби. Інтерактивне навчання – використання технічних засобів для організації спільної діяльності здобувачі вищої освіти і викладача з метою отримання знань, умінь і навичок. Дистанційне навчання – віддалене самостійне навчання здобувача вищої освіти з використанням технічних засобів. Функції викладача – перевірка робіт здобувача вищої освіти і комунікація з ним за допомогою форумів і чатів. Онлайн-навчання – віртуалізація очного навчання з використанням інтерактивних засобів [4].

В наслідок трансформації суспільства, у зв'язку з епідемією COVID 19, науковці та викладачі зараз знаходяться в умовах пошуку підходів модернізації освітнього процесу. На зміну класичній моделі навчання прийшли нові: дуальна, дистанційна, онлайн, змішана та інше [5].

Перспективним напрямом у дистанційній системі, яка використовує адитивні технології, є можливість під наглядом модератора та викладача, виконувати функції перевірки 3D-моделі та надсилання на друк. Здобувачі вищої освіти отримують не тільки уміння та знання передбачені навчальним планом, а ще додатково підвищують свої цифрові компетентності щодо технологій 4.0 (рис. 2).

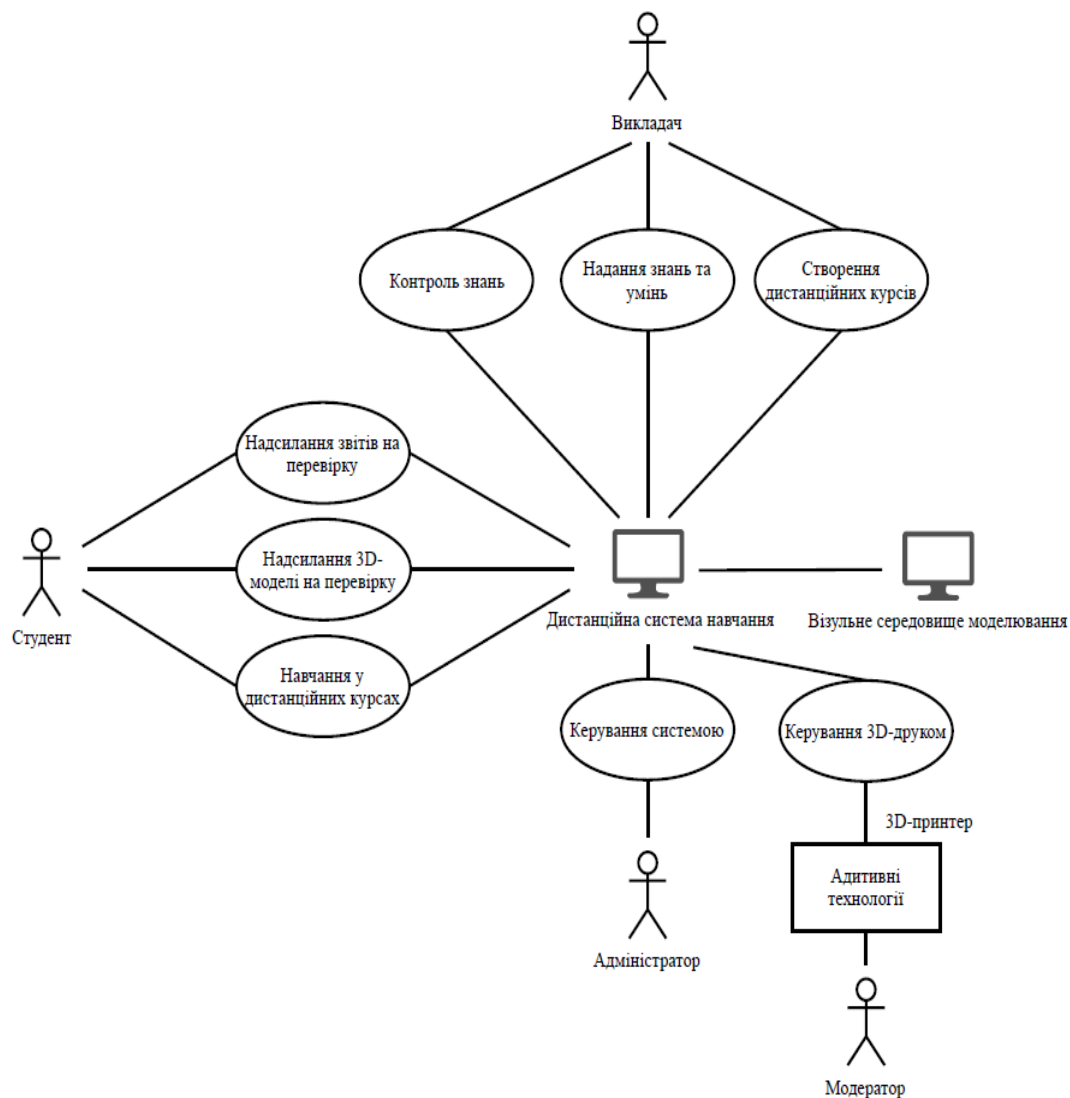


Рисунок 2 – Структурна схема взаємозв'язків об'єктів

Такий підхід дозволить використовувати сучасні засоби та технології Індустрії 4.0 у дистанційному навчанні [6, 7].

Здобувач вищої освіти буде мати змогу розробити та дистанційно надрукувати 3D-модель, а викладач її перевірити та оцінити, що забезпечує епідеміологічні умови, таким чином в умовах пандемії освітній процес не зупиниться, а буде проводитися з дотримання навчального графіку.

Висновки. Розвиток у здобувачів вищої освіти інноваційного мислення має стати пріоритетним завданням сучасної вищої освіти, а впровадження нових елементів у сучасному навчанні неминуче. І, враховуючи розвиток технологій 3D-друку, саме адитивні технології є найбільш перспективними для застосування візуалізації у викладацькій діяльності онлайн та змішаного типу.

Список використаних джерел.

1. Gibson I., Rosen D. W., Strucker B. Additive Manufacturing Technologies. Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer, 2010. 459 p.
2. ДСТУ 2481–94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. Чинний від 01.01.95.
3. Сюркало Б. І. Застосування адитивних технологій в освітній діяльності / Б. І. Сюркало, Я. М. Садикова // Економіка. Фінанси. Право. – 2017. – № 12(2). – С. 55-59
4. Заволодько Г. Е., Гайдар Н. К. 3D-технології в онлайн-освіті // Шляхи удосконалення професійних компетентностей фахівців в умовах сьогодення: І Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференція, 28-29 травня, 2020 р.
5. А. Джурило. Освіта після пандемії COVID-19: засвоєні уроки та майбутні перспективи. // IV Міжнародна наукова конференція Української асоціації дослідників освіти «Імплементация європейських стандартів в українські освітні дослідження», Дрогобич, Україна, 26 червня 2020 року. – Дрогобич: ТзОВ «Трек-ЛТД», 2020. – С. 51-52.
6. Hanna Zavolodko, Nataliia Haidar. 3D Printing in Online Education // II International Scientific and Practical Conference Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs (MC&FPGA), Kharkiv, Ukraine, 2020, pp. 53-54. doi: 10.35598/mcfpga.2020.017
7. H. Zavolodko and O. Kasilov, "Interactive Tools in Online Education", Digital Platform: Information Technologies in Sociocultural Sphere, vol. 3, no. 1, pp. 11-21, 2020. doi: 10.31866/2617-796x.3.1.2020.206094

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ РОЗПОДІЛЕНОГО КОМПЛЕКСУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

доцент, к.т.н. Свид І.В., аспірант Мальцев О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра мікропроцесорних технологій і систем,
e-mail: iryna.svyd@nure.ua

Abstract. The purpose and objectives of the project - saving thermal energy through the implementation of hardware and software complex of the control system of the distributed heat supply complex (SU RKTP), which implements the exchange of information with the system. This development corresponds to the action plan for the implementation of the Concept for the implementation of state policy in the field of heat supply.

Вступ. Заощадження теплової енергії шляхом впровадження апаратно-програмного комплексу системи управління розподіленим комплексом теплопостачання (СУ РКТП), у якому реалізується обмін інформацією з системою. Даний напрям відповідає плану заходів із впровадження Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання.

Основна частина. Одним з енергоємних споживачів енергоресурсів є системи централізованого та автономного теплопостачання.

Система централізованого теплопостачання, яка існує у Харкові, побудована відповідно до старої моделі. Діюча система централізованого теплопостачання орієнтована на виробництво теплоносія, а це означає, що постачання тепла здійснюється при сталій витраті, а температура теплопостачання повинно змінюватися залежно від зовнішньої температури. Системи тепло-споживання будинків під'єднані безпосередньо до системи центрального теплопостачання. Можливості регулювання температури у будинках сьогодні практично не існує через відсутність відповідного обладнання.

Свій внесок у втрату якості теплопостачання вносять втрати на транспортування теплоносія, які ще й змінюються у часі, через що, для підвищення енергоощадності, все частіше впроваджуються індивідуальні теплові пункти (ІТП) для кожного будинку. Але це не вирішує проблеми розподілу.

Фактично тепло розподіляється нераціонально. В одному випадку мешканці будинків зігріваються всіма можливими додатковими джерелами, тому що одержуваного тепла або недостатньо для прогріву, або немає взагалі. В іншому випадку – споживачі обігрівають навколишнє середовище, відчиняючи вікна, через те що тепла їм більше ніж достатньо. В обох випадках відбувається переплата за теплопостачання (рис. 1).

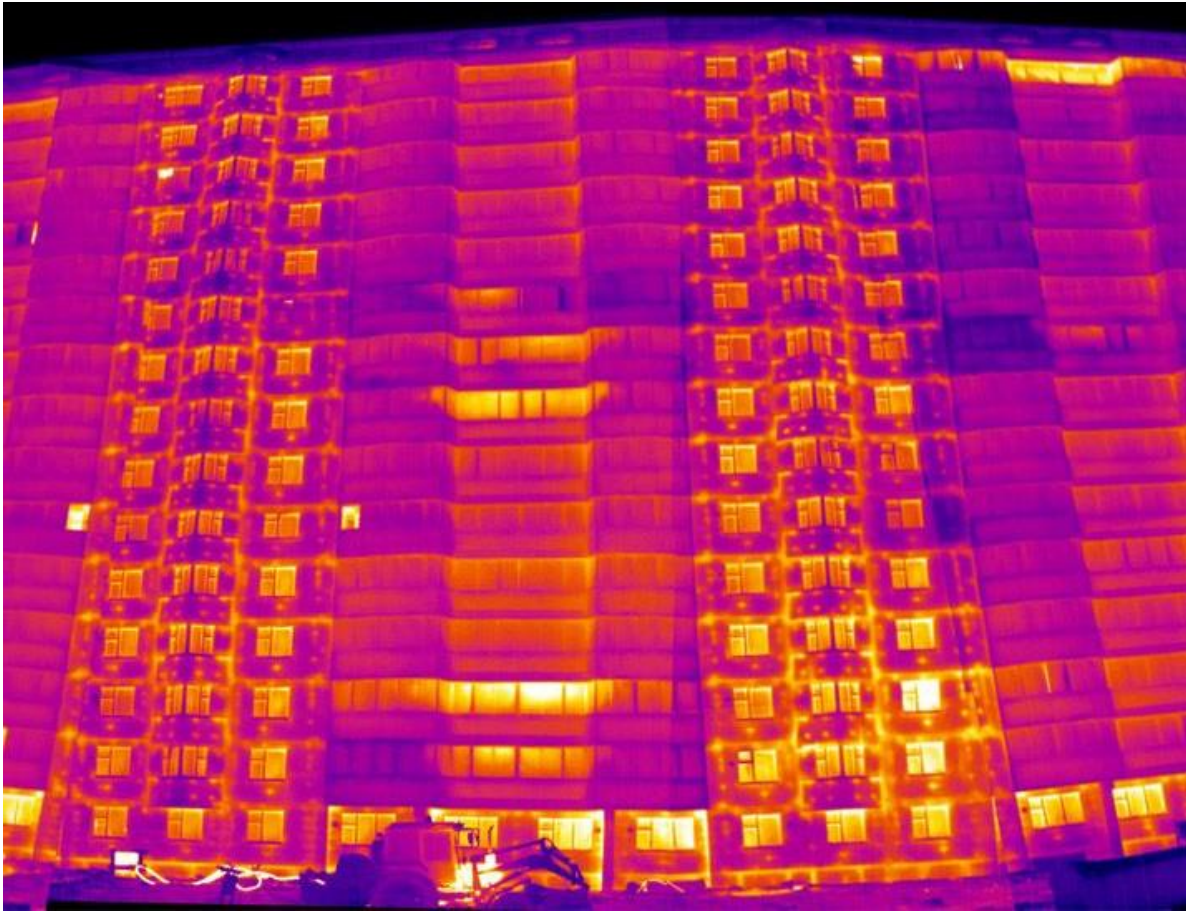


Рисунок 1 – Типова теплограма багатоквартирного будинку взимку.

Мешканці більшості будівель, обладнаних однотрубною системою опалення кожен зиму стикаються з проблемою нерівномірного прогріву квартир розташованих в різних частинах будівлі:

- батареї в перших квартирах, по ходу руху теплоносія, завжди гарячіше останніх;

- далекі від теплового пункту стояки завжди холодніше ближніх.

А нерівномірність прогріву в межах одного стояка пояснюється тим, що гарячий теплоносій проходячи послідовно через опалювальні прилади всіх поверхів поступово вихолоняє. Так, наприклад, при нижній подачі найвища температура теплоносія завжди буде на першому поверсі, а найменша на останньому.

Недогрів віддалених стояків пояснює горизонтальна розбалансованість, яка виникає через закони гідравліки, яка «змушує» воду йти по шляху найменшого опору, тобто в більшій мірі через ближні стояки.

Щоб усунути перегрів і недогрів стояків, необхідно зрівняти витрати теплоносія через них, тобто провести гідравлічне балансування системи опалення.

Для аналізу існуючої ситуації, необхідно встановити датчики температури біля кожного радіатора опалення, з передачею показників у спільну базу даних. Це дозволить проводити постійний моніторинг споживання тепла і виявляти неприпустимі режими.

Отже, впровадження системи управління розподіленим комплексом теплопостачання (СУ РКТП) є одним з засобів енергозберігаючих технологій, що не потребує великих інвестицій та значного часу монтажу.

Впровадження таких систем відповідає нормативним державним документам: «План заходів із впровадження Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання до 2020 року» розпорядження КМУ від 10 травня 2018 р. № 307-р; «Концепція реалізації державної політики у сфері реформування системи державного фінансового контролю до 2020 року» розпорядження КМУ від 10 травня 2018 р. № 310-р; «Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання» розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 569-р; «Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».

СУ РКТП можливо впроваджувати у багатоквартирних будинках та об'єктах державної власності, що дозволить ефективно використовувати теплову енергію.

Задля реалізації СУ РКТП необхідно провести наступні заходи: розробку структури системи управління розподіленим комплексом теплопостачання; моделювання окремих вузлів і елементів системи управління розподіленим комплексом теплопостачання; підготовку ТЗ на виготовлення окремих вузлів і елементів системи; створення апаратно-програмного блоку системи управління розподіленим комплексом теплопостачання; розробку програмного забезпечення апаратно-програмного блоку системи управління розподіленим комплексом теплопостачання; виготовлення вузлів збору та передавання інформації; створення дослідного зразка системи управління розподіленим комплексом теплопостачання; провести експериментальні дослідження системи управління розподіленим комплексом теплопостачання; виконати впровадження розробленої системи управління.

Висновки. Впровадження СУ РКТП, дозволяє більш заощадливо використовувати теплоносії, забезпечувати можливість комплексного (побудинкового, поповерхового, поблочного) управління теплопостачанням. СУ РКТП дозволяє проводити збір, обробку, аналіз інформації про використання теплоносія, що дозволяє налаштувати існуючу систему, а також керування системою теплопостачання у критичних та аварійних ситуаціях. Це можливо вже на перших етапах без капітальної переробки існуючої системи теплопостачання.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Б		М	
Бєлей Р.С.	23	Мальцев О.С.	58
Білоцерківець О.Г.	33	Мамонько Д.В.	36
Бойко Н.В.	45		
Бородін А.В.	12	Н	
Бунецька О.О.	20	Новоселов С.П.	6, 23
В		П	
Воргуль О.В.	33, 40, 45	Пятайкіна М.І.	16
Г		Р	
Горбенко Є.О.	16	Рубан І.В.	54
Є		С	
Єрохін Д.О.	20	Свид І.В.	30, 40, 45, 54, 58
З		Семенець В.В.	40
Заволодько Г.Е.	54	Серіков А.О.	33
Захарченко Д.О.	27	Сичова О.В.	6, 49
Зеленов Д.В.	49	Т	
Зубков О.В.	40, 45	Теслюк С.І.	36
І		Ч	
Ісаєва О.А.	30	Чумак В.С.	45
К			
Кальницька А.Ю.	20, 27		
Карнаушенко В.П.	12, 16		

ЗМІСТ

Програмний комітет конференції. Вітальне слово до 90-річчя з дня заснування харківського національного університету радіоелектроніки	4
Новоселов С.П., Сичова О.В. Програма керування маніпулятором робота марсохіда	6
Бородін А.В., Карнаушенко В.П. Нанороботичні маніпулятори в скануючій мікроскопії	12
Горбенко Є.О., Карнаушенко В.П., Пятайкіна М.І. Механічні та електричні вимірювання наноматеріалів засобами скануючої мікроскопії.....	16
Кальницька А.Ю., Бунецька О.О., Єрохін Д.О. Автоматизація сільського господарства за допомогою безпілотних літальних апаратів	20
Новоселов С.П., Белей Р.С. Аналіз загальних принципів побудови автоматизованих систем тестування стану технологічного обладнання	23
Кальницька А.Ю., Захарченко Д.О. Використання методології DevOps та хмарних технологій для підвищення рівня автоматизації інформаційних систем спортивних організацій	27
Ісаєва О.А., Свид І.В. Використання цифрової обробки сигналів у медицині.....	30
Воргуль О.В., Білоцерківець О.Г., Серіков А.О. Мікропроцесорні системи із підвищеним рівнем захисту від кіберзагроз на апаратному рівні	33
Теслюк С.І., Мамонько Д.В. Аналіз методики прокладення шляху мобільної платформи в невизначеному просторі.....	36
Семенець В.В., Свид І.В., Зубков О.В., Воргуль О.В. Методика розробки та впровадження освітньої компоненти щодо проектування пристроїв.....	40
Семенець В.В., Свид І.В., Зубков О.В., Воргуль О.В., Бойко Н.В., Чумак В.С. Методичні та технічні аспекти реалізації онлайн лабораторії з проектування пристроїв	45
Сичова О.В., Зеленов Д.В. Автоматична система діагностики генераторів змінного струму	49

Рубан І.В., Заволодько Г.Е., Свид І.В. <i>Шляхи впровадження тенденцій індустріальної революції в системі вищої освіти</i>	54
Свид І.В., Мальцев О.С. <i>Енергоефективний менеджмент розподіленого комплексу теплопостачання.....</i>	58

МАТЕРІАЛИ
II форуму
«Автоматизація, електроніка та робототехніка.
Стратегії розвитку та інноваційні технології»
до 90-річчя ХНУРЕ

Відповідальний за випуск:

Свид І.В.

Комп'ютерна верстка

Свид І.В.

Матеріали збірника публікуються в авторському варіанті
без редагування

ХНУРЕ 61166, Харків, просп. Науки, 14
