



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

*XVI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів,
аспірантів та молодих вчених*

"ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ"

16-17 травня 2023 р.
м. Київ, Україна

Збірник праць конференції



КИЇВ 2023

Загальною метою конференції є спілкування студентів та аспірантів з питань перспективних розробок, нових рішень в приладобудуванні. Збірка містить 79 статей за результатами наукових та практичних досліджень з актуальних проблем автоматизації та приладобудування. Розраховано на аспірантів та студентів старших курсів з фаху «Автоматизація та приладобудування» і «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка».

Адреса Оргкомітету конференції:
03056, Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 1, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Приладобудівний факультет, 1720.

Рекомендовано до публікації на засіданні Організаційного комітету конференції та Вченої Ради ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Відповідальний редактор – С.Л. Лакоза – к.т.н., доц.
В авторській редакції.

Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Погляд у майбутнє приладобудування”, 16-17 травня 2023р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 302 с.

Видано на замовлення Приладобудівного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

1. Тимчик Григорій Семенович — д.т.н., проф., декан ПБФ
2. Бурау Надія Іванівна — д.т.н., проф., зав. кафедри КІОНС
3. Колобродов Валентин Георгійович — д.т.н., проф. кафедри КІОНС
4. Безуглий Михайло Олександрович — д.т.н., проф., зав. кафедри ВП
5. Антонюк Віктор Степанович — д.т.н., проф. кафедри ВП
6. Киричук Юрій Володимирович — д.т.н., проф., зав. кафедри АСНК
7. Протасов Анатолій Георгійович — д.п.н., проф. кафедри АСНК
8. Єременко Володимир Станіславович — д.т.н., проф., зав. кафедри ІВТ
9. Защепкіна Наталія Миколаївна — д.т.н., проф. кафедри ІВТ
10. Туз Юліан Михайлович — д.т.н., проф. кафедри ІВТ

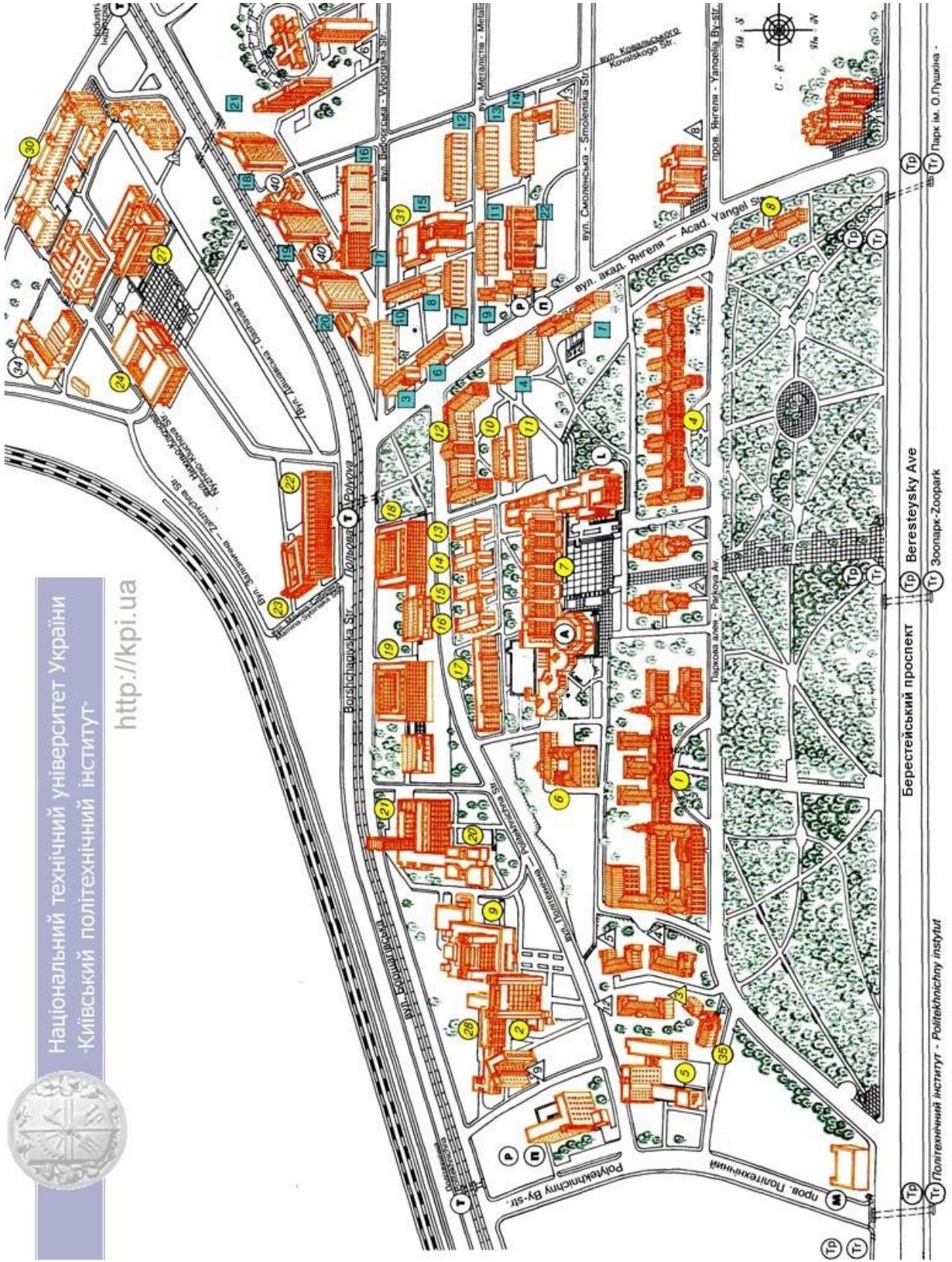
ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

1. Лакоза С.Л. — к.т.н., заст. декана ПБФ з навч.-вих. роботи, голова комітету.
2. Накорик В. В. — студентка ПБФ, заст. голови комітету, секція №1.
4. Омельчук В.В. — студент ПБФ, секція №2.
5. Матошин О.В. — студент ПБФ, секція №3.
6. Некрасова О.О. — студентка ПБФ, секція №4.
7. Шестак О.А. — студентка ПБФ, секція №5.
8. Венчківська А.В. — студентка ПБФ, секція №6.



Національний технічний університет України
-Київський політехнічний інститут-

<http://kpi.ua>



З М І С Т

СЕКЦІЯ 1. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ І КЕРУВАННЯ

<i>Є.О. Золотарьов, студ. гр. ПГ-21ф</i> МЕТОДИ ПЕРЕДАЧІ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РУХ БЕЗПЛОТНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ	12
<i>К.О. Казьмірук, студ. гр. ПГ-91, к. т. н., доц. Мироненко П.С.</i> ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ СИМВОЛІВ	15
<i>К.Е. Молла, студ. гр. ПГ-91</i> ПОРІВНЯЛЬНИЙ ОГЛЯД РЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	19
<i>В.В. Накорик, студ. гр. ПГ-21мп, к.т.н., доц. Цибульник С.О.</i> ВИКОРИСТАННЯ ПРОТОТИПУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	22
<i>А. О. Орловський, А. І. Ухань, ст. гр. ПГ-п01, к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.</i> МЕТЕОСТАНЦІЯ	25
<i>А.В. Осовцев, аспірант гр. ПГ-21ф</i> КЛАСИФІКАЦІЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	29
<i>Б.В. Суржок, студ. гр. ПГ-п01, к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.</i> АНЕМОМЕТР	33

СЕКЦІЯ 2. ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

<i>І.О. Бутулай, студ. гр. ПГ-21мп</i> ДЗЕРКАЛЬНО-ЛІНЗОВИЙ ОБ'ЄКТИВ ФОРМАТУ CUBESAT 1U ДЛЯ БЛИЖНЬОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ	38
<i>Р.О. Вихристюк, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Боровицький В.М.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗІНИЦІ ОКА ЛЮДИНИ	42
<i>Д. О. Гапонов, студ. гр. ПМ-91, доц., к.т.н. Литвиненко П. Л.</i> ФОТОМЕТРИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ	45
<i>О. І. Главацький, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.</i> ОГЛЯД НОВІТНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ З БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	48
<i>В.О. Голик, студ. гр. ПО-91, д.т.н., проф. В.Г. Колобродов</i> ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ З ПОЛЯРИМЕТРИЧНОЇ ІНФРАЧЕРВОНОЇ КАМЕРИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МІН: ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТА АЛГОРИТМИ	52
<i>Д.М. Лавренюк, студ. гр. ПО-91, к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.</i> АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЄКЦІЙНОГО ОБ'ЄКТИВА ДЛЯ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ	56
<i>О.П. Невмержицький, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., професор. Чиж І.Г.</i> ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПЕРИСКОПІВ З ВІДЕОФІКСАЦІЄЮ	60

<i>А.Л. Романчук, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Чиж І.Г.</i> ШОЛОМНИЙ КОЛІМАТОР АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОЛЬОТОМ	64
<i>О. В. Ульянов, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Колобродов В.Г.</i> ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ПОЛЯРИМЕТРИЧНОГО ТЕПЛОВІЗОРА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПЛОТНИКІВ	68
<i>В.І. Юрчак, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ТА ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ ЛІНГВІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ (LLM) В КОНТЕКСТІ ОПТИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ	71
<i>А.О. Яценко, студ. гр. ПО-91, к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.</i> СИНТЕЗ ЧОТИРИЛІНЗОВОГО ОБ'ЄКТИВА ДЛЯ ДОВГОХВИЛЬОВОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ	75

СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

<i>О. V. Oksiutenko, student of group PB-91; assoc. prof. Stelmakh N.V.</i> DESIGN OF THE STRUCTURE DIAGRAM OF THE PORTABLE EMG DEVICE	80
<i>Д.В. Бондарєв, аспірант гр. ПА-01ф</i> ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ФОТОМЕТРОМ 3 ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ	83
<i>І.О. Здовбицький, студ. гр. ПБ-21ф</i> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОЇ ОПТИКИ В БІОМЕДИЧНІЙ МІКРОСКОПІЇ.....	86
<i>О. С. Кравченко, студ. гр. ПБ-11мн, к.т.н., доц. Філіппова М. В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА	90
<i>П.К. Криницький, студ. гр. ПБ-92, ст. наук. сп., к. т. н., Клочко Т.Р.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МОДУЛЮ GY-521 У БІОНІЧНОМУ ПРОТЕЗУВАННІ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ.....	94
<i>А.П. Ківенко, студ. гр. ПБ-02, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.</i> АВТОМАТИЗОВАНИЙ ДОЗАТОР ЛІКІВ З УЛЬТРАЗВУКОВИМ ЗРОШЕННЯМ ТКАНИН	97
<i>А.В. Лєдєєв, студ. гр. ПБ-21мп, к.т.н, доц. Барандич К.С.</i> ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ	101
<i>О.В. Матошин, студ. гр. ПБ-21мн</i> ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗЩАРУВАННЯ ПОВЕРХНІ ОТВОРУ ПРИ СВЕРДЛІННІ ВУГЛЕПЛАСТИКУ	105
<i>Д.К. Подсевак, студ. гр. ПБ-з21мп</i> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ УЛЬТРАЗВУКОВОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО БІОМЕДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ З БІОСЕРЕДОВИЩЕМ 110	
<i>Д.М. Покрова, студ. гр. ПБ-91, асист. Волошко О.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ.....	114

<i>С.О. Полуектов, студ. гр.ПБ-11мн</i> АЛГОРИТМІЗАЦІЯ БАГАТОВЕКТОРНОГО ТРАСУВАННЯ В ЕЛІПСОЇДАЛЬНИХ РЕФЛЕКТОРАХ	117
<i>Д.М. Проскурєнко, аспірант гр. ПБ-21ф</i> АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ КАЛІБРУВАННЯ РЕЗЕРВУАРІВ СТАЛЕВИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ	120
<i>Ю. Д. Радченко, студ. гр. ПБ-21мп, к.т.н., доц. Вислоух С. П.</i> ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ.....	123
<i>О. В. Ромодан, студ. гр. ПБ-з21мп</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ НАНОПОРИСТОЇ МІДІ ІЗ ЗАГАРТОВАНИХ CU-ZN СПЛАВІВ	126
<i>I.E. Rudkovskiy, student of group PB-91</i> DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CONVERSION OF BIOELECTRIC ANALOG SIGNAL TO DIGITAL.....	130
<i>V.V. Storozhenko, student of group PB-91; assoc. prof. Stelmakh N.V.</i> ALGORITHM FOR MEASURING BIOELECTRIC POTENTIALS OF RESIDUAL MUSCLE ACTIVITY IN THE EMG DEVICE	133
<i>В.В. Терещенко, студ. гр. ПБ-21мп, к.т.н., ст. викл. Вонсевич К.П.</i> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСОВИХ І ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ. 137	
<i>О.В. Третьяк, аспірант гр. ПБ-21ф</i> ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КАЛІБРУВАННЯ ДЛЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ РЕЗЕРВУАРІВ	141
<i>А.Л. Шмиголь, студ. гр. ПБ-12, В.О. Франчук, студ. гр. ПБ-12, к.т.н, ст. викл. Вонсевич К.П.</i> РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДУЛЯ ВИМІРЮВАННЯ FORCE-МІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ БІОНІЧНОГО ПРОТЕЗУ	145
<i>В.В. Шалімов, студ. гр. ПБ-02, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.</i> СПОСІБ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОНИКНЕННЯ ЛІКІВ В БІОЛОГІЧНУ ТКАНИНУ	149
<i>М.С. Щур, студ. гр. ПБ-21мп</i> РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДУЛЮ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ СИСТЕМИ БІОНІЧНОГО ПРОТЕЗУ	153

СЕКЦІЯ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ, РОБОТОТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ INDUSTRY

4.0

<i>І.О. Довбиш, студ. гр. ПК-11, к.т.н., Муравйов О.В.</i> ЗАЛЕЖНІСТЬ АРХІТЕКТУРИ РОЮ ВІД РІВНЯ АВТОНОМНОСТІ БПЛА	158
<i>Д.С. Малащенко, студ. гр. ПМ-91, д.т.н., проф. Киричук Ю.В.</i> ОСВІТЛЕННЯ ОСЕЛЬ МАЙБУТНЬОГО	162
<i>М.В. Медвідь, студ. гр. ПМ – п01, к.т.н., доц. Писарець А. В.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ РОЗПОДІЛУ ВАГИ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ	166

М.Ю. Підбуцький, студ. гр. ПМ-91, д.т.н., проф. Черепанська І.Ю.
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО
СОРТУВАННЯ ПЛОДІВ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР 169

СЕКЦІЯ 5. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

М.О. Fediushkin, student gr. МТ-20-1, p.h.d., doc. Krynytskyi O.S.
DEVELOPMENT OF A MEASURING SYSTEM FOR MONITORING THE ELECTRIC
FIELD STRENGTH..... 174

В.В. Андреев, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц. Самарцев Ю.М.
ОГЛЯД ДАТЧИКІВ ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ 178

В.І. Артемчук, аспірантка гр. ПІ-11ф, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.
БЕЗКОНТАКТНИЙ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ
ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕКСТИЛЬНИХ ПОЛОТЕН 182

А.В. Бачинський, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., ст. викл. Года О. Ю.
СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ
ПРОМИСЛОВОЇ (ВИРОБНИЧОЇ) БУДІВЛІ 185

В.І. Гмиря, студ. гр. ПА-91, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ ПАРИ ТА ВОДИ В
ТРУБОПРОВОДАХ 189

В.Д. Дащенко, аспірант гр. ПІ-21ф, д.т.н., Барилко С.В.
СУЧАСНИЙ СТАН МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ЩІЛЬНОСТІ
МАТЕРІАЛІВ З ОДНОРІДНОЮ СТРУКТУРОЮ..... 193

Д.В. Дуваров, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., ст. викл. Года О. Ю.
МОНІТОРИНГ СИСТЕМ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ДЛЯ ТЕПЛИЦЬ 196

В.В. Калюжна, аспірантка гр. ПІ-11ф
ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ УЛЬТРАЗВУКОВИМИ (АКУСТИЧНИМИ)
МЕТОДАМИ..... 199

К. О. Кравченко, студ. гр. ПА-91
МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ ПАРАМЕТРІВ
ЗВУКОВОГО ПОЛЯ 203

Д.Є. Куліков, студ. гр. ПА-91, к.т.н., доц. Богомазов С.А.
МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ
ОТОЧУЮЧОГО ПОВІТРЯ 206

В.В. Куліченко, студ. гр. ПІ-21мп, д.т.н., проф. Володарський Є.Т.
ВПЛИВ ПОХИБКИ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ВІДПОВІДНОСТІ ЗА КОНТРОЛЬНИМИ
КАРТАМИ 210

А.О. Малохатько, студ. гр. ПН-01, к.т.н., доц. Божко К.М.
АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНА ХАРАКТЕРИСТИКА МУЛЬТИВІБРАТОРА НА
ЕЛЕМЕНТАХ ЛОГІКИ CMOS 213

О.М. Матяш, аспірант гр. ПІ-11ф, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОХОДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ЧЕРЕЗ
ПОЛІМЕРНЕ ПОКРИТТЯ НА МЕТАЛЕВІЙ ПЛАСТИНЦІ..... 217

Є.В. Михайлов, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., доц. Синиця В.І.
МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРІОДОГРАМНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ 220

<i>А.А. Наумовський, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц. Богомазов С.А.</i> ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ	223
<i>А.І. Ніколаєв, гр. ПН-п01, П.С. Волковий, гр. ПІ-21ф, д.т.н. Барилко С.В.</i> ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ УЛЬТРАЗВУКОВИМ БЕЗКОНТАКТНИМ МЕТОДОМ.....	226
<i>Ю.В. Носова, студ. гр. ПН-91, О.В. Однорог, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц. Божко К.М.</i> НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМИ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ТИПУ AGM	230
<i>Б.Є. Опря, студ. гр. ПВ-91</i> ОГЛЯД СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ.....	234
<i>А.С. Павлюченко, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н. Щербань А.П.</i> МЕТОДИ ОЦІНКИ СТРЕСУ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ	237
<i>М.В. Петров, студ. гр. ПН-п01</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОСТІ В ТЕКСТИЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛАХ УЛЬТРАЗВУКОВИМ БЕЗКОНТАКТНИМ МЕТОДОМ.....	240
<i>Р.О. Потієнко, студ. гр. ПІ-21, к.т.н, доц. Шумков Ю.С.</i> ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОЇ АНОМАЛІЇ. 244	
<i>М. Р. Пукіш, студ. гр. ПН-91, ст. викл. Таранов В.В.</i> ОПТИЧНИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КАЛАМУТНОСТІ	248
<i>І.І. Ревуцький, студ. гр. ПІ-12, к.т.н., ст. викл. Морозова М.М.</i> ДАТЧИКИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ У АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ. 251	
<i>А.Ю. Романенко, студ. гр. ПІ-21мп</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ В РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ.....	254
<i>А.В. Шлюсарчук, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., Козир О.В.</i> СИСТЕМА ВІБРАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОНСТРУКЦІЙНИХ СПОРУД	258
<i>Р.С. Теличко, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., доц. Синиця В.І.</i> КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ПОДІЙ В ОСЦИЛОГРАМАХ	261
<i>Д.С. Шаповалов, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., ст. викл. Щербань А.П.</i> ПРИНЦИПИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	265
<i>О.А. Шестак, студ. гр. ПІ-21, к.т.н., Козир О.В.</i> ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТІВ КОНТРОЛЬНИХ ЛІНІЙ КАРТ ШУХАРТА ВІД ВЕЛИЧИНИ ВИБІРКИ	268
<i>А.О. Шклярський, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.</i> РОЗРОБКА РОЗУМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ.....	272
<i>К.А. Шолудько, студ. гр. ПІ-21мп</i> УЛЬТРАЗВУКОВИЙ КОНТРОЛЬ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНІ ВОДИ.....	276
<i>М.О. Яцюк, студ., гр. МТ-21-1 К, к.т.н., доц. Чуйко М.М.</i> СИСТЕМА ОХОРОНИ АВТОМОБІЛЯ З БЛОКУВАННЯМ ДВИГУНА	279

СЕКЦІЯ 6. НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ТЕХНІЧНА ТА МЕДИЧНА ДІАГНОСТИКА

<i>О.С. Акуленко, студ. гр. ПК-91, к.т.н., ст. викл. Лисенко Ю.Ю.</i> ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКА MLX90614ESF У СКЛАДІ СМАРТ-ПРОМЕТРА.....	284
<i>В.В. Крецул, студ. гр. ПК-91, доктор філософії Момот А.С.</i> АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДЕТЕКТУВАННЯ ДЕФЕКТІВ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ.....	287
<i>В.П. Малько, студ. гр. ПК-11мн, д.т.н., проф. Куц Ю.В.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ФАЗОВОГО МЕТОДУ КООРДИНАТНОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ	291
<i>Н.О. Півень, студ. гр. ПК-91, к.т.н., доц. Богдан Г.А.</i> ПОРТАТИВНИЙ РАДІОМЕТР	295
<i>І.О. Пітух, студ. гр. ПК-91, к.т.н., доц. Богдан Г.А.</i> УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ТОВЩИНОМІР ІЗ МОЖЛИВІСТЮ СИНХРОНІЗАЦІЇ З ПРИСТРОЄМ НА БАЗІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ “ANDROID”	299

Секція 1.

Комп'ютерно-інтегровані технології та системи навігації і керування

УДК 531.383

Є.О. Золотарьов, студ. гр. ПГ-21ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТОДИ ПЕРЕДАЧІ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО РУХ БЕЗПІЛОТНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТУ

Анотація. У даній статті приведений огляд методів передачі-прийому інформації та системи візуалізації даних для безпілотного підводного апарату.

Ключові слова: безпілотний підводний апарат, система візуалізації, системи передачі та прийому даних.

ВСТУП

В останні роки робототехніка для підводного середовища стала більш актуальною, і одним з головних завдань є забезпечення ефективної комунікації між людиною та безпілотним підводним апаратом (БПА). Для передачі інформації про рух БПА можна використовувати різні методи, залежно від потреб користувача, особливостей водного середовища та можливостей самого БПА. Через те, що електромагнітні сигнали, такі як радіохвилі, швидко приглушуються у воді, практично неможливо досягнути практичної комунікації на великих відстанях без використання дуже потужного передавача. Це неприйнятно для безпілотних підводних апаратів, тому безпроводна підводна комунікація використовує інші технології, включаючи кабельні, акустичні, оптичні та магнітні індукції.

Візуалізація інформації про рух БПА це окремий напрямок досліджень. Огляд наявних рішень дозволить забезпечити більш точні та швидкі системи візуалізації руху БПА. Використання технологій віртуальної та доповненої реальності допоможе в створенні тренажерів та симуляторів руху БПА, що дозволить проводити ефективні та безпечні тренування операторів та технічного персоналу. Розробка нових пристроїв та систем збору та аналізу даних про рух безпілотних підводних об'єктів дозволить проводити комплексний моніторинг та діагностику їхньої роботи.

Основною метою роботи є огляд можливих методів та засобів передачі інформації між БПА та людиною.

МЕТОДИ ПЕРЕДАЧІ ТА ПРИЙОМУ ДАНИХ

Кабельні системи зв'язку [1] є однією з основних технологій передачі даних для БПА. Ці системи використовують кабелі для передачі сигналів між БПА та командним центром на березі або між різними БПА. Оскільки кабелі можуть передавати великі обсяги даних з високою швидкістю та мінімальними затримками, вони є більш надійними та безпечними в порівнянні з бездротовими методами зв'язку. Крім того, вони не піддаються електромагнітним перешкодам та не впливають на інші пристрої зв'язку, що може бути важливим у військових застосуваннях. Однак кабельні системи мають свої обмеження. Найважливішим є обмежена довжина кабелів, що може обмежувати діапазон руху БПА. Крім того, кабелі можуть бути пошкоджені або обмежені при зануренні до великих глибин, що може вимагати додаткових заходів захисту та ремонту. Загалом, кабельні системи зв'язку є ефективним методом забезпечення зв'язку для БПА,

особливо в застосуваннях з обмеженим діапазоном руху та вимогами до надійності та безпеки.

Акустичні методи зв'язку з безпілотними підводними апаратами включають використання акустичних модемів для передачі даних через воду. Акустичний модем – це пристрій, який використовує звукові хвилі для передачі даних від апарату до контролюючого центру. Розповсюдження акустичних хвиль є ефективним на середніх та невеликих відстанях (1-10 км), тому що акустичні хвилі погано поширюються в глибоких водах на великих відстанях і вимагають великої потужності передавача. Хоча акустичний зв'язок на даний момент є найбільш життєздатною формою підводного зв'язку і може досягти практичної дальності, він також має певні недоліки та обмеження. Акустичні лінії зв'язку мають великі часові затримки прийому (0,2 с при відстані в 300 м) у зв'язку з тим, що швидкість звуку у воді у багато тисяч разів нижча за швидкість електромагнітних хвиль у повітрі, а також мають низьку пропускну здатність, що обмежує кількість інформації, яку можна надіслати [2].

Відомо, що високошвидкісний підводний оптичний зв'язок є передовою технологією з великим потенціалом застосування в різних середовищах, включаючи глибокі моря і прибережні води. Останнє десятиліття спостерігається відродження інтересу до підводних оптичних каналів зв'язку, що пов'язано з швидким розвитком технологій, зокрема в синьо-зелених діапазонах хвиль. Морська вода має "вікно" зниженого поглинання в області синьо-зеленого спектра, де можна використовувати стандартні світлодіоди (LED) або лазерні джерела світла та фотодетектори. Хоча оптичний зв'язок має багато переваг, його використання для бездротових підводних систем також має свої недоліки. Продуктивність оптичних каналів обмежена оптичними властивостями середовища, зокрема поглинанням і розсіюванням [3].

СИСТЕМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РУХУ

Візуальне сприйняття руху оператором БПА є основою для успішних підводних операцій. У класі безпілотних літальних апаратів візуалізація є добре розвинутою, однак водне середовище створює проблеми для передачі даних. Крім того, при переході на міні- або мікро- розміри БПА одразу виникає ряд проблем, пов'язаних з їх функціональними елементами та характеристиками. Це унеможливорює встановлення відповідних датчиків, що важливо для їх ефективної роботи під час виконання місій. Тому виникає проблема створення такої системи візуалізації, яка забезпечує комплексне вирішення завдань орієнтації, навігації та прийому-передачі інформації для безпілотного підводного апарату класу міні- або мікро-. Приклад застосування системи візуалізації руху, складової програмного забезпечення QgroundControl наведено в роботі [4]. В цій системі використовується апаратна частина Pixhawk та програмне забезпечення Ardupilot, яке реалізовано в окремому модулі блоку керування БПА, зв'язок забезпечується на основі протоколу MAVLink. Проведені випробування показали потенційну можливість забезпечити зв'язок та візуалізацію руху апаратів. Але для передачі даних використовується кабель-торос, що обмежує можливість автономного використання БПА, а використання

Low-cost датчиків для вирішення задачі навігації також накладає обмеження на час можливої автономної роботи БПА.

ВИСНОВОК

У даній роботі розглянуто основні методи передачі та прийому даних БПА, їх переваги та недоліки. Як показує аналіз, перспективними напрямком є використання комбінованої методики (акусто-оптичної) прийому та передачі даних. Обґрунтовано необхідність системи візуалізації даних для БПА, та проаналізовано приклад такої системи. В майбутньому передбачається розробка комплексу технічних засобів візуалізації руху та прийому-передачі інформації для автономних БПА класу міні та мікро.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Блінцов, О. В. "Концепція створення багатоцільових прив'язних підводних систем з централізованим інформаційним обміном." Восточно-европейский журнал передовых технологий 6.9 (66) (2013): 31-35.
- [2]Annalakshmi, G. "Underwater Acoustic Modem-Challenges, Technology and Applications-A Review Survey." Oceanography & Fisheries Open Access Journal 2.3 (2017): 60-69.
- [3]Leon, Pierre, et al. "A new underwater optical modem based on highly sensitive Silicon Photomultipliers." OCEANS 2017-Aberdeen. IEEE, 2017.
- [4]Luo, Zongtong, Xianbo Xiang, and Qin Zhang. "Autopilot system of remotely operated vehicle based on Ardupilot." Intelligent Robotics and Applications: 12th International Conference, ICIRA 2019, Shenyang, China, August 8–11, 2019, Proceedings, Part III 12. Springer International Publishing, 2019.

Наук. керівник – д.т.н., проф., Бурау Н.І.

УДК 004.8

К.О. Казьмірук, студ. гр. ПГ-91, к. т. н., доц. Мироненко П.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ В СИСТЕМАХ РОЗПІЗНАВАННЯ СИМВОЛІВ

Анотація. В роботі розглянуто використання штучного інтелекту в різних галузях. Оптичне розпізнавання символів, яке дозволяє автоматично витягти значення символів та слів з зображень документів. Відстежування об'єктів за допомогою камери

Ключові слова: Аналіз зображень, пошук документів, попередня обробка, індексування документів, виявлення об'єктів, відстеження об'єктів, глибоке навчання, комп'ютерний зір

ВСТУП ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ (ШІ)

Штучний інтелект є галуззю комп'ютерних наук, що зосереджується на створенні імітації інтелекту та когнітивних функцій у комп'ютерних системах. Він включає в себе розробку алгоритмів та моделей, які дозволяють комп'ютерам аналізувати, розуміти та виконувати складні завдання, які зазвичай пов'язані з людським інтелектом.

Штучний інтелект знаходить своє застосування в багатьох галузях, включаючи:

1. Медицина: ШІ може бути використаний для діагностики і прогнозування хвороб, аналізу медичних зображень та допомоги в розробці нових лікарських препаратів.
2. Автономні транспортні засоби: ШІ використовується для розробки систем автопілотування та управління транспортними засобами, зокрема автомобілями, дронами та роботами.
3. Фінанси: ШІ використовується для прогнозування ринків, автоматизації фінансових операцій та розробки інтелектуальних фінансових портфелів.
4. Електронна комерція: ШІ допомагає у персоналізації пропозицій, рекомендацій покупцям, обробці великих обсягів даних та автоматизації процесів продажу.
5. Розваги: ШІ використовується в іграх, віртуальній реальності, розпізнаванні голосу та образів, що дозволяє створювати більш реалістичний досвід для користувачів.

Майбутні програми навчання повинні зосередитися на тому, як працювати зі штучним інтелектом на роботі, бути більш спеціалізованими та настроєними на конкретний контекст. [1]

ОГЛЯД ПРО ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ЙОГО ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Штучний інтелект має свої переваги, такі як здатність до швидкої обробки великих обсягів даних та виконання складних обчислювальних завдань. Він може автоматизувати повторювані рутинні процеси, що дозволяє звільнити людей від монотонної роботи і сконцентрувати їхню увагу на більш творчих та стратегічних завданнях. ШІ також може забезпечити точність та надійність в прийнятті рішень, оскільки воно не схильне до емоційних чинників.

Однак, існують і недоліки штучного інтелекту, які потрібно враховувати. Перш за все, складність розробки і впровадження систем ШІ може бути високою,

вимагаючи значних зусиль у розробці алгоритмів, зборі та анотуванні даних та тренуванні моделей. Також, можуть виникати етичні та проблеми приватності, пов'язані з використанням штучного інтелекту, наприклад, збір та використання особистих даних.

Інший недолік полягає у тому, що деякі завдання, які люди виконують з легкістю, можуть бути складними для систем ШІ. Наприклад, розуміння тонкостей мови, розпізнавання образів у складних контекстах або виявлення субконтекстів можуть бути викликом для існуючих систем ШІ.

У кінцевому рахунку, штучний інтелект є потужним інструментом з безліччю можливостей, але його успішне використання вимагає збалансованого підходу, урахування етичних аспектів та врахування потенційних викликів та обмежень.

ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРУ ОЗНАК ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ.

Однією з ключових проблем у сфері відеоспостереження є ефективно виявлення та відстеження людей у реальному часі. З метою поліпшення цього процесу, була розроблена система відстежування людей в режимі реального часу з використанням кількох камер (рисунок 1).

Загалом, ймовірні підходи до відстеження об'єктів намагаються оцінити поточний стан або розташування об'єкта на основі історії попередніх станів. Одним із таких методів є фільтр Калмана (див. рисунок 2).

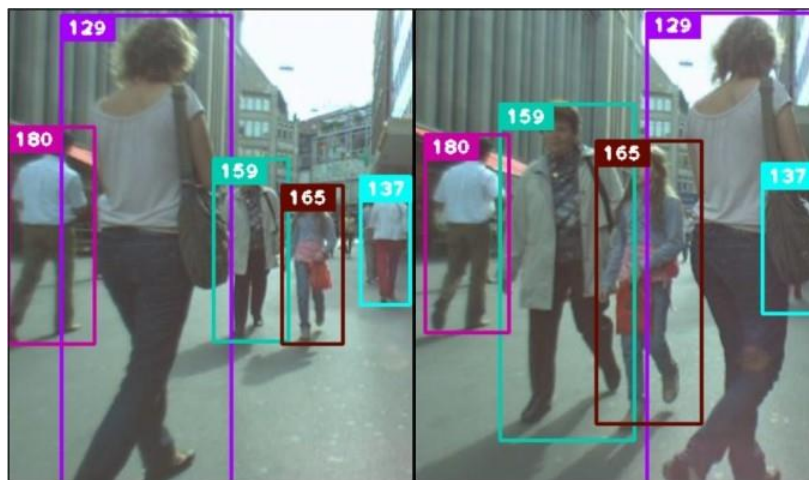


Рисунок 1. Приклад роботи відстеження об'єктів. Ідентифікатори сходяться на обох фотографіях [2]

Цей алгоритм складається з двох рекурсивних кроків: передбачення та оновлення (рисунок 2).

На кроці передбачення фільтр Калмана оцінює новий стан відстежуваного об'єкта, використовуючи інформацію про попередній стан. На кроці оновлення фільтр зчитує нові спостереження шуму для оновлення ймовірності розподілу станів перед наступним кроком передбачення. Таким чином, фільтр Калмана будує модель системи, яка максимізує ймовірність попередніх вимірювань. В основі алгоритму лежать припущення, що стани об'єкта та шум, якими вони підлягають, розподілені нормально, а система має лінійний характер, тобто

кожний стан може бути представлений матрицею, помноженою на попередній стан. [2]

Фільтр Калмана є потужним інструментом для оцінки стану системи. Він забезпечує баланс між точністю та обчислювальною ефективністю, що робить його важливим інструментом у багатьох областях, включаючи автоматичне відстеження об'єктів. Він має свої недоліки, якщо система має нелінійну динаміку або шум не відповідає нормальному розподілу, тоді можуть виникнути неточності в оцінках.

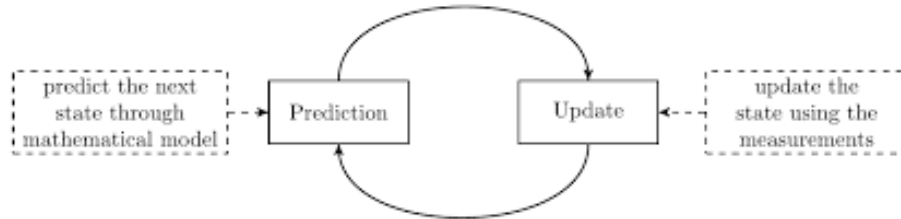


Рисунок 2. Фільтр Калмана

ВИКОРИСТАННЯ ШІ В ОБРОБЦІ ДОКУМЕНТІВ

ШІ допомагає автоматизувати та поліпшити процеси обробки документів, забезпечуючи ефективнішу та точнішу роботу з інформацією.

Основні напрямки використання ШІ в обробці документів включають:

1. Розпізнавання тексту (OCR): ШІ системи здатні розпізнавати текст на зображеннях або сканах документів, що дозволяє автоматично витягувати текстову інформацію з документів та виконувати подальшу обробку або аналіз.
2. Класифікація та категоризація документів: ШІ може використовуватись для автоматичної класифікації документів за їх типом, темою або іншими критеріями. Це допомагає в організації та пошуку документів за потребою.
3. Екстракція інформації: ШІ може витягувати структуровану інформацію з документів, таку як дати, імена, адреси тощо. Це дозволяє автоматично заповнювати бази даних, створювати резюме або виконувати інші завдання, пов'язані з обробкою даних.

OSR може бути корисним у випадках, коли наявні обмежені ресурси для збору великого набору навчальних даних, але все ж бажано використовувати модель машинного навчання для розв'язання задачі регресії. Використовуючи OSR, можна покращити прогностичні можливості моделі, навчивши її на обмеженому числі прикладів.

Бінаризація та попередня обробка: Для виділення переднього плану та заднього плану інформації документоване зображення піддається бінаризації. (рисунок 3) У цьому кроці захоплений документ перетворюється на пікселі з рівнем інтенсивності 1 або 0. Попередня обробка включає позбавлення зображення від шуму, сегментації та перетворення зображення в потрібну форму для подальшої обробки. Шум у зображенні документа може виникати з багатьох джерел, включаючи зношення, фотокопіювання або під час захоплення даних.

Процес сегментації здійснюється для виділення текстових та графічних компонентів документа.

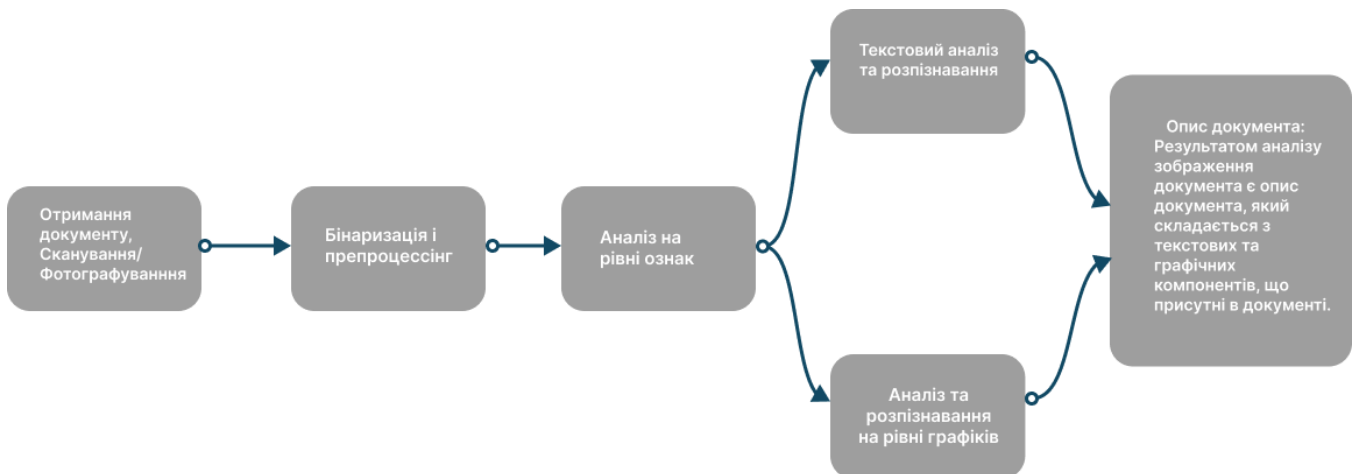


Рисунок 3. Кроки в аналізі документа [3]

Аналіз та розпізнавання тексту на рівні тексту: У текстових документах застосовуються два основних типи аналізу. Перший - оптичне розпізнавання символів (OCR) для витягування значення символів та слів з зображень документів. Другий метод - аналіз макету сторінки для визначення форматування тексту на зображенні документа, що включає текстові блоки різної функціональності, заголовки, нижні колонтитули, заголовки, підзаголовки та інші елементи. [3]

ВИСНОВОК

Загалом, штучний інтелект вносить значний внесок у різні аспекти нашого життя, сприяючи ефективності, інноваціям та поліпшенню якості життя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] « Training opportunities of artificial intelligence (AI) in radiology: a systematic review » <https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-020-07621-y>
- [2] « Real Time Multiple Camera Person Detection and Tracking » Dária Baikova, University Institute of Lisbon, October 2018
- [3] «A SURVEY ON DOCUMENT IMAGE ANALYSIS AND RETRIEVAL SYSTEM» Umesh D. Dixit and M. S. Shirdhonkar, International Journal on Cybernetics & Informatics (IJCI) Vol. 4, No. 2, April 2015

УДК 681.515.4

К.Е. Молла, студ. гр. ПГ-91
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ОГЛЯД РЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Анотація. Сучасні технології розвиваються дуже активно. Значний прогрес відбувається і в розвитку нейронних технологій. У даній роботі розглядаються одні з найпоширеніших регуляторів на базі нейронних мереж.

Ключові слова: нейронні мережі, нейрорегулятор з передбаченням NN Predictive Controller, нейрорегулятор на основі еталонної моделі Model Reference Controller.

ВСТУП

Стрімкими темпами розвивається технічний прогрес, тому постійно виникає потреба у пошуку нових рішень в задачах керування різними технічними об'єктами та технологічними процесами. Серед сучасних напрямків розвитку методів та засобів керування одним з найбільш перспективних є застосування в задачах керування інтелектуальних, зокрема, нейромережевих технологій [1]. Завдяки своїм властивостям виконання недоступних для традиційної математики операцій обробки, порівняння, класифікації образів, можливості самонавчання та самоорганізації нейронні мережі використовуються в задачах класифікації та розпізнавання образів, моделювання, керування.

Існує велика кількість різних регуляторів на базі нейронних мереж, з яких можна обрати найбільш прийнятний для керування. У даній роботі розглядаються два регулятори, які авторами пропонуються для використання в системах керування, а саме: нейрорегулятори з передбаченням NN Predictive Controller та на основі еталонної моделі Model Reference Controller.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ РЕГУЛЯТОР NN PREDICTIVE CONTROLLER

Регулятор з прогнозуванням NN Predictive Controller використовує при роботі модель нейронної мережі для прогнозування майбутніх реакцій об'єкта керування на потенційні збурення в системі [2]. Алгоритм оптимізації обчислює керуючі сигнали, які мінімізують різницю між бажаними та дійсними змінами сигналу на виході моделі, чим оптимізує поведінку об'єкта на заданому часовому інтервалі. Регулятор вимагає великої кількості обчислень, так як для розрахунку оптимального закону керування оптимізація відбувається на кожному такті керування.

Проектування складається з двох етапів: етапу ідентифікації об'єкту керування нейрорегулятора та етапу синтезу закону керування. На першому етапі розробляється модель об'єкта у вигляді нейронної мережі, а на другому – виконується синтез регулятора на основі цієї мережі [1].

Структура регулятора має такі складові:

- нейронна мережа, яка є основною складовою регулятора, вона, отримуючи вхідні параметри системи, генерує можливі прогнози щодо наступних значень системи;
- блок оптимізації, який на базі отриманих прогнозів визначає найбільш оптимальний спосіб керувати системою;

- блок керування, який надсилає сигнали керування системою, спираючись на отримані оптимальні значення;
- блок зворотного зв'язку, який на основі реальних значень, які було отримано після виконання команди керування, оновлює нейронну мережу з метою точності прогнозів в подальшому.

Розрахунки складаються з декількох етапів, таких як:

- обробка вхідних даних, використовувати для цього мережа може різноманітні методи, такі як згорткові чи рекурентні мережі;
- навчання нейронної мережі шляхом мінімізації помилки прогнозування, використовуючи функцію втрат;
- виконання керуючих дій на отриманих прогнозах.

Хоча розрахунки можуть вимагати великої кількості розрахункової техніки, з розвитком сучасних технологій вони стають все менш затратними.

Зазвичай такий регулятор використовується для систем, у яких багато входів та виходів, складна структура чи нелінійна поведінка.

Перевагами є:

- висока точність прогнозування;
- швидка адаптація під зміну вхідних даних;
- можна використовувати для багатьох різноманітних систем.

Недоліки регулятора:

- потребує ретельного налаштування та навчання;
- якість роботи сильно залежить від якості даних, які використовуються при навчанні та подальшому тестуванні мережі;
- потребує розрахункових ресурсів у великій кількості; може статися перенавчання.

НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ РЕГУЛЯТОР НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ MODEL REFERENCE CONTROLLER

Регулятор на основі еталонної моделі Model Reference Controller – це нейронна мережа, яку було навчено керувати об'єктом таким чином, щоб він відстежував поведінку еталонної моделі [3]. Модель керованого об'єкта використовується при налаштуванні параметра регулятора.

Такий регулятор не потребує великого об'єму розрахунків, а архітектура регулятора з еталонною моделлю вимагає навчання нейронної мережі об'єкта керування і нейронної мережі регулятора. До того ж, навчання регулятора є доволі складним, так як навчання ґрунтується на динамічному варіанті методу зворотного розповсюдження помилки.

Структурна схема системи складається з еталонної моделі, яка задає бажану траєкторію руху об'єкта керування, та двох нейронних мереж: для регулятора і для моделі об'єкта керування. Мета такого навчання полягає у тому, щоб рух об'єкта керування відстежував вихід еталонної моделі [3].

У розрахунках нейронна мережа використовується для визначення керуючого сигналу, який потім буде порівнюватися з еталонним. Тому потрібно налаштувати параметри нейронної мережі таким чином, щоб розрахований та

еталонний сигнали співпадали. Використовувати можна різні методи такі як метод зворотного розповсюдження помилки чи градієнтного спуску.

Зазвичай подібний регулятор використовують для систем, у яких не так багато входів та виходів, у яких є чітка еталонна модель, які легко передбачити.

Перевагами такого регулятора є:

- висока точність завдяки використанню еталонної моделі;
- легко адаптується до змін системи;
- забезпечується стійкість при зміні параметрів системи та зовнішніх впливах;
- можна використовувати при різних типах систем; відносно невеликі затрати на обслуговування та ремонт системи.

Недоліки:

- потрібна точна еталонна модель, без якої неможлива робота;
- складний та довгий процес налаштування;
- може мати обмежений діапазон керування, що може призвести до обмеження у керуванні системою.

ВИСНОВКИ

Отже, було розглянуто два різних регулятори на базі нейронних мереж. Як видно, у кожного є свої особливості при використанні, переваги та недоліки, але при цьому для різних випадків кожен з цих нейромережових регуляторів є досить ефективним варіантом для використання. Якщо систему складно передбачити, вона має складну структуру, то краще використати регулятор NN Predictive Controller, якщо ж потрібна висока точність та є чітка еталонна модель, то доцільніше використати регулятор на основі еталонної моделі Model Reference Controller.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Синтез нейромережового регулятора для електромеханічної системи з пружними зв'язками в кінематичних передачах / Т.Ю. Василець, О.О. Варфоломійєв, В.С. Іщенко, С.Л. Ковальчук, О.О. Сусла // Системи обробки інформації. — 2018. — № 2. — С. 7-17.
- [2] Neural Network Predictive Controller в автоматизації теплового пункту / О.В. Степанець, Д.Т. Гритчук // Молодий вчений. — 2020. — № 4(80). — С. 235-239.
- [3] Нейромережева система наведення і стабілізації з регулятором на основі еталонної моделі Model Reference Controller / Б.І. Кузнецов, Т.Ю. Василець, О.О. Варфоломійєв // Електротехніка і Електромеханіка. — 2015. — № 4. — С. 35-39.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Бурау Н.І.

УДК 004.5

В.В. Накорик, студ. гр. ПГ-21мп, к.т.н., доц. Цибульник С.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ПРОТОТИПУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Анотація. У процесі розроблення програмного забезпечення прототипування є одним з перших та важливих етапів життєвого циклу. Прототипи використовуються для створення візуального представлення програмного додатку, яке можна використовувати для оцінки графічного інтерфейсу користувача, функціональності та зручності використання. Ця стаття містить короткий огляд Figma – програмного інструменту, який дозволяє дизайнерам і розробникам створювати інтерактивні та динамічні прототипи інтерфейсів користувача.

Ключові слова: прототипування, програмне забезпечення, Figma.

ВСТУП

Прототипування у Figma є важливим інструментом для команд розробників програмного забезпечення, оскільки воно дозволяє створювати інтерактивні та динамічні прототипи програмних додатків, які можуть допомогти покращити досвід користувача, функціональність та зручність використання програмного забезпечення. Використовуючи прототипування у Figma у процесі розроблення програмного забезпечення, можна працювати ефективніше та результативніше, що призводить до підвищення якості кінцевих продуктів.

Тому у даній роботі показано основні можливості Figma для дизайну та прототипування, а також наведено приклад побудови прототипу частини автоматизованої системи для створення супровідної документації.

FIGMA ТА ОБЛАСТІ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

Figma — це хмарна платформа розроблення дизайну, яка дозволяє кільком користувачам співпрацювати над дизайнерськими проектами в режимі реального часу.

Нижче наведено перелік пунктів, для яких найчастіше застосовується Figma:

1. Мозковий штурм.

Figma — це зручний інструмент для мозкового штурму. Можна використовувати текстові поля, щоб писати все, що може знадобитися пізніше, а також використовувати різні фігури та додавати коментарі [1], а також багато іншого.

2. Розроблення сторінок веб-сайту.

Добре розроблений веб-сайт має важливе значення для підприємств, які хочуть максимізувати свої прибутки і охопити більшу аудиторію користувачів. Але перед тим, як сайт запрацює, має відбутися багато попереднього планування. Для того, щоб побачити, як виглядатимуть різні веб-сторінки, перш ніж оживляти їх, варто скористатися Figma.

У Figma можна вибрати різні розширення, щоб точно побачити, як виглядатиме майбутня сторінка. Наприклад, можна вибирати з різних розмірів iPhone, якщо створюється щось, що буде представлено на смартфоні [1]. Також можна вибрати інші корисні функції, щоб побачити, як сторінка працюватиме в реальному житті, наприклад прокручування стрічки контенту.

3. Створення прототипів програми.

Пов'язуючи вищезазначене, Figma є обов'язковим інструментом для дизайнерів користувацького графічного інтерфейсу (англ. graphical user interface, GUI) та взаємодії з користувачем (англ. user experience, UX). Інструмент надзвичайно корисний, якщо необхідно створити прототипи програм і побачити, як вони будуть працювати на різних пристроях.

СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ КОНСТРУКТОРУ ДОКУМЕНТІВ У FIGMA

Отже, як було зазначено вище, створення прототипу у Figma може допомогти передати ідеї замовника, щоб розробники чітко і точно могли знати, що від них вимагається [2]. За допомогою цього можна зрозуміти складність взаємодії та передбачити труднощі при плануванні часу на розроблення проекту.

Відповідно до цього у середовищі Figma було створено перший блок макетів, який потрібний для розроблення автоматизованої системи створення супровідної документації. Першим етапом процесу розроблення є створення головного меню, тобто необхідно надати користувачам можливість створити декілька навчальних дисциплін, та, відповідно, приєднати до кожної з них шаблон силабусу. Закінчений макет зображено на рисунку 1.

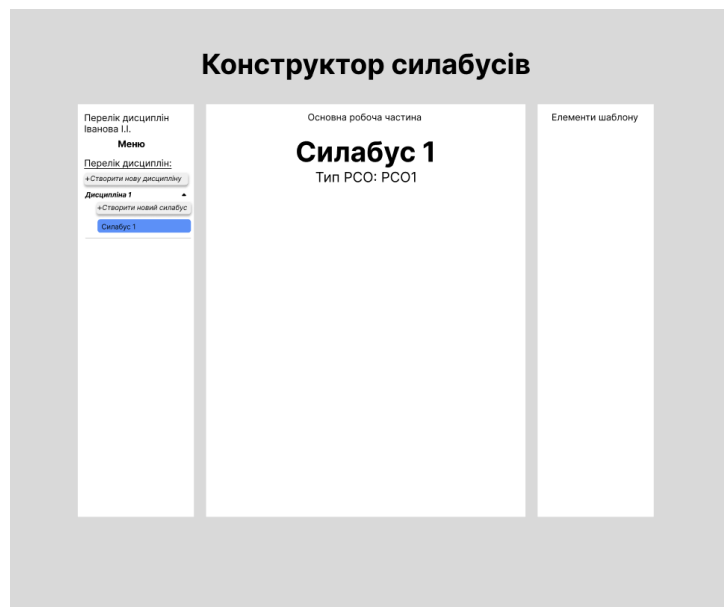


Рисунок 1. Розроблений макет конструктора силабусів

На рис. 1 зображено остаточний результат макету першого етапу проектування. Проте, для того, щоб розробник точно міг зрозуміти, які функціональні можливості необхідно реалізувати, було розроблено прототип системи. Це означає, що було створено макет для кожного випадку взаємодії, які можливі у майбутній системі, наприклад, який вигляд матиме сторінка при натисканні на кнопку «Створити» або ж вигляд сторінки після натискання на кнопку «Відмінити». На рис. 2 зображено загальний вигляд усіх макетів на кожен випадок взаємодії з відповідними вказівними стрілками, які показують перехід, який буде відбуватися при кліку на певну кнопку.

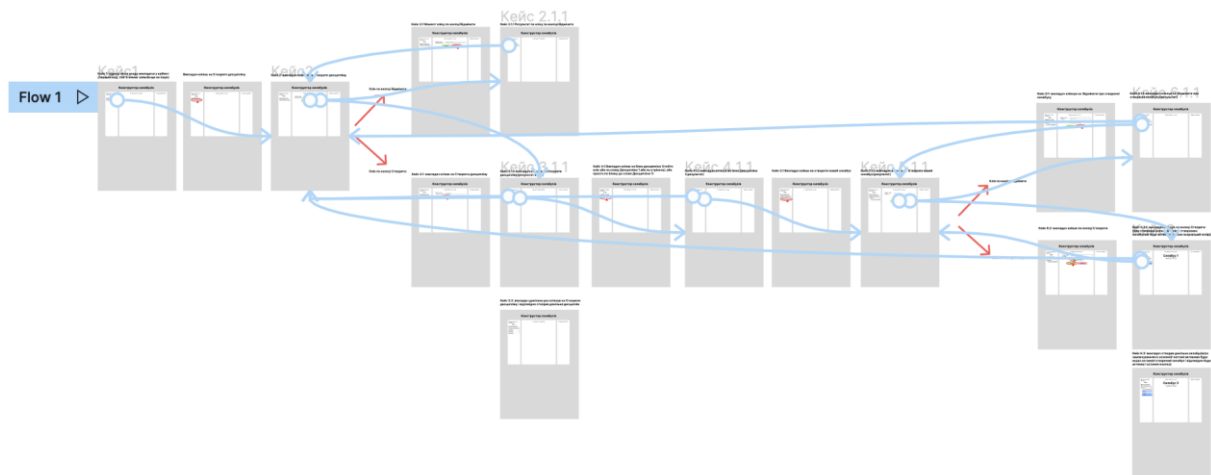


Рисунок 2. Макети системи

Зображений на рис. 2 процес ще називають інтерактивним прототипуванням [3], адже після створення за допомогою синіх стрілок взаємозв'язків між макетами, є можливість запустити виконання саме цих переходів за допомогою синьої кнопки, що знаходиться зліва від першого макету. Таким чином, можна перевірити готовий функціонал сайту саме через Figma, а також, одразу побачити цей же результат при різних розширеннях функціональних можливостей, а також і різних пристроїв.

ВИСНОВОК

У даній роботі було описано функціональність і можливості хмарної платформи для створення дизайну Figma. За допомогою інструменту Figma для інтерактивного прототипування візуалізовано та передано різні ідеї, які допоможуть в процесі розроблення та вдосконалення програмного продукту.

На першому етапі проектування створено інтерактивний прототип (загальний каркас) автоматизованої системи супровідної документації. На наступному етапі життєвого циклу програмного продукту, використовуючи побудовані макети, можна реалізувати основні функціональні можливості системи. Проте в майбутньому перед процесом кодування планується також проведення детального проектування окремих підсистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] What Is Figma and What Is It Used For? URL: <https://www.makeuseof.com/what-is-figma-used-for/> (дата звернення: 21.04.2023).
- [2] Prototyping URL: <https://designcode.io/figma-handbook-prototyping> (дата звернення: 23.04.2023).
- [3] Prototype while you design, and vice versa URL: <https://www.figma.com/prototyping/> (дата звернення: 23.04.2023).

Наук. керівник – к.т.н., доц. Цибульник С.О.

УДК 631.451

А. О. Орловський, А. І. Ухань, ст. гр. ПГ-п01, к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТЕОСТАНЦІЯ

Анотація. Отримання високоточної кліматичної інформації має велике значення для широкого класу споживачів. І хоча на ринку присутня велика кількість різноманітних метеостанцій, не всі вони можуть задовільнити вимоги користувача як інформаційним наповненням, так і ціною. Запропоновано проєкт метеостанції на мікромеханічних чутливих елементах з повною сукупністю метеоданих.

Ключові слова: метеостанція, компас, датчик.

ВСТУП

Метеорологічна станція — це електричний прилад, який призначений для вимірювань атмосферних показників, таких як температура, вологість, атмосферний тиск, швидкість вітру, напрямок вітру тощо. Також цей прилад може спрогнозувати погоду на підставі цих даних [1].

Метеостанції можна розділити на:

1. Дорожні

Крім перерахованих вище датчиків, на дорожній метеостанції використовуються поверхневі датчики температури і датчики температури на глибині 30 см (під прикриттям), а також контролер і модуль GPRS для передачі даних в інформаційний центр. Для інформування водіїв використовуються інформаційні щити, які зазвичай розміщуються над проїжджою частиною.

2. Лісові

Станції збирають кліматичні дані, такі як вологість дерев і ґрунту та температуру на різних рівнях висоти лісу. Дані обробляються і моделюються для формування карти пожежної активності.

3. Гідрологічні

Гідрологічні метеостанції використовуються для спостереження за станом погоди океанів, морів, річок, озер і боліт.

4. Побутові

Прабатьком домашньої метеостанції є традиційний барометр. Функції домашньої метеостанції аналогічні функціям метеостанції, за винятком того, що вона обробляє та використовує менше даних, що надходять від одного або декількох датчиків, розташованих за вікном або в іншій кімнаті. Домашня метеостанція відображає температуру всередині будинку, температуру зовні будинку, вимірює вологість повітря й атмосферний тиск і на основі обробки отриманих даних складає прогноз погоди на день.

МАГНІТНИЙ КОМПАС

Сучасні метеостанції які використовуються на рухомих об'єктах для зручності, компактності та покращення вимірювання поєднують з іншими вимірювачами. Одним з таких пристроїв є компас. Компас в метеостанції треба для знаходження магнітного азимута, що, наприклад, може допомогти визначити напрямок вітру. Далі розглянемо що таке компас і які види їх бувають

Компас – прилад для орієнтування відносно напрямку магнітного або географічного меридіана.

В наш час є три основні види компасів:

- Магнітний
- Електронний
- Гірокомпас

Магнітний – це компактний та простий компас. Визначає напрямок реагуючи на магнітне поле Землі.

Електронний – це більш складний компас, який для визначення місця розташування використовує супутникові системи.

Гірокомпас не використовується мандрівниками, але є важливою складовою систем управління морських суден. Цей тип компаса особливий тим, що його показання пов'язані з напрямком на географічний Північний полюс, на відміну від звичайних компасів, які напрямлені на магнітний полюс.

В основі метеостанції буде використовуватися звичайний магнітний компас на основі модуля MPU-9250 (Рисунок.1).

Модуль MPU-9250 це 9-ти вісний пристрій, який складається з 3-х вісного акселерометра, 3-х вісного гіроскопа та 3-х вісного магнітного компаса. Модуль MPU-9250 відрізняється від аналогів низькою вартістю, низьким споживанням та високою продуктивністю [2].

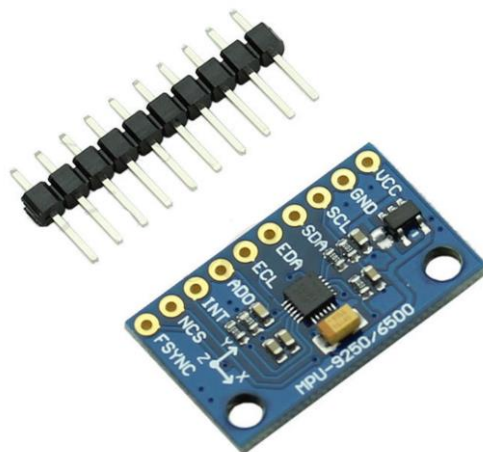


Рисунок 1. Модуль MPU-9250

Характеристики модуля MPU-9250:

- Чип: MPU9250
- Живлення: 3-5В
- Розмір вимірювання акселерометра: +/- 2G, +/- 4G, +/- 8G, +/- 16G
- Розмір вимірювання гіроскопу: +/- 250, +/- 500, +/- 1000, +/- 2000dps
- Розмір вимірювання компасу: +/- 4800uF

КЛІМАТИЧНІ ДАТЧИКИ

Основними кліматичними датчиками є:

Датчики вологості та температури. Їх використовують як для контролю температури в метеостанціях, так і в інших системах.

Датчики тиску (барометри) – це датчики для вимірювання атмосферного тиску. Вони також можуть використовуватися як висотоміри (датчики, що

вимірюють висоту над рівнем моря). Барометри часто використовують для прогнозування погоди.

Розглянемо датчик температури та вологості GY-21 HTU21 зображений на Рисунку 2 та датчик тиску BMP-280 зображений на Рисунку 3.

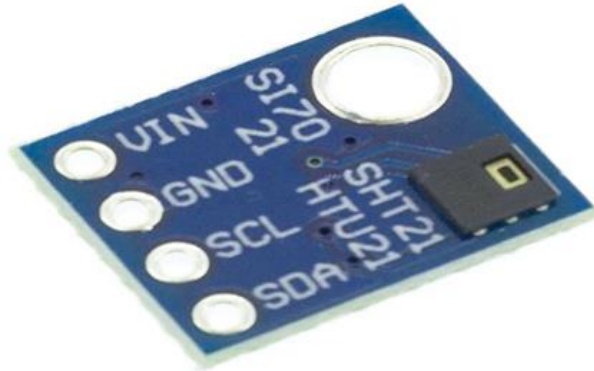


Рисунок 2. Датчик вологості та температури GY-21 HTU21

Датчик температури та вологості являє собою твердотільний CMOS-чип. Мікросхема містить датчик температури і вологості, аналого-цифровий перетворювач, сигнальний процесор, калібратор даних і процесор інтерфейсу I2C. Запатентована технологія з використанням полімерного діелектрика в датчику вологості дозволяє використовувати твердотільні CMOS-датчики з низькою похибкою, гістерезисом і довгостроковими стабільними показаннями. GY-21 HTU21D калібрується на підприємстві, а дані калібрування зберігаються в окремій енергонезалежній пам'яті. Це робить датчики повністю сумісними і не вимагає калібрування або модифікації програмного забезпечення [3].

Його основні характеристики:

- Діапазон вимірювання вологості: від 0 до 100%
- Точність вимірювання вологості: $\pm 3\%$
- Діапазон вимірювання температури: від -40 до $+125$ °C
- Точність вимірювання температури: ± 0.4 °C
- Напруга живлення: від 3В до 5В
- Інтерфейс передачі даних: I2C
- Розміри: 13 x 10 мм

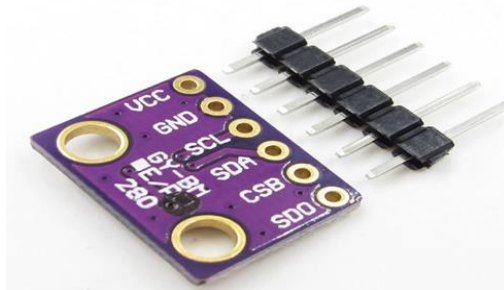


Рисунок 3. Датчик тиску BMP-280

Датчик тиску BMP-280 – це модернізована версія BMP180, що відрізняється меншим розміром, меншим енергоспоживанням, підвищеною точністю, точним заводським калібруванням і двома послідовними інтерфейсами: I2C і SPI.

На відміну від попередніх моделей, цей датчик має три режими роботи:

SLEEP – режим з низьким енергоспоживанням.

FORCED – режим, в якому датчик виходить зі сплячого режиму за командою контролера, виконує вимірювання, передає результати вимірювань на контролер, а потім повертається у вихідний режим.

NORMAL – універсальний режим. Датчик запускається самостійно, проводить вимірювання тиску і повертається в сплячий режим. Всі параметри в цьому режимі програмуються самостійно. Дані в цьому режимі можуть бути зчитані в будь-який час [4].

Датчик фільтрує результати вимірювань, встановлюючи параметри фільтрації.

Його основні характеристики:

- Напруга живлення: від 1.71 В до 3.6 В
- Інтерфейс: I2C, SPI (4 Провід), SPI (3 Провід)
- Калібрування: заводське
- Діапазон вимірюваного тиску: від 300hPa до 1100hPa
- Розмір: 21 x 18 мм

ВИСНОВОК

В даній роботі було розглянуто види метеостанцій, їх відмінності, вибрано чутливі елементи. В майбутньому планується розробка корпусів, інтерфейсу виводу інформації для користувача та відповідного програмного забезпечення.

У процесі розробки корпусів можна врахувати такі фактори, як захист від погодних умов, міцність та стійкість до зношування.

Щодо інтерфейсу виводу інформації для користувача можна розробити зручний та зрозумілий інтерфейс для відображення даних про погоду, що зібрані метеостанцією. Наприклад, можна виводити температуру, вологість, тиск, а також прогноз погоди на наступні години та дні.

Програмне забезпечення, можна розробити програму, яка б забезпечувала збір даних з метеостанції та їх передачу на сервер. Також можна розробити програму для аналізу та відображення зібраних даних, яка б дозволяла користувачам зручно відслідковувати погоду та зміни в погодних умовах.

ДЖЕРЕЛА

- [1] Метеорологічна станція. — Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метеорологічна_станція — 30.04.2023 р.
- [2] Модуль mpu-9250 гіроскоп, акселерометр, компас. — Режим доступу: <https://diylab.com.ua/p67818000-modul-mpu-9250.html> — 30.04.2023 р.
- [3] GY-21 HTU21D датчик температури і вологості. — Режим доступу: <https://cutt.ly/h51U8IM> — 30.04.2023 р.
- [4] Барометр BMP280 3.3В (датчик атмосферного тиску). — Режим доступу: <https://cutt.ly/051W2o8> — 30.04.2023 р.

УДК 621.317

А.В. Осовцев, аспірант гр. ПГ-21ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КЛАСИФІКАЦІЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Анотація. В роботі проведено аналіз стану розробок мобільних роботів, а також задач, які вони можуть вирішувати сьогодні. Розглянуто елементну базу для розробок, визначено основні датчики, які використовуються, а також алгоритми керування та навігації. Наведено основну класифікацію мобільних роботів за різними ознаками. Розглянуто наземні, повітряні, водні та стаціонарні мобільні роботи. Визначено основні недоліки та переваги різних типів. Особливу увагу приділено наземним мобільним роботам, для них оглянуто колісні, гусеничні, крокові та гібридні типи, визначено рекомендації щодо умов використання. Проведено аналіз закордонних та українських виробників мобільних роботів. Визначено основні напрямки розвитку мобільних роботів у майбутньому, наприклад використання сучасних технологій, таких як штучні мережі, штучні потенційні поля, машинне навчання та інші.

Ключові слова: мобільний робот, мобільна роботизована платформа, UGV, гексапод, роботизація, колісний привід, гусеничний привід, датчики, алгоритми, маніпулятор.

ВСТУП

На сьогоднішній день широкого розповсюдження набули мобільні роботи, мобільні роботизовані платформи або unmanned ground vehicle (UGV). Сучасний виробничо-технічний розвиток у будь якій сфері не відбувається без застосування роботизованих технологій. Мобільні роботи використовуються на виробництві для підвищення продуктивності праці, при ліквідації пожеж та надзвичайних ситуацій, розмінування, розвідки та виконанні інших цивільних та військових завдань, де існує імовірність небезпеки для життя людини. Як приклад, можна навести ліквідацію наслідків вибуху на ЧАЕС, де використовувались мобільні роботи. В залежності від масо-габаритних параметрів мобільного робота, на ньому може використовуватись різне обладнання, необхідне для виконання різних завдань. Це може бути камери, радары, датчики моніторингу середовища, маніпулятори, зброя та інше.

Мобільний робот - це складний комплекс різних систем, які використовуються при його розробці, тому загалом такі об'єкти відносяться і до галузі приладобудування, і до машинобудування, електроніки та програмування. Сучасний мобільний робот містить виконавчий двигун, систему орієнтації та навігації, систему керування та інші датчики для забезпечення руху та виконання цільових завдань.

Розробкою мобільних роботів займаються як закордонні виробники (ЕСА Group, DRDO India та ін.), а також багато українських компаній – КБ «Роботікс», Global Dynamics, «Інфоком ЛТД».

В залежності від умов виконання завдання обирається і тип мобільного робота, наприклад, для умов виробництва частіше використовуються стаціонарні мобільні роботи, якщо завдання стосуються ліквідації надзвичайних наслідків, то частіше обираються рухомі роботи (наприклад, колісні або гусеничні), які також мають свої переваги та недоліки.

Стрімкої популярності набувають мобільні роботи, які є повністю автономними і можуть використовуватись без оператора. Для цього розробляються спеціальні алгоритми керування, які будуються на основі інерціальної навігації, візуальної навігації, побудови маршрутів за картами,

штучного потенційного поля, штучного інтелекту, нейронних мереж та машинного навчання.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

У роботі [1] розглядається робот-гексапод, це роботизована платформа яка містить 6 ніг, які прикріплені до платформи, і пропонується алгоритм для розпізнавання об'єктів та кольорів для уникання перешкод.

Веб-джерело [2] містить сучасний огляд мобільних роботизованих платформ, які можуть використовуватись в збройних силах України. Це може підвищити спроможності сухопутних військ. Такі роботи використовуватись як для розвідувальних завдань, ударних та спеціальних. Наводяться компанії як приватні так і державні які проводять розробки.

У роботі [3] описується використання мобільних роботів у системі пожежної охорони. Використання мобільних роботів для охорони і моніторингу пожежної ситуації на об'єктах повинно скоротити час неконтрольованого горіння виниклої пожежі, це надає можливість скоротити економічні збитки, а також і людські втрати.

У веб-джерелі [4] описуються два сучасних мобільних роботизованих комплексів України «Борсук» та «Кубік», наводяться їх основні тактико-технічні характеристики, а також перелік можливих завдань які вони можуть вирішувати.

Робота [5] присвячена розробці алгоритму керування мобільним роботом для уникання перешкод за допомогою використання модифікованого алгоритму штучного потенційного поля. Завдяки цьому мобільний робот може дійти до цілі, уникаючи перешкоди та не зможе застрягнути у локальному мінімумі.

У роботі [6] розглядаються методи, пов'язані з навігацією мобільних роботів через невідомі середовища з перешкодами. Обговорюються моделі датчиків і кінематика робота, припущення щодо навколишнього середовища та критерії ефективності, а також методи, застосовні до сценаріїв стаціонарних перешкод, рухомих перешкод і кількох транспортних засобів.

КЛАСИФІКАЦІЯ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Класифікації мобільних роботів проводиться за їх основними характеристиками, які відповідають завданням та особливостям використання [7].

Перша основна проблема та характеристика мобільних роботів - це їх переміщення. Вони можуть переміщуватись як в контрольованому просторі, наприклад, фабрика, склад, так і в екстремальних умовах, де на них є вплив зовнішнього середовища. Крім того, мобільні роботи використовуються в різних середовищах – вода, повітря, земля. Сьогодні мобільні роботи можуть стрибати, бігати, їздити, літати, плавати та ін. В залежності від цього вони мають свої особливості руху, такі як маневреність, можливість долати перешкоди, стійкість, керованість. Тому за типами руху мобільні роботи можна розділити на: стаціонарні роботи (маніпулятори); водні та підводні; повітряні; наземні.

Стаціонарні роботи частіше за все використовуються на виробництвах, для

виконання різних операцій, наприклад, складання, переміщення, фарбування та інші завдання, які до цього виконували люди. Також такі роботи знайшли своє використання у портах, сільському господарстві, на складах, при зйомці кіно, та навіть у аптеках та лікарнях.

Водні та підводні мобільні роботи використовуються для моніторингу водного середовища, дослідження морського дна, виконання пошукових та рятувальних операцій, тощо.

Повітряні мобільні роботи, відомі як безпілотні літальні апарати, або дрони, мають багато сфер використання, наприклад, військові завдання, сільське господарство та інші комерційні сфери.

В свою чергу наземні мобільні роботи в залежності від бази мають більше класів, вони можуть бути: колісними, гусеничними, кроковими, гібридними.

Колісні мобільні роботи є найрозповсюдженим типом. Розробка колісного типу є найдешевшою та найпростішою. Колісний тип має такі переваги як, простота в керуванні, дешевизна в розробці, прості у балансуванні. Головними недоліками є те, що вони погано долають нерівності, кам'янисті місцевості. Колеса поділяються на 4 основні типи: стандартне колесо, роликове колесо, шведське колесо, кульове або сферичне колесо. Дослідження колісних мобільних роботів зосереджується на проблемах тяги та стабільності, маневреності та керування. В свою чергу такі об'єкти класифікуються за типом приводу (диференціальний привід, привід автомобільного типу, синхронний привід), а також за кількістю коліс (одне, два, три і так далі). Зазвичай більшу популярність мають роботи, які побудовані на парній кількості коліс, як наприклад, чотириколісний робот має більшу стійкість ніж роботи з меншою кількістю коліс. Більшу кількість коліс використовують для подолання перешкод.

Гусеничні мобільні роботи мають основний недолік - можливість ковзання по поверхні, через заноси це може призвести до змінювання точного положення та напрямку. Але основною перевагою є те, що вони мають кращі показники долаття перешкод, обумовлених поганою місцевістю, а також можуть рухатись по рихлим поверхням, таким як болота, сніг, піски, в'язкі поверхні.

Крокові мобільні роботи мають можливість ходити, бігати, стрибати, підійматись сходинками, але їх основною проблемою є стійкість. Взагалі цей тип мобільних роботів класифікується за кількістю ніг. Широкого використання набули двоногі та чотириногі роботи, останні мають більшу стійкість ніж двоногі, крім того існують шести- і восьминогі роботи, але в будь-якому разі доцільно використовувати роботів з парною кількістю ніг.

Гібридні роботи - це поєднання декількох типів, описаних вище, наприклад, поєднання колісного та гусеничного типу, або колісні та крокові, щоб за допомогою переваг іншого типу компенсувати недоліки іншого.

Для точного позиціонування та навігації мобільного робота використовуються різні типи датчиків та алгоритмів. За звичай використовуються такі датчики: акселерометри; гіроскопи; магнітометри; енкодери; ультразвукові датчики; інфрачервоні датчики; маяки та інші.

Мобільні роботи можуть класифікуватись і в залежності від

вантажопідйомності, параметрів робочої зони, типу обладнання яке встановлюється.

ВИСНОВКИ

Проведено класифікацію мобільних роботів, а також визначено основні переваги та недоліки різних типів. За проведенням оглядом, зроблено висновок, що мобільний робот може використовуватись майже у всіх сферах життя людини. Але для того щоб їх використовувати, потрібно правильно обирати тип мобільного робота під конкретне цільове завдання. Тенденція розвитку ще не досягла свого максимуму, тому є ще безліч можливостей розвитку цього напрямку. Наприклад, існує багато проблем, які пов'язані з можливістю мобільних роботів долати перешкоди, такі як стрибок, вертикальні підйоми та інше. Багато розробок спрямовані на здешевлення розробки, щоб прийти до масового використання роботів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Автоматизована мехатронна система робот-гексапод. Розпізнавання об'єктів в реальному часі. / Андрієць Є.М. Коваль А.В. // *Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки, 11-15 травня 2020 р.* – Ж. : Житомирська політехніка, 2020. – С. 174.
- [2] Роботизовані платформи для ЗС України: включають в ДОЗ-2021 і готують до параду. Режим доступу: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/bezdusha_sila_jak_vojujut_striljajut_jizdjat_nimetski_korejski_kitajski_ta_ukrajisnki-2572.html – 14 січня 2021.
- [3] Зінько Р.В. Мобільні роботи у системі пожежної охорони / Р.В. Зінько, Є.В. Сулоєва // *Науковий вісник НЛТУ України.* — 2011. — Вип.21.17 — С. 132-138.
- [4] Мобільні роботизовані платформи: МРП-05 «Борсук» та МРП-07 «Кубік». Режим доступу: <https://lpnu.ua/scientific-developments-directory/mobilni-robotyzovani-platformy-mrp-05-borsuk-ta-mrp-07-kubik>.
- [5] Seyyed Mohammad / Obstacle avoidance of mobile robots using modified artificial potential field algorithm / Seyyed Mohammad, Hosseini Rostami, Arun Kumar Sangaiah, Jin Wang, Xiaozhu Liu // *Rostami et al. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking (2019) 2019:70.* DOI: <https://doi.org/10.1186/s13638-019-1396-2>.
- [6] M. Hoy. Algorithms for collision-free navigation of mobile robots in complex cluttered environments: a survey. *Robotica (2015) volume 33.* P. 463–497. DOI: [10.1017/S0263574714000289](https://doi.org/10.1017/S0263574714000289).
- [7] Rubio. F. A review of mobile robots: Concepts, methods, theoretical framework, and applications / F. Rubio, F. Valero, C. Liopis-Albert // *International Journal of Advanced Robotic Systems.* – 2019. - №2. P. 1-22. DOI: <https://doi.org/10.1177/1729881419839596>

Наук. керівник – д.т.н., проф. Бурау Н.І.

УДК 631.451

Б.В. Суржок, студ. гр. ПГ-п01, к.т.н., ст. викл. Сапегін О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНЕМОМЕТР

Анотація. В даній статі розглядається створення анемометра на датчику Холла та мікроконтролері Arduino з використанням програмного застосунку Arduino IDE.

Ключові слова: анемометр, датчик Холла, Arduino.

ВСТУП

Анемометр - це прилад для вимірювання швидкості повітря. Він зазвичай використовується в метеорології, а також в промисловості, зокрема в аеродинаміці та вентиляційних системах.

Анемометри можуть бути різних типів, включаючи механічні, електромагнітні, ультразвукові та лазерні. Механічні анемометри вимірюють швидкість повітря за допомогою вимірювального елемента, який рухається під впливом повітряного потоку. Електромагнітні, ультразвукові та лазерні анемометри вимірюють швидкість повітря безпосередньо за допомогою електромагнітних хвиль, ультразвуку або лазерного променя [1].

Створення анемометру на основі Arduino є цікавим та доступним проектом для електроніки і програмістів. Arduino є платформою з відкритим кодом, яка дозволяє розробляти різноманітні проекти з використанням мікроконтролерів.

СТВОРЕННЯ АНЕМОМЕТРУ

Для створення анемометру на основі датчика Холла необхідно підключити датчик до Arduino та налаштувати його.

На рис.1 можна побачити схему підключення Arduino до анемометра на основі датчика Холла. Для підключення датчика Холла до Arduino використовується цифровий вхід, до якого підключається вихід датчика[2].

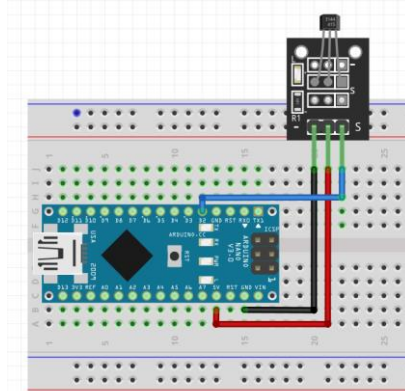


Рисунок 1. Схема підключення датчика Холла

Даний датчик Холла встановлений на основі анемометра, зображено на рис.2 таким чином щоб зафіксувати магнітне поле магнітів.

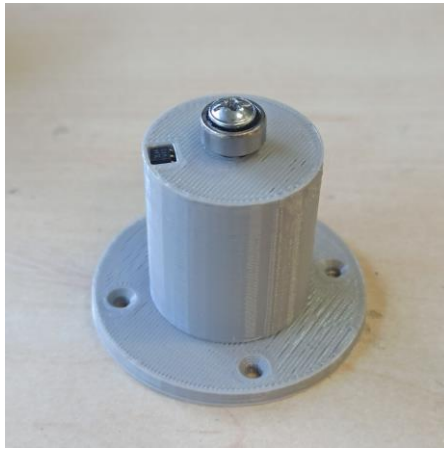


Рисунок 2 Основа анемометра

Для вимірювання швидкості вітру використовується спеціальний ротор, зображений на рис.3, на якому закріплені магніти. При обертанні ротора магніти змінюють магнітне поле, що викликає виникнення електромагнітної сили у датчику Холла. За допомогою програмного коду можна обчислити швидкість вітру на основі отриманих даних.



Рисунок 3. Ротор анемометра

Цільна конструкція анемометра зображена на рис.4.

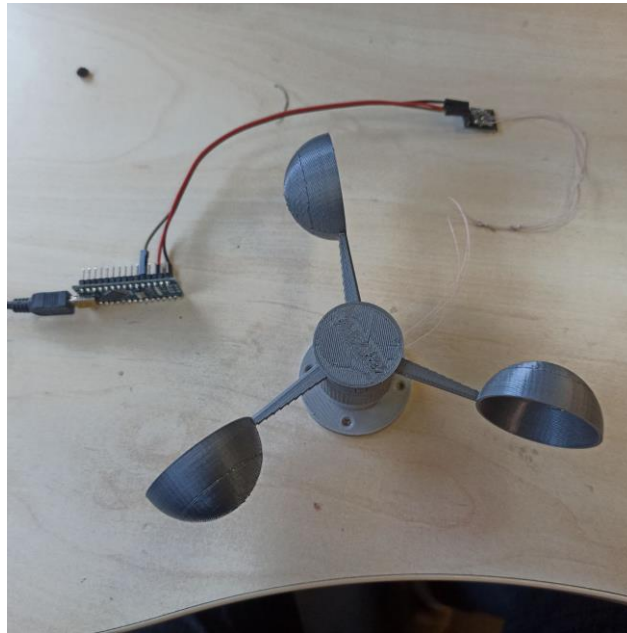


Рисунок 4. Анемометр

АЛГОРИТМ РОБОТИ

Отримані дані про швидкість вітру можна відобразити на дисплеї або зберігати для подальшого аналізу. Використовуючи програмний додаток Arduino IDE був сформований код обробляємо переривання, що викликається зміною сигналу датчика Холла, і зберігаємо час початку та закінчення періоду. Потім перевіряємо, чи був виявлений новий період, і якщо так, то обчислюємо швидкість рад/сек, використовуючи рівняння

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1)$$

де T - час періоду за секундах [3]. Результати виводяться через серіал-порт. Приклад значень наведених на рис.5, даний графік був побудований в програмному додатку MATLAB.

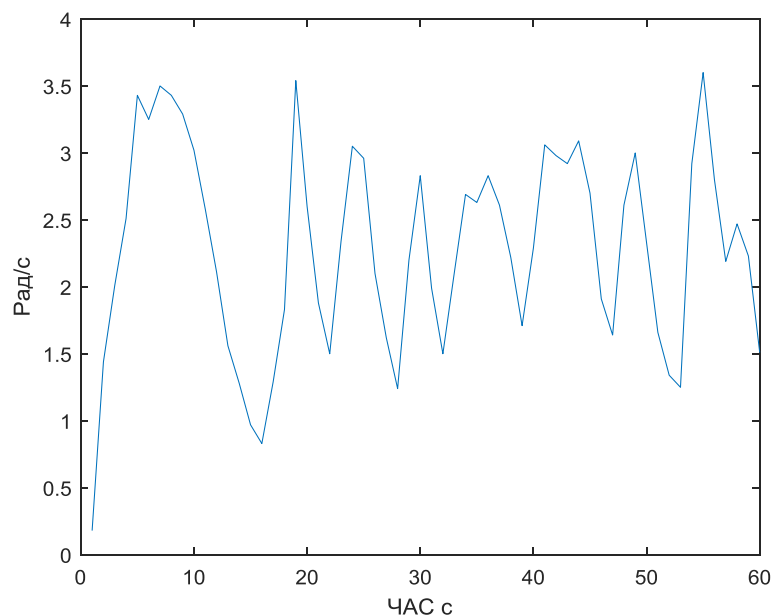


Рисунок 5. Показання з анемометру

ВИСНОВОК

Згідно з проведеними дослідженнями можна зробити висновок, що створення цифрового анемометра з використанням Arduino та датчика Холла є доцільним і може бути використано в різних галузях, таких як метеорологія, аеродинаміка, вентиляційні системи тощо.

Даний пристрій дозволяє вимірювати швидкість повітря та обчислювати її значення за допомогою датчика Хола, який є чутливим до зміни магнітного поля при русі магніту за допомогою повітряного потоку. Використання Arduino дозволяє програмно обробляти дані та відображати їх на екрані, що дає можливість відстежувати динаміку зміни швидкості повітря.

Основними перевагами такого пристрою є висока точність вимірювання, можливість швидкої обробки і відображення даних, а також простота виготовлення та використання. Такий анемометр може бути корисним для проведення наукових досліджень, відстеження погодних умов, контролю за вентиляційними системами та інших галузях, де потрібно вимірювати швидкість повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Що таке анемометр призначення, типи і принцип роботи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://simvolt.ua/shcho-take-anemometr-priznachennya-tipi-i-printsip-roboti/>.

[2] How to Use a Hall Effect Sensor With Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://maker.pro/arduino/tutorial/how-to-use-a-hall-effect-sensor-with-arduino>.

[3] Кутова частота [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0.

Наук. Керівник – ст. викладач Сапегін О.М

Секція 2.
Оптичні та оптико-електронні
прилади і системи

УДК 681.7.067.2

І.О. Бутулай, студ. гр. ПГ-21мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДЗЕРКАЛЬНО-ЛІНЗОВИЙ ОБ'ЄКТИВ ФОРМАТУ CUBESAT 1U ДЛЯ БЛИЖНЬОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ

Анотація. В даній роботі виконано автоматизований параметричний синтез оптичної системи інфрачервоного об'єктива для наносупутника засобами глобальної оптимізації без використання якісної стартової системи. Об'єktiv має фокусну відстань 400 мм, відносний отвір 1:5 та кутове поле зору 3°. Він призначений для роботи в діапазоні довжин хвиль 0,6...1,1 мкм (NIR) з матричними або лінійними приймачами випромінювання, що мають максимальний лінійний розмір зображення біля 20 мм. Оптична система об'єктива містить передню меніскову лінзу, два асферичних дзеркала другого порядку, трілінзовий аберацийний коректор та спектральний світлофільтр. Максимальний світловий діаметр оптичної системи не перевищує 83 мм, а в загальний повздовжній розмір – 90 мм. Представлені результати аберацийного аналізу розробленого об'єктива підтверджують високу якість виправлення абераций в ближньому інфрачервоному діапазоні.

Ключові слова: дзеркально-лінзовий об'єktiv, ближній інфрачервоний діапазон, NIR, поліхроматична дифракційна модуляційна передавальна функція.

ВСТУП

Дослідження в ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR), що проводяться за допомогою супутників, є важливими для різних областей, зокрема для геодезії, сільського господарства, охорони природи тощо [1-3]. Так, в цьому спектральному діапазоні можна знаходити зміни у поверхні Землі, визначати рельєф та стан ґрунту, виявляти покриття льоду та природні джерела води, помічати зміни у вегетації рослин та стані їх здоров'я. Останнє, наприклад, дозволяє фермерам вжити заходів для підвищення врожайності та зменшення витрат.

В останні роки значний розвиток отримали малі супутники, в тому числі й наносупутники формату CubeSat [4]. По-перше, технології їх виробництва стали дешевшими та доступнішими для дослідників і компаній, що дозволило розробляти супутники з меншим бюджетом. По-друге, зростання обсягу даних та підвищення швидкості передачі даних призвели до збільшення кількості місць для збору даних. Наносупутники можуть бути запущені великими партіями та використовуватися для збору даних з більшої кількості джерел. По-третє, зростає зацікавленість в екологічних і кліматичних дослідженнях з супутників, які здатні збирати дані з віддалених областей, таких як полярні регіони або тропічні ліси.

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи була оцінка потенційних можливостей автоматизованого аберацийного синтезу оптичної системи асферичного дзеркально-лінзового інфрачервоного об'єктива з високою роздільною здатністю, призначеного для роботи у ближньому інфрачервоному діапазоні в наносупутнику формату CubeSat.

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Для параметричного синтезу в даному моделюванні було обрано асферичний дводзеркальний об'єktiv з трілінзовим аберацийним коректором. Об'єktiv повинен мати фокусну відстань 400 мм, відносний отвір 1:5 та кутове

поле зору 3° . Він призначений для роботи в діапазоні довжин хвиль $0,6 \dots 1,1$ мкм з сучасними лінійними або матричними приймачами випромінення, що мають максимальний розмір чутливої площадки біля 20 мм. При зазначеній фокусній відстані та висоті траси наносупутника 600 км один піксел приймача розміром 2,5 мкм буде мати геометричну проєкцію на земну поверхню розміром біля 3,8 м.

Процедура синтезу оптичної системи об'єктива здійснювалася в автоматизованому режимі за допомогою сучасного еволюційного алгоритму глобальної оптимізації, реалізованого в програмі проєктування оптичних систем PODIL. Такий підхід до абераційного розрахунку був раніше успішно застосований для інших типів оптичних систем [5-7].

Оціночна функція оптимізаційної моделі передбачала мінімізацію середньоквадратичних розмірів світлових плям в площині зображень. Додатково задавалося максимальне допустиме значення відносної дисторсії – 1 %. Марки скла лінзового коректора знаходилися програмою автоматично з каталогу скла CDGM. Світловий діаметр другого дзеркала, який фактично визначає величину центрального екранування, в даному моделюванні був встановлений фіксованим – 36 мм. Значення осьових товщин лінз знаходилися алгоритмом в діапазоні $2 \dots 4$ мм. Мінімальна товщина лінз на краю була задана рівною 1,8 мм. Цікаво, що загальна осьова довжина об'єктива абсолютно не обмежувалася.

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Згенерована еволюційним алгоритмом оптична схема асферичного дзеркально-лінзового об'єктива представлена на рис. 1.

Максимальний світловий діаметр об'єктива не перевищує 83 мм, а загальний повздовжній розмір системи (тобто осьова відстань від зовнішньої поверхні меніскової лінзи до площини зображення) – 90 мм. Доступного внутрішнього простору наносупутника має бути достатньо, щоб розмістити виготовлений об'єктив в одному модулі (1U) наносупутника.

Аналіз отриманих точкових діаграм показав, що максимальне значення середньоквадратичного радіусу поліхроматичної світлової плями не перевищує на оптичній осі 1,5 мкм, а на периферії – 3,1 мкм.

На рис. 2 приведені графіки поліхроматичних дифракційних модуляційних передавальних функцій отриманого об'єктива, розраховані для різних точок поля зору. Їх значення підтверджують високу якість корекції аберацій як центрі поля зору, так на периферії зображення. Так, для просторової частоти 50 ліній/мм контраст зображення в меридіональній та сагітальній площинках по всьому полю становить $0,44 \dots 0,48$. В цілому, за якістю зображення оптична система добре збалансована по полю зору. Максимальне значення відносної дисторсії в даній системі не перевищує 0,85 %.

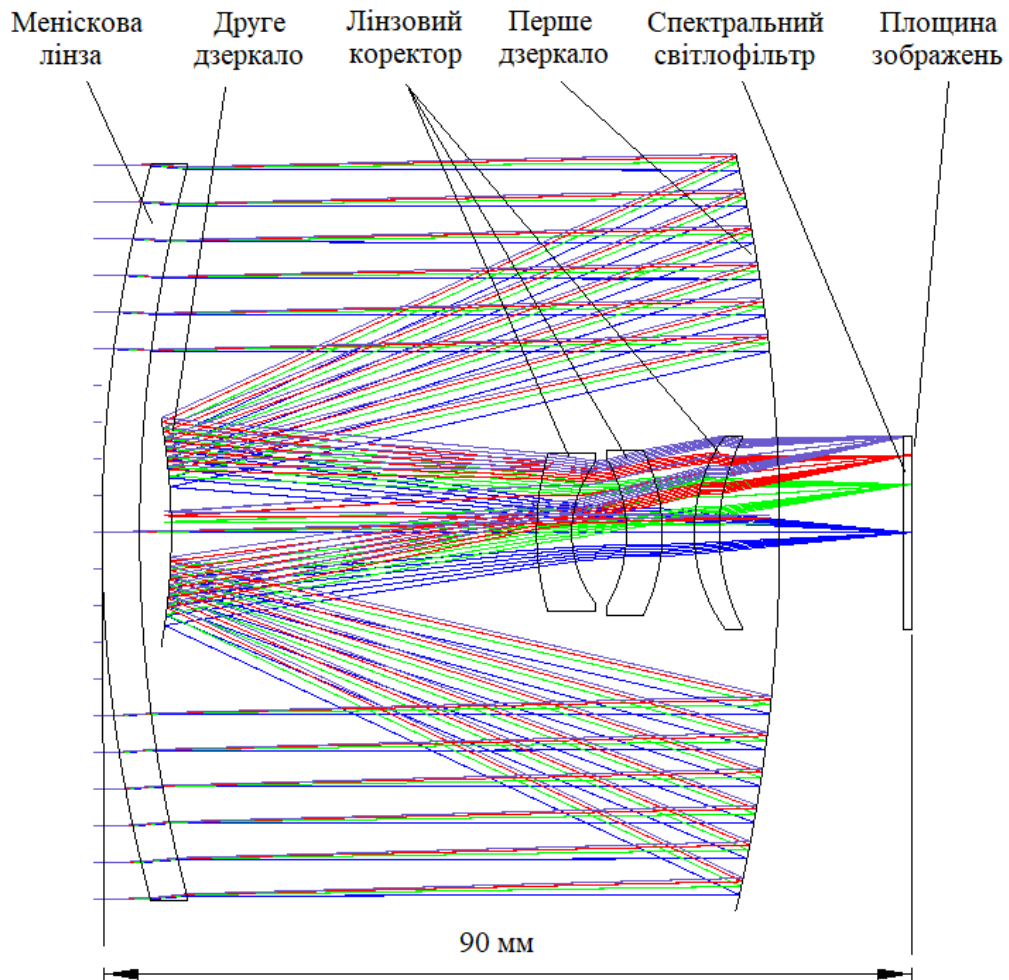


Рисунок 1. Оптична схема з ходом променів асферичного дзеркально-лінзового об'єктива для ближнього інфрачервоного діапазону

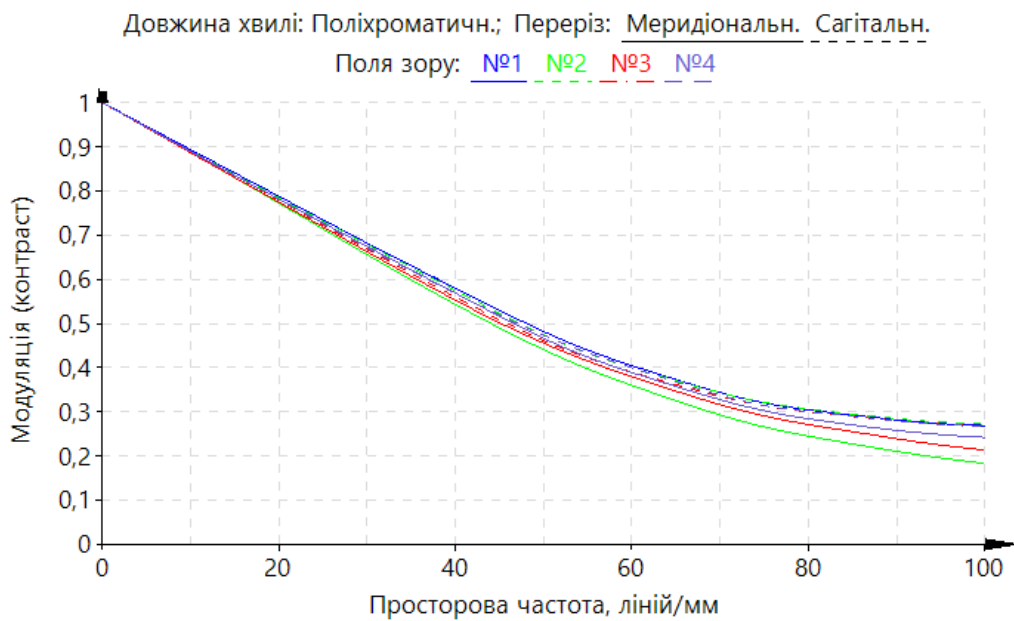


Рисунок 2. Поліхроматичні дифракційні модуляційні передавальні функції розробленого об'єктива, розраховані в спектральному діапазоні 0,6...1,1 мкм. Поля №1...4 відповідають предметним точкам з кутовими координатами 0°, 0,75°, 1,2° і 1,5°, відповідно

ВИСНОВКИ

Оптична система асферичного дзеркально-лінзового об'єктива з фокусною відстанню 400 мм, відносним отвором 1:5 та кутовим полем зору 3° , яка була згенерована в автоматизованому режимі засобами глобальної оптимізації, має високу якість зображення. Середньоквадратичний радіус поліхроматичної світлової плями дорівнює 1,5 мкм на оптичній осі та 3,1 мкм на периферії. Значення поліхроматичних дифракційних модуляційних передавальних функцій по всьому полю знаходяться в межах 0,44...0,48, а відносна дисторсія не перевищує 0,85 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Piekelnier, E. H., Armstrong, R. L. Infrared remote sensing: Fundamentals, sensors, and applications. John Wiley & Sons. 2012. 472 p.
- [2] Monteith, J. L. Principles of environmental physics: Plants, animals, and the atmosphere. Academic Press. 2013. 422 p.
- [3] Smith, M. B., Lefler, R. A. Infrared imaging: A casebook in clinical and research applications. CRC Press. 2012. 430 p.
- [4] Chester, B., Thidale, R. Nanosatellites: Space and Ground Technologies, Operations and Economics. Springer. 2012. 347 p.
- [5] Сокурєнко В. М., Стріха О. Є. Розробка об'єктивів з виправленою дисторсією // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2017. – №1. – с. 99–105.
- [6] Сокурєнко В. М., Крижній А. І. Автоматизований параметричний синтез ширококутних окулярів з полем зору 90° // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. – 2022. – №6 (315), с. 213–218.
- [7] Сокурєнко В. М., Хуторовий І. Т., Сокурєнко О. М. Розроблення оптичних систем 16-лінзових ортоскопічних телеоб'єктивів // *Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки*. – 2022. – №6, (315), с. 219–223.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.

УДК 535-4

*Р.О. Вихристюк, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Боровицький В.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗІНИЦІ ОКА ЛЮДИНИ

Анотація. У даній статті розглядаються методи для визначення положення зіниці ока людини на зображеннях.

Ключові слова: зіниця ока, зображення, розпізнавання зіниці, цифрова обробка зображень, штучний інтелект, нейронні мережі

ВСТУП

Визначення положення зіниці ока на зображенні є важливим етапом в багатьох областях, таких як медицина, біометрія, комп'ютерний зір та реклама. Штучний інтелект та нейронні мережі в останні роки зазнали значного розвитку і є потужними інструментами для обробки зображень та розпізнавання об'єктів. У цьому контексті дослідження з використанням нейронних мереж для визначення положення зіниці ока можуть відкрити нові можливості для розвитку технологій обробки зображень та розпізнавання об'єктів, що має значний практичний потенціал у багатьох галузях. У даній роботі буде розглянуто методи та алгоритми для визначення положення зіниці ока на зображенні з використанням штучного інтелекту та нейронних мереж.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗІНИЦІ ОКА ЛЮДИНИ

У даній роботі буде використано методи машинного навчання та обробки зображень для визначення положення зіниці ока на зображенні. Основним методом буде використання штучних нейронних мереж. У даному випадку ми будемо використовувати нейронну мережу для розпізнавання зіниці ока на зображенні та визначення її положення.

Одним з методів для розпізнавання зіниці ока на зображенні є метод глибокого навчання з використанням згорткових нейронних мереж (англ. Convolutional Neural Networks - CNN) [1]. Для цього нейронна мережа повинна бути навчена на великій кількості зображень з різними положеннями зіниці ока. Після тренування мережа може бути застосована для розпізнавання зіниці на нових зображеннях.

Також може використовуватися кореляційний метод для визначення положення зіниці. Цей метод полягає у по-піксельному порівнянні шаблону зіниці ока з усіма можливими місцями на зображенні, щоб знайти найбільш ймовірне місце розташування зіниці. Цей метод може бути використаний для розпізнавання зіниці лише на зображеннях з високою роздільною здатністю.

Існують методи сегментації, образно кажучи "фільтрування за кольором". Зазвичай, зіниця ока має темний колір і вона може бути виділена шляхом сегментації зображення за ознаками кольору. Після цього може бути обчислена форма та координати центра зіниці.[2]

ЗАСТОСУВАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗІНИЦІ ОКА ЛЮДИНИ

Використання згорткових нейронних мереж має переваги:

- такі мережі автоматично виявляти риси та ознаки об'єктів на зображенні, незалежно від їх місця розташування на зображенні; [3]
- вони можуть використовуватись для розпізнавання об'єктів на зображеннях різної роздільної здатності та розміру;
- вони забезпечують достатню точність та високу швидкість роботи комп'ютерних програм.

Для визначення положення зіниці була розроблена комп'ютерна програма та створена велика база даних зі зображеннями ока, які були розмічені з точністю до положення зіниці. Ця база даних була застосована для навчання згорткової нейронної мережі – визначенню вагових коефіцієнтів штучних нейронів.

Важливою складовою успішного застосування згорткових нейронних мереж є якість бази даних, яка використовується для їх навчання. Якщо база даних не буде достатньо репрезентативною або міститиме помилки в розмітці, то це може призвести до поганої точності роботи нейронної мережі. Тому, в процесі розробки даної програми, було важливо відібрати велику кількість різних зображень ока, які містили різні варіації положення зіниці та різні умови освітлення.

Однією з переваг використання згорткових нейронних мереж є їх здатність до автоматичного виявлення ознак на зображеннях. Це означає, що мережа може навчитися визначати положення зіниці, враховуючи різні ознаки, такі як форма, розмір, контур тощо, без явної специфікації цих ознак у вихідному коді програми.

Також, згорткові нейронні мережі можуть бути дуже глибокими та містити дуже багато шарів, що дозволяє їм навчатися складним ієрархічним ознакам на зображеннях. Це дозволяє досягнути високої точності роботи на нових зображеннях.

Щодо процесу тренування, нейронна мережа була навчена з використанням популярної бібліотеки для машинного навчання Keras. Мережа була навчена з використанням звичайних процесорів на персональному комп'ютері, з використанням зображень з бази даних, що містила більше 10000 різних зображень ока, розмічених за положенням зіниці. Приклад архітектури згорткової нейронної мережі представлений на рисунку 2.

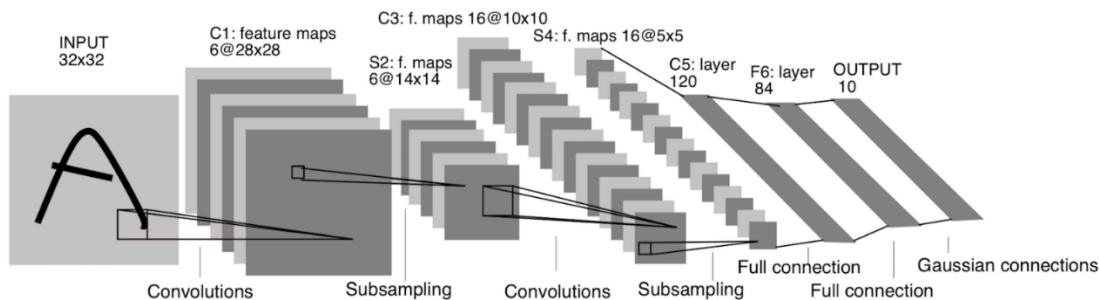


Рисунок 2. Архітектура CNN

Для визначення положення зіниці можна також використовувати моделі, подібні до YOLO, які зазвичай мають більші розмірності і архітектуру. Одна з таких моделей - RetinaNet - використовує підходи, що враховують інформацію

на різних рівнях зображення, щоб забезпечити кращу точність визначення об'єктів. Інша модель - Faster R-CNN - використовує регіональну пропозиційну мережу (RPN), щоб генерувати пропозиції об'єктів на зображенні і потім класифікувати їх.

Обидві ці моделі можуть бути застосовані для визначення положення зіниці на зображенні, проте їхня складність та кількість параметрів можуть бути вищими, ніж у згорткових нейронних мережах. Крім того, вони можуть вимагати більше обчислювальних ресурсів для навчання та інференсу, що може збільшити час обробки зображень.

Отже, вибір моделі для визначення положення зіниці на зображенні залежить від багатьох факторів, таких як точність, швидкість та розмірність моделі. [4]



Рисунок 1. Приклад роботи нейронної мережі

Після навчання ця мережа була використана для розпізнавання зіниці на нових зображеннях. Це було зроблено шляхом введення зображення в мережу та отримання вихідного значення зі свого останнього шару. Значення цього шару може

бути використане для визначення положення зіниці на зображенні. Розроблена програма дозволила правильно визначати положення зіниці ока людини у 85 % випадках. Приклад роботи цієї нейронної мережі показано на рисунку 1.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Prakash Kanade, Fortune David, «Convolutional Neural Networks(CNN) based Eye-Gaze Tracking System using Machine Learning Algorithm», https://www.researchgate.net/publication/350794252_Convolutional_Neural_NetworksCNN_based_Eye-Gaze_Tracking_System_using_Machine_Learning_Algorithm
- [2] Jiahui Liu, Jiannan Chi, Huijie Yang, «In the eye of the beholder: A survey of gaze tracking techniques», <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031320322004241>
- [3] Laith Alzubaidi, Laith Farhan, Amjad J. Humaidi, Ayad Al-Dujaili, Ye Duan, and Mi Li «Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions» <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-021-00444-8>
- [4] Niharika Kumari, Verena Ruf, Sergey Mukhametov, «Mobile Eye-Tracking Data Analysis Using Object Detection via YOLO v4», https://www.researchgate.net/publication/356384906_Mobile_Eye-Tracking_Data_Analysis_Using_Object_Detection_via_YOLO_v4

УДК 62-26, 62-293

Д. О. Гапонов, студ. гр. ПМ-91, доц., к.т.н. Литвиненко П. Л.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ФОТОМЕТРИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Анотація. У цій статті розглядаються принципи роботи та можливі області застосування фотометричних систем для розпізнавання об'єктів у реальному часі. Також описано переваги та недоліки використання таких систем. Розглянуто методи навчання та обробки даних фотометричної системи та її компонентів.

Ключові слова: нейронні мережі, фотометрична система, supervised learning

ВСТУП

На сьогодні для досягнення високої точності у розпізнаванні об'єктів у реальному часі потрібна точна фотометрична система, що буде навчена дуже швидко реагувати. Це можливо тільки за допомогою нейронної мережі, яку можливо створити за умови доступу до великої кількості даних та навчання за методикою supervised learning (навчання з учителем). Велика кількість зібраних даних необхідна, щоб мережа мала можливість передбачати зображення, порівняти його з дійсним та зробити виправлення на вагах нейронної мережі, щоб отримати кращий результат. Саме цей метод допомагає нейронній мережі поділяти на різні класи об'єкти і робити правильний висновок. Застосування методу навчання з викладачем особливо ефективно для фотометричних систем, оскільки дозволяє досягти високої точності розпізнавання об'єктів, що важливо для багатьох галузей, в тому числі для промисловості.

ОПИС МЕТОДУ НАВЧАННЯ І ОБРОБКИ ДАНИХ

Принцип навчання фотометричної системи для розпізнавання об'єктів у реальному часі, у багатьох випадках потребує навчання з учителем, коли система навчається за допомогою численних зображень, що містять позначені правильні відповіді.

Перед початком навчання системи потрібна колекція зображень, що зображують різні об'єкти та класи. Зображення мають бути класифіковані за відповідними класами (наприклад, автомобілі, пішоходи, дерева тощо). Навчання системи потім здійснюється за допомогою методу навчання під наглядом, у якому специфіка розпізнавання об'єктів покращується за рахунок коригування вагових коефіцієнтів нейронної мережі.

Як тільки після навчання фотометрична система показала високий показник розпізнавання об'єктів з точністю понад 95%, проводиться аналіз впливу кількості навчальних даних на точність розпізнавання об'єктів [1]. Якщо в результаті було встановлено, що збільшення кількості навчальних даних зменшує помилки розпізнавання та збільшує точність роботи системи - систему можна практично використовувати.

Коли система вже оснащена можливістю розпізнавати об'єкти в режимі реального часу, після навчання, нейронна мережа отримує зображення зі спеціалізованих датчиків і застосовує вагові коефіцієнти, отримані раніше, що забезпечує точну ідентифікацію та класифікацію об'єктів.

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Розпізнавання об'єктів у реальному часі на фабриці чи складах потенційно може бути досягнуто за допомогою впровадження фотометричної системи.

Роботизована техніка на автоматизованих виробництвах може скористатися системою, призначеною для автоматизації сортування продуктів на фабриці. Розпізнаючи форму, колір і розмір продуктів, система забезпечує швидку та ефективну роботу.

Процес сортування та доставки товарів можна автоматизувати за допомогою фотометричної системи. Ця система розпізнає маркування на упаковках і коробках, визначає їх розміри і вагу, а також підтримує відповідність між замовленнями і доставками. У результаті логістику можна оптимізувати.

Включення фотометричної системи в протоколи безпеки відкриває можливості для ідентифікації осіб і об'єктів, які можуть викликати занепокоєння. Також можлива швидка реакція служб безпеки на можливі загрози, що сприяє попередженню злочинності та зменшує небезпеку.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ФОТОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Розглянемо приклад застосування фотометричної системи у війсьній галузі. Наприклад, розглянемо компанію Lockheed Martin [2], яка розробила систему Aegis для підводних човнів.

Ця система використовує нейронну мережу у режимі патрулювання (у реальному часі) для розпізнавання підводних об'єктів на основі зображень, отриманих від акустичних датчиків. Система може автоматично виявляти і класифікувати різні типи підводних човнів, що є дуже ваговим фактором для системи воєнного напрямлення, де збір інформації необхідно використовувати зі всіх джерел.

Також яскравим зразком є безпілотники-винищувачі, представником яких являється безпілотний літальний апарат Bayraktar TB2 [3]. Цей безпілотник оснащений нейронною мережею, що забезпечує автоматичне стабілізування польоту, за допомогою нейронної мережі, яка аналізує дані з камер та інших датчиків; він може автоматично виявляти цілі та корегувати політ.

Також можна зазначити використання нейронних мереж у цивільному житті, наприклад фотометричні системи обирають популярність в автівках, для асистентів паркування та автоматизації розумної гальмівної системи.

Одна із компаній Toyota, деякі автівки якої використовують власну розробку Intelligent Park Assist [4]. Ця система використовує ультразвукові сенсори, та камери, щоб автоматично самостійно пакувати автомобіль, або активувати тормозну систему при необхідності.

Система Intelligent Park Assist використовує навчання з учителем для того, щоб визначити оптимальні траєкторії руху автомобіля. Для цього система навчається на основі великої кількості даних з різних ситуацій паркування. Нейронна мережа оброблює ці дані та виконує аналіз, щоб зрозуміти, яка траєкторія є найбільш оптимальною для паркування в конкретній ситуації.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ФТОМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Переваги фотометричних систем для розпізнавання об'єктів у реальному часі:

- Висока точність розпізнавання об'єктів за рахунок застосування навчання із вчителем.
- Швидкий час реакції системи на зміни в оточенні.
- Доступність та широке застосування в різних галузях, включаючи промисловість, транспорт, медицину та інші.
- Можливість швидко підлаштуватися під навколишнє середовище.
- Недоліки фотометричних систем для розпізнавання об'єктів у реальному часі:
 - Вимагається великий навчальний набір даних з позначеними правильними відповідями для досягнення високої точності.
 - Вплив зовнішніх факторів, таких як погода, освітлення та інші, можуть впливати на роботу системи.
 - Вартість виготовлення та підтримки фотометричних систем може бути високою.
 - Обмежені можливості в розпізнаванні динамічних об'єктів.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи, можна сказати, що фотометричні системи на базі supervised learning є ефективними методами розпізнавання об'єктів у реальному часі. Система дозволяє розпізнавати високоточно об'єкти у різних галузях, на виробництвах, в автомобільних системах, військовій промисловості, медицині, та ін.. Створення фотометричних систем методом навчання з учителем дозволяє досягти більшої точності та швидкості розпізнавання об'єктів.

Однак такі системи потребують наявності великої кількості обов'язкових даних, необхідних для навчання, а також складність встановлення та обслуговування. Тому перед вибором фотометричної системи необхідно оцінити всі переваги та недоліки у контексті конкретного застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Bishop, Christopher M. "Pattern Recognition and Machine Learning." Springer, 2006.
- [2] "Lockheed Martin Unveils Latest Version of ADAM System." Lockheed Martin, 14 May 2020, <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/history/adam-system.html>. Accessed 13 Mar. 2023.
- [3] "Bayraktar TB2 - Combat Drone." Baykar, <https://baykarsavunma.com/en/products/bayraktar-tb2-combat-uav/>. Accessed 13 Mar. 2023.
- [4] "Intelligent Park Assist." Bosch Mobility Solutions, <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/automated-parking/intelligent-park-assist/>. Accessed 13 Mar. 2023.

УДК 621.397

О. І. Главацький, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД НОВІТНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ З БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Анотація. Стаття присвячена аналізу застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для мультиспектрального дистанційного зондування різних ландшафтів і середовищ для розуміння сучасних тенденцій та проблем цієї області. Ми також досліджуємо можливості застосування цих методів для практичного застосування в сільському господарстві, лісовому господарстві, а також в інших галузях, де зондування з використанням мультиспектральних даних може бути корисним.

Ключові слова: мультиспектральне дистанційне зондування, безпілотні літальні апарати, обробка зображень, ландшафтні дослідження

ВСТУП

Дистанційне зондування оптико-електронними засобами є важливим інструментом для моніторингу та аналізу стану наземних штучних та природніх об'єктів. З появою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) набуло значної популярності [1]. Стрімке зниження цін як на БПЛА, так і на передавальні телевізійні камери викликало появу великої кількості технічних рішень у галузі ДЗЗ. Але не всі з цих рішень є ефективними на практиці. У цій статті ми пропонуємо огляд методів ДЗЗ з використанням БПЛА, включаючи методи обробки зображень та аналізу даних.

Серед існуючих проблем, яким треба приділити особливу увагу, можна виділити:

- недостатня роздільна здатність отриманих зображень при вирішенні деяких типів задач;
- невисока точність визначення рельєфу - зображення з безпілотних літальних апаратів можуть бути нестабільними, що призводить до похибок у визначенні висот та рельєфу;
- залежність зображень від погодних умов спостереження: дощ, сніг, туман або сильний вітер, можуть вплинути на якість даних;
- відсутність стандартизованих методів обробки даних - незалежно від того, який метод використовується для обробки зображень, не існує стандартів або уніфікованих протоколів для обробки даних з різних джерел. Це може зменшити ефективність деяких варіантів ДЗЗ, наприклад, багатоплатформових, з використанням роїв БПЛА;
- обмеженість часу дистанційних спостережень внаслідок обмеженості ємності акумуляторів БПЛА.

Огляд сучасних методів ДЗЗ показує підвищення ефективності за рахунок використання кількох спектральних діапазонів. Також розглядається використання машинного навчання для аналізу даних та автоматизованого виявлення змін фоно-цільової обстановки. Пропонується використання різноманітних методів обробки зображень для аналізу даних, зокрема методів фільтрації, класифікації та регресійного аналізу, спеціалізованого програмного забезпечення для обробки та аналізу даних [2].

Зараз доступний широкий спектр датчиків, включаючи системи

гіперспектрального зображення, які фіксують відбиття від поверхонь об'єктів у широких межах електромагнітного спектру [3], а також лазерно-локаційні системи (LiDAR), які забезпечують детальне тривимірне представлення особливостей земної поверхні та топографії [4].

Важливим етапом є калібрування камер та систем спостереження [5]. В задачах ДЗЗ особлива увага приділяється енергетичному калібруванню [6]. Одним з основних завдань енергетичного калібрування є забезпечення точності вимірювання радіометричних властивостей поверхні Землі, зокрема, відтворення значень спектральних величин у нормованій формі. У цьому контексті, розглядається питання розробки методів та алгоритмів енергетичного калібрування мультиспектральних сканерних пристроїв високої роздільної здатності, що вимагає застосування математичного моделювання та обробки сигналів.

МЕТОДОЛОГІЯ

Основою досліджень є алгоритм дій, вказаний на рис. 1. Алгоритм може доповнюватися і змінюватися в залежності від умов та цілей дослідження.

Наш алгоритм дослідження включає декілька ключових етапів. Починається процес з підготовки. Під час збору даних камери здійснюють зйомку з повітряного апарату, який може мати різні конфігурації залежно від типу дослідження. Ключовою частиною цього етапу є збір мультиспектральних зображень з високою роздільною здатністю.

Перед обробкою даних необхідно провести калібрування камери або системи спостереження для забезпечення точності і якості даних. Калібрування включає в себе визначення параметрів камери, таких як інтенсивність, дисторсія, фокусна відстань, яка виконується за допомогою фізичних вимірювань або математичного моделювання.

Обробка даних може включати попередню обробку, таку як видалення шуму, фільтрацію або розмивання, та подальшу обробку для витягування корисної інформації, такої як визначення розміру, форми, орієнтації, властивостей об'єктів тощо.

Аналіз даних може включати класифікацію об'єктів, визначення їх характеристик, аналіз поведінки, відстеження руху та інше. Результати обробки і аналізу даних можуть використовуватися для прийняття рішень, контролю процесів, вдосконалення систем спостереження, автоматизації виробництва тощо.



Рисунок 1. Алгоритм дослідження

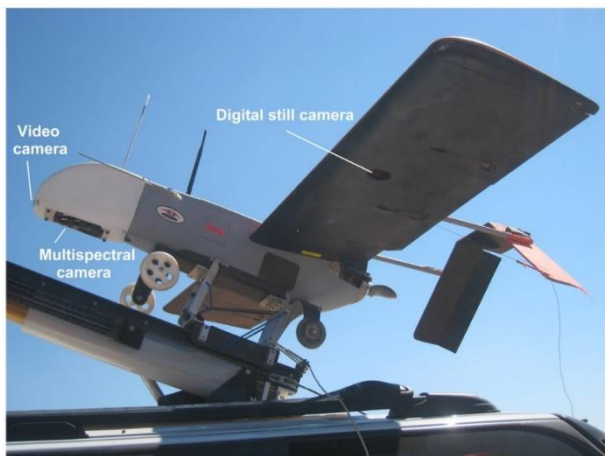


Рисунок 2. БПЛА ВАР 3 [7]

Автори [7] для збору даних використовують БПЛА ВАР 3, оснащений невеликою відеокамерою, цифровою камерою Canon SD 900 у крилі та мультиспектральною камерою Mini MCA у носі. Наразі випуск Mini MCA зупинено, це пов'язано зі зміною технологій і попиту на більш нові моделі камер. Тому для розгляду пропонується нова модель Micro MCA, яка має менший розмір та масу, що дозволяє його використовувати на менших БПЛА.

Вона також має покращену роздільну здатність та можливість записувати

відео з більш високою швидкістю. Ці камери доступні в масивах з 4, 6 або 12 камер. Масив камер Micro MCA дозволяє отримувати мультиспектральну інформацію попиксельно. Кожна камера складається з об'єктива, фільтра та датчика. Користувачі вибирають фільтри, які вони вставляють між об'єктивом і датчиком, щоб обмежити випромінювання, яке контактує з датчиком, вузькою смугою довжин хвиль. Комбінація фільтрів дозволяє системі відслідковувати унікальну спектральну сигнатуру, яка ідентифікує одну або кілька рослин, стан рослин або інші сполуки.

Оскільки основною проблемою досліджень залишається обробка великого обсягу інформації, перспективним рішенням є використання штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу великих обсягів даних. Для цього потрібно в перш чергу створення бази даних з відповідними атрибутами: геометричні параметри об'єктів, такі як висота, площа та об'єм, а також спектральні та радіометричні параметри, такі як яскравість, контрастність, температура та інші. Наступним етапом є побудова моделі, яка визначає, як будуть оброблятися дані. Для цього потрібно зібрати достатню кількість прикладів даних, розбити зібрані дані на тренувальні, тестові та валідаційні набори, обрати фреймворк машинного навчання (TensorFlow, Keras, PyTorch тощо), налаштувати параметри і натренувати модель. Після цього необхідно оцінити ефективність моделі за допомогою тестових наборів даних. В [7] розглядаються деякі перспективні типи машинного навчання:

- **Manifold Learning.** Суть полягає в тому, щоб знайти складний шаблон у великій кількості даних і відобразити його на мінімальну кількість вимірів зберігаючи при цьому оригінальний шаблон. Цей процес зменшує кількість зайвої інформації, і зберігає лише важливу інформацію.
- **Semi-supervised learning (SSL)** є підходом до машинного навчання, в якому модель навчається на датасеті, в якому тільки частина даних має мітки, а інша частина - немає. Основна ідея SSL полягає в тому, що модель використовує знання, отримані з даних з мітками, для покращення результатів передбачення на даних без міток.

- Transfer learning. Використовується попередньо навчена модель як базовий блок для нової моделі. Зазвичай перші шари моделі, що відповідають за визначення базових функцій, залишаються незмінними, а наступні шари змінюються або додаються для розв'язання нової задачі.
- Active Learning. У процесі активного навчання, модель обирає деякі зразки даних, на яких вона виявляється недостатньо впевненою, і запитує у експерта або користувача для них мітки. Модель далі навчається на цих додаткових позначених даних, що може покращити її точність.

ВИСНОВКИ

У статті визначено проблеми ДЗЗ з використанням БПЛА, такі як: недостатня кількість і якість зібраних даних через слабку витримку апаратури до погодних умов, великих швидкостей і викривлень зображення, а також проблеми з обробкою великої кількості даних. Для підвищення якості даних було запропоновано використання енергетичного калібрування камери, застосування більш сучасних моделей мультиспектральних камер Micro-MCA. Також було запропоновано використання перспективних систем машинного навчання, які значно покращують роботу з великими масивами даних і мінімізують отримання хибної інформації і результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] The Ikhana unmanned airborne system (UAS) western states fire imaging missions: from concept to reality (2006–2010).
- [2] Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 1: a review of progress and challenges by Ken Whitehead and Chris H. Hugenholtz
- [3] Using AHS hyper-spectral images to study forest vegetation recovery after a fire / Margarita Huesca, Silvia Merino-de-Miguel
- [4] Topographic Laser Ranging and Scanning. (2017). LiDAR Systems and Calibration./ Aloysius Wehr.
- [5] Колобродов В.Г., Кравченко І.В., Микитенко В.І. Розроблення та контроль автоматизованих оптико-електронних систем дистанційного зондування Землі. Київ: Інтерсервіс, 2021. – 170 с.
- [6] V. Kolobrodov, L. Miheenko, V. Mykytenko, G. Tymchik, N. Vovchasta, Computer-integrated technology of space television cameras radiometric calibration Proceedings Volume 12040, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2021; 120400V, p.213-220, (2021). <https://doi.org/10.1117/12.2617508>
- [7]. “Machine Learning in Remote Sensing Data Processing” by Gustau Camps . 2009
Наук. керівник – д.т.н., проф. Микитенко.В.І.

УДК 621.384.3

В.О. Голик, студ. гр. ПО-91, д.т.н., проф. В.Г. Колобродов
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ З ПОЛЯРИМЕТРИЧНОЇ ІНФРАЧЕРВОНОЇ КАМЕРИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МІН: ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТА АЛГОРИТМИ

Анотація. У цій роботі показані алгоритми обробки зображень, виміряних поляриметричною інфрачервоною камерою. На зображеннях, отриманих у результаті такої обробки, можна виявити міни та виміряти їх характеристики для об'єднання з іншими датчиками.

Ключові слова: інфрачервона камера, тригер, вектори Стокса, поляризація, інтенсивність, інтерполяція, детектор, MWIR-камера, ROC-крива, імпульс, випромінювання.

ВСТУП

Інфрачервоні (ІЧ) камери часто використовуються в мультисенсорній платформі на транспортних засобах для виявлення наземних мін. Крім виявлення теплових контрастів, ІЧ поляриметричний датчик може вимірювати властивості поверхні, що збільшує ефективність виявлення. У цій статті розглядається поляриметрична ІЧ-система, яка має потенціал для перспективного використання. В результаті досліджень описано всі необхідні кроки для досягнення максимальної ефективності виявлення.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою цієї статті є обґрунтування алгоритмів обробки зображень, отриманих поляриметричною інфрачервоною камерою. На зображеннях, отриманих у результаті такої обробки, можна виявити міни та виміряти окремі їх елементи для об'єднання з іншими датчиками.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ

Для отримання поляриметричного зображення принаймні від трьох напрямками поляризації застосовується наступний алгоритм:

1. Розрахунок вектора Стокса для цільової сцени, що дозволяє визначити параметри I , Q та U за допомогою рівняння:

$$I(\theta) = I \frac{1}{2} (I + Q \cos(2\theta) + U \sin(2\theta)) \quad (1)$$

2. Розкладання поляризації цільової сцени на суму лінійно поляризованих та природних складових:

$$I_p = \sqrt{Q^2 + U^2 + V^2} \quad (2)$$

$$I_N = I - \sqrt{Q^2 + U^2 + V^2} \quad (3)$$

де I_p, I_N – інтенсивність поляризованої та природної складових відповідно.

3. Обчислення змінної поляризаційної складової $I(\bar{\varphi} - \pi/2)$ шляхом використання рівняння (1) та перпендикулярного напрямку середнього значення кута поляризації A .
4. Отримання лінійно поляризованої складової світла зі зміни поляризаційної складової за допомогою вищезазначених формул та

- видалення природного компонента поляризації світла $I_H(\bar{\phi} - \pi/2) = I_H/2$
5. Виявлення цілі за допомогою встановлення відповідного порогу $I_{ц,п}(\bar{\phi} - \pi/2)$ [1].

АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ТА ОТРИМАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Поляриметричні вимірювання проводилися на випробувальній установці TNO-FEL для систем виявлення наземних мін [2]. У цій статті описано лише результати, отримані на піщаній смузі: піщана доріжка являє собою ящик довжиною 10 м, шириною 3 м і глибиною 1.5 м, який заповнений фільтрованим піском. На різній глибині були розміщені різноманітні типи наземних мін.

Поляриметрична інфрачервона установка складається з поляризаційного фільтра з обертовою дротяною сіткою перед об'єктивом ІЧ-камери [3].

Поляриметрична система працює в режимі вільної роботи, в якому послідовності зображень отримують безперервно. Через кожні 3 см лазерний далекомір видає імпульс запуску. Ці тригерні імпульси записуються разом із зображеннями. Точне положення кожного зображення в послідовності оцінюється за допомогою інтерполяції тригерних імпульсів.

Для вирішення проблеми руху в послідовності зображень використовується алгоритм попередньої обробки, який складається з наступних кроків [4]:

1. Виконується калібрування зображень для кожного кута, що включає корекцію зміщення, видалення відбитих зображень та випромінювання від фільтра. Коефіцієнт підсилення використовується для усунення відмінностей в пропусканні фільтра та чутливості кожного пікселя.
2. Зображення перетворюється у світові координати за допомогою антиперспективного перетворення з використанням геометрії установки.
3. Зсув між зображеннями в кожній послідовності виправляється за допомогою простого перекладу, визначеного за допомогою лазерного далекоміра та інтерполяції 3-сантиметрових зразків лазерного вимірювача відстані.
4. Після корекції прямого руху, вібрації та рухи фільтра відображаються в координатах камери. Оцінка руху на основі сцени використовується для визначення вектора трансляції та трансляції зображення.
5. Останнім кроком є обчислення зображень за допомогою параметрів Стокса I, Q і U на основі повної скоригованої та відкаліброваної послідовності руху.

Для наочного прикладу, зображення всіх позицій які були використані для створення мозаїки повної випробувальної смуги, зображені на Рис. 1. На I-зображенні мозаїки всі наземні міни (правий крайній стовпчик білих плям на зображенні (а)), більшість наземних мін (другий стовпець, рахований справа) і деякі глибоко закопані міни видно.

Усі наземні міни чітко виділяються на Q-зображенні (чорні плями).

Нарешті, на U-зображенні (в) можна побачити деякі бокові сторони мін, які лежать на поверхні.

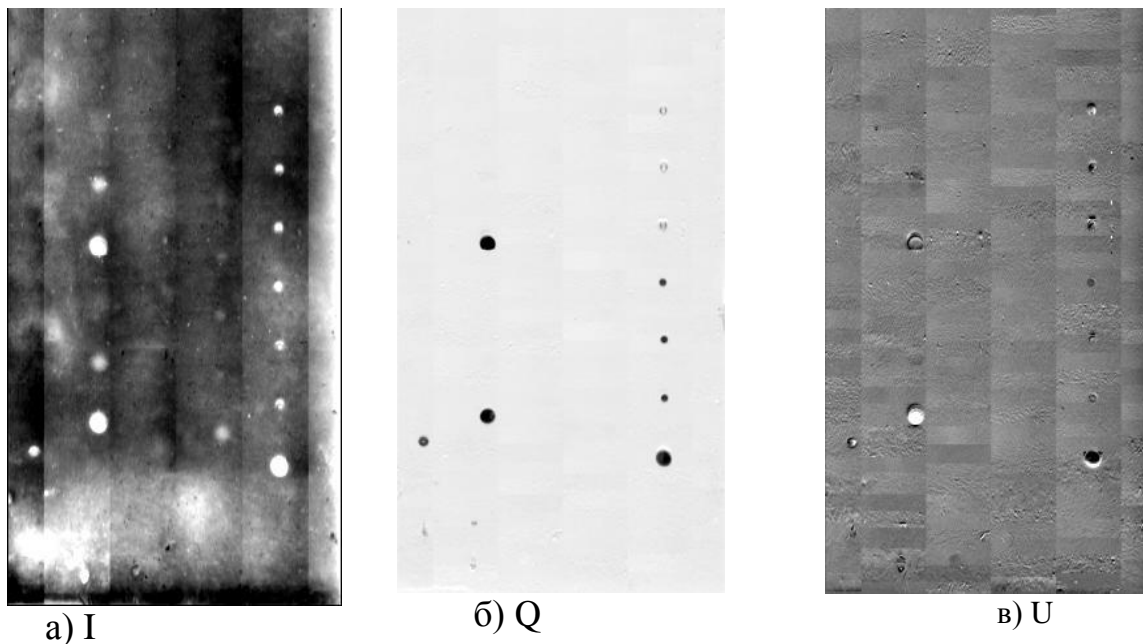


Рисунок 1. Мозаїка трьох параметрів Стокса для частини смуги для тестування піску. Шкала інтенсивності для трьох зображень різна [5].

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ І ПОРІВНЯННЯ

Для детектування використовували фільтрування «Tophat», яке знаходить локальні максимуми на зображенні з використанням дископодібного структурного елемента. Розмір диска та порогове значення оптимізовано з використанням двох критеріїв оптимізації: площа під кривою характеристик оператора приймача (ROC) між 0 та 50 помилковими тривогами та максимальна кількість виявлень для максимум 500 помилкових тривог. Детектор працює з окремими послідовностями зображень, щоб уникнути впливу граничних ефектів, які з'являються на мозаїці. Дані з поляриметричної камери записуються з повною частотою кадрів, що дозволяє виявити той самий об'єкт в різних послідовностях зображень та об'єднати їх у кластери. Поріг застосовується до кількості виявлень в кластері, крім порогу на виході детектора чи класифікатора ознак [6].

Класифікація виконується за ознаками, виміряними на зображеннях Стокса в місцях, зазначених детектором «tophat». Класифікація на основі ознак із використанням форми та поляриметричних ознак покращує ефективність виявлення наземних мін на поляриметричних ІЧ зображеннях.

ВИСНОВКИ

У цій статті було показано робочі алгоритми попередньої обробки, необхідні для поляриметричної ІЧ системи, що складається з обертового фільтра та стандартної MWIR-камери. Використовуючи лазерний вимірювач відстані, функції оцінки руху та корекції, враховуються при формуванні поляриметричних зображень Стокса.

Зображення Стокса є вхідними для алгоритмів виявлення та класифікації. Ознаки, виміряні на зображеннях Стокса в місцях, визначених детектором «tophat», використовуються для класифікації за допомогою вичерпного пошуку. Набір для навчання покращується за допомогою поляриметричних

характеристик та характеристик форми. Класифікація на основі ознак з використанням форми та поляриметричних ознак забезпечує більш ефективне виявлення наземних мін на поляриметричних інфрачервоних зображеннях, ніж детектор «tophat».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Karpenko, I. V., Kolobrodov, V. G., & Sokol, B. V. (2018). Polarization method of detecting the thermal contrast target against the background of interference. *Scientific Journal Herald of Khmelnytskyi national university. Technical sciences*, (1), 33-37.
- [2] de Jong, W., Lensen, H. A., & Janssen, Y. H. (1999, August). Sophisticated test facility to detect land mines. In *Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets IV* (Vol. 3710, pp. 1409-1418). SPIE.
- [3] Cremer, F., De Jong, W., & Schutte, K. (2002). Infrared polarization measurements and modeling applied to surface-laid antipersonnel landmines. *Optical Engineering*, 41(5), 1021-1032.
- [4] Cremer, F., Schavemaker, J. G., de Jong, W., & Schutte, K. (2003, September). Comparison of vehicle-mounted forward-looking polarimetric infrared and downward-looking infrared sensors for landmine detection. In *Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets VIII* (Vol. 5089, pp. 517-526). SPIE.
- [5] Cremer, F., de Jong, W., & Schutte, K. (2003, May). Fusion of polarimetric infrared features and GPR features for landmine detection. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Advanced Ground Penetrating Radar, 2003*. (pp. 222-227). IEEE.
- [6] Messelink, W. A., Schutte, K., Vossepel, A. M., Cremer, F., Schavemaker, J. G., & den Breejen, E. (2002, August). Feature-based detection of land mines in infrared images. In *Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets VII* (Vol. 4742, pp. 108-119). SPIE.

Наук. керівник – д.т.н., проф. В.Г. Колобродов

УДК 681.7.067.2

*Д.М. Лавренюк, студ. гр. ПО-91, к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЄКЦІЙНОГО ОБ'ЄКТИВА ДЛЯ КОРОТКОХВИЛЬОВОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ

Анотація. В даній роботі здійснено автоматизований параметричний синтез оптичної системи дев'ятилінзового проєкційного об'єктива з фокусною відстанню 48 мм, відносним отвором 1:2 та лінійним полем зору 300 мм. Він призначений для функціонування в короткохвильовому інфрачервоному діапазоні (SWIR) від 0,8 до 1,8 мкм з матричним приймачем випромінєння, що має діагональ чутливої площадки до 15 мм. Для даного дослідження використано методіку розрахунку нових оптичних систем, яка базується на сучасному еволюційному алгоритмі глобальної оптимізації. Представлені результати абераційного аналізу проєкційного SWIR-об'єктива підтверджують високу якість виправлення аберацій та ефективність використаного підходу.

Ключові слова: проєкційний об'єктив, оптична система, дифракційна модуляційна передавальна функція, short-wave infrared (SWIR), глобальна оптимізація.

ВСТУП

На сьогоднішній день оптико-електронні прилади, що функціонують у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні (SWIR), знайшли застосування у таких галузях як медицина, військова справа, для контролю якості сировини та виробничого процесу, виявлення дефектів, а також дистанційного керування та спостереження [1, 2]. На відміну від звичайних кольорових камер видимого діапазону, такі камери здатні формувати зображення в туманних або задимлених середовищах, що є критичним для систем спостереження з великих відстаней [3].

Популярним застосуванням SWIR техніки є виявлення вологи, адже вода сильно поглинається на довжинах хвиль 1450 і 1900 нм, через що вона виглядає чорною на зображенні. З відповідним освітленням цю властивість можна використовувати в різноманітних пристроях контролю якості в харчовій промисловості та виробництві напоїв, деревообробній, текстильній чи автомобільній промисловості [4]. Порівняно з середньохвильовим (MWIR) та довгохвильовим (LWIR) інфрачервоними діапазонами, менші довжини хвиль SWIR-випромінєння дозволяють отримувати зображення з вищою роздільною здатністю та більшим контрастом, що є важливим для контролю якості продукції.

Незважаючи на широкий асортимент наявних комерційних зразків SWIR-камер, існує потреба у розробці їх поліпшених варіантів з розширеними функціональними параметрами.

В зв'язку з цим, нижче представлено результати автоматизованого розрахунку проєкційного об'єктива для цифрової камери короткохвильового інфрачервоного діапазону, яка може бути використана на лініях контролю якості продукції.

ВИКОРИСТАНИЙ ПІДХІД ТА ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Для синтезу оптичної системи проєкційного об'єктива в даній роботі використано програмне забезпечення PODIL, в якому реалізовано модифікований варіант адаптивного алгоритму диференційної еволюції. Раніше такий підхід дозволив здійснити успішний розрахунок різних типів оптичних систем, в тому числі й більш складних [5-7].

Особливістю даного алгоритму глобальної оптимізації є те, що в ньому значення двох специфічних параметрів диференційної еволюції зберігаються для кожної точки популяції та генеруються для нових точок з використанням середніх значень, які, в свою чергу, уточнюються на кожній ітерації по всім точкам популяції. Таким чином, забезпечується «адаптація» числових значень зазначених параметрів алгоритму під поточну оптимізаційну модель. Крім того, розподіл Коші дає змогу детальніше досліджувати багатовимірний простір потенційних розв'язків та уникати передчасної збіжності до локального мінімуму.

Як приклад для чисельного розрахунку було обрано проєкційний **SWIR**-об'єктив з відносним отвором 1:2, який призначений для функціонування у спектральному діапазоні 0,8...1,8 мкм з основною довжиною хвилі 1,3 мкм. Лінійне поле предметів розміром 300 мм номінально віддалене від першої поверхні об'єктива на відстань 1000 мм. Діаметр кола зображень повинен бути біля 15 мм.

Для здійснення процедури синтезу спочатку генерувалася засобами програмного забезпечення стандартна оціночна функція, що мінімізує розміри середньоквадратичних радіусів поліхроматичних світлових плям для всіх заданих точок поля зору. Додатково були встановлені обмеження на мінімальну осьову товщину – 1,3 мм; мінімальну та максимальну осьову товщину лінз – 6 мм, відповідно; мінімальну товщину лінз на краю – 1,5 мм; загальну осьову довжину всієї системи – 70 мм; максимальне допустиме значення відносної дисторсії – 3%. Додатково контролювалися абсолютні різниці температурних коефіцієнтів розширення лінз склейок – не більше $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

На рис. 1 представлена згенерована алгоритмом оптична схема проєкційного **SWIR** об'єктива.

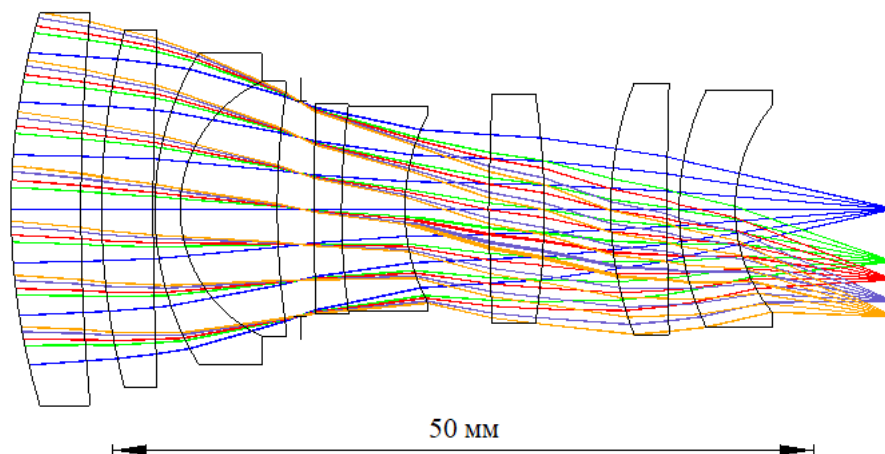


Рисунок 1. Оптична схема з ходом променів синтезованого проєкційного об'єктива для SWIR діапазону

Отримані значення поліхроматичних дифракційних модуляційних передавальних функцій по всьому полю знаходяться в межах 60...71 % для просторової частоти 50 ліній/мм (див. рис. 2). Відносна дисторсія об'єктива не перевищує 2,6 %.

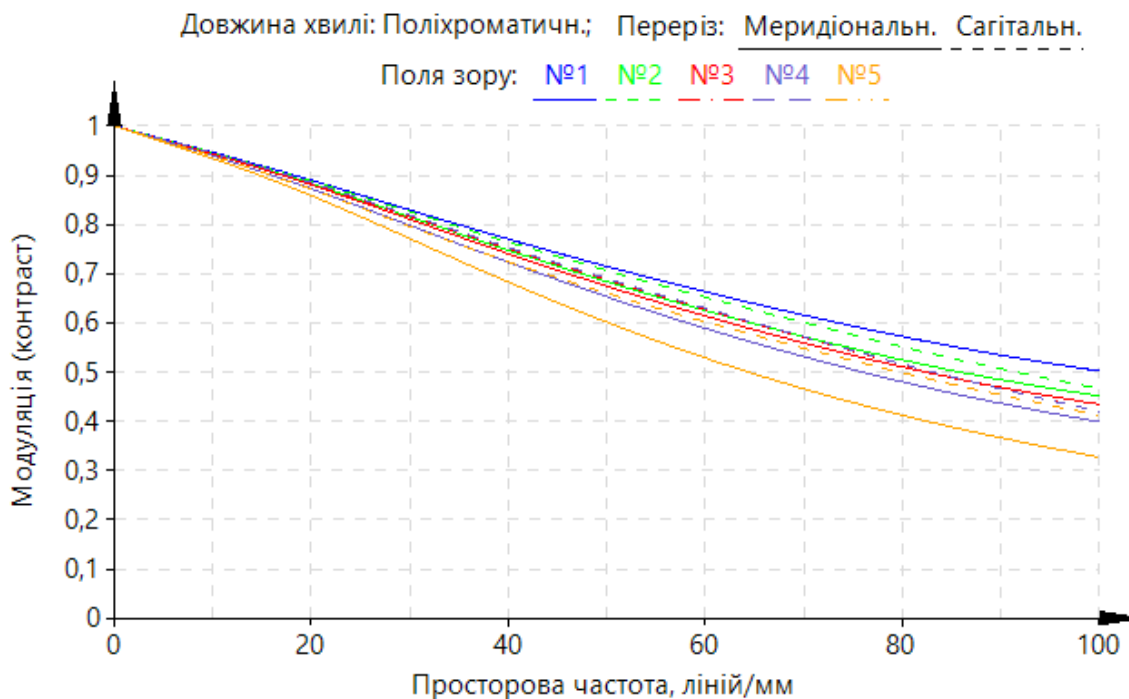


Рисунок 2. Поліхроматичні дифракційні модуляційні передавальні функції для різних точок поля зору синтезованого проєкційного об'єктива для SWIR діапазону

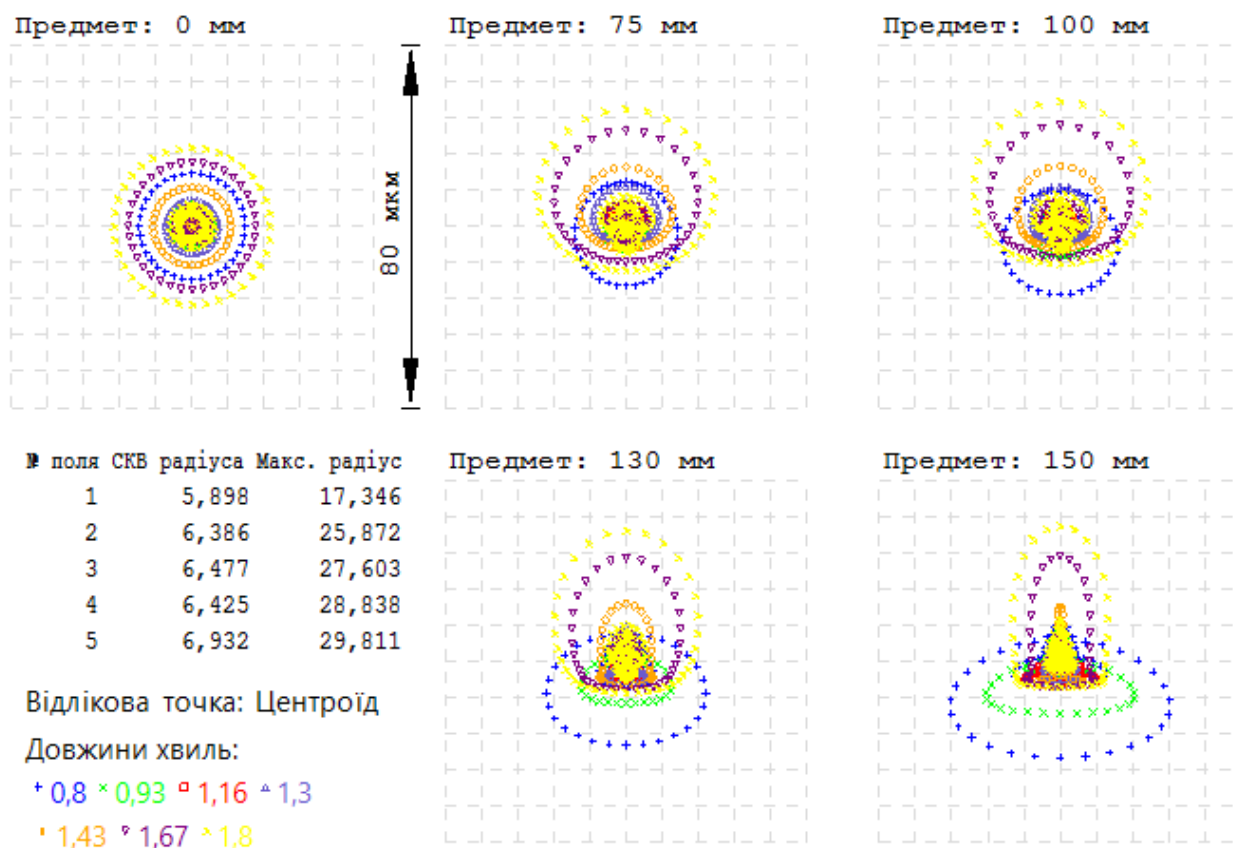


Рисунок 3. Точкові діаграми розробленого проєкційного об'єктива для SWIR-діапазону

З рис. 3 видно, що максимальні значення середньоквадратичних радіусів світлових плям, визначені в заданому спектральному діапазоні (0,8...1,8 мкм), не перевищують 6 мкм на оптичній осі і 7 мкм на краю зображення.

ВИСНОВКИ

Використаний спосіб розрахунку, який базується на еволюційному алгоритмі глобальної оптимізації, дозволяє в автоматизованому режимі розрахувати багатолінзову оптичну систему проєкційного SWIR-об'єктива з високою якістю зображення відповідно до встановлених конструктором вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Hardin W. White Paper: A Short Introduction to Shortwave Infrared (SWIR) Imaging - Smart Vision Lights. Smart Vision Lights — Режим доступу: <https://smartvisionlights.com/resources/publications/white-papers/a-short-introduction-to-shortwave-infrared-swir-imaging/>.
- [2] M. P. Hansen and D. S. Malchow, “Overview of SWIR detectors, cameras, and applications,” in SPIE Defense and Security Symposium, International Society for Optics and Photonics, 2008, pp. 69390I–69390I.
- [3] InGaAs SWIR Cameras Open New Opportunities. Photonics Media. — Режим доступу: https://www.photonics.com/Articles/InGaAs_SWIR_Cameras_Open_New_Opportunities/a55931, 2023.
- [4] SWIR Applications and Challenges: A Primer. Photonics.com. — Режим доступу: https://www.photonics.com/Articles/SWIR_Applications_and_Challenges_A_PriPri/a56646, 2014.
- [5] Сокурєнко В. М., Смажко І. О. Автоматизований розрахунок оптичної системи SWIR-об'єктива // *Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки.*, 2019. – №6 (279). – с. 202–205.
- [6] Сокурєнко В. М., Хуторовий І. Т., Сокурєнко О. М. Розроблення оптичних систем 16-лінзових ортоскопічних телеоб'єктивів // *Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки*, 2022. – №6 (315), с. 219–223.
- [7] Сокурєнко В. М., Сокурєнко О. М. Автоматизований розрахунок оптичної системи панкратичного прицілу // *Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування*, 2022. – № 63(1), с. 25–33.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.

УДК 629.5.066.1

О.П. Невмержицький, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., професор. Чиж І.Г.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПЕРИСКОПІВ З ВІДЕОФІКСАЦІЄЮ

Анотація. Розглянуто тенденції розвитку пристроїв та засобів для спостережень навколишнього простору із укриття. Показано, що головними тенденціями їх розвитку є розширення робочого спектрального діапазону цих приладів, та надання їм комунікаційних функцій, що здійснюються в режимі реального часу. Запропоновано модернізувати сухопутні перископи наданням їм можливості здійснювати круговий огляд навколишнього простору.

Ключові слова: Перископ, контроль простору із укриття, сухопутний перископ.

ВСТУП

Висока значимість вчасного виявлення об'єктів, широкий діапазон зміни параметрів, що характеризують фізичні та технічні умови спостереження, вимагають обладнання розвинутим комплексом приладів і систем спостереження і розпізнавання об'єктів.

Для виконання задач спостереження та розпізнавання об'єктів необхідна наявність відповідних технічних засобів – приладів спостереження, одним з яких став перископ.

Технології ведення військових дій постійно змінювалися і вдосконалювалися, незалежно від цього, були це танки чи бойові колісниці [1]. А для їхнього повноцінного функціонування необхідний цілий ряд високотехнологічних пристроїв. В данній роботі основна увага приділяється перископічним системам, які є важливим засобом спостереження та розвідки з безпечної позиції в окопі для сухопутніх військових операціях, не наражаючись на ворожий вогонь [2].

ЗАГАЛЬНЕ УЯВЛЕННЯ

Перископ – це прилад для спостереження з укриття.

Перископи є зоровими трубами, в яких через злам оптичної осі забезпечується перископічність для огляду простору навколо користувача.

Користувач може використовувати перископ відповідно до свого положення та потреб, дозволяючи йому краще розуміти оточення та що дозволяє йому виявляти будь-які загрози чи перешкоди і приймати обґрунтовані рішення щодо своїх наступних дій.

З розвитком технологій перископи стали ще ефективнішими, дозволяючи передавати зображення в режимі реального часу.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Однією з ключових особливостей сучасних перископів є їх здатність передавати зображення та дані в реальному часі. Це особливо важливо у військових застосуваннях, де війська повинні мати можливість швидко збирати та аналізувати інформацію, щоб приймати обґрунтовані рішення. Перископи з цифровими камерами та іншими датчиками можуть знімати високоякісні зображення та відео, які потім можна передавати по бездротовому зв'язку у віддалені місця для аналізу.

Ще однією важливою особливістю сучасних перископів є їх здатність до

функціонування. Перископи часто використовуються в умовах вібрації, транспортування, пилу, вологості, зміни температури [3]. Сучасні перископи розроблені так, щоб витримувати ці умови. Вони виготовляються з легких, але міцних матеріалів, таких як алюміній і вуглецеве волокно.

Модернізовані перископічні системи мають високоякісну оптику. Це особливо важливо при здійсненні розвідувальних місій, для надійного ідентифікування потенційних загроз та збору інформації про рухи противника [4].

Багато сучасних перископів, оснащених можливостями нічного бачення, що дозволяє здійснювати спостереження та розвідку в умовах слабкого освітлення. Ці системи можуть використовувати інфрачервону техніку для роботи в тепловому діапазоні спектру.

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПЕРИСКОПІЧНИХ СИСТЕМ

Перископи, що використовуються для безпечного спостереження за діями ворога з укриття.

Periscope PRO

Перископ ПРО (Periskop PRO) - це сучасна перископічна система, призначена для використання в умовах надзвичайних ситуацій, таких як дії спецпідрозділів та військових підрозділів, оборонних робіт та рятувальних операцій.

Перископ ПРО (рис.1) складається з двох зсувних трубок, що дозволяють переглядати об'єкти в горизонтальній та вертикальній площинах. Вона має вбудовану камеру високої роздільної здатності, що дозволяє передавати відео та зображення в режимі реального часу на віддалені комп'ютери або мобільні пристрої за допомогою.

Також, ПРО може використовувати додаткові джерела світла, такі як інфрачервоні світлодіоди, для покращення функціонування в умовах низької освітленості. Ці світлодіоди випромінюють інфрачервоне світло, яке не видно оку, але забезпечує чутливість фотоприймачів зображень.



Рисунок 1. Перископічна система Перископ ПРО

Elbit Systems MiniPOP

Elbit Systems MiniPOP (Portable Optronic Payload) - це портативна перископічна оптична система з лінзовою обертальною системою для збору інформації з місцевості в режимі реального часу. Вона призначена для використання в сухопутних військових операціях, дозволяючи воїнам

здійснювати нагляд і спостереження за ситуацією на полі бою.

Компактна, легка, стабілізована перископічна система MiniPOP (рис.2) забезпечує високий ступінь стабілізації. Система обладанна трьома датчиками: кольоровою телекамерою денного світла (DTV), датчиком MWIR третього покоління 3-5 мкм і лазерним далекоміром, який дозволяє визначати відстань до об'єктів [5]. Система включає автоматичне стеження за цілями та інтерфейси для дистанційного командування та управління.



Рисунок 2. Перископічна система Elbit Systems MiniPOP

FLIR One Pro

FLIR One Pro - це перископічна система на основі мобільного телефону, яка дозволяє здійснювати зйомку в умовах недостатнього освітлення [6]. Вона складається з тепловізійної камери, яка приєднується до порту на смартфоні [6].

FLIR One Pro (рис.3) може виявляти теплове випромінювання об'єктів та конвертувати його у видиме зображення. Пристрій може забезпечувати зображення в температурному діапазоні від -20 до 400 градусів Цельсія, що дозволяє застосовувати його в різних експлуатаційних умовах.

Крім тепловізійної камери, в FLIR One Pro також має вбудований модуль з зображенням видимого світла. Пристрій підтримує зйомку відео зі швидкістю до 30 кадрів за секунду та має можливість зберігати зображення у форматі JPEG або відео в форматі MP4 на внутрішню пам'ять смартфона.



Рисунок 3. Перископічна система FLIR One Pro

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ПЕРИСКОПІЧНИХ СИСТЕМ

Залучення новітніх технологій та інновацій дозволяє значно покращити ефективність та функціональність перископічних систем. Ось декілька пропозицій щодо можливої подальшої модернізації перископічних систем:

1. Забезпечення кругового огляду оточуючого простору оптичними чи оптико-електронними засобами.
2. Мультиплікація зображень видимого та інфрачервоного діапазону.
3. Збільшення перископічності приладу з метою забезпечення більшого захисту оператора від дій ворога.
4. Надання перископу комунікаційних функцій на базі сучасних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] У світі оптичних явищ. Створення перископа.
http://volkova12.ucoz.ru/ПРОЕКТУ/15_periskop_6.pdf
- [2] TRENCH PERISCOPES By RMR Foundation.
[https://royalmontrealregiment.com/trench-periscopes/Ground Reconnaissance Operations. MCRP 2-10A.6 \(FORMERLY MCWP 2-25\).](https://royalmontrealregiment.com/trench-periscopes/Ground_Reconnaissance_Operations_MCRP_2-10A.6_(FORMERLY_MCWP_2-25).pdf)
[https://www.marines.mil/portals/1/Publications/MCRP%20210A.6.pdf?ver=2019-03-12-095744-643.](https://www.marines.mil/portals/1/Publications/MCRP%20210A.6.pdf?ver=2019-03-12-095744-643)
- [3] СССР. Оптические приборы. Часть 2. 19/07/2021 от Редактор.
<https://wwii.space/%D0%A1%D0%A1%D0%A0-%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B1%D0%BE%D1%80%D1%8B-%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C-2/>
- [4] MicroCoMPASS. Micri compact multi-purpose advanced stabilized system.
<https://elbitsystems.com/product/microcompass/>
- [5] Teledyne FLIR Announces FLIR ONE Edge Pro – The First Truly Wireless Mobile Infrared Camera.
<https://www.businesswire.com/news/home/20221110005256/en/Teledyne-FLIR-Announces-FLIR-ONE-Edge-Pro-%E2%80%93-The-First-Truly-Wireless-Mobile-Infrared-Camera>

Наук. керівник – д.т.н., професор Чиж І.Г.

УДК 629.7.017.0031

А.Л. Романчук, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Чиж І.Г.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ШОЛОМНИЙ КОЛІМАТОР АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОЛЬОТОМ

Анотація. Розглянуто тенденції розвитку шоломних коліматорних приладів та засобів систем автоматичного керування польотом. Показано, що основною тенденцією їх розвитку є збільшення поля зору, висока роздільна здатність, прилад нічного бачення та забезпечення можливостей зв'язку в реальному часі. Запропоновано використовувати переваги новітніх технологій та інновацій для підвищення ефективності та функціональності шоломних коліматорів автоматизованої системи керування польотом.

Ключові слова : Шоломний коліматор автоматизованої системи керування польотом, поле зору шоломної системи.

ВСТУП

НСЦ для пілотів літаків - це тип передової технології, яка інтегрує важливі польотні дані і сенсорну інформацію в зоні видимості пілота, забезпечуючи його ситуаційною обізнаністю в реальному часі і дозволяючи йому приймати більш обґрунтовані рішення під час польоту. Ці НСЦ зазвичай складаються з дисплея, що кріпиться на шоломі, який проектує важливу інформацію, таку як швидкість польоту, висоту і навігаційні дані, на забрало або дисплей, що кріпиться на шоломі, дозволяючи пілоту отримати доступ до критично важливої інформації, не відволікаючись на традиційні прилади. Військові НСЦ для пілотів також часто оснащені приладами нічного бачення, інфрачервоними сенсорами та іншими сучасними функціями.

НСЦ можуть перехресно пов'язувати ракети "повітря-повітря" малої дальності, голівка шукача яких постійно перебуває в бойовій готовності, щоб дійсно реалізувати принцип "перший побачив - перший вистрілив". Таким чином, НСЦ дозволяють пілотам зосередитись тільки на даних, що відображаються в окулярах, та звільняють їх від складних операцій із приладами. Оскільки швидкості літаків високі, як ніколи, традиційні бортові прилади прицілювання не можуть задовольнити потреби сучасної повітряної війни, а НСЦ вирішила цю складну проблему. Згідно з дослідженням, проведеним Ізраїльським науково-дослідним інститутом, оперативні можливості винищувачів, оснащених НСЦ, зросли втричі [1].

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Шоломний коліматор автоматизованої системи керування польотом або НСЦ— це тип пристрою, що носить на голові і зазвичай використовується для додатків віртуальної і доповненої реальності. НСЦ зазвичай складається з двох невеликих дисплеїв, по одному для кожного ока, які монтуються в гарнітуру, що одягається на голову. Дисплеї створюють 3D-зображення, яке нібито знаходиться перед користувачем.

НСЦ— пристрій, який використовується у сучасних літаках, особливо бойових. НСЦ проєктують інформацію на візор або приціл льотного екіпажу подібно до головних дисплеїв. НСЦ дозволяють пілотам отримувати ситуаційну обізнаність та/або керувати системами озброєння відповідно до напрямку руху

голови. Програми, що дозволяють керувати системами зброї, називаються нашлемними прицілами та дисплеями або шоломними прицілами [2].

У НСЦ використовуються основні три елементи:

- 1) монтажна платформа, яка може бути простою головною пов'язкою або складним льотним шоломом;
- 2) джерело зображення для створення інформаційних зображень, які оптично представляються очам користувача. З моменту появи світловипромінюючих діодів останнім часом відбулися значні зміни у джерелах.
- 3) релейна оптика, яка передає інформацію для очей від джерела зображення, складена з послідовності оптичних елементів.

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ШОЛОМНИХ КОЛІМАТОРІВ

Існує кілька НСЦ, які використовуються у військовій сфері, кожна з яких має свої унікальні особливості та можливості. Ось три найкращі військові НСЦ, які зараз використовуються:

Microsoft HoloLens 2

Microsoft HoloLens 2 (рис. 1)– це НСЦ змішаної реальності, який використовується армією США. Він має широке поле зору, високу роздільну здатність і потужний процесор, що дозволяє йому запускати складні програми. Він також включає в себе ряд датчиків, таких як відстеження очей і відстеження рук, які дозволяють більш природно взаємодіяти з віртуальними об'єктами. HoloLens 2 використовується для цілого ряду застосувань, включаючи навчальні симуляції, ситуаційну обізнаність і планування місій [3].



Рисунок 1. НСЦ Microsoft HoloLens 2

Thales Scorpion НСЦ

Thales Scorpion НСЦ (рис. 2) використовується французькими військовими і має міцну конструкцію, яка витримує екстремальні умови. Він оснащений дисплеєм з високою роздільною здатністю, функціями нічного бачення і головним дисплеєм, який накладає важливу інформацію на поле зору чи пілота [4]. Scorpion також має комунікаційні можливості, такі як голосовий зв'язок і обмін повідомленнями, які дозволяють пілотам спілкуватися один з одним в режимі реального часу.



Рисунок 2. НСЦ Thales Scorpion

BAE Systems Striker II НСЦ

BAE Systems Striker II НСЦ (рис. 3) використовується ВПС США і має легку конструкцію, оптимізовану для пілотів. Він оснащений дисплеєм з високою роздільною здатністю, приладами нічного бачення і головним дисплеєм, який накладає важливу інформацію про політ на поле зору пілота. Гвинтокрил Striker II також оснащений передовою технологією стеження, яка дозволяє пілоту точно відстежувати і вражати цілі [5].



Рисунок 3. НСЦ BAE Systems Striker II

Загалом, ці три військові ГВРК є одними з найсучасніших і найпотужніших пристроїв, які зараз використовуються. Кожен з них має низку функцій і можливостей, які дозволяють пілотам діяти більш ефективно і безпечно в складних умовах.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ШОЛОМНИХ КОЛІМАТОРІВ

Ефективність і функціональність НСЦ можна значно підвищити, використовуючи переваги новітніх технологій та інновацій. Одна з потенційних пропозицій щодо вдосконалення військових НСЦ полягає у використанні діодної матриці і лінзи Френеля для проектування зображення на відповідну відстань. Діодна матриця слугувала б дисплеєм, а лінза Френеля дозволяла б проектувати

зображення на відстань, зручну для користувача.

Завдяки використанню діодної матриці, НСЦ потенційно може мати вищу роздільну здатність і кращу якість зображення порівняно з традиційними дисплеями. Використання лінзи Френеля також дозволило б збільшити поле зору, що може мати вирішальне значення у військових операціях, де ситуаційна обізнаність має вирішальне значення.

Крім того, ця технологія потенційно може зменшити вагу і розмір ПНБ, що зробить його більш зручним для пілотів при тривалому носінні. Цього можна досягти завдяки використанню мініатюрних діодних матриць і компактної конструкції лінз Френеля.

Використання діодної матриці і лінз Френеля у військових ПНБ потенційно може забезпечити більше поле зору, що може бути критично важливим під час військових операцій. Колімаційну систему, щоб розвантажити шолом пілота, потрібно кріпити до кабіни, але вона при цьому повинна забезпечувати спостереження службової інформації при деяких вільних рухах голови пілота відносно колімаційної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Review and analysis of avionic helmet-mounted displays. <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Optical-Engineering/volume-52/issue-11/110901/Review-and-analysis-of-avionic-helmet-mounted-displays/10.1117/1.OE.52.11.110901.full?SSO=1>.
- [2] What is a helmet-mounted display? <https://www.baesystems.com/en-us/definition/what-is-a-helmet-mounted-display#:~:text=A%20Helmet-Mounted%20Display%2C%20or,of%20a%20pilot%27s%20helmet%20visor>.
- [3] Microsoft HoloLens 2. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>
- [4] Helmet-Mounted Display for aircraft: transport, helicopter & fighter. <https://www.thalesgroup.com/en/markets/aerospace/flight-deck-avionics-equipment-functions/helmet-mounted-display-aircraft>
- [5] BAE Systems Striker II HMD. <https://www.baesystems.com/en/product/striker-ii-digital-helmet-mounted-display>

Наук. керівник – д.т.н., професор Чиж І.Г.

УДК 621.384.3

*О. В. Ульянов, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Колобродов В.Г.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ПОЛЯРИМЕТРИЧНОГО ТЕПЛОВІЗОРА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИКІВ

Анотація: У даній статті запропоновано метод виявлення безпілотних літальних апаратів на фоні завад. Цей метод дозволяє виявити ціль, що займає лише декілька пікселів на матриці. Метод ґрунтується на розкладанні інтенсивності випромінювання на складові вектора Стокса та визначенні ступеня поляризації, що дозволяє усунути поляризаційну складову фону та зберегти поляризовану складову цілі.

Ключові слова: поляризація світла, інфрачервоне випромінювання, тепловізор, безпілотник.

ВСТУП

На сьогоднішній день однією з найбільших загроз на полі бою є - ворожі безпілотні літальні апарати (БПЛА). Вони використовуються для розвідки, корегування вогню, а також можуть безпосередньо наносити вогневі удари. Безумовно, завчасне виявлення та знищення ворожих БПЛА є пріоритетною задачею на полі бою. Відносно малі цілі, що займають лише декілька пікселів на матриці приймача випромінювання (ПВ), губляться на фоні завад. Використовуючи явище поляризації випромінювання в інфрачервоному діапазоні, було запропоновано алгоритм виявлення цілі.

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є розробка методу виявлення БПЛА, використовуючи поляризацію інфрачервоного випромінювання. Він дозволяє отримати інформацію про наявність цілі на фоні завад шляхом вимірювання параметрів вектора Стокса.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Поляриметричний тепловізор є складною оптико-електронною системою, яка поєднує в собі функції тепловізора та поляриметра. Основним принципом роботи поляриметричного тепловізора є вимірювання поляризації теплового випромінювання від цілі і фону, які відрізняються між собою. Для цього використовується інфрачервоний поляризатор і об'єктив, який формує поляриметричне зображення в площині матричного приймача випромінювання (МПВ). Це дозволяє вимірювати випромінювання з різних напрямків поляризації.

Однією з основних складових оптико-електронної системи поляриметричного тепловізора є поляризаційний оптичний фільтр. Цей елемент відіграє важливу роль у вимірюванні поляризації теплового випромінювання та має певний кут повороту. Завдяки цьому поляриметр може вимірювати напрямок та ступінь поляризації теплового випромінювання, що дозволяє отримувати додаткову інформацію про досліджуваний об'єкт [1].

Іншою важливою складовою оптико-електронної системи поляриметричного тепловізора є інфрачервоний МПВ для перетворення теплової енергії, що надходить з об'єкта спостереження, у електричний сигнал (рис. 1). Це здійснюється за допомогою інфрачервоних фільтрів, які допомагають виділяти

інфрачервоне випромінювання з теплового шуму.

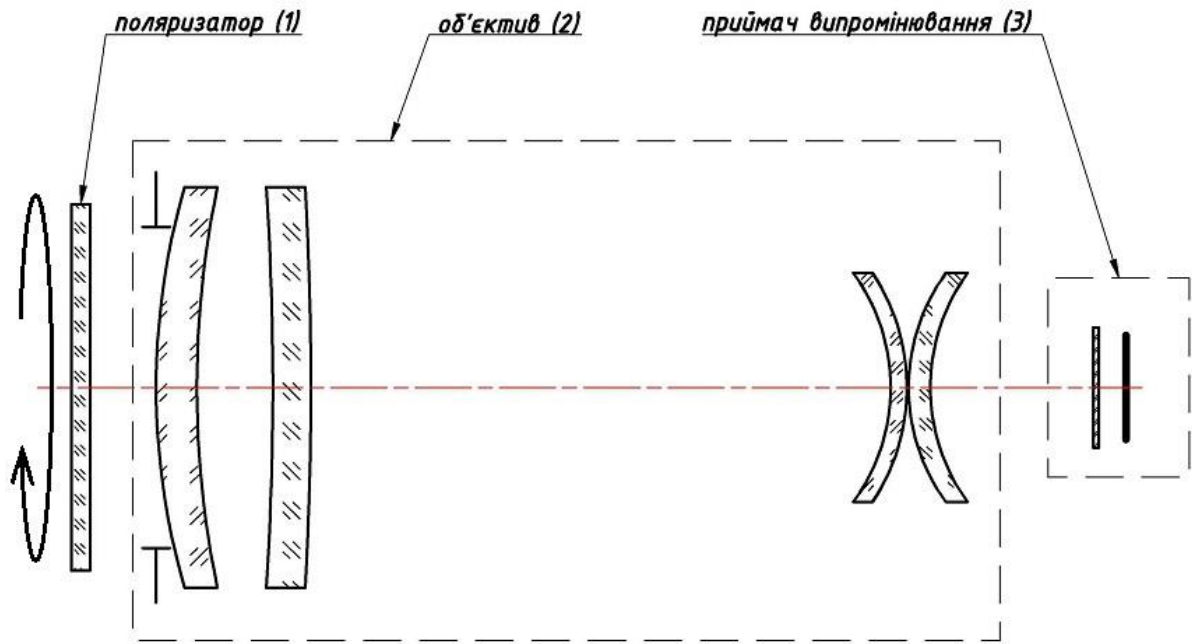


Рис. 1. Оптична схема поляриметричного тепловізора [2]

За допомогою поляризатора ми можемо відрізнити інтенсивність природного світла, яке є завадами, від світла, що випромінює ціль.

Запропонований метод виявлення цілі на фоні завад, полягає в наступному: на основі різниці між кутом поляризації інтенсивності від цілі та кутом фонові поляризації визначається сигнал від цілі і подавляється сигнал від фону.

Позначимо кут фонові поляризації $\bar{\varphi}$, обчислюємо змінну складову поляризації, перпендикулярно до кута поляризації природного світла (завад).

$$I(\bar{\varphi} - \pi/2) \quad (1)$$

За цих умов неполяризовані складові фону можуть бути усунені, а повністю поляризовані складові цілі можуть бути збережені.

Позначимо інтенсивність природного світла I_n . Інформація про завади може бути видалена, зберігаючи при цьому поляризований компонент цілі за допомогою наступного рівняння [3]:

$$I_{y,n}(\bar{\varphi} - \pi/2) = I(\bar{\varphi} - \pi/2) - \frac{1}{2} I_n \quad (2)$$

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ

1. Інфрачервоне випромінювання після проходження через поляризатор виражається за допомогою вектора Стокса. Отримуємо поляризовану інтенсивність світла ($I(\theta_1), I(\theta_2)$ та $I(\theta_3)$) у трьох напрямках поляризації, далі обчислюємо кожен параметр Стокса I, Q та U із рівняння [4]:

$$I(\theta) = I \frac{1}{2} (I + Q \cos(2\theta) + U \sin(2\theta)) \quad (3)$$

2. Вихідне поляризоване випромінювання складається із суми лінійно поляризованої складові:

$$I_n = \sqrt{Q^2 + U^2 + V^2} \quad (4)$$

та інтенсивності фону природнього світла:

$$I_n = I - \sqrt{Q^2 + U^2 + V^2} \quad (5)$$

3. У рівняння (3) підставимо значення значення напрямку кута поляризації θ як $\bar{\varphi} - \pi/2$, складової $I(\bar{\varphi} - \pi/2)$. Отримаємо формулу для визначення інтенсивності лінійно поляризованих пікселів:

$$I_{\varphi,n}(\bar{\varphi} - \pi/2) \quad (6)$$

4. Для виявлення цілі на фоні завад визначимо формулу для розрахунку порогу спрацювання системи.

Використовуючі попередні розрахунки, видалимо складову природнього світла (завад) $I_n(\bar{\varphi} - \pi/2) = I_n/2$ від компонента змінної поляризації $I_n(\bar{\varphi} - \pi/2)$.

Таким чином, лінійно поляризована складова випромінення зберігається від цільових пікселів:

$$I_{\varphi,n}(\bar{\varphi} - \pi/2) \quad (7)$$

ВИСНОВОК

Запропонований метод виявлення безпілотних літальних апаратів за допомогою поляриметричного тепловізора має суттєві переваги в порівнянні з іншими методами. Використання поляризаційних складових дозволяє виявити малу ціль на фоні завад в інфрачервоному діапазоні. Данний метод базується на різниці кутів поляризації від цілі та фонові завади, і при цьому зберігається якомога більше інформації про саму ціль.

Звичайні тепловізійні системи, що використовуються для виявлення безпілотників мають низьку енергетичну роздільну здатність приймача випромінення. Таким чином, мале зображення БПЛА губиться на фоні завад, що унеможливорює завчасне виявлення та знищення супротивника.

При використанні поляриметричного тепловізора поляризовані складові фону можна усунути, і при цьому залишити складові цілі. Це дозволяє виявити ціль, що займає лише декілька пікселів на матриці приймача випромінення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] A temperature-controlled mid-wave infrared polarization radiation source with adjustable degree of linear polarization [Online]. 2022. Доступно: <https://habr.com/ru/post/422535/>
- [2] І.В. Карпенко, В.Г. Колобродов, Б.В. Сокол ПОЛЯРИЗАЦІЙНИЙ МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ТЕПЛОКОНТРАСТНОЇ ЦІЛІ НА ФОНІ ЗАВАД НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського».
- [3] Інфрачервона термографія. Основи. Техніка, Використання / Л. З. Госсорг.
- [4] Колобродов В.Г. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження. Підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт – К.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2007.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Колобродов В. Г.

УДК 004.891.2

В.І. Юрчак, студ. гр. ПГ-21мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ ТА ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ ЛІНГВІСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ (LLM) В КОНТЕКСТІ ОПТИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Анотація. Нейронні лінгвістичні моделі демонструють великий потенціал для застосування в оптичній інженерії. В даній статті досліджуються переваги та обмеження використання та впровадження таких моделей, а також їх практичне застосування на поточному рівні розвитку.

Ключові слова: нейронні лінгвістичні моделі, оптична інженерія, Chat GPT.

ВСТУП

В сьогоднішній розвиток технологій набуває все більш стрімкий та міждисциплінарний характер, так останній прорив в сфері машинного навчання, а саме поява публічно доступних великих лінгвістичних моделей (LLM) вже змінив спосіб, яким ми взаємодіємо зі світом, а також прискорив багато процесів у наших повсякденних справах.

Досягнення в сфері розробки LLM дозволяють генерувати речення, які все важче відрізнити від тексту, написаного людьми, що викликає занепокоєння у сфері освіти та наукових публікацій [1].

Щодо практичного застосування, в статті "Summary of Chat GPT/GPT-4 Research and Perspective Towards the Future of Large Language Models" представлено загальний огляд Chat GPT, та його перспективних застосувань у галузях освіти, медицини, програмування та обробки даних [2].

У сфері математики потрібно відмітити статтю "Mathprompter: mathematical reasoning using large language models" де вчені з корпорації Майкрософт змогли досягти 92.5% відсотки правильних відповідей у задачах з математики використовуючи LLM на основі Chat GPT [3]. Крім вирішення математичних задач є значні перспективи використання LLM для формалізації доведень теорем [4].

Великі лінгвістичні моделі продемонстрували великий потенціал у вдосконаленні різних аспектів інженерії, але їх впровадження також створює певні проблеми та обмеження. Однією з головних проблем при впровадженні спеціалізованих LLM в інженерії є потреба у високопродуктивній обчислювальній інфраструктурі. Ці моделі вимагають значних обчислювальних ресурсів для навчання і запуску, оскільки вони зазвичай передбачають обробку великих обсягів даних і виконання складних обчислень.

Іншою проблемою є потреба у специфічних для галузі навчальних даних. Великі лінгвістичні моделі зазвичай навчаються на великих обсягах текстових даних, таких як книги, статті та веб-сайти. Однак у галузі інженерії значна частина релевантних даних знаходиться не в текстовій формі, а у вигляді зображень, діаграм та інших візуальних даних. Як наслідок, LLM яка була навчена на загальних текстових даних, може не мати необхідних специфічних знань для точного виконання завдань, пов'язаних з інженерним дизайном або обробкою креслень.

Незважаючи на неповноцінність LLM в інженерній сфері все ж є певні використання, що вже на поточній стадії розвитку можуть значно полегшити життя інженеру. Вони включають пошук релевантної інформації всередині стандартів відповідно до поставленої інженерної задачі, автоматичне створення програмного коду за відсканованими математичними формулами, пошук та подальше пояснення термінологічних концепцій. Для перевірки та демонстрації в подальшій частині даної роботи вибрано перевірку можливості пошуку та подальшого пояснення термінологічних концепцій.

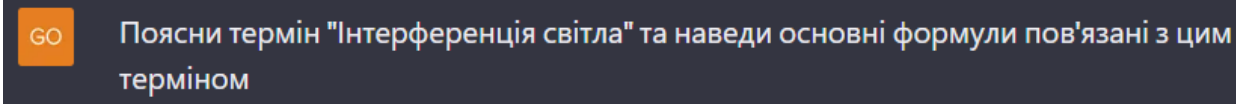
МЕТОДОЛОГІЯ

Для перевірки вищевказаної можливості LLM використовується публічно доступний онлайн інтерфейс для Chat GPT. Вхідними даними лінгвістичних моделей є запит людською мовою з описом необхідної для виконання задачі що має назву промпт (prompt).

Щоб перевірити можливість пошуку та подальшого пояснення термінологічних концепцій. Створено промпт з задачею пояснити певний оптичний термін, навести основні формули що пов'язані з цим терміном. Результати порівняно з підручником.

РЕЗУЛЬТАТИ

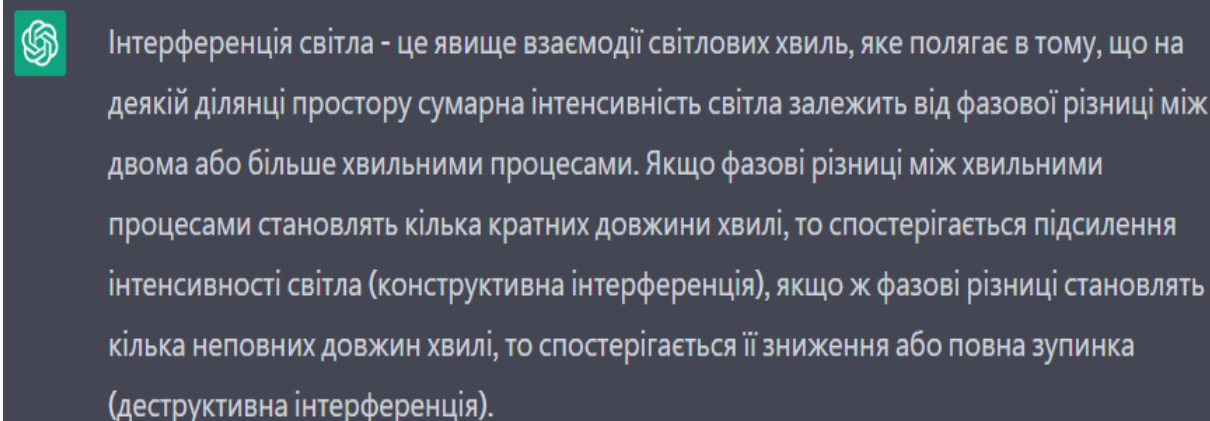
Сформулюємо та введемо промпт (рисунок 1).



GO Поясни термін "Інтерференція світла" та наведи основні формули пов'язані з цим терміном

Рисунок 1. Промпт для перевірки пояснення термінологічних концепцій.

Розглянемо результат (рисунок 2,3).



Інтерференція світла - це явище взаємодії світлових хвиль, яке полягає в тому, що на деякій ділянці простору сумарна інтенсивність світла залежить від фазової різниці між двома або більше хвильними процесами. Якщо фазові різниці між хвильними процесами становлять кілька кратних довжини хвилі, то спостерігається підсилення інтенсивності світла (конструктивна інтерференція), якщо ж фазові різниці становлять кілька неповних довжин хвилі, то спостерігається її зниження або повна зупинка (деструктивна інтерференція).

Рисунок 2. Результат виконання промпту для пояснення термінологічних концепцій.
Частина 1

Основні формули, пов'язані з інтерференцією світла:

1. Рівняння хвиль: $y = A \sin(kx - \omega t + \varphi)$, де A - амплітуда хвилі, k - хвильове число, x - координата, t - час, ω - кутова частота, φ - фазовий кут.
2. Різниця ходу: $\Delta l = r_2 - r_1$, де r_1 і r_2 - відстані, пройдені світлом від джерела до точок спостереження.
3. Рівняння для інтенсивності інтерферуючих хвиль: $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\varphi)$, де I_1 та I_2 - інтенсивності окремих хвиль, $\Delta\varphi$ - різниця фаз між ними.
4. Умова конструктивної інтерференції: $\Delta l = m\lambda$, де m - ціле число, λ - довжина хвилі світла.
5. Умова деструктивної інтерференції: $\Delta l = (m + 1/2)\lambda$, де m - ціле число, λ - довжина хвилі світла.

Рисунок 3. Результат виконання промпту для пояснення термінологічних концепцій.
Частина 2

Підручник “Хвильова оптика. Частина 1. Електромагнітна теорія світла та інтерференція” надає цьому ж терміну наступне визначення: Інтерференція світла – це додавання (суперпозиція, накладання) двох або декількох хвиль, в результаті якого відбувається просторовий перерозподіл енергії світла. Інтерференцію можна розглядати як зміну щільності потоку енергії, яка обумовлена суперпозицією електромагнітних хвиль [5]. Враховуючи що обидва дані визначення є тотожними за значеннями, робимо висновок що визначення дане лінгвістичною моделлю є достовірними.

Зважаючи на те, що формули вказані Chat GPT також наявні в вищезгаданому підручнику, робимо висновок що дана модель цілком підходить для пояснення термінологічних концепцій.

ВИСНОВКИ

Загалом, хоча LLM мають великі перспективи для вдосконалення оптичної інженерії і вже мають задачі з якими справляються краще або на рівні з традиційними методами, реалізація даних моделей вимагає значних обчислювальних ресурсів, специфічних для галузі навчальних даних і ретельного розгляду якості даних для досягнення найкращих результатів. Комерційно доступні лінгвістичні моделі, такі як Chat GPT, на поточному рівні розвитку можуть допомогти знайти та зрозуміти специфічну технічну інформацію, перевести математичну модель код, тим самим економлячи час та зусилля на виконання роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Teo Susnjak. ChatGPT: The End of Online Exam Integrity?— Режим доступа: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.09292>— [19.12.2022]
- [2] Yiheng Liu, Tianle Han, Siyuan Ma, Jiayue Zhang, Yuanyuan Yang, Jiaming Tian. Summary of ChatGPT/GPT-4 Research and Perspective Towards the Future of Large Language Models — Режим доступа: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.01852>— [08.04.2023]
- [3] Shima Imani, Liang Du, Harsh Shrivastava. MathPrompter: Mathematical Reasoning using Large Language Models.— Режим доступа: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.05398>— [04.03.2022]
- [4] Ayush Agrawal, Siddhartha Gadgil, Navin Goyal, Ashvni Narayanan, Anand Tadipatri. Towards a Mathematics Formalisation Assistant using Large Language Models — Режим доступа: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.07524>— [14.11.2022]
- [5] Хвильова оптика. Частина 1. Електромагнітна теорія світла та інтерференція: Підручник/Уклад.: В.Г. Колобродов. –К.:НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2017.–208 с.

Наук. керівник – д.т.н., професор Микитенко В.І.

УДК 681.7.067.2

А.О. Яценко, студ. гр. ПО-91, к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИНТЕЗ ЧОТИРИЛІНЗОВОГО ОБ'ЄКТИВА ДЛЯ ДОВГОХВИЛЬОВОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНУ

Анотація. В даному дослідженні проведено перевірку дієздатності синтезу нових оптичних систем інфрачервоних об'єктивів, який базується на модифікованому еволюційному алгоритмі глобальної оптимізації без використання стартових систем з високою якістю зображення. Зокрема, здійснено автоматизований абераційний синтез оптичної системи чотирилінзового об'єктива з фокусною відстанню 80 мм, відносним отвором 1:1 та кутовим полем зору 14°. Розрахований об'єктив призначений для роботи в довгохвильовому інфрачервоному діапазоні довжин хвиль 8...12 мкм (LWIR) з мікроболометричними матрицями, що мають розмір діагоналі до 19,7 мм. Представлені результати абераційного аналізу інфрачервоного об'єктива підтверджують високу якість коригування аберацій та ефективність запропонованого підходу.

Ключові слова: інфрачервоний об'єктив, довгохвильовий інфрачервоний діапазон, LWIR, поліхроматична дифракційна модуляційна передавальна функція, роздільна здатність.

ВСТУП

В умовах сьогодення тепловізійна техніка стає необхідним компонентом багатьох медичних приладів і систем безпеки, а також невід'ємною складовою військової техніки, де вона активно застосовується як високоефективний засіб спостереження та прицілювання [1, 2].

Спектральний діапазон, в якому працюють тепловізори, визначається довжинами хвиль, на яких найбільше випромінюється електромагнітна енергія об'єктів спостереження, та наявними вікнами прозорості атмосфери. Переважно це спектральний діапазон від 8 до 13,5 мкм [2, 3].

В більшості сучасних тепловізорів використовуються неохолоджувані мікроболометричні матриці. Основними перевагами таких тепловізорів є: невеликий розмір і вага; мала споживана потужність; можливість автономного живлення; швидкий вихід на робочий режим; тривалий термін напрацювання на відмову; невисока вартість тощо.

Для оптичних систем тепловізорів використовують лінзи, виготовлені переважно з германію, рідше з селеніду цинку, сульфату цинку тощо. Певним недоліком неохолоджуваних тепловізорів вважається потреба у використанні світлосильної оптики [4]. Тому розробка світлосильних інфрачервоних об'єктивів з поліпшеними функціональними параметрами та високою якістю зображення сприятиме покращенню їх роздільної здатності та розширенню областей застосування тепловізорів.

Дана робота присвячена абераційному синтезу оптичної системи лінзового інфрачервоного об'єктива для тепловізора з високою роздільною здатністю по всьому полю зображення.

ЗАПРОПОНОВАНИЙ ПІДХІД ТА ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Для синтезу оптичної системи об'єктива було використано один із сучасних еволюційних алгоритмів глобальної оптимізації, реалізованих в програмі проєктування оптичних систем PODIL. Функціональні можливості програми дозволять здійснити абераційний синтез різноманітних систем в автоматизованому режимі [5-7].

Як чисельний приклад в даному моделюванні було обрано чотирилінзовий об'єктив з фокусною відстанню 80 мм, кутовим полем зору 14° та відносним отвором 1:1. Він призначений для роботи в діапазоні довжин хвиль 8...12 мкм (LWIR) з сучасними мікроболометричними матрицями, що мають розмір елементів 12 мкм та діагональ чутливої площадки до 19,7 мм.

Під час параметричного синтезу об'єктива значення осьових товщин лінз знаходилися алгоритмом в діапазоні 3...9 мм. Мінімальна товщина лінз на краю лінз була обмежена 2 мм, а максимальне допустиме значення відносної дисторсії – 1 %. Загальна довжина об'єктива по осі не обмежувалася.

Оптична схема отриманого чотирилінзового об'єктива представлена на рис. 1. Друга лінза виготовлена з селеніду цинку, а всі інші – з германію.

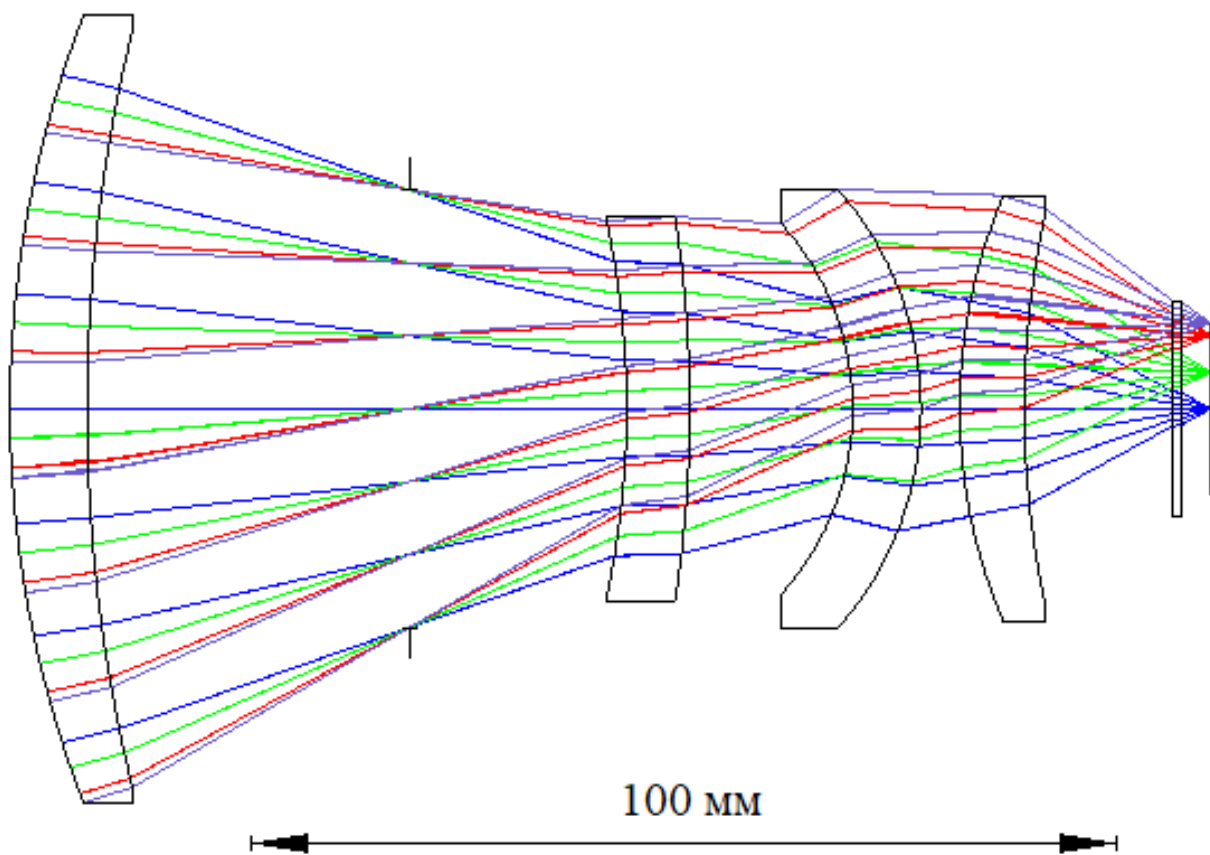


Рисунок 1. Оптична схема синтезованого об'єктива для LWIR-діапазону з ходом променів

З рис. 2 видно, що максимальне значення середньоквадратичних радіусів поліхроматичних світлових плям не перевищує на оптичній осі 6,2 мкм, а на периферії – 11,5 мкм.

На рис. 3 представлені графіки поліхроматичних дифракційних модуляційних передавальних функцій отриманого об'єктива, розраховані для різних точок поля зору. Їх значення свідчать про досягнуту високу якість корекції аберацій як центрі поля зору, так на периферії зображення, причому без будь-якого віньєтування пучків променів. Зокрема, для просторової частоти 40 ліній/мм контраст зображення по всьому полю становить 0,38...0,42. Максимальне значення відносної дисторсії не перевищує 0,78 %.

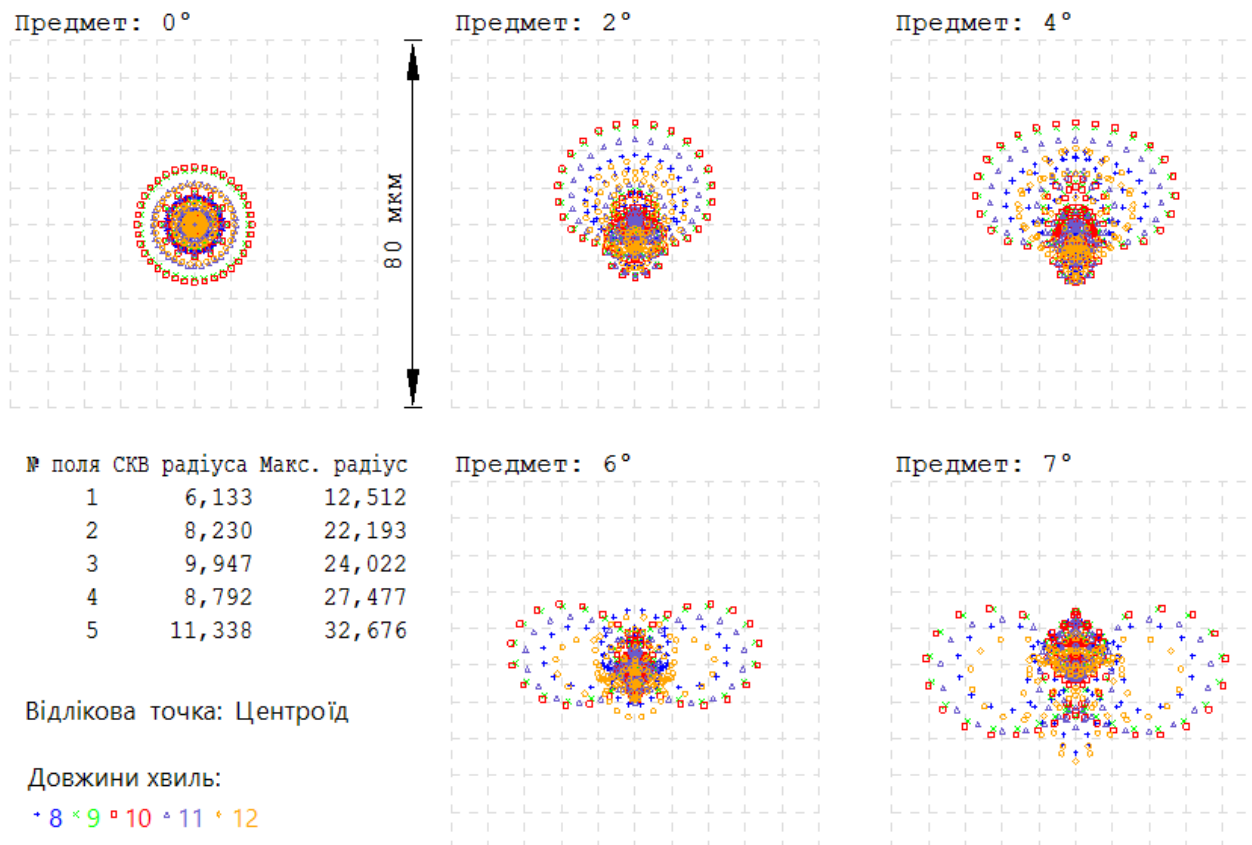


Рисунок 2. Точкові діаграми синтезованого об'єктива для LWIR-діапазону для різних точок поля зору

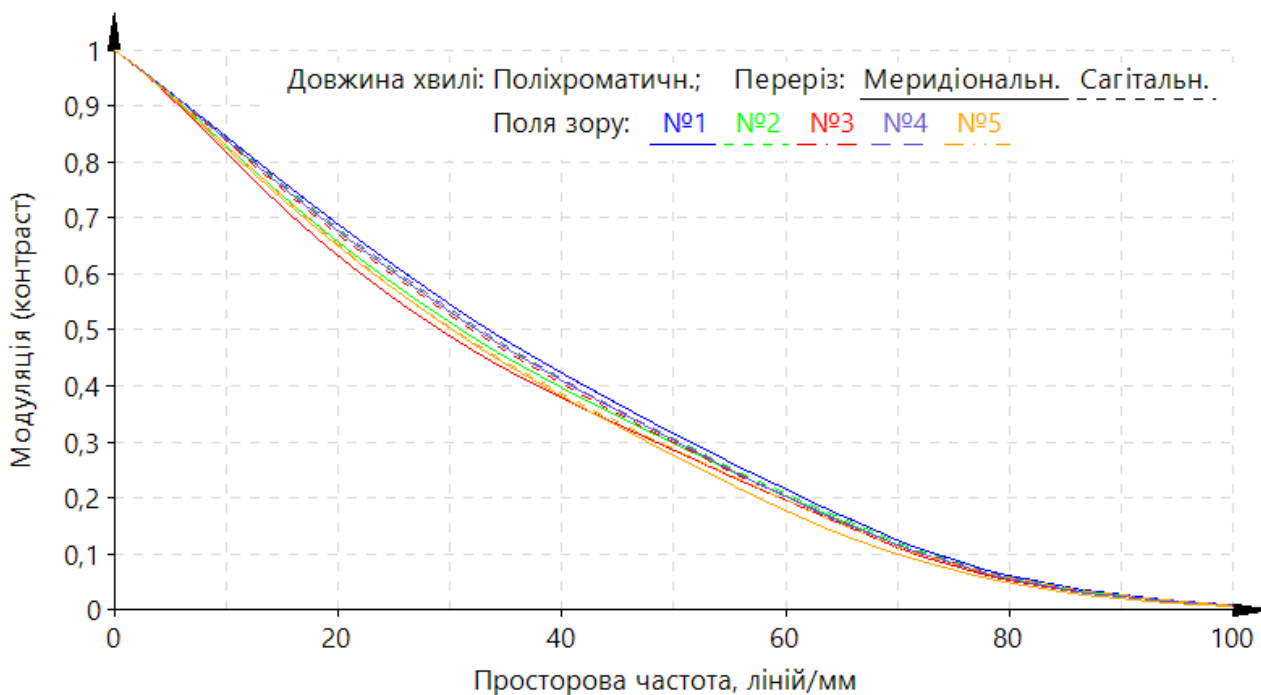


Рисунок 3. Поліхроматичні дифракційні модуляційні передавальні функції розробленого об'єктива. Точки поля №1...5 відповідають предметним точкам з координатами 0°, 2°, 3°, 6° і 7°, відповідно

ВИСНОВКИ

Запропонований підхід, що базується на модифікованому еволюційному алгоритмі глобальної оптимізації, дозволяє в автоматизованому режимі здійснити швидкий параметричний синтез оптичної системи об'єктива для довгохвильового інфрачервоного діапазону з урахуванням встановлених конструктором вимог та обмежень. Представлені параметри та характеристики абераційного аналізу об'єктива підтверджують високу роздільну здатність як в центрі, так і на периферії зображення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Driggers, R.; Friedman, M.; Devitt, M.; Furxhi, O.; Singh, A. Introduction to Infrared and Electro-Optical Systems, Third Edition, Artech, 2022. 712 p.
- [2] Колобродов, В. Г. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2007. – 363 с.
- [3] Dhar, V.; Khan, Z.; Sharma, R. K.; Muralidharan, R. Comparison of the performance of LWIR and MWIR thermal imagers for varying ambient temperature and humidity conditions. *Proc. SPIE*, 2011, 8014, 80140P.
- [4] Tymkul, V.M.; Tymkul, L.V.; Fes'ko, Y. A.; Polikanin, A.N. Range of Operation of Thermal Imaging Systems. Part, I. Calculation Technique. *Optoelectron. Instrum. Data Process.* 2014, 50, 402–406.
- [5] Сокурєнко В. М., Смажко І. О. Автоматизований розрахунок оптичної системи SWIR-об'єктива // *Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки*, 2019. – №6 (279). – с. 202–205.
- [6] Сокурєнко В. М., Сокурєнко О. М. Автоматизований розрахунок оптичної системи панкратичного прицілу // *Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування*, 2022. – № 63(1), с. 25–33.
- [7] Сокурєнко В. М., Хуторовий І. Т., Сокурєнко О. М. Розроблення оптичних систем 16-лінзових ортоскопічних телеоб'єктивів // *Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки*, 2022. – №6, (315), с. 219–223.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Сокурєнко В.М.

Секція 3.

Комп'ютерно-інтегровані технології в приладобудуванні

UDC 621.391.3

O.V. Oksiutenko, student of group PB-91; assoc. prof. Stelmakh N.V.
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

DESIGN OF THE STRUCTURE DIAGRAM OF THE PORTABLE EMG DEVICE

Abstract. The article presents a review and analysis of actual studies on the recording of electrical activity of muscles using the surface electromyography method. The advantages and disadvantages of existing inventions have been identified. As a result, it has been proposed a structure diagram of a device for measuring the EMG signal of upper limb muscle activity, which includes further conversion and transmission the signal to a control device.

Key words: electromyography, muscle activity, bio-potentials, wireless signal transmission system.

INTRODUCTION

Electromyography (EMG) is a method for measuring and investigating the functional state of the human neuromuscular system, which is based on the reading of myoelectric signals using a specialized sensor system for measuring muscle electrical activity.

The EMG technology has been widely used in various fields of medicine, orthopedics, prosthetics, as well as sports medicine. The application of the EMG method is extremely relevant in the development of special devices for remote control of electronic devices, which can be used by people with physical disabilities. Due to the hostilities in our country, the number of such people has significantly increased, especially in recent years. Therefore, conducting research, directly designing constructions and modeling processes of remote control of electronic devices that can facilitate the period before upper limb amputees receive prosthetics is extremely relevant and timely.

The aim of the research is to design a structure diagram of a portable EMG device for measuring electrical signals of upper limb muscle activity with further conversion and transmission of these signals to a control device.

RESEARCH MATERIALS AND RESULTS

Nowadays, there are numerous developments by foreign and domestic scientists and inventors who are engaged in the development of special devices for people with physical disabilities with the purpose of remote control of electronic devices. These devices are presented as patents for inventions and utility models, as well as modern mass-produced products that have proven themselves in the world market [1, 2]. Let us consider some of them and analyze.

An interesting invention is the autonomous electromyographic sensor developed by a group of American scientists [3]. They proposed a model of such a sensor for measuring, amplifying, filtering, digitizing, and wireless transmitting the output digital EMG signal to various types of human-machine interfaces (including prostheses, computing pointing devices, etc.). However, a significant disadvantage of such a sensor is its high cost, which is a limiting factor for its widespread use by domestic specialists.

In another work [4], the inventors proposed a model of a wireless EMG sensor and system that includes several wireless EMG sensors with built-in components for amplifying the analog signal, digitizing it, and wireless transmitting it to a base unit that performs data processing functions in digital form, and reverse conversion of the

signal to analog for displaying and monitoring it on standard EMG equipment. However, this system does not provide the ability to save data on an internal memory device, and it is limited in range and signal transmission due to the use of wireless communication [5].

Based on the reviewed works, existing experience and advantages of developments in the field of EMG signal measurement devices, it was proposed to design a structure diagram for a portable EMG device, which includes the function of further remote transmission of the processed output signal to the control device (Figure 1).

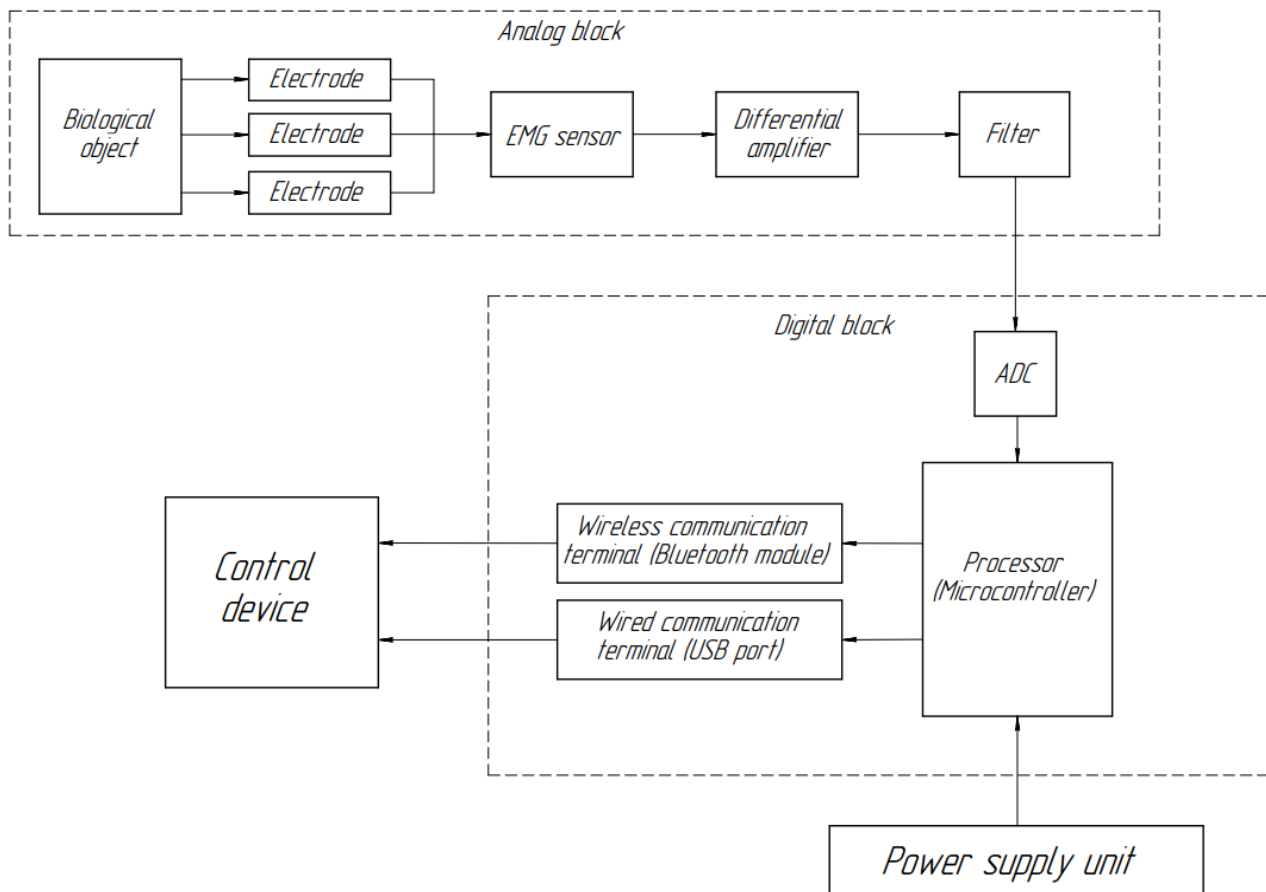


Figure 1. Structure diagram of the device for measuring the electrical activity of muscles.

The structure diagram consists of an analog block, which includes a biological object, an EMG sensor connected to several electrodes and a signal amplifier; a digital block consisting of an ADC, a filter, a microcontroller, and two communication terminals; and a power supply unit.

The structure scheme operates as follows: the EMG sensor along with three attached surface electrodes, is placed on the skin above the muscle of the biological object and records the bio-potentials of muscle activity. The system must include more than one electrode, as EMG sensor recordings reflect the potential difference between several individual electrodes. The electrodes transmit the recorded bio-potentials to the EMG sensor, which reads them. After reading, the bio-potentials are sent to the differential amplifier, which amplifies the signal and transmits it to the ADC.

After digitizing the analog signal, the ADC sends the digital signal to the filter, which removes high-frequency and low-frequency noise and sends the "clean" signal

to the microcontroller. The microcontroller processes the signal and sends it to one of two communication terminals: either to a wireless (Bluetooth module) or to wired (USB port) for further transmission of the signal to the control device.

The power supply unit is responsible for supplying power to the microcontroller and all electronic components connected to it.

CONCLUSIONS

The proposed structure diagram of a portable EMG device is an effective and alternative solution to more expensive analogs for measuring muscle electrical activity with the aim of remote control of electronic devices for people with physical limitations. This structure diagram is also universal for creating any functional EMG system that can be used for medical research such as measuring muscle strength and fatigue, diagnosing symmetry during walking, studying sports performance, neurorehabilitation, orthopedics, and prosthetics.

In perspective, it is planned the development of a prototype of a portable EMG device for measuring muscle electrical activity with the possibility of transmitting processed signals to a control device, which will be based on the proposed structure diagram.

REFERENCES

- [1] Ramroop H, Cruz R. Electrodiagnostic Evaluation Of Motor Neuron Disease. [Updated 2022 Nov 5]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-.
- [2] Bäumer D, Talbot K, Turner MR. Advances in motor neurone disease. *J R Soc Med.* 2014 Jan;107(1):14-21.
- [3] Wells D, Bishop J, O'Brien P, Momen K. (2005). *Electromyographic sensor* (U.S. Patent No. 20060155386A1). Bloorview Macmillan Childrens Centre.
- [4] Mok S, Di-An Hong, Babin T. S, Ghaem S. (2001). *Wireless electromyography sensor and system* (U.S. Patent No. 6643541B2). Google Technology Holdings LLC.
- [5] Mastenko I. V., Stelmakh N. V.: Generative design of a frame type construction. *KPI Science News* 2, 2021, 81–89 [<http://doi.org/10.20535/kpissn.2021.2.236954>]
Наук. керівник – к.т.н., доц. Стельмах Н.В.

УДК 535.3

Д.В. Бондарев, аспірант гр. ПА-01ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ФОТОМЕТРОМ З ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ

Анотація. Представлений матеріал присвячений особливостям, що пов'язані з процесом визначення коефіцієнтів дифузного пропускання та дифузного відбиття при використанні фотометру з еліпсоїдальними рефлекторами. Встановлено формули визначення оптичних показників.

Ключові слова: еліпсоїдальний рефлектор, фотометрія, коефіцієнт пропускання, коефіцієнт відбиття.

ВСТУП

Абсолютне визначення коефіцієнтів дифузного пропускання та дифузного відбиття при фотометрії еліпсоїдальними рефлекторами потребує додаткового дослідження. Для цього необхідно розуміти, як форма та параметри дзеркального еліпсоїда обертання буде впливати на проходження світла всередині рефлектора та з'ясувати, як від цього залежить результат вимірювання освітленості у фото приймальній площині фотометру.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є виведення математичних залежностей для визначення оптичних коефіцієнтів повного пропускання та дифузного відбиття біологічних тканин за допомогою фотометру з еліпсоїдальним рефлектором.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У ході пошуку варіанту визначення дифузних коефіцієнтів було розглянуто різні види фотометрів та методи визначення коефіцієнтів дифузного пропускання та дифузного відбиття. Найбільш схожим до нашого випадку виявився фотометр з інтегруючою сферою [1, 2]. Подібність інтегруючої сфери та еліпсоїдального рефлектору полягає в тому, що перед потраплянням потоку на детектор, промені всередині цих компонентів можуть відбиватися як один раз, так і багаторазово. Також в обох випадках фотометричні системи, які включають ці компоненти, вимірюють освітленість (E_{τ} - при пропусканні, E_{ρ} - при відбитті).

Так, для визначення значення коефіцієнта відбиття при застосуванні інтегруючої сфери використовують два варіанти. У першому – вхідний промінь направляють на стінки сфери, у другому – використовують зразок з коефіцієнтом відбиття, однакоvim зі стінками інтегратора.

Повне повторення наведених вище двох варіантів вимірювання освітленості неможливе у випадку фотометрів з еліпсоїдальними рефлекторами. Це обумовлено тим, що еліпсоїдальний рефлектор є дзеркальною поверхнею, а інтегруюча сфера – дифузною. Коефіцієнт дифузного відбиття дзеркальної поверхні прямує до нуля, тому відбиваючі властивості характеризуються лише коефіцієнтом дзеркального відбиття (R).

Утім для визначення значення коефіцієнту дифузного відбиття чи коефіцієнту пропускання необхідно знати геометричні параметри рефлектору, його покриття та величину вхідного потоку (Φ), що направлений на зразок.

Фотометри з еліпсоїдальними рефлекторами можуть мати різну конфігурацію. Вони здатні працювати тільки на пропускання чи відбиття, або проводити дослідження одночасно. Розглянемо хід променів саме в конструкції останнього варіанту. Як показано на рис.1, від джерела світла (ДС) виходить потік променів, який за допомогою призми (П) направляється на зразок (випадково-неоднорідне середовище). У результаті частина променів дифузно відбивається, поглинається та пропускається середовищем. Пропускання складається з двох компонентів колімованого та дифузного. Далі потік може потрапити на стінки еліпсоїдального рефлектора (EP1, EP2) чи відразу у площину датчика (S1, S2).

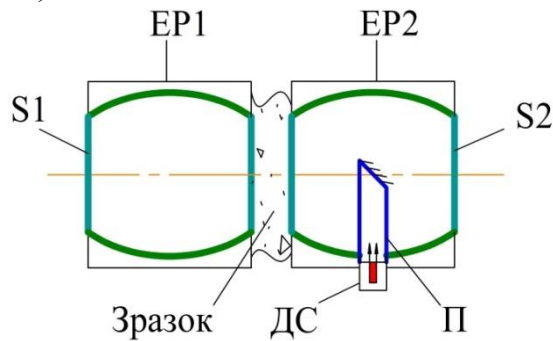


Рисунок 1. Схема розміщення компонентів фотометру

Особливості вибору параметрів еліпсоїдальних рефлекторів розглядаються у роботі [3]. Варто звернути увагу на те, які параметри та як саме впливають на визначення дифузних коефіцієнтів зразка. На рис.2 наведено конструкційні розміри еліпсоїдального рефлектора, де L – відстань між фокальними площинами EP, H – діаметр вхідного та вихідного отвору, D – найбільший діаметр EP (знаходиться в перерізі А-А). Від цих величин залежить, яка частка променів потрапить від зразка одразу на площину детектора.

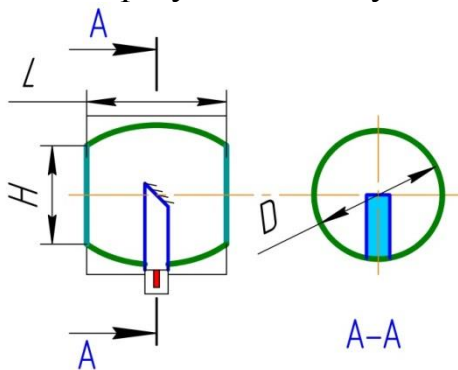


Рисунок 2. Конструкційні розміри EP

Спочатку розглянемо більш прогнозований варіант проходження променів – це пропускання. Коефіцієнт k – частка променів, що взаємодіє зі стінками еліпсоїдального рефлектора, а частка, що не взаємодіє з EP – k' .

Розглядаючи принцип роботи рефлектора [4] слід звернути увагу на те, що при взаємодії променів з рефлектором усі вони через певну кількість відбивань потрапляють на детектор. Тобто при проведенні дослідження на пропускання весь потік, що виходить зі зразка потрапить на детектор. То ж можна прийняти, що сума цих коефіцієнтів дорівнює 1.

$$k' \in \left[\frac{\arctg\left(\frac{H}{L}\right)}{180^\circ}, \frac{2\arctg\left(\frac{H}{2L}\right)}{180^\circ} \right].$$

Для досліджень на відбиття слід врахувати, яка частка променів поглинається призмою (k_p). Її можна визначити з відношення площі призми в перерізі А-А до площі кола з діаметром D (рис.2).

Визначити коефіцієнти пропускання та відбиття можна за наступними формулами:

$$\tau = \frac{E_t S(1 - Rk)}{\Phi(Rk + k'(1 - Rk))}; \quad (1)$$

$$\rho = \frac{E_r S(1 - Rkk_p)}{\Phi(Rkk_p + k'k_p(1 - Rkk_p))}. \quad (2)$$

З розглянутого стає зрозумілим те, що для визначення абсолютних значень коефіцієнтів відбиття та пропускання зразка при використанні фотометра з еліпсоїдальними рефлекторами необхідно знати геометричні параметри та оптичні показники всіх конструкційних компонентів.

ВИСНОВКИ

У ході роботи було розглянуто формули визначення коефіцієнта повного пропускання (1) та відбиття (2). З'ясовано які та як геометричні параметри еліпсоїдального рефлектора впливають на вимірювані величини. Виходячи з того, що для абсолютного визначення дифузних коефіцієнтів необхідно знати всі оптичні показники елементів фотометричної системи, доцільніше використовувати відносні методи визначення цих коефіцієнтів. Насамперед це стосується досліджень на відбиття, у яких досить важко точно визначити вплив призми (та конструкції, яка її тримає) на загальний результат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Carr, K. F. Integrating sphere theory and applications Part I: Integrating sphere theory and design/ K. F. Carr // Surface Coatings International. – 1997 Vol. 80, No. 8, P. 380 – 385.
- [2] Taylor, A. H. The measurement of diffuse reflection factors and a new absolute reflectometer / A. H. Taylor // Journal of Optical Society of America – 1920 vol. 4. P. 9–23.
- [3] Rationale for the choice of the ellipsoidal reflector parameters of biomedical photometers / Bezuglaya N. V. et al. // Devices and Methods of Measurements. 2021., Vol. 12. No. 4. P. 259-271.
- [4] Безуглий М. О. Еліпсоїдальні рефлектори для фотометрії біологічних середовищ : дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.11.17 / наук. кер. Г. С. Тимчик. Київ, 2020. 425 с.

УДК 535.317

І.О. Здовбицький, студ. гр. ПБ-21ф
 КПІ ім. Ігоря Сікорського

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОЇ ОПТИКИ В БІОМЕДИЧНІЙ МІКРОСКОПІЇ

Анотація. Стаття описує сучасні тенденції використання адаптивної оптики, розглядається використання алгоритму безсенсорної адаптивної оптики хвильового фронту для управління формою коригувального елемента хвильового фронту з метою поліпшення якості зображення в оптичних системах, описано техніку легкого встановлення адаптивної оптики на будь-якій системі оптичної мікроскопії та автономного керуючого програмного забезпечення, яке виконує оптимізацію хвильового фронту на основі зображень, отриманих із екрану комп'ютера, описано конструкцію адаптивної лінзи та метод її корекції аберрацій з високою швидкістю та ефективністю, здатною до застосування з фемтосекундними лазерами.

Ключові слова: безсенсорна адаптивна оптика хвильового фронту, метрика якості зображення, оптична система на основі лінз, трансмісійна багатоактуаторна адаптивна лінза, корекція аберрації, деформівне мембранне дзеркало, датчик хвильового фронту ахроматичні лінзи, безсенсорна корекція.

ВСТУП

Адаптивна оптика є одним з ключових напрямків в сучасній оптиці, що дозволяє компенсувати аберрації та інші дисторсії, що виникають при поширенні світла через неідеальні оптичні системи. В даній статті розглянуто технічні рішення адаптивної оптики, різні типи елементів керування, які використовуються для компенсації аберрацій в оптичних системах.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

В статті [1] запропоновано використовувати алгоритм безсенсорної адаптивної оптики хвильового фронту (WSAO) для управління формою коригувального елемента хвильового фронту на основі метрики якості зображення. Підхід WSAO сумісний із типовими оптичними системами на основі лінз, які можна легко сконструювати з простішою та меншою площею, ніж дзеркальні системи АО, зберігаючи при цьому ефективність зображення з обмеженою дифракцією. Крім того, замість деформівного дзеркала запропоновано використовувати нову трансмісійну багатоактуаторну адаптивну лінзу (MAL), здатну коригувати аберрації до полінома.

На рисунку 1 показано схему системи MAL-WSAO-SS-OCT. Світло від джерела розділялося волоконно-оптичним з'єднувачем, а потім направлялося на інтерферометр, побудований з одномодових волокон і волоконно-брегговської ґратки. В інтерферометрі один порт волоконний сполучник був підключений до плеча зразка для доставки світла в око, а інший порт був спрямований до еталонного плеча.

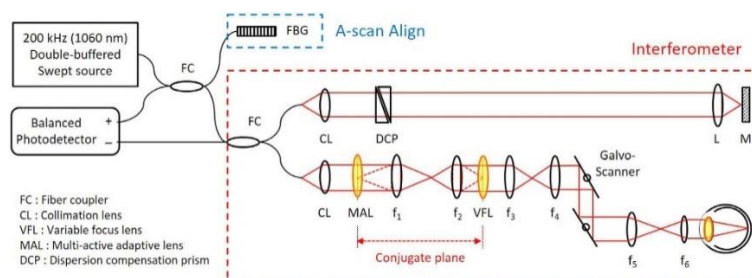


Рисунок. 1 Принципова схема системи MAL-WSAO-SS-OCT [1]

Зразок системи MAL-WSAO-SS-OCT складається з MAL, лінзи зі змінним фокусом, релейних лінз і дзеркала, встановленого на гальванометрі, для доставки скануючого променя до зіниці об'єкта зображення. MAL був розміщений поруч з першою лінзою, що колімує світло від волокна. Ця оптична площина була оптично сполучена з лінзою зі змінним фокусом через оптичне реле. Два додаткових реле оптики були використані для сполучення оптичної площини з двома встановленими на гальванометрі дзеркалами, а потім зіницею досліджуваного.

На рис. 2 показано результати мозаїчного зображення колбочки фоторецептора в трьох різних полях зору, у якому верхній і нижній ряди представляють результати зображення до і після корекції аберації WSAO. Якісне порівняння результатів візуалізації з корекцією аберації WSAO і без неї виявило значне покращення зовнішнього вигляду колбочок фоторецепторів.

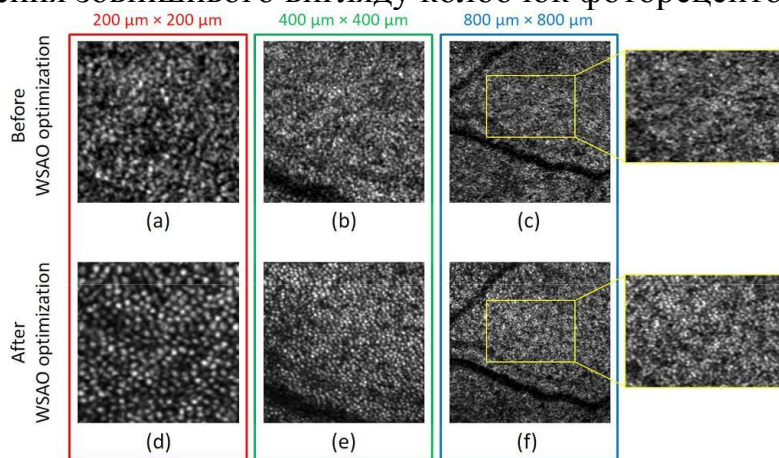


Рисунок. 2 Зображення фоторецепторів до (a–c) і після (d–f) корекції аберації WSAO, отримані при трьох різних полях зору: (a) і (d), 200 μm×200μm; (b) і (e), 400 μm×400μm; і (c) і (f), 800 μm × 800 μm [1]

Окрім фоторецепторів, за допомогою MAL-WSAO-SS-OCT також можна візуалізувати різні шари сітківки завдяки можливості корекції аберацій з роздільною здатністю глибини алгоритму WSAO. Шляхом регулювання напруги, що подається на лінзу зі змінним фокусом, осьове положення фокальної площини зондуючого променя може бути розміщено в певному місці в структурі сітківки з подальшою оптимізацією WSAO на цій конкретній глибині фокусу для підвищення роздільної здатності.

Розглянемо візуальний симулятор адаптивної оптики КТН [2]. Він складається з деформівного мембранного дзеркала в замкнутому контурі з датчиком хвильового фронту Хартмана-Шака. Схема оптичної установки, яка зображена на рис. 3, також містить додатковий датчик хвильового фронту для діагностичних цілей. Ахроматичні лінзи попарно утворюють афокальні системи, щоб сполучити зіницю об'єкта з деформованим дзеркалом, датчиками хвильового фронту та будь-якою додатковою тестовою оптикою. Вимірювання хвильового фронту виконується в ближньому інфрачервоному діапазоні, але для калібрування розфокусування використовується видиме світло від сірих тестових цілей, які відображаються на моніторі. Отже, калібрування компенсує як поздовжні хроматичні аберації, так і відстань до тестових цілей.

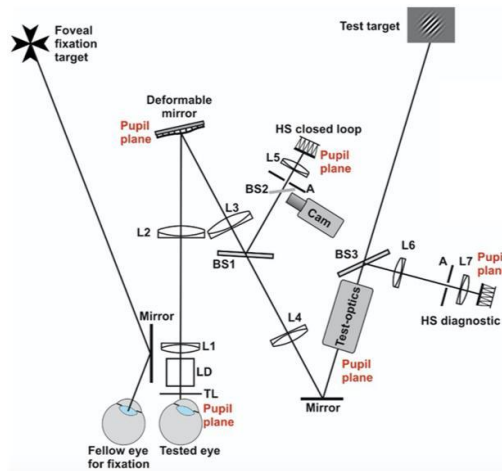


Рисунок. 3 Принципова схема оптичної установки КТН Adaptive Optics Visual Simulator [2]

Візуальний симулятор КТН нещодавно оновлено новим дзеркалом, що деформується, і новим датчиком хвильового фронту, щоб забезпечити стабільну роботу та великий хід дзеркала. У майбутньому розглядається потреба в тестуванні комерційних оптичних корекцій одночасно з контролем окремих аберацій самого ока. Тому на оптичному столі є місце для встановлення додаткової тест-оптики в площині зіниці після лінзи L4. Такою тестовою оптикою можуть бути, наприклад, мультифокальні лінзи для контролю короткозорості або компенсації пресбіопії. Щоб мати можливість контролювати вплив тест-оптики на якість зображення сітківки під час оцінки зору, включено окремий діагностичний блок. Таким діагностичним блоком може бути датчик хвильового фронту, як показано на рис. 3, або камера для запису двопрхідного зображення функції розповсюдження точки ока.

У статті [3] представлено техніку легкого встановлення адаптивної оптики на будь-якій системі оптичної мікроскопії за допомогою додавання рефракційного адаптивного елемента в задній частині об'єктива мікроскопа та автономного керуючого програмного забезпечення, яке виконує оптимізацію хвильового фронту на основі зображень, отриманих із екран комп'ютера.

Корекцію хвильового фронту виконували за допомогою адаптивної лінзи з 18 приводами, здатної генерувати аберації до четвертого порядку Церніке з часом відгуку менше 2 мс і пропусканням 94% від видимого до ближнього ІЧ спектру. Цей тип лінз особливо підходить для використання з фемтосекундними лазерами через відсутність делікатного покриття або візерункової структури. Лінза складається з двох тонких скляних листів, з'єднаних із кільцем п'єзоелектричного приводу. Простір між склянками заповнений прозорою рідиною. Кожен актуатор розділений на 9 секторів, які можуть незалежно штовхати або тягнути скляну мембрану. Лінзу було попередньо відкалібровано на оптичному стенді з датчиком хвильового фронту Шека-Гартмана.

Адаптивну лінзу вставляли між корпусом мікроскопа та об'єктивом за допомогою двох різьбових перехідників. Простішим рішенням, яке було використано в експериментах, є розміщення лінзи якомога ближче до задньої частини об'єктива. Щоб повністю заповнити діафрагму адаптивної лінзи без віньєтування, було обрано адаптивну лінзу відповідного діаметру. Схематичне зображення розглянутої оптичної системи представлено на рис. 4.

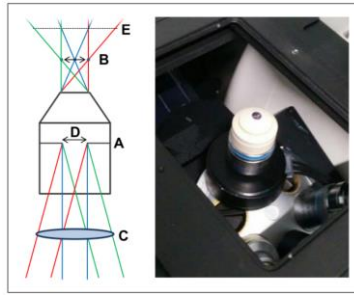


Рисунок. 4 Зліва: Схема розміщення лінзи на об'єктиві. (А.) Об'єктивне тіло. (В.) Поле зору. (С.) Адаптивне положення лінзи. (D.) задня апертура об'єктива. (Е.) адаптивний елемент. Справа: зображення адаптивної лінзи, встановленої на мікроскопі Leica SP5 [3]

Представлена установка виконувала безсенсорні корекції до четвертого порядку Церніке за короткий час оптимізації, з ефективним приростом середнього сигналу флуоресценції до 50 %. У той час як більш складні реалізації адаптивної оптики можуть досягти кращої продуктивності завдяки складнішим налаштуванням датчиків і адаптивним елементам вищого порядку та ходу, але це може бути хорошою адаптивною оптичною установкою початкового рівня для існуючих мікроскопів, модифікувати які, як правило, важко або навіть неможливо.

ВИСНОВОК

За результатами дослідження можна зробити висновок, що використання адаптивної оптики може покращити якість зображення в оптичній мікроскопії. Алгоритм безсенсорної адаптивної оптики хвильового фронту дозволяє ефективно управляти формою коригувального елемента хвильового фронту на основі метрики якості зображення. Візуальний симулятор адаптивної оптики КТН може використовуватись для тестування алгоритмів адаптивної оптики. Техніка легкого встановлення адаптивної оптики на будь-якій системі оптичної мікроскопії може знайти широке застосування в біологічних та медичних дослідженнях.

Отже, можна стверджувати, що використання адаптивної оптики є перспективним напрямком в оптичній мікроскопії, що може покращити якість зображення та розширити можливості досліджень в біології та медицині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Jianlong Yang, Jinxin Huang, Shanhui Fan, Wenhan Jiang, Wenxuan Liang, Xiaoming Wei, and Zhihua Ding Lens-based wavefront sensorless adaptive optics swept-source OCT - Optics Express – 2016 - Pages: 22988-23007. DOI: 10.1364/OE.24.022988
- [2] Adaptive optics visual simulators: a review of recent optical designs and applications [Text] / M.A. Ağaoğlu, L. Diaz-Santana, V. Kudryashova та ін. // Proceedings of SPIE. - 2021. - Vol. 11773. - P. 1177317.
- [3] P. Pozzi, M. Quintavalla, A.B.Wong, J.G.G.Borst, S.Bonora, and M.Verhaegen (2020). Plug-and-play adaptive optics for commercial laser scanning fluorescence microscopes based on a refractive device. Optics Express, 28(18), 26359-26370. doi: 10.1364/OE.397555.

Науковий керівник: д.т.н., проф, Безуглий М.О.

УДК 658.5.012.1

О. С. Кравченко, студ. гр. ПБ-11мн, к.т.н., доц. Філіппова М. В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА

Анотація. У публікації описано доцільність використання цифрових двійників для підвищення ефективності роботи підприємства.

Ключові слова: Digital Twins, виробничий процес, моделювання дискретних подій.

ВСТУП

Ефективне використання трудових ресурсів на підприємстві є ключовим фактором для досягнення успіху в будь-якій галузі. Якщо робочі години використовуються ефективно, то компанія може виробляти більше продукції або надавати більше послуг за той самий період часу, що призводить до збільшення прибутку.

Проблеми управління трудовими ресурсами можуть призвести до недостатньої продуктивності, зайвих витрат на оплату праці, а також зменшення мотивації співробітників. Ефективне управління трудовими ресурсами дозволяє підприємству максимально використовувати потенціал своїх працівників та забезпечити максимальну продуктивність виробництва.

У дослідженнях Кравченка М.А.[1], Гусарової О.С. [2] та Liang G [3]. використовувалися застарілі методи аналізу використання ресурсів, що вимагають багато часу та можуть містити помилки. Щоб розв'язати цю проблему, було проведено експеримент з використанням технології цифрових двійників (Digital Twins) для аналізу використання ресурсів виробництва. Це дозволило знизити час на розрахунки та забезпечити більш точний аналіз.

РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА

Технологія цифрового двійника полягає в створенні віртуальної копії реального об'єкту, процесу чи системи з використанням цифрових технологій. Ця віртуальна копія може бути використана для аналізу, тестування, прогнозування, а також для збільшення ефективності та оптимізації реального об'єкту.

Створення цифрового двійника дозволяє проводити різноманітні експерименти та аналізувати їх на віртуальному прототипі без впливу на реальний об'єкт. Також це дає можливість вдосконалювати реальний об'єкт, прогнозувати можливі поломки та визначати оптимальний режим його роботи.

Цифровий двійник може бути використаний для вирішення різних завдань, включаючи моніторинг та діагностику стану об'єкту, прогнозування поведінки та оптимізації роботи системи, а також для симуляції різних сценаріїв та тестування нових ідей без прямого впливу на реальний об'єкт.

За допомогою програмного пакету моделювання дискретних подій під назвою FlexSim, було створено цифровий двійник виробничого цеху, який виготовляє деталі типу фланці. Детальний кресленник цього цеху зображено на рисунку 1. У процесі виробництва деталей фланці, використовуються дві основні

операції - комплексне та шліфувальне обробки, які виконуються на верстатах DMG MORI CTX beta 1250 TC та JET JPSG-1224TD відповідно. У складі цеху розміщено 5 автоматизованих складських систем, що дозволяють автоматично розташовувати готові деталі на стелажах. Завдяки використанню програмного пакету FlexSim, були отримані дані про роботу всіх елементів виробничого процесу, включаючи верстати, операторів та засоби переміщення[4].

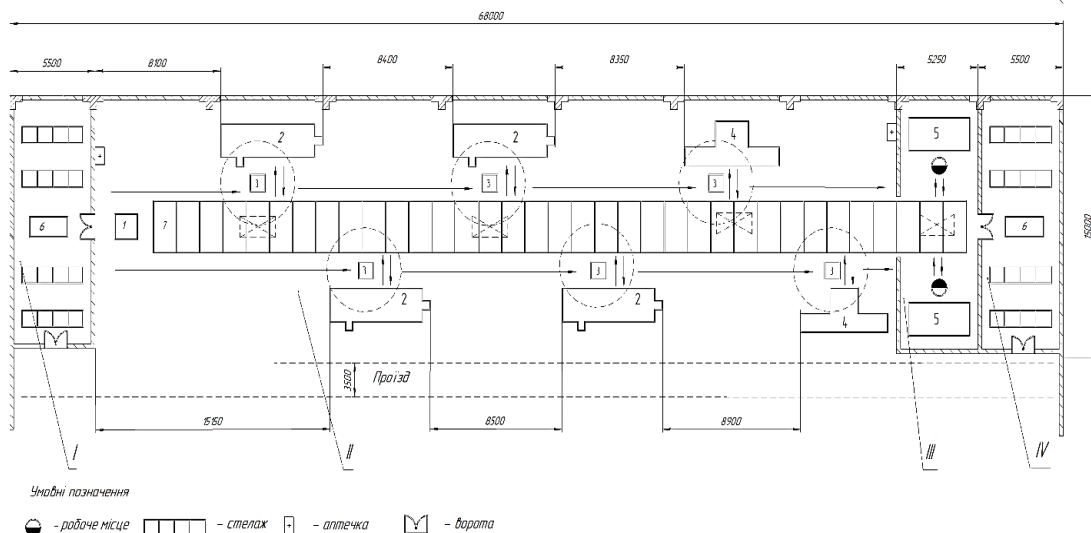


Рис. 1. План цеху по виготовленню деталі типу фланець:

- I – склад заготовок, II – виробнича ділянка, III – ділянка контролю, IV – склад деталей,
 1 – бункер орієнтуючої подачі, 2 – оброблювальний центр, 3 – промисловий робот,
 4 – шліфувальний станок, 5 – контрольний стіл, 6 – візок, 7 – конвеєр

Аналіз виробничого процесу виготовлення деталей типу фланці, показав, що оброблювальні центри працюють на 98% часу, решта 2% витрачаються на очікування деталі для обробки. Шліфувальні верстати та перевірочні станції працюють протягом 56% всього часу, а решта часу вони знаходяться в режимі простою. Автоматизовані складські системи витрачають на роботу всього 2,5% часу (див. рис.2, а). З діаграми роботи засобів переміщення деталей (див. рис. 2,б), видно, що ці засоби працюють від 2% до 6% часу виробничого процесу.

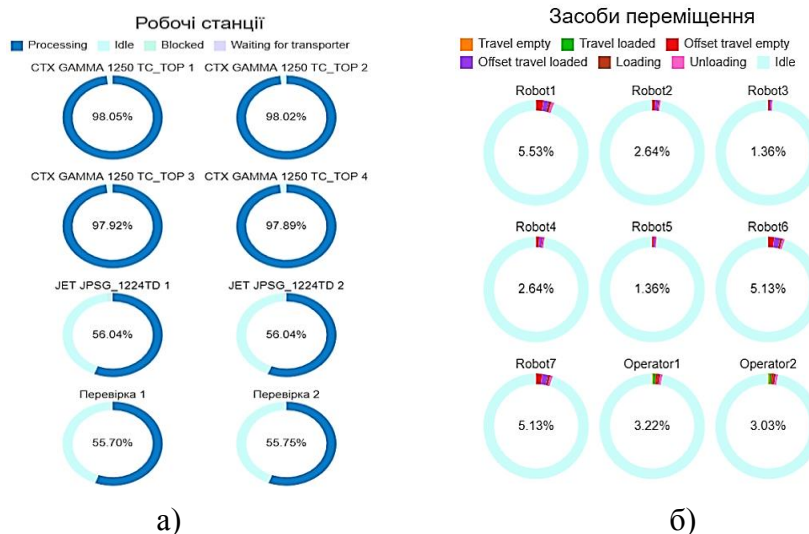


Рис. 2 Діаграми станів ЦД технологічного процесу:

- а) виробничі станції (оброблювальні центри та плоскошліфувальні верстати); б) засоби переміщення.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА

Для автоматичного аналізу даних, отриманих з цифрової моделі, створено власну програму на мові програмування Python. Для цього програма повинна зчитати базу даних, отриману з FlexSim, яка зберігається у форматі «.xlsx». Для читання цього формату використовується спеціальна бібліотека в Python під назвою «xlrd». Після зчитування даних програма здійснює аналіз та генерує висновок.

«xlrd» - це бібліотека для мови програмування Python, яка дозволяє читати дані з електронних таблиць, створених за допомогою програми Microsoft Excel у форматах «.xls» та «.xlsx».

Ця бібліотека містить функції, які дозволяють відкривати та читати файли Excel, отримувати доступ до різних елементів таблиці, таких як рядки, стовпці, комірки та інші. Бібліотека також підтримує читання форматowanego тексту, чисел, дат, часу та формул, які містяться у таблицях Excel. Завдяки «xlrd» можна створювати скрипти Python, які автоматизують обробку даних у програмі Excel, дозволяючи зберігати значний час та зусилля.

Короткий опис програми. Після запуску програма відкриває відповідний файл та починає зчитування даних рядок за рядком. Зчитані дані зберігаються у трьох основних масивах: масив назв груп, масив масивів назв об'єктів по групах та масив сумарного часу простою по групах. Після цього відбувається аналіз отриманих даних та формування висновку, який базується на кількості елементів у групі та часі простою. Висновок містить оцінку ефективності роботи групи (чудова/нормальна/погана/дуже погана) та рекомендації щодо кількості елементів, які можна скоротити.

На рис. 3 представлено результати роботи скрипту.

```

Processing center group складається з 4 об'єктів: CTX GAMMA 1250 TC_TOP 1, CTX GAMMA 1250 TC_TOP 2, CTX GAMMA 1250 TC_TOP 3, CTX GAMMA 1250 TC_TOP 4 .
Сумарний час простою становить - 9.60 %, це чудовий показник.
У даному вузлі не можна скоротити кількість елементів

Grinding machine group складається з 2 об'єктів: JET JPSG_1224TD 1, JET JPSG_1224TD 2 .
Сумарний час простою становить - 83.45 %, це хороший показник.
У даному вузлі не можна скоротити кількість елементів

Control group складається з 2 об'єктів: Control 1, Control 2 .
Сумарний час простою становить - 85.63 %, це хороший показник.
У даному вузлі не можна скоротити кількість елементів

Press any key to continue . . .
    
```

а)

```

First Robot Group складається з 1 об'єкта Robot1 .
Сумарний час простою становить - 94.75 %, це дуже поганий показник. Ефективність групи дуже погана, але так як група складається з одного елемента, покращення даного вузла не можливе.
У даному вузлі не можна скоротити кількість елементів

Second Robot Group складається з 4 об'єктів: Robot2, Robot3, Robot4, Robot5 .
Сумарний час простою становить - 391.98 %, це дуже поганий показник.
Даний вузол можна скоротити на 3 елемента.

Third Robot Group складається з 2 об'єктів: Robot6, Robot7 .
Сумарний час простою становить - 189.49 %, це дуже поганий показник.
Даний вузол можна скоротити на 1 елемент.

Operators Group складається з 2 об'єктів: Operator1, Operator2 .
Сумарний час простою становить - 193.49 %, це дуже поганий показник.
Даний вузол можна скоротити на 1 елемент.

Press any key to continue . . .
    
```

б)

```

Storage складається з 5 об'єктів: ASRSvehicle1, ASRSvehicle2, ASRSvehicle3, ASRSvehicle4, ASRSvehicle5 .
Сумарний час простою становить - 488.64 %, це дуже поганий показник.
Даний вузол можна скоротити на 4 елемента.

Press any key to continue . . .
    
```

в)

Рис. 3 Автоматичний висновок для а) робочих станцій б) засобів переміщення в) автоматизованих складських механізмів

ВИСНОВОК

З висновків зроблених програмою, видно що робочі станції працюють ефективно, кількість засобів переміщення можна скоротити на 5 шт., кількість АСМ – на 4. В результаті, на виробництві деталі типу фланець кількість елементів можна зменшити на 9 шт., при збереженні ефективності виготовлення. Це призведе до зменшення витрат на закупівлю обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Кравченко М. А. Аналіз ефективності використання трудових ресурсів на підприємстві. Ефективна економіка, №10, 2010. 2 с.
- [2] Гусарова О.С. Аналіз ефективності використання трудових ресурсів на підприємстві. Харківський Національний Економічний Університет, 2013. 1с.
- [3] С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М.В. Філіппова, Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.
- [4] С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М.В. Філіппова, Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023.
- [5] С. П. Вислоух та М. В. Філіппова, "Інформаційні основи проектування технології механоскладальних робіт в приладобудуванні", Вісн. Нац. техн. ун-ту України "Київ. політехн. ін-т". Серія Приладобудування, № 28, с. 139–144, 2004.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Філіппова М.В.

УДК 621.3:004.358

П.К. Криницький, студ. гр. ПБ-92, ст. наук. сп., к. т. н., Ключко Т.Р.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАСТОСУВАННЯ МОДУЛЮ GY-521 У БІОНІЧНОМУ ПРОТЕЗУВАННІ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

Анотація. В роботі приведено огляд модулю MPU-6050 та його застосування в протезуванні кінцівок. Розглянуто основні характеристики модулю, його функції, принцип роботи та підключення його до плати мікропроцесорного ядра. Розглянуті можливі варіанти застосування модулю MPU-6050 у біонічному протезі нижньої кінцівки.

Ключові слова: Акселерометр, гіроскоп, протезування, Arduino.

ВСТУП

Проблема протезування кінцівок людини набуває актуальності в зв'язку з потребами, що виникають в сучасний період. Створення таких засобів передбачає застосування сенсорних комплексів, що забезпечують функції діагностики просторово-часових характеристик маси об'єкту [1], визначення траєкторії та розпізнавання характеру руху кінцівки. У протезах нижньої кінцівки основним процесом є ходьба. Процес і характер ходьби можна визначити на основі тиску або кінематики за допомогою вимірювальної системи сенсорів, таких як тензодатчики, що розташовуються в устілці взуття, або гіроскопи, що прикріплюються до опори протезу. Іншим методом є використання багатоосьового тензодатчика.

Багатоосьові тензодатчики дозволяють вимірювати зусилля та момент в кількох напрямках одночасно. Через таку універсальність вони набули широкого розповсюдження в робототехніці та протезуванні, але вони мають і свій недолік.

Наразі однією з ключових проблем протезування є велика ціна кінцевого виробу та його запчастин. Якщо матеріал опори протезу поки що не може бути заміненим на дешевші варіанти через свої характеристики, то інші, як елементи електроніки, мають економніші альтернативи. Так, замість багатоосьових тензодатчиків можна обрати модуль GY-521, котрий буде в рази доступніший. Попри те, що він відрізняється від модулів на основі багатоосьових тензодатчиків вимірюваними величинами, його можна використовувати для визначення положення та руху штучної кінцівки.

МОДУЛЬ GY-521

Модуль GY-521 побудований на базі датчика MPU-6050, котрий керується згідно з протоколом I2C. MPU-6050 є 6-осьовим пристроєм для відслідковування руху, який поєднує в собі 3-осьовий гіроскоп, 3-осьовий акселерометр. Відповідно, він може визначати лінійне та кутове прискорення в будь-якому із напрямків. Завдяки спеціальній шині датчиків I2C він має можливість безпосередньо приймати вхідні дані від зовнішнього 3-осьового компаса, що доповнює його функціонал. MPU-6050 також призначений для взаємодії з декількома неінерційними цифровими датчиками, такими як тензодатчик, на своїх допоміжних I2C портах [2]. Вигляд датчика, умовні позначення та їх опис наведені на рис. 1. Основні характеристики модуля занесені до табл. 1.

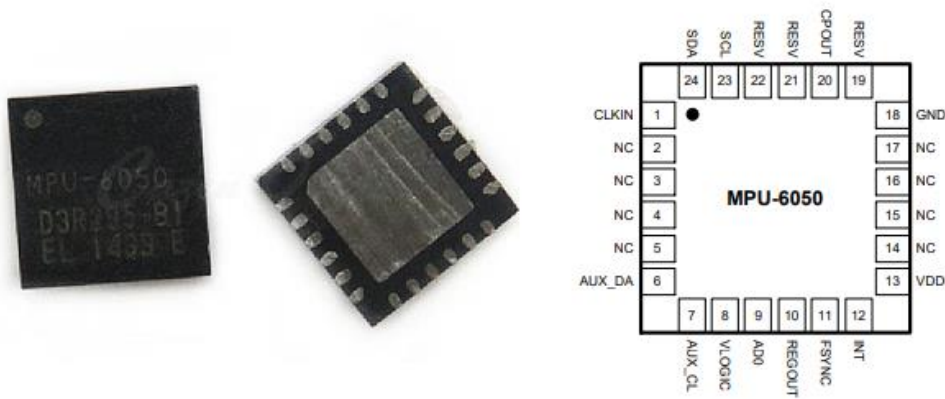


Рисунок 1. Вигляд датчика MPU-6050 та позначення виводів

Таблиця 1. Основні характеристики датчика

№ п/п	Назва параметру	Назва параметру
1	Напруга живлення	3-5 В
2	Споживання струму	4 мА
3	Діапазон гіроскопа	$\pm 250, \pm 500, \pm 1000, \pm 2000$ °/с
4	Діапазон акселерометра	$\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16$ g
5	Чутливість гіроскопа	0.06097 °/с/LSB
6	Чутливість акселерометра	2.048 LSB/g
7	Розміри датчика	4x4x0.9 мм

MPU-6050 має три 16-бітні аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) для цифрової обробки сигналів гіроскопа і три 16-бітні аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) для цифрової обробки сигналів акселерометра. Для точного відстеження як швидких, так і повільних рухів, деталі мають програмований користувачем повномасштабний діапазон гіроскопа [2].

Зв'язок з усіма регістрами пристрою здійснюється за допомогою I2C на 400 кГц. Також, серед додаткових функцій можна знайти вбудований датчик температури.

Плата модуля GY-521 містить понижуючий лінійний стабілізатор живлення від 5В. Також на платі розміщений червоний світлодіод, що загоряється при подачі живлення на плату. Розмір плати модуля GY-521: 10 x 20 мм[3].

Для обробки, збереження та передачі даних модуль можна підключити до мікропроцесорних пристроїв, таких як Arduino, за допомогою I2C інтерфейсу. Варіант підключення GY-521 до мікропроцесора Arduino UNO показано на рис. 2. Підключення здійснюється через двосторонні порти SCL та SDA. Для подачі живлення використовуються

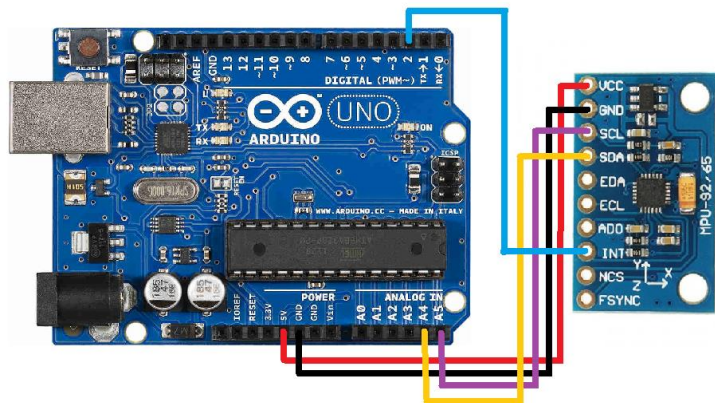


Рисунок 2. Схема підключення модуля GY-521 до плати Arduino UNO

порти VCC і GND. Напруга подається з зовнішнього джерела живлення, наприклад з Arduino[3].

Для роботи з модулем через Arduino IDE використовуються бібліотеки WIRE і I2Cdevlib (для прямого доступу до датчика MPU-6050)[3].

ЗАСТОСУВАННЯ GY-521 В ПРОТЕЗІ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

Можливим є варіант застосування модулю GY-521 в протезі нижньої кінцівки з автоматизованим коліном. Тут першочерговою задачею буде встановлення розташування штучної гомілки відносно тіла та орієнтацію відносно землі. Отже, даний модуль буде розташовуватися на гомілці. Орієнтацію відносно землі можна легко визначити лише за допомогою вбудованого в датчик MPU-6050 3-осьового гіроскопа. Щоб визначити положення тіла, треба буде скористатися ще одним датчиком. Це обумовлює використання енкодера, що вимірюватиме кут нахилу штучного коліна, або ще один шестиосьовий датчик, розташований на стегні. Використовуючи інформацію, що надходить з цієї простої сенсорної системи, можна буде створити модель розташування кінцівки та відносно неї визначити подальшу роботу в біонічному протезі.

Сенсорна система зможе відслідковувати рух кінцівки, використовуючи 3-осьові акселерометри. У поєднанні з тензодатчиком, вбудованим в опору протезу, ця сенсорна система може надати достатню кількість інформації для доповнення моделі кінцівки і використання в процесі ходи.

ВИСНОВОК

В роботі проведено огляд устрою модуля GY-521 на базі датчика MPU-6050 та було розглянуто його можливі варіанти застосування в протезі нижньої кінцівки. Визначено доцільність використання, як дешевшу альтернативу розповсюдженим в протезуванні багатоосьовим тензодатчикам. Основними функціями даного модуля є визначення лінійного та кутового прискорення. Використання даного датчика в сенсорній системі протезу дозволить отримати вичерпну кількість даних для визначення його орієнтації та руху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] V.I. Skytsiouk, and T.R. Klotchko, "Determination of the coordinates of the pathological zones in the mass of the biological object" in 23rd International Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology" 2013, vol. 2, pp. 1083-1084.
- [2] MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/517744/ETC1/MPU-6050.html>
- [3] Акселерометр і гіроскоп MPU-6050 модуль 6DOF [Електронний ресурс] — Режим доступу: https://3v3.com.ua/product_5692.html

Наук. керівник – ст. наук. сп., к. т. н., Ключко Т.Р.

УДК 615.837:615.47

А.П. Ківенко, студ. гр. ПБ-02, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ДОЗАТОР ЛІКІВ З УЛЬТРАЗВУКОВИМ ЗРОШЕННЯМ ТКАНИН

Анотація. Для проведення різних хірургічних втручань використовуються системи, що працюють на основі ультразвукового впливу [1]. Нами запропоновано та досліджено автоматизований дозатор ліків з ультразвуковим зрошення біологічних тканин (АДЛУЗ), який з високою точністю виконує алгоритмічний дозований вплив. Автоматизований дозатор забезпечує точне введення медичного розчину, який є необхідний для ультразвукового зрошення тканин, що підлягають лікуванню. Вдосконалений принцип роботи автоматизованої системи спрощує контроль процесу зрошення у важкодоступних ділянках.

Ключові слова: система ультразвукового зрошення, дозування лікарських препаратів, стимуляції біологічних тканин.

ВСТУП

Використання автоматизованих ультразвукових лікувальних систем у сучасній медичній практиці зростає з кожним днем [2]. Застосування таких нових технологій дозволяє значно зменшити кількість лікарських помилок і забезпечити максимальну точність та ефективність як терапевтичних, так і хірургічних втручань. Ці переваги дають поштовх для нових розробок і вдосконалення конструкції існуючого обладнання та систем, що призводить до підвищення якості послуг, які надаються.

Ультразвукова терапія характеризується використанням нормалізованих параметрів ультразвуку для стимуляції біологічних тканин [3]. Застосування ультразвуку має позитивний ефект при лікуванні бронхіальної астми, ангіни, тонзиліту та інших захворювань горла і дихальних шляхів, силікозу, гепатиту, холециститу, хронічного коліту, панкреатиту, простатиту, захворювань прямої кишки та гінекологічних уражень. Метод заснований на взаємодії ультразвуку з біологічною тканиною (БТ) взятий за основу. Найбільш ефективними є комп'ютерно-інтегровані автоматизовані ультразвукові лікувальні системи з вбудованими можливостями швидкої діагностики [4]. Цей метод лікування застосовується в хірургії, отоларингології, стоматології, акушерстві, гінекології та косметології для забезпечення антимикробного зрошення зовнішньої поверхні інфікованих ран та органів хімічним розчином [5]. Терапевтична ефективність ультразвуку безпосередньо пов'язана з об'ємом лікувального розчину та параметрами ультразвукового розпилювача. Тому ці методи потребують вдосконалення для підвищення ефективності та якості процесу лікування.

АНАЛІЗ ДІЮЧИХ СИСТЕМ НА СВІТОВОМУ РИНКУ

Наразі ультразвукове обладнання виробляють компанії України та ЄС, Японії, Китаю та США. Це фірми "УКРМЕДСПЕКТР" м. Харків, НМЦ «Медінтех» м. Київ, "SORING" Німеччина, "BOWA" Франція та ін.

Прилади зазвичай працюють у безперервному та імпульсному режимах на певних частотах, таких як 44 кГц, 880 кГц та 2640 кГц, і надають можливість генерувати ультразвук на цих або суміжних частотах.

Ультразвукові апарати серії УЗТ-101 застосовуються для лікування

неврологічних і внутрішніх захворювань, а також захворювань опорно-рухового апарату; серія УЗТ - для лікування хронічного тонзиліту, синуситу і риніту.

В даний час випускаються апарати для всього тіла. Наприклад, Sonotol Type 410 може працювати в двох режимах. Така комбінація забезпечує подвійний ефект: глибоке проникнення та ефективний терапевтичний вплив [6].

Окремо слід сказати про використання систем ультразвукової терапії для фонофорезу лікарських засобів. Ці апарати мають багато переваг, перш за все, вони прості за конструкцією.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Принцип адаптивного керування в сучасних медичних приладах та комплексах, з врахуванням стану біологічних тканин широко використовується в автоматизованих системах ультразвукової хірургії та терапії [7]. Такі системи, особливо комп'ютерно-інтегровані автоматизовані системи ультразвукової терапії, які контролюють параметри біологічних тканин, є необхідними для сучасної медичної практики.

Завданням розробки систем ультразвукової терапії біологічних тканин з таким контролем параметрів є суттєве розширення їх функціональних можливостей за рахунок використання систем контролю дози, а також забезпечення безпечного та ефективного використання процедур ультразвукової терапії.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ДОЗАТОР ЛІКІВ З УЛЬТРАЗВУКОВИМ ЗРОШЕННЯМ ТКАНИН

Розроблений та спроектований нами автоматизований дозатор ліків з ультразвуковим зрошенням біологічних тканин з діагностикою лікувальних доз використовує комбінований принцип для вирішення задач лікування порожнинних органів. На рис.1 приведений автоматизований дозатор ліків з ультразвуковим зрошенням тканин лікувальним розчином.

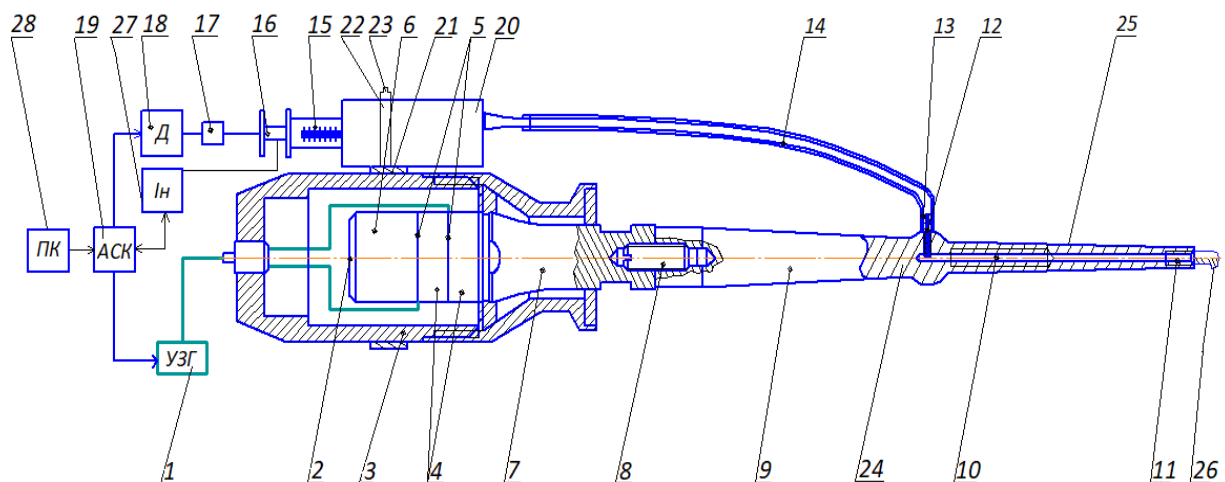


Рисунок 1. Структурна схема автоматизованого дозатору ліків з ультразвуковим зрошенням

АДЛУЗ складається з генератора ультразвуку 1 та акустичного пристрою 2, який розміщено в корпусі 3 та містить електромеханічний перетворювач 4. Для підведення еластичної трубки 14, що з'єднує осьовий проточний канал 10 з одноразовим шприцом 15, передбачено спеціальний отвір 12, який з'єднаний з механічним концентратором 8 і закріплений на корпусі 3 за допомогою тримача 20. Тримач 20 містить спеціальну фіксуючу обойму та кільце 22 для корпусу 3 шприца 15. Ділянка хвилеводу 9 самого пристрою виконана у вигляді вісесиметричного овального виступу. У його центральній частині є отвір 12 для подачі і спеціально встановлений штуцер 13. До ультразвукового генератора 1 підключений реверсивний електродвигун 18 та автоматичний регулятор 19, який забезпечує обертання моторного приводу 18. Шток 16 шприца 15, який має подавати лікувальну рідину до хвилепровідного каналу 24 через гнучку трубку 14, забезпечує цей процес за допомогою черв'ячного гвинта 17. Крім того, до штока 16 шприца 15 приєднані змінні вихідні наконечники 26 різної форми, панель керування 28 та дисплей 27.

Автоматизований дозатор ліків з ультразвуковим зрошенням біологічних тканин працює наступним чином. Після ввімкнення сигнал з пульта управління 28 активує автоматизована система керування (АСК) 19, з якої сигнали надходять на ультразвуковий генератор (УЗГ) 1 і реверсивний двигун 18. Сигнал від ультразвукового генератора 1 вмикає акустичну систему 2, активує електромеханічну систему з п'єзоелектричними перетворювачами 4 і генерує ультразвукові коливання. Ці коливання передаються випромінюючою прокладкою через механічний підсилювач коливань 7 до хвилеводу 24 і від основи конічного наконечника 25 по хвилеводу 24 до вихідного наконечника 26. Вихідні наконечники 26 можна змінювати. Лікарський розчин надходить в осьовий канал 10 через отвір 12 і штуцер 13, з'єднаний з еластичною трубкою і шприцом 15, що містить ліки. Залежно від кількості лікарської речовини, встановленої на пульті управління 28, система автоматичного керування подає відповідний сигнал на реверсивний двигун 18, який обертає вал, з'єднаний з черв'ячним гвинтом 17, що призводить до нормованого руху штока 16. До штока 16 підключений індикатор, який реєструє об'єм хімічної речовини, введеної в хвилевідний пристрій, і частоту ультразвукових коливань, які взаємодіють з лікарським розчином і перетворюють її в дисперсну ультразвукову хмару на виході зі змінних вихідних наконечників 26. Змінюючи форму цих наконечників, розпилюваний лікарський розчин може краще проникати в різні фізіологічні отвори людського тіла.

ВИСНОВКИ

Автоматизований дозатор ліків з ультразвуковим зрошення біологічних тканин, в якій доза лікувального розчину контролюється мікропроцесорною системою по алгоритмами, значно розширює функціональні можливості в лікуванні пацієнтів з різними захворюваннями. АДЛУЗ забезпечує нормалізацію автоматизованого дозування і розподілу, використовуючи призначену кількість ліків, генерує необхідну дисперсність розпилення і розподіл частинок в зоні лікування та підтримує стабільний процес протікання фізіотерапевтичних

процедур.

Це суттєво підвищує ефективність лікування та якість процесу перфузії з нормованою терапевтичною дією на живі тканини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] F. P. M. Oliveira, J. M. R. S. Tavares. 2012. Medical Image Registration: A Review. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering
- [2] Sergey Matvienko, Vadim Shevchenko, Mykola Tereshchenko, Anatolii Kravchenko, Ruslan Ivanenko, “Determination of composition based on thermal conductivity by thermistor direct heating method”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/5 (103), pp. 19–29, 2020. doi: 10.15587/1729-4061.2020.193429.
- [3] В. Ю. Рудик, М. Ф. Терещенко, Т. О. Рудик, “Спосіб адаптивної магнітотерапії”, Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія: Приладобудування, Вип. 51, с. 139–144, 2016.
- [4] P.A. Legg, P. L. Rosin, D. Marshall, J. E. Morgan. 2008. Incorporating Neighbourhood Feature Derivatives With Mutual Information to Improve Accuracy of Multi-Modal Image Registration. Medical Imaging Understanding and Analysis.
- [5] Hakan I., Sema A. (2011). The design of ultrasonic therapy device via fuzzy logic. Expert systems with applications, 38, 7342-7348.
- [6] Паньков С.Б. Залежність параметрів проникнення фармакологічних препаратів у біологічну тканину від дії ультразвукових коливань різної інтенсивності / Паньков С.Б., Терещенко М.Ф. // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 29(68), №4, ч.1, 2018. – С.61-66.
- [7] Peng P., Yang L., Zhangyong L., ...& Yu P. (2017) Design of an ultrasonic physiotherapy system with pulse wave feedback control. Technology and Health Care, 25, 305 – 315.

Наук. керівник – к.т.н., доцент. Терещенко М.Ф.

УДК 622:620.2

А.В. Ледяєв, студ. гр. ПБ-21мп, к.т.н, доц. Барандич К.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Анотація. У роботі описано застосування полімерних композиційних матеріалів у сфері приладобудування. Описано основні процеси виготовлення деталей та аналіз систем автоматизованого виготовлення деталей із композиційних матеріалів. Сформульовано основні задачі автоматизованого складання деталей приладів із полімерних композиційних матеріалів та запропоновано методи їх вирішення.

Ключові слова: композитний матеріал, автоматизація, роботизовані системи.

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промисловості значно підвищилися вимоги до матеріалів, з яких виготовляється той чи інший виріб. До відповідальних елементів приладів часто пред'являються вимоги [1] щодо ваги, міцності, пластичності, надійності, стійкості до перепадів температур тощо. Матеріалом, що може відповідати цим вимогам, є композит або ж композитний матеріал.

Композиційний (композитний) матеріал – це неоднорідний суцільний матеріал (рис. 1), що складається з двох або більше компонентів, серед яких можна виділити армуючі елементи, що забезпечують необхідні механічні характеристики матеріалу, і матрицю, що забезпечує спільну роботу армуючих елементів.

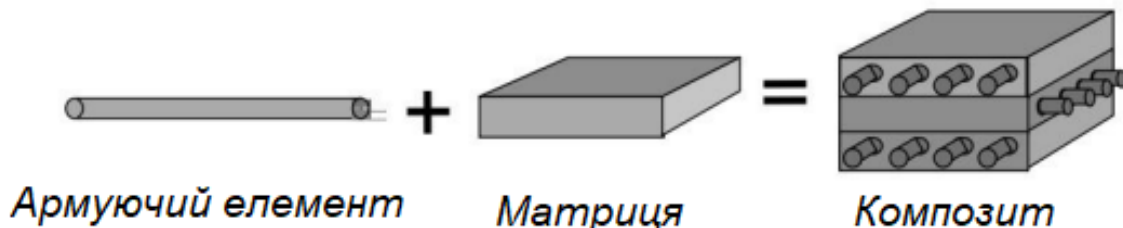


Рис.1 Композитний матеріал

ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Полімерні композитні матеріали мають багато переваг у порівнянні з традиційними матеріалами, такими як метали та скло. Вони мають [2] високу міцність та жорсткість при низькій вазі, добре зберігають свої властивості при екстремальних температурах та вологості, стійкі до корозії та хімічних реакцій, що робить їх ідеальними для використання в приладобудуванні.

У приладобудуванні полімерні композитні матеріали використовуються для [2] виготовлення оптичних елементів, наприклад, лінз та променеводів. Ці матеріали мають високу прозорість та стійкість до впливу ультрафіолетового випромінювання, що робить їх ідеальними для застосування у приладах, які працюють у відкритому просторі.

Іншим прикладом використання полімерних композитів в приладобудуванні є виробництво корпусів для приладів [2]. Корпуси з полімерних композитів мають високу міцність та жорсткість, що забезпечує захист електроніки від зовнішніх впливів та ударів.

Такі корпуси застосовуються у виробництві датчиків, лазерних систем, оптичних приладів, акустичних систем, мікросхем, медичних інструментів та інших електронних пристроїв. Крім того, корпуси з полімерних композитів можуть бути виготовлені з урахуванням дизайну та ергономіки, що забезпечує зручність та естетичний вигляд приладів.

Також композитні матеріали застосовуються при виготовленні: роторів, лопатей, ущільнювачів, підшипників, шасі, каркасів тощо.

ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Виготовлення деталей з полімерних композиційних матеріалів може здійснюватися різними способами, в залежності від конкретної технології виробництва і застосовуваних матеріалів [3]. Проте, можна виділити такі основні процеси виготовлення:

- Лиття за формою (метод вакуумної ін'єкції). Цей процес полягає в тому, що рідка композиційна суміш (смола і наповнювач) заливається в пластикову форму, яка знаходиться під вакуумом. Після того, як суміш заповнює всі порожнини форми, вона залишається під дією тиску, щоб забезпечити повну компресію матеріалу.
- Ламінування. Цей процес полягає в тому, що композиційні матеріали викладаються в шари і накладаються один на один, після чого піддаються тиску та нагріванню, щоб зв'язати шари між собою.
- Екструзія: цей процес використовується для створення довгих деталей з полімерних композиційних матеріалів, таких як труби або профілі. У процесі екструзії матеріал проходить через форму з отвором, змінюючи при цьому свою форму та розмір.
- Обробка відливок. Цей процес використовується для виготовлення деталей з використанням готових форм або матриць. Рідка композиційна суміш заливається в форму або матрицю, після чого вона твердіє та знімається з форми.
- 3D-друк. Цей процес забезпечує можливість створювати складні деталі з полімерних композиційних матеріалів з використанням технологій 3D-друку.

Крім того, існують інші процеси виготовлення, які можуть використовуватися залежно від конкретної технології та матеріалів. Сюди можна віднести вакуумне формування, штампування, компресійне лиття, витягування.

ВІДОМІ АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ЧИ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

До основних систем можна віднести[3]:

1. Автоматичні лінії для виробництва композитних деталей: ці системи використовуються для автоматичного виробництва деталей з полімерних композитних матеріалів, що забезпечує швидке і точне виготовлення.

2. Роботизовані системи: використовуються для автоматичного розміщення

індивідуальних шарів полімерних матеріалів. Роботизовані системи можуть використовуватись для створення як простих, так і складних деталей. Прикладами роботизованих систем виробництва композитних деталей є KUKA, FANUC, ABB.

3. Автоматизовані прес-форми: використовуються для виробництва деталей з полімерних матеріалів шляхом використання прес-форм. Прес-форми можуть бути використані для створення складних деталей з високою точністю. Такі прес-форми використовують компанії Engel, Husky, Arburg.

4. 3D-друк: використовується для створення деталей з полімерних композитних матеріалів шляхом накладання послідовних шарів матеріалу (друку, вирощування) за даними цифрової моделі. 3D-друк дозволяє отримувати складні геометричні форми деталей, які можуть бути важко або неможливо виготовити за допомогою інших методів. (Markforged X7).

5. Системи автоматизованого контролю якості: використовуються для перевірки якості деталей, що виготовлені з полімерних композитних матеріалів. Системи автоматизованого контролю якості можуть виявляти дефекти, такі як тріщини, зморшки та пухирі, забезпечуючи високу якість виготовлення деталей. До таких систем відноситься система автоматизованого контролю якості ATOS компанії GOM.

Переваги автоматизованих систем при виготовленні деталей з полімерних композиційних матеріалів:

1. Точність: забезпечення точності та повторюваності процесу складання, що дозволяє досягнути високої якості та уникнути помилок ручного виконання.

2. Швидкість: зменшення часу виробництва та збільшення продуктивності.

3. Ефективність: можливість працювати цілодобово і без перерви. Ефективне використання робочого часу та збільшення виробничих потужностей.

4. Стабільність: забезпечення стабільного процесу складання та зменшення ймовірності виникнення помилок, які пов'язані з втомою або неправильними діями операторів.

5. Автоматизація: програмування для виконання різних завдань, що дозволяє знизити витрати на навчання та підготовку операторів.

6. Моніторинг: можливість відслідковування параметрів та виявлення помилок/відхилень у режимі реального часу.

7. Охорона праці: зниження ризику отримання травм та втоми операторів, що забезпечує більш безпечні умови праці.

Незважаючи на багато переваг використання автоматизованих систем при виготовленні деталей з полімерних композиційних матеріалів, вони можуть мати деякі недоліки, такі як:

1. Високі витрати: автоматизовані системи зазвичай дорогі і вимагають значних витрат на обладнання, програмування та підтримку.

2. Складність програмування: програмування є складним та вимагає високо кваліфікованих спеціалістів

3. Потреба в технічній підтримці: необхідне постійне технічне обслуговування та підтримка.

4. Вразливість до помилок: при неправильному налаштуванні чи

програмуванні, може виникнути брак виробів

5. Обмеженість варіантів матеріалів: деякі системи можуть бути обмеженими у виборі матеріалів.

До основних задач складання деталей приладів із полімерних композиційних матеріалів можна віднести:

- розробку алгоритмів автоматизованого складання деталей – розробка/використання програмного забезпечення для автоматичного складання деталей приладів. Їх можна реалізувати за допомогою машинного навчання, де система буде вчитися розпізнавати форму і розташування деталей;
- визначення оптимального розташування деталей на складальному столі – важливо оптимізувати розташування деталей на складальному столі, щоб зменшити час складання і знизити брак продукції.
- забезпечення точності складання – важливо дотримуватися необхідної точності при складанні деталей, щоб забезпечити якість виробу. Тут можна використовувати різні методи контролю, наприклад, візуальну перевірку або використання датчиків.

Для вирішення задачі потрібно розвивати дослідження та застосовувати нові технології в таких напрямках:

- машинне навчання та комп'ютерний зір – це може бути використано для розпізнавання форми та розташування деталей. Застосування цих технологій дозволить зменшити час налаштування обладнання та підвищити точність складання.
- робототехніка – автоматизована система складання деталей може бути реалізована за допомогою робототехніки, що забезпечить більш точну та ефективну роботу.
- оптимізація процесів виробництва – для підвищення ефективності системи складання деталей можна застосовувати методи оптимізації процесів виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Björnsson, A., Thuswaldner, M., & Johansen, K. (2014) “Automated Composite Manufacturing Using Off-The-Shelf Automation Equipment – A Case from the Space Industry” in Proceedings of the 16th European Conference on Composite Materials, 22nd-26th June 2014, Seville, Spain
- [2] Denkena B, Schmidt C, Weber P (2016) Automated fiber placement head for manufacturing of innovative aerospace stiffening structures. *Procedia Manufacturing* 6:96–104.
- [3] Schmidt C, Hocke T, Denkena B (2019) Deep learning-based classification of production defects in automated-fiber-placement processes, *Production Engineering Research and Development (WGP)*

Наук. керівник – к.т.н, доцент, Барандич К.С.

УДК 004.94:621.95

О.В. Матошин, студ. гр. ПБ-21мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗШАРУВАННЯ ПОВЕРХНІ ОТВОРУ ПРИ СВЕРДЛІННІ ВУГЛЕПЛАСТИКУ

Анотація. У даній роботі розглядається питання прогнозування розшарування поверхні отвору при свердлінні вуглепластику з використанням штучних нейронних мереж. Для тренування мережі використано режими свердління отвору (кількість обертів та подачу) та діаметр свердла. У результаті досліджень показано, що запропонований метод прогнозування дозволяє досягти точності на рівні понад 95%. Результати роботи можуть бути корисними для підвищення точності та якості свердління вуглепластику, що може знайти застосування в різних галузях промисловості, де використовуються композитні матеріали.

Ключові слова: свердління, вуглепластик, прогнозування, розшарування поверхні отвору, штучні нейронні мережі.

ВСТУП

Вуглепластики – це композитні матеріали, які мають високу міцність, жорсткість та низьку щільність, тому вони використовуються в різних галузях сучасної промисловості, таких як авіа-, машино- та приладобудування. Навіть попри те, що більшість виробів з вуглепластику виготовляються у вже готовому вигляді, операція механічної обробки не може бути виключена, і вона важлива для отримання кінцевої поверхні деталі, точності розмірів та складання [1]. Однак свердління вуглепластику часто призводить до розшарування поверхні отвору, що знижує міцність та надійність виробу, тому потрібно визначити можливі причини виникнення даної проблеми, а саме: встановити оптимальні режими різання, спроектувати відповідну конструкцію різального інструменту або змінити структуру композитного матеріалу.

Аналіз методів прогнозування показав, що для прогнозування розшарування поверхні отвору при свердлінні вуглепластику доцільно застосовувати штучні нейронні мережі (ШНМ). ШНМ можуть бути використані для аналізу великої кількості даних та виявлення складних залежностей між різними параметрами, що впливають на якість свердління [2].

Метою даної роботи є прогнозування розшарування поверхні отвору при свердлінні вуглепластику з використанням штучних нейронних мереж у середовищі Matlab. Це забезпечить вибір оптимальних режимів оброблення, покращить якість та ефективність свердління вуглепластику, що в свою чергу дозволить підвищити продуктивність процесу різання та зменшити кількість бракованих деталей.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ ОТВОРІВ ВУГЛЕПЛАСТИКОВИХ ДЕТАЛЕЙ

Свердління деталей із вуглепластику має великі проблеми для сучасного виробництва, специфіка яких тісно пов'язані зі складними різальними процесами, що здійснюють розділення волокон матеріалу.

Свердління деталей з даних матеріалів є важливим кінцевим процесом їх виготовлення, після якого виконується процес складання. Однак даний процес є складною задачею, оскільки вуглепластик має анізотропні властивості на відміну від звичайних конструкційних матеріалів [1]. Тому технологія оброблення

вуглепластику значно відрізняється від механізму різання металів. При обробленні вуглепластику можуть виникнути небажані дефекти, такі як розшарування, пошкодження матриці, мікротріщини та витягування волокон (рис. 1а). Розрізняють два типи розшарування, викликаного свердлінням, залежно від місця виникнення. На рис. 1б показано типове розшарування на вході та виході отвору. Звідси видно, що вхідне розшарування відбувається, коли різальна кромка свердла контактує з матеріалом. У цей момент сила розшарування генерується через канавку свердла, відокремлюючи верхні шари шляхом розриву тріщин зсуву [4]. При розшаруванні на виході нерозрізані шари під свердлом піддаються згинанню під дією осової сили різання. Якщо міжшарове напруження перевищує міцність з'єднання, то виникає виштовхувальне вихідне розшарування.

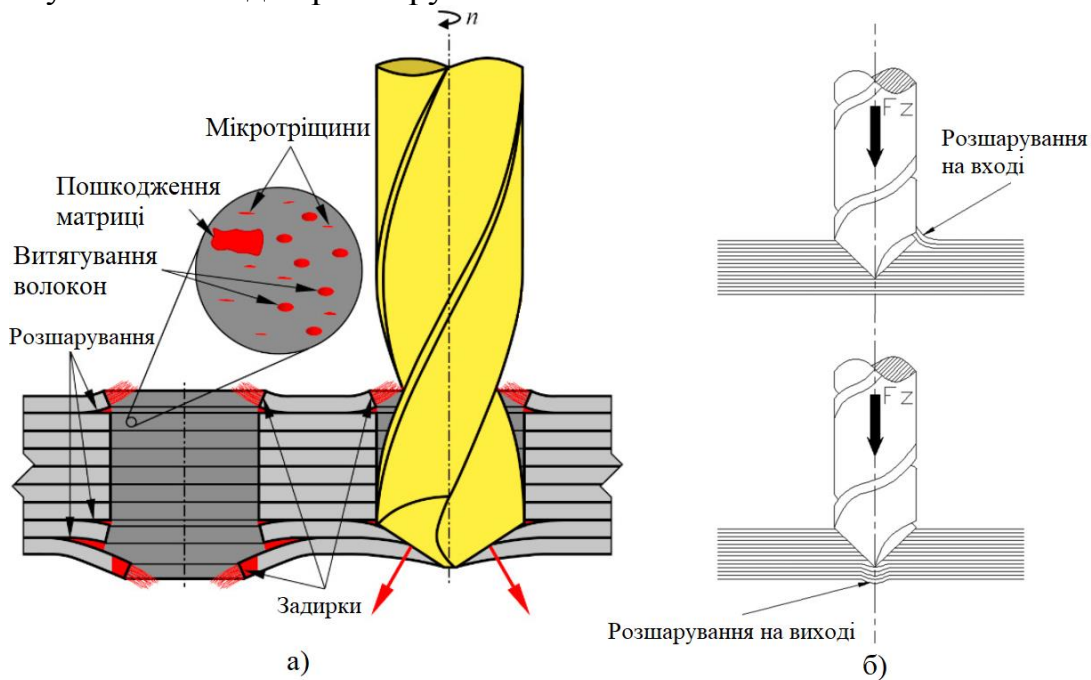


Рисунок 1. Види руйнування та розшарування поверхні отвору при свердлінні вуглепластику: а) найбільш типові види руйнування; б) види розшарування

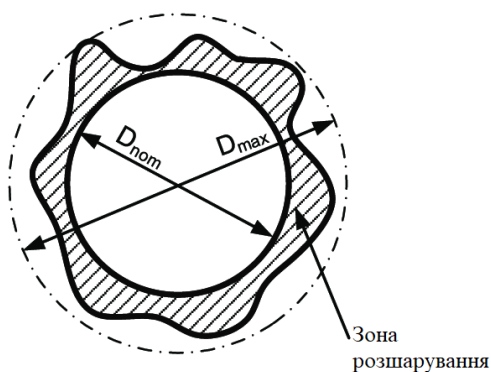


Рисунок 2. Схема визначення коефіцієнта розшарування

Для оцінювання та контролю розшарування необхідно використовувати певну методологію кількісного визначення даного показника якості поверхні отвору. Для цього найбільш широко використовується коефіцієнт розшарування $K_{розш}$ (рис. 2).

Умовний коефіцієнт розшарування визначається як максимальний діаметр, що включає діаметр отвору з пошкодженою ділянкою, який поділений на номінальний діаметр просвердленого отвору. Таким чином, формула коефіцієнта розшарування $K_{розш}$ виглядає наступним чином:

$$K_{розш} = \frac{D_{\max}}{D_{\text{ном}}} \quad (1)$$

ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗШАРУВАННЯ ОТВОРУ

Аналіз літературних джерел з оброблення деталей з вуглепластику показав, що просвердлений отвір з найменшим розшаруванням можна отримати шляхом правильного вибору геометрії інструменту та режимів різання. Для розв'язання цієї задачі використано результати проведених експериментальних досліджень з [3]. Тут експерименти проводились за допомогою обробного центру з ЧПК VMC 100 шляхом свердління вуглепластику, що виготовлений за допомогою методу ручної укладки. Для виготовлення композиту використовувалась епоксидна смола, а волокна матеріалу мали щільність $1,75 \text{ г/см}^3$. При цьому товщина волокон становила $0,05 \text{ мм}$. При дослідженнях використано твердосплавні свердла діаметрами 4, 8 та 12 мм типу BRAD й SPUR, що забезпечують точне позиціонування при входженні інструменту в матеріал. При цьому режими оброблення варіювались в таких межах: кількість обертів свердла n – від 500 до 1500 об/хв та подача свердла S – від 50 до 150 мм/хв.

Для оброблення результатів експериментальних досліджень процесу свердління вуглепластику з метою моделювання та прогнозування розшарування поверхні на вході в матеріал та виході із нього застосовано можливості системи Matlab [5]. Вхідні дані, які використовуються для моделювання, що включають кількість обертів, подачу й відповідний діаметр свердла з результатами експериментальних досліджень, спочатку представлено в середовищі Excel. Перенесення вхідних даних у Matlab виконано з використанням функції `import`, а нейромережеве дослідження запущено командою `nstart`. Після цього обрано кількість даних у відсотковому відношенні, що потрібні для навчання, перевірки та тестування нейромережі, а саме: 80% для навчання, 10% для перевірки та 10% даних для тестування нейромережі. Далі задано структуру штучної нейронної мережі, що включає 10 нейронів у прихованому шарі, яка впливає на кінцеву точність прогнозування. Для навчання ШНМ обрано алгоритм Левенберга-Марквардта. В процесі навчання нейромережі використовувався набір із 27 рядків даних.

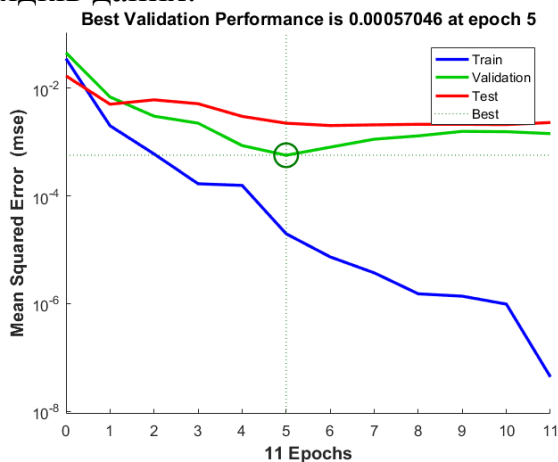


Рисунок 3. Продуктивність штучної нейронної мережі

Продуктивність створеної штучної мережі показано на рис. 3, включаючи помилки навчання, перевірки та тестування. Середня квадратична помилка мережі зменшується, поки нейронна мережа навчається. Навчання триває до тих пір, поки помилка мережі зменшується у вибірці перевірки, а далі автоматично припиняється.

Результати графіків регресії надано на рис. 4. При цьому показано коефіцієнти кореляції навчальної

вибірки ($R = 0,99938$), перевірконої вибірки ($R = 0,98701$), тестувальної вибірки ($R = 0,94352$) та відповідну кореляцію розробленої моделі для прогнозування розшарування ($R = 0,98912$).

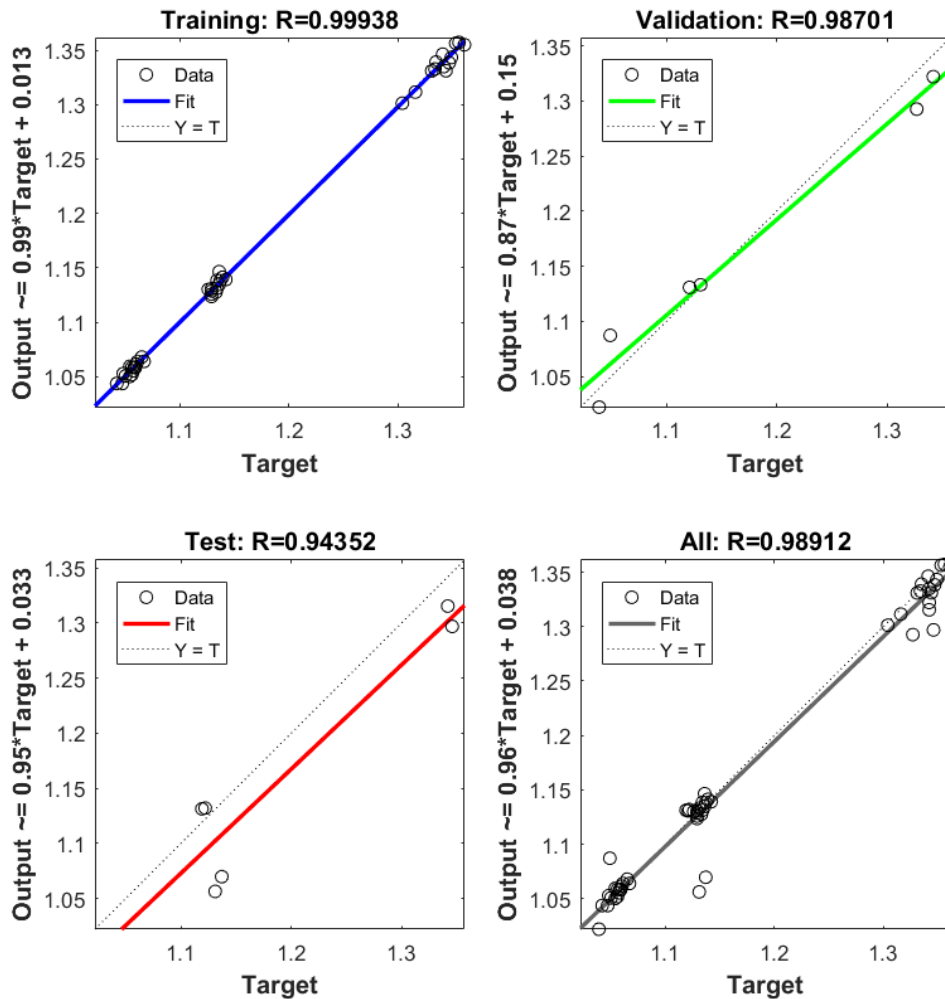


Рисунок 4. Графіки регресії та значення коефіцієнтів кореляції навчальної, перевірконої та тестувальної вибірок

Результати прогнозування для деяких вхідних даних розміщено у таблиці 1. З цієї таблиці видно, що точність прогнозування перевищує 95%.

Таблиця 1. Результати прогнозування $K_{розш}$ поверхні отвору в деталях із вуглепластику

Кількість обертів, об/хв	Діаметр свердла, мм	Подача, мм/хв	$K_{розш}$ на вході	$K_{розш}$ на виході	Прогнозоване $K_{розш}$ на вході	Прогнозоване $K_{розш}$ на виході
500	4	50	1,056	1,058	1,0561	1,058
500	8	100	1,131	1,137	1,1312	1,1369
500	12	150	1,136	1,361	1,284	1,2981
1000	4	150	1,327	1,342	1,3263	1,3428
1000	8	100	1,129	1,136	1,1293	1,1358
1000	12	50	1,054	1,065	1,0542	1,0647
1500	4	100	1,119	1,122	1,2259	1,2509
1500	8	50	1,042	1,056	1,042	1,0562
1500	12	150	1,334	1,349	1,3336	1,3493

ВИСНОВКИ

Запропоновану методика прогнозування шляхом застосування ШНМ засобами системи Matlab можна використовувати як інструмент прогнозування для визначення розшарування для будь-якого набору вхідних параметрів свердління вуглепластиків, а саме: кількості обертів, подачі та діаметра свердла. За допомогою моделі, створеної за результатами прогнозування, можна знайти оптимальні значення параметрів процесу свердління вуглепластиків для отримання відповідного коефіцієнта розшарування поверхні отвору. За результатами моделювання можна стверджувати, що для свердління вуглепластиків доцільно використовувати підвищені оберти шпинделя, низьку подачу та за можливості менший діаметр свердла.

В наданих дослідженнях враховано лише три основні параметри процесу свердління – кількість обертів і подача свердла та його діаметр. Для подальшого дослідження розшарування вуглепластику слід враховувати вплив інших параметрів процесу, наприклад, товщину деталі, орієнтацію волокон та загальну структуру композиту.

Результати даного прогнозування будуть використанні в базі даних при побудові автоматизованої системи керування процесом свердління деталей із вуглепластику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ahra, J. Implementation and calibration of a digital twin for CFRP drilling based on robot system. Ulsan National Institute of Science and Technology, 2021.
- [2] Qin, X., Wang, B., Wang, G. et al. Delamination analysis of the helical milling of carbon fiber-reinforced plastics by using the artificial neural network model. J Mech Sci Technol, 28, 713–719 (2014).
- [3] A. Krishnamoorthy, S. Rajendra Boopathy, and K. Palanikumar. Delamination Analysis in Drilling of CFRP Composites Using Response Surface Methodology. Journal of Composite Materials, Vol. 43, No. 24, 2009. <https://doi.org/10.1177/0021998309345309>.
- [4] Geier, N. et al. Drilling of carbon fibre reinforced polymer (CFRP) composites: Difficulties, challenges and expectations. Procedia Manufacturing, Vol. 54, 2021, 284-289. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.045>.
- [5] Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Вислоух. – К.: НТУУ “КПІ”, 2011. – 488 с.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Вислоух С.П.

УДК 615.837

Д.К. Подсевак, студ. гр. ПБ-з21мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ УЛЬТРАЗВУКОВОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО БІОМЕДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ З БІОСЕРЕДОВИЩЕМ

Анотація. В даній статті представлені результати досліджень впливу різної інтенсивності, частоти та форми ультразвукових сигналів ультразвуковим автоматизованим біомедичним комплексом (УАБМК) на глибину проникнення фармацевтичних препаратів у біологічну тканину протягом визначеного часу. За результатами експерименту було встановлено залежність, що дозволить точно контролювати та передбачати час введення лікарського засобу та його проникнення в глибокі шари тканини. Мета дослідження полягає у розвитку неінвазивного методу введення лікарських препаратів за допомогою УАБМК, які є більш ефективними та безпечнішими за інвазивні ін'єкції.

Ключові слова: ультразвук, ультрафонофорез, трансдермальна доставка препаратів, проникність.

ВСТУП

Застосування різноманітних комбінації ультразвукового впливу та лікарських фармацевтичних препаратів стає все більш поширеним у косметології та фізіотерапії [1]. Це базується на дослідженнях, які підтверджують можливість та ефективність проникнення фармпрепаратів (ФП) в м'які тканини під впливом ультразвукових коливань, що збільшує їх проникність через шкіру, покращує дифузійні процеси та активує фізіологічні процеси в організмі [2].

В медичному приладобудуванні багато уваги приділяється системам, які базуються на використанні ультразвукових коливань в якості джерела енергії. До таких сучасних систем і відноситься ультразвуковий автоматизований біомедичний комплекс [3].

Застосування ультразвуку (УЗ) для проникнення лікарських речовин через поверхню шкіри можна розглядати як своєрідний фізичний каталізатор біофізичних, біохімічних, і фізико-хімічних процесів в організмі [4].

Використання неінвазивних методів для введення речовин через шкіру допомагає підвищити ефективність дії фармацевтичних препаратів та знизити їх дозування, що особливо важливо для пацієнтів з індивідуальними особливостями та захворюваннями [5].

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ УЛЬТРАЗВУКУ З БІОСЕРЕДОВИЩЕМ

В механізмі проникнення лікарських препаратів через шкіру є унікальним і відрізняється від проникності мембран, оскільки шкіру можна розглядати як комплексну мембранну структуру, що містить мономолекулярні шари, товсті шари різних клітин і міжклітинні простори зі складними сполуками [6].

Шкірні шари вважаються мембранами першого порядку, які, на більшій частині своєї поверхні, запобігають проходженню іонів та пропускають лише нейтральні молекули з вираженими ліпофільними властивостями. Загалом, процес проникнення речовин через шкіру можна описати законом Фіка, який виражається у формулі [7]:

$$J_s = K_p \Delta C_s, \quad (1)$$

де J_s – потік надходження речовини; K_p – константа проникності; ΔC_s – різниця концентрації по різних сторонах мембрани.

Р. Tregear, дійшов до висновку, що в більшості випадків проникнення (дифундування) речовини через шкіру базується на законі Фіка і відповідно може, за нормальних умов, бути виражено формулою [8]:

$$J_s = \frac{K_m \cdot D_m \cdot \Delta C_s}{\delta}, \quad (2)$$

де J_s – потік надходження речовини; K_m – коефіцієнт розподілу речовини між мембраною і розчинником; D_m – константа дифузії для розчиненої речовини в мембрані; δ – товщина мембрани, ΔC_s – різниця концентрації по різних сторонах мембрани.

При розчиненні речовини у воді, вона проникає через пори мембрани клітини з зовнішньої сторони всередину. Швидкість дифузії залежить від температури, розчинності речовини в ліпідах та її природи. Фізіолог А. Фік запропонував рівняння (3), що описує швидкість дифузії [1]:

$$\frac{dm}{dt} = -D \cdot s \cdot \lim_{l \rightarrow 0} \frac{C_1 - C_2}{L}, \quad (3)$$

де $\frac{dm}{dt}$ – швидкість дифузії (кількість речовини m , яка дифундує за одиницю часу t через площину s); D – коефіцієнт дифузії; s – площа мембрани; L – товщина мембрани; C_1 і C_2 – концентрація речовини по різних сторонах мембрани.

На першому етапі досліджувалась залежність $l(\tau)$ товщини мембрани від сталої часу τ відновлення мембрани [6]:

$$l(\tau) = -\frac{\tau}{t} \cdot \ln\left(1 - \exp\left(\frac{-E \cdot F}{R \cdot T(\tau)} \cdot \frac{(u_k + u_{Na})}{(u_k - u_{Na})}\right)\right), \quad (4)$$

де $l(\tau)$ – залежність товщини мембрани від сталої часу відновлення мембрани, t – час дифузії в мембрані (еквівалентна часу випромінювання), τ – стала часу відновлення мембрани, E – дифузійний потенціал еквівалентної енергії випромінювання, F – стала Фарадея, R – універсальна газова стала, $T(\tau)$ – температура, u_k , u_{Na} – потенціали концентрації іонів калію і натрію.

Враховуючи, що E – дифузійний потенціал еквівалентної енергії випромінювання, формується за рахунок інтенсивності I ультразвуку

$$I = \frac{P^2}{2\rho v}, \quad (5)$$

де I – інтенсивність ультразвукової хвилі, [Вт/м²]; P – звуковий тиск, [Па]; ρ – густина середовища, [кг/м³]; v – швидкість ультразвуку, [м/с].

Прирівняємо E – дифузійний потенціал еквівалентної енергії випромінювання та інтенсивності I ультразвуку $E \approx I$, та підставивши їх значення (5) в формулу (4) отримаємо математичну модель взаємодії ультразвуку з біологічною тканиною:

$$l(\tau) = -\frac{\tau}{t} \cdot \ln\left(1 - \exp\left(\frac{\left(\frac{P^2}{2\rho v}\right) \cdot F}{R \cdot T(\tau)} \cdot \frac{(u_k + u_{Na})}{(u_k - u_{Na})}\right)\right), \quad (6)$$

Таким чином можливо передбачити товщину мембрани клітини $l(\tau)$, контролюючи значення температури біологічної тканини $T(\tau)$. Через це можна

визначити проникність речовин в клітину та відстежувати час випромінювання ультразвуку з нормованими параметрами.

Для досягнення максимальної ефективності лікування вимагається створення вимірювальної системи та алгоритму, які дозволять знайти найбільш оптимальні параметри ультразвукових коливань. Це забезпечить потрібну глибину та швидкість проникнення фармакологічного препарату в біологічну тканину та забезпечить найкращий лікувальний ефект.

Метою даної роботи є проведення експериментів з УАБМК, що генерує ультразвукові коливаннями різної інтенсивності, частоти, тривалості імпульсів та форми сигналу для вивчення їх ефективності на глибину проникнення протягом визначеного часу при введенні фармацевтичних препаратів у біологічну тканину на різну глибину протягом певного часу. Застосування цієї методики дозволяє створювати високу концентрацію препарату в локальній зоні, що є найбільш ефективним у випадках, коли необхідно депонувати необхідну кількість препарату для пролонгованої дії, наприклад, при хронічних болях в суглобах або хребті. Структурна схема ультразвукового автоматизованого біомедичного комплексу приведена на рис.1.

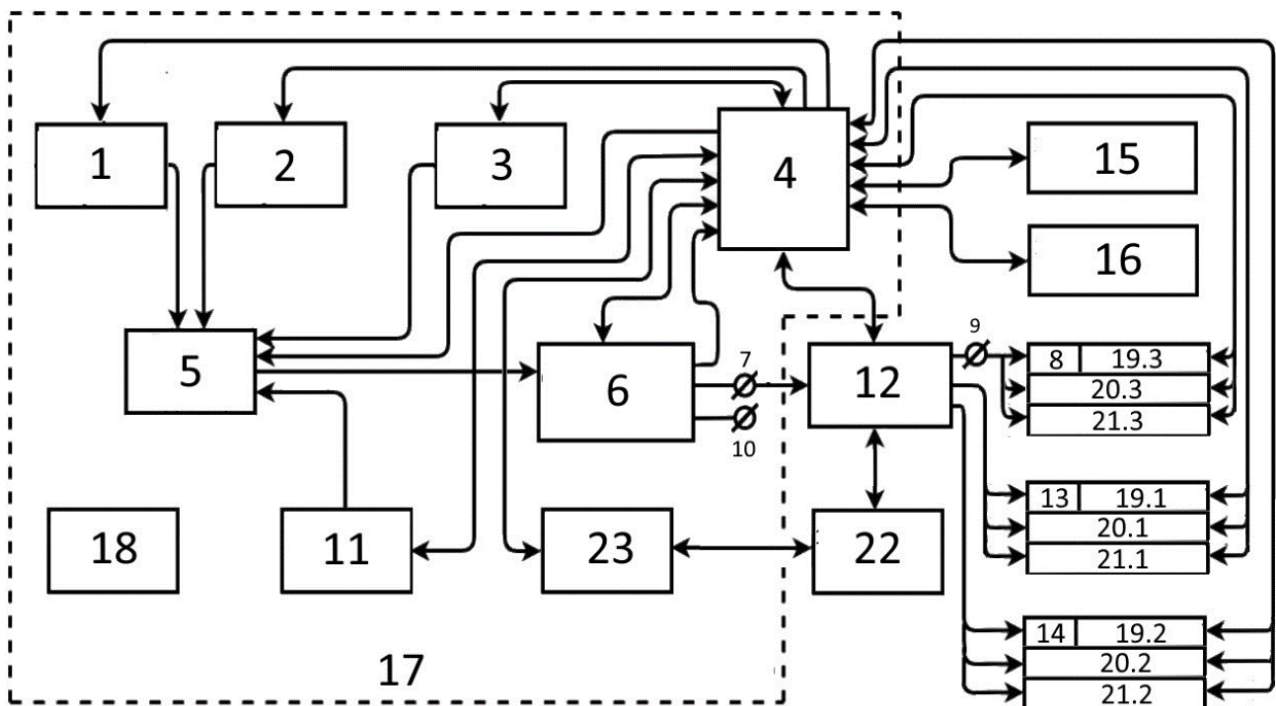


Рисунок 1. Структурна схема ультразвукового автоматизованого біомедичного комплексу, де 1 - блок фіксованих частот, 2 - варіатор частоти і фази сигналу, 3 - блок сигналів для електростимуляції, 4 - блок керування, контролю та індикації, 5 - блок комутації, 6 - підсилювач потужності (з нормалізатором амплітуди), 7 - роз'єм для підключення, 8 - блок перемикачів, 8, 13, 14 - ультразвукові випромінювачі, 9 - з'єднувальний кабель, 10 - роз'єм для підключення електродів електростимуляції, 11 - блок низькочастотних коливань, 15 - випромінювач коливань, 16 - випромінювач температури, 18 - система живлення, 17 - електронний генератор, 19.1, 19.2 та 19.3 - тензометричні датчики, 20.1, 20.2, 20.3 - система датчиків тиску, 21.1, 21.2, 21.3 - система датчиків контролю акустичного контакту, 22 - блок порівняння, 23 - задатчик режимів

ВИСНОВКИ

Результати досліджень показали, що глибина проникнення фармакологічних препаратів залежить від інтенсивності ультразвуку та може змінюватись від 0,5 мм до 2,8 мм. Отримані дані будуть використані для покращення математичної моделі та створення алгоритму для прогнозування напрямку та швидкості проникнення різних фармацевтичних речовин при різній інтенсивності, формі та часі ультразвуку, що в майбутньому може бути використана для створення УАБМК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Паньков С.Б. Залежність параметрів проникнення фармакологічних препаратів у біологічну тканину від дії ультразвукових коливань різної інтенсивності / Паньков С.Б., Терещенко М.Ф. // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 29(68), №4, ч.1, 2018. – С.61-66.
- [2] Ahmadi, F., McLoughlin, I. V., Chauhan, S.& ter-Haar, G(2012). Bio-effects and safety of low-frequency ultrasonic exposure. Progress in biophysics and molecular biology, 108, 119 – 138.
- [3] Sergey Matvienko, Vadim Shevchenko, Mykola Tereshchenko, Anatolii Kravchenko, Ruslan Ivanenko, “Determination of composition based on thermal conductivity by thermistor direct heating method”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/5 (103), pp. 19–29, 2020. doi: 10.15587/1729-4061.2020.193429.
- [4] Цапенко В.В. Дослідження електропровідності біологічних тканин / В.В. Цапенко, М.Ф. Терещенко // XV Міжнародна науково-технічної конференції “Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об’єктів»: Матеріали конференції. - Кременчук: КрНУ, 2016. – 180 с., С. 92-93.
- [5] Junge D. (2011) Nerve and Muscle Excitation. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- [6] М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кравченко, Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія . Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018 , <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25501>.В.С.
- [7] Peng P., Yang L., Zhangyong L., ...& Yu P. (2017) Design of an ultrasonic physiotherapy system with pulse wave feedback control. Technology and Health Care, 25, 305 – 315.

Наук. керівник – к.т.н. , доцент Терещенко М.Ф.

УДК 621.7.015:004.89

Д.М. Покрова, студ. гр. ПБ-91, асист. Волошко О.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Анотація. Надано результати дослідження застосування штучного інтелекту при проектуванні технологічних процесів в приладобудуванні. Проведено аналіз методів представлення інформації в експертних системах.

Ключові слова: приладобудування, штучний інтелект, експертна система, база знань, проектування технологічних процесів.

ВСТУП

За останні десятиліття для збільшення ефективності виробництва розроблено комплексні системи автоматизації, які передбачають створення роботизованих комплексів та гнучких автоматизованих виробництв. На сьогодні, для досягнення максимальної автономності виробничого комплексу та вдосконалення системи керування виробничим процесом доцільно використовувати системи штучного інтелекту (ШІ) [1]. ШІ у виробництві – це програмне та алгоритмічне забезпечення, яке дозволяє автоматизувати технологічні операції.

Головною задачею ШІ є широке використання пошукових процедур і методів розв'язання задач, пов'язаних із пошуком і переглядом великої кількості варіантів. Загалом, така комп'ютерна система може виконувати не лише однотипні та повторювані операції, але і самостійно навчатися, спираючись на інформацію, що надана їй спеціалістом.

Системи штучного інтелекту вже успішно застосовуються в таких галузях, як автомобільна, електронна, машинобудівна, приладобудівна та інших галузях виробництва, де вони допомагають забезпечити підвищену ефективність виробничого процесу.

Загалом, системи штучного інтелекту можуть бути застосовані в будь-якій галузі промисловості, де необхідна автоматизація та оптимізація виробничого процесу.

В умовах автоматизованого приладобудівного штучний інтелект пропонується використовувати при проектуванні технологічних процесів за допомогою експертних систем, які орієнтовані на роботу з чіткою логікою та правилами [2].

Експертна система (ЕС) – це програмний засіб, що використовує експертні знання у певній предметній області, з метою ефективного вирішення задач у предметній області, яка цікавить користувача, нарівні середнього професіонала (експерта) [3]. Її основою є база знань, яка відображає досвід роботи експертів у певній проблемній області. Основна перевага застосування ЕС полягає в можливості прийняття рішень в унікальних ситуаціях, для яких немає передбаченого алгоритму, але може бути сформовано ланцюжок міркувань (правил прийняття рішень) з бази знань.

ЕС відрізняється від інших прикладних програм наявністю таких ознак.

1. ЕС не моделює фізичну або іншу природу певної проблемної області, а замість цього моделює механізм мислення людини при вирішенні задач в цій

області. Це робить її істотно відмінною від систем математичного моделювання.

2. ЕС здійснює аналіз і робить висновки, ґрунтуючись на доступних знаннях. Знання в системі представлені в спеціальній мові та зберігаються окремо від основного програмного коду, який використовує ці знання для міркувань і висновків. Цей компонент програми називається базою знань.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використання експертної системи в умовах автоматизованого виробництва дозволяє спростити процес розробки конструкторської та технологічної документації. Експертна система використовує знання, які набули фахівці в галузі приладобудування, евристичні й наближені методи для забезпечення максимальної ефективності при вирішенні проблем в цій області [1].

При цьому експертна система зможе накопичувати та обробляти знання в галузі приладобудування, включаючи правила та евристичні методи, що використовуються експертами-конструкторами.

Одним з ключових етапів створення ЕС є розробка бази знань, яка містить інформацію про типи виробів, їх особливості, характеристики та параметри, а також правила, що визначають, які види операцій необхідно виконати для досягнення заданих параметрів якості виробу. Створювана експертна система повинна мати можливість приймати вхідні дані про конкретний виріб, його призначення та вимоги до точності і застосовувати правила та евристику, щоб визначити оптимальний технологічний процес виготовлення та розрахувати необхідні його параметри [1].

Наприклад, для виготовлення деталей можна використовувати експертну систему, яка буде рекомендувати оптимальні параметри обробки деталі в залежності від типу матеріалу, геометричної форми та параметрів деталі. Експертна система дозволяє визначати послідовність етапів виготовлення деталі, надає рекомендації з вибору раціонального технологічного процесу, зокрема вибір способу обробки, порядок виконання операцій, потрібне обладнання тощо. Крім того, експертна система може забезпечити контроль якості виготовлення деталей шляхом порівняння фактичних характеристик деталі з параметрами, що встановлені в системі, і надавати рекомендації щодо покращення якості продукції [4, 5].

Для вирішення задачі автоматизації виробничих процесів в приладобудування доцільно використовувати систему логічного програмування Prolog, що належить до інструментів створення штучного інтелекту. Ця система дозволяє створювати бази знань та оброблювати інформацію, порівнювати та використовувати внутрішню реляційну базу даних.

Серед переваг експертної системи Prolog можна виділити наступні [3].

1. Можливість розв'язання складних задач. Експертна система Prolog дозволяє розв'язувати комплексні задачі з великою кількістю відносин між об'єктами. Це особливо важливо для приладобудування, де часто необхідно аналізувати складні системи з багатьма взаємодіючими компонентами.

2. Розробка баз знань. Prolog дозволяє розробляти бази знань для приладобудування. Це може включати знання про різні типи приладів, їхні

властивості та способи взаємодії з іншими компонентами системи.

3. Можливість роботи з великими об'ємами даних. Prolog має вбудовану реляційну базу даних, що дозволяє ефективно зберігати та обробляти великі об'єми даних.

4. Ефективний механізм пошуку та повернення. Prolog має механізм пошуку та повернення (бектрекінг), що дозволяє ефективно знаходити оптимальні рішення для складних задач.

5. Можливість використання правил та зразків, вбудований механізм зіставлення зі зразком (уніфікація) та просту структуру даних з можливістю її корегування. Це дозволяє розробляти правила та зразки для виконання різних операцій в автоматизованому приладобудуванні.

ВИСНОВКИ

Штучний інтелект виробничих комплексів дозволяє автоматизувати технологічні операції у різних галузях промисловості, зокрема в приладобудуванні.

В умовах автоматизованого приладобудівного виробництва пропонується використовувати експертні системи, що дозволять проектувати ефективні технологічні процеси виготовлення деталей і складання виробів.

Експертна система, що створена з використанням ШІ, дозволить значно зменшити час, необхідний для розробки конструкторської документації та вибору оптимальних параметрів обробки деталей та складання приладів. Це дає можливість підвищити ефективність та продуктивність в галузі автоматизованого приладобудування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] А.С. Савченко, О.О. Синельніков Методи та системи штучного інтелекту: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» / – К. : НАУ, 2017. – 190 с.
- [2] Ярмошенко О.В., Вислоух С.П. Інтелектуальні системи прийняття рішень при проектуванні технологічних процесів // Молодий вчений. – 2017. – №2. – С. 229–234.
- [3] Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. – 341 с. ISBN 978-966-7809-87-4.
- [4] Барандич К.С. Волошко О.В., Вислоух С.П. Вибір раціональних режимів обробки конструкційних матеріалів Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. пр. / Відпов. ред. Г.М.Виглівський, к.т.н., проф. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – Вип. 10. – С.64-72.
- [5] Вислоух С.П., Волошко О.В. Методика моделювання та оптимізації параметрів процесу різання. / Резание и инструмент в технологических системах. Международный научно-технический сборник. Выпуск 70. – Харьков, НТУ «ХПИ», 2006. – С. 90–99.

Наук. керівник – асистентка Волошко О.В.

УДК 535.2:616-71

С.О. Полуєтков, студ. гр.ПБ-11мн
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ БАГАТОВЕКТОРНОГО ТРАСУВАННЯ В ЕЛІПСОЇДАЛЬНИХ РЕФЛЕКТОРАХ

Анотація. У роботі представлені результати розробки алгоритму багатовекторного трасування променів в еліпсоїдальних рефлекторах з внутрішньою відбиваючою поверхнею. Запропоновані методи визначення масиву точок трасування, що забезпечили універсальність та підвищили ефективність використання алгоритму при дослідженні можливостей функціонування бічної поверхні еліпсоїдальних рефлекторів.

Ключові слова: багатовекторність, рейтрейсинг, еліпсоїдальний рефлектор.

ВСТУП

У програмних забезпеченнях фотоніки та оптичної інженерії трасування променів — це метод, який використовується для представлення поширення електромагнітних (оптичних) хвильових фронтів через систему [1]. Промені — це лінії, побудовані за допомогою дискретних точок на поверхнях, що представляють локальне положення хвильового фронту, коли він поширюється через оптичну систему [2-3].

Трасування променів в еліпсоїдальних рефлекторах (ЕР) є важливим етапом проектування та аналізу несферичних оптичних систем. Однією з основних складових багатовекторного трасування в ЕР є моделювання променевого поля, що включає в себе визначення точки виходу кожного променя з джерела світла та його наступне трасування до другої фокальної площини [4]. В результаті стає можливим провести аналіз аберацій, які виникають в результаті використання несферичних поверхонь цим видом рефлекторів [5-6].

У цьому контексті, розуміння методів та залежностей, що лежать в основі багатовекторного трасування променів в ЕР та абераційного аналізу, є важливим для інженерів та дослідників, які займаються розробкою та вдосконаленням оптичних систем.

МЕТА РОБОТИ

Обґрунтування створення алгоритму багатовекторного трасування в еліпсоїдальних рефлекторів для подальшого впровадження в програмне забезпечення.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення повного і всебічного багатовекторного абераційного аналізу бічної поверхні ЕР постає необхідність отримання широкого спектру даних, що потребує багато часу, тому для підвищення ефективності розроблено алгоритм багатовекторного трасування в еліпсоїдальному рефлекторі, який ортогонально усічений площинами на фокусних відстанях від центру еліпсоїда, тобто фокальні площини знаходяться на перифокусній відстані від точок перетину великої вісі еліпсоїда з бічною поверхнею [5].

На рисунку 1 зображено алгоритм багатовекторного трасування променів в еліпсоїдальних рефлекторах, який починається з налаштування геометричних параметрів еліпсоїда, а саме великої a та малої b піввісі, після чого обраховується

фокальна відстань f , фокальний параметр p , та ексцентриситет e .

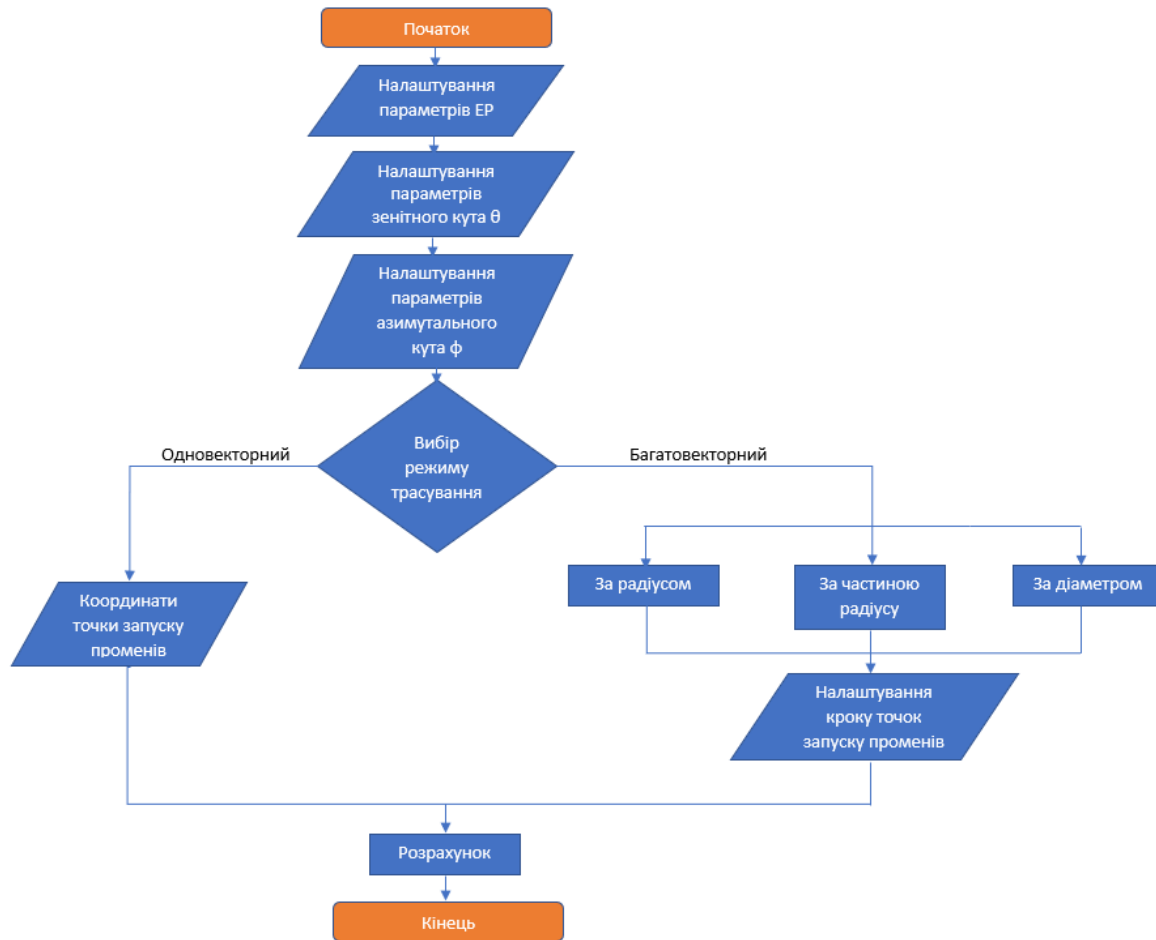


Рисунок 1 – Алгоритм програмного забезпечення RTER v.2.0

Наступним етапом налаштовуємо межі та крок зенітного θ та азимутального ϕ кутів трасування променів, та обираємо режим трасування.

Для одновекторного режиму необхідно задати координати точки запуску променів в першій фокальній площині. Одновекторний запуск дуже звужує ділянку дослідження бічної поверхні EP, що може призвести до низького ступеню універсальності отриманих результатів. Це може викликати проблеми зі статистичною репрезентативністю та генералізацією результатів на більш широку область. При наявності тільки одновекторного способу трасування в EP для дослідження всього об'єкта потрібно витратити багато часу.

При багатовекторному режимі задається масив точок трасування, які можуть задаватися трьома методами:

- 1) За радіусом – багатовекторний метод трасування, точки задаються з рівним кроком вздовж радіусу фокальної площини, що лежить під азимутальним кутом ϕ .
- 2) За частиною радіусу – специфічний метод трасування, в якому запуск променів відбувається з точок, що належать відрізьку радіусу. Перевагою цього методу є можливість створення проміжного етапу звуження зони дослідження бічної поверхні EP, що дозволить розширити можливості для візуалізації результатів дослідження.
- 3) За діаметром – розширений метод, в якому трасування відбувається з

точок, що належать діаметру, основною перевагою цього методу є специфічна візуалізація. Стає можливим отримати графічний результат для порівняння однакового запуску за радіусом в протилежних чвертях декартової системи координат. Що вдвічі може прискорити перший метод.

ВИСНОВОК

У даній роботі розроблено алгоритм багатовекторного трасування в еліпсоїдальних рефлекторах, який дозволяє отримувати широкий спектр можливостей для проведення та візуалізації абераційного аналізу бічної поверхні ЕР. У майбутньому планується розробка програмного забезпечення з впровадженням отриманого алгоритму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Smith, J. A. and Philbin, T. G. Basic Optics: Principles and Concepts. Academic Press, Chapter 2 - Foundations of Ray Optics, (2017). – P. 141-202. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-04613-5>
- [2] Heikkinen, Lasse & Savinainen, Antti & Saarelainen, Markku. (2016). Virtual Ray Tracing as a Conceptual Tool for Image Formation in Mirrors and Lenses. The Physics Teacher. <https://doi.org/54.538-540.10.1119/1.4967893>.
- [3] Verspeek, Simon & Ribbens, Bart & Maldague, Xavier & Steenackers, Gunther. (2020). Optimisation of a Heat Source for Infrared Thermography Measurements: Comparison to Mehler Engineering + Service-Heater. Applied Sciences. 10. 1285. 10.3390/app10041285.
- [4] Bezuglaya N.V., Haponiuk A.A., Bondariev D.V., Poluectov S.A., Chorny V.A., Bezuglyi M.A. Rationale for the Choice of the Ellipsoidal Reflector Parameters for Biomedical Photometers. Devices and Methods of Measurements. 2021;12(4):259-271. <https://doi.org/10.21122/2220-9506-2021-12-4-259-271>.
- [5] Безугла Н. В., Полукетов С. О., Чорний В. О., Безуглий М. О. «Монте-карло симуляція світлорозсіяння шарами шкіри людини методами просторової фотометрії» / Вісник КПІ. Серія Приладобудування : збірник наукових праць. – 2021. – Вип. 61(1). – С. 91-100. – Бібліогр.: 26 назв.
- [6] М.О. Безуглий, Р.О. Молодіко, "Комп'ютерна програма «Трасування променів в еліпсоїдальному рефлекторі»" (Ray Tracing in Ellipsoidal Reflector) ("RTER"), Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 67015, 04.08.2016.

Науковий керівник – д.т.н., зав.каф. ВП, професор Безуглий М.О.

УДК 681.2.089

Д.М. Проскуренко, аспірант гр. ПБ-21ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ КАЛІБРУВАННЯ РЕЗЕРВУАРІВ СТАЛЕВИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ

Анотація. Калібрування сталевих циліндричних горизонтальних резервуарів має велике значення в таких галузях, як нафтогазова, хімічна та харчова промисловість, щоб визначити точний об'єм речовин, що зберігаються або транспортуються. Автоматизовані системи калібрування цих резервуарів набули популярності завдяки своїй точності та ефективності. У даній роботі ми обговорюємо алгоритм визначення рівнів калібрування сталевих циліндричних резервуарів геометричним методом. Він передбачає вибір файлу 3D сканування у форматі *.xyz та введення необхідної інформації, такої як розміри резервуару та властивості матеріалу. Далі за допомогою алгоритму можна визначити циліндричну частину та днища резервуара, обробити результати вимірювань для розрахунку геометричних параметрів і визначити інтервали ємності. За алгоритмом порівнюються виміряні рівні з обчисленими інтервалами пропускної здатності для визначення рівнів калібрування, які зберігаються у файлі. Результати також можна візуалізувати за допомогою графічних зображень.

Ключові слова: резервуари сталеві циліндричні горизонтальні, калібрування, інтервали ємності.

ВСТУП

Калібрування сталевих циліндричних горизонтальних резервуарів є важливим для підтримки цілісності промислових процесів, які покладаються на них. Резервуари використовуються для зберігання або транспортування різних речовин, починаючи від сирової нафти та хімікатів і закінчуючи харчовими продуктами, такими як молоко та рослинна олія. Точне калібрування цих резервуарів має велике значення для визначення точного об'єму речовини, що зберігається або транспортується, що, у свою чергу, гарантує, що процес відповідає нормативним вимогам і працює ефективно [1].

Раніше калібрування сталевих циліндричних резервуарів було тривалим і трудомістким процесом, який часто включав ручні вимірювання та обчислення. Проте з появою нових технологій і автоматизації зростає інтерес до розробки більш ефективних і точних методів калібрування цих резервуарів.

Автоматизовані системи для калібрування сталевих циліндричних резервуарів набули популярності завдяки своїй здатності підвищувати точність, зменшувати людські помилки та підвищувати ефективність. Ці системи використовують різні методи, такі як лазерне сканування, ультразвукові датчики та геометричні алгоритми для визначення рівнів калібрування резервуара.

Геометричний метод особливо ефективний для визначення рівнів калібрування сталевих циліндричних резервуарів. Він включає математичні формули для обчислення об'єму резервуара на основі його геометричних параметрів, таких як висота, радіус і довжина. Цей метод є точним і надійним, оскільки виключає необхідність проведення складних процедур калібрування та використання дорогого обладнання [2].

Робота присвячена розробці алгоритму та обґрунтування особливостей його застосування для визначення рівнів калібрування сталевих циліндричних горизонтальних резервуарів.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ КАЛІБРУВАННЯ

Запропонований алгоритм (рис. 1) передбачає аналіз файлу за результатами 3D-сканування у форматі *.xyz і введення необхідної інформації, такої як розміри резервуара та властивості матеріалу [2]. Використання файлу 3D-сканування є важливим аспектом запропонованого алгоритму для визначення рівнів калібрування сталевих циліндричних резервуарів. Це пояснюється тим, що алгоритм покладається на точні дані, щоб зробити коректні розрахунки геометрії резервуара. Формат *.xyz особливо корисний, оскільки він зберігає координати точок у 3D-просторі, дозволяючи створювати деталізоване представлення поверхні.

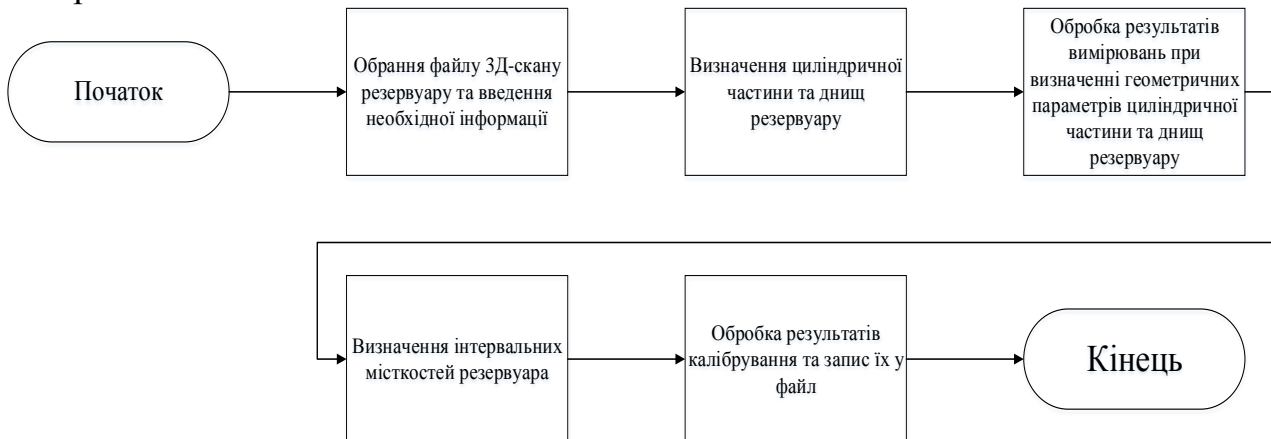


Рисунок 1. Алгоритм визначення рівнів калібрування

Алгоритм пропонує ідентифікацію циліндричної частини та днищ резервуара, підгоняючи циліндр до циліндричної частини та враховуючи форму днищ, яка може бути плоскою, округлою, циліндричною або конічною. Це робиться шляхом ідентифікації верхньої та нижньої площин резервуара, а потім за допомогою геометричних алгоритмів, щоб підігнати циліндр до циліндричної частини. Розраховуються такі геометричні параметри, як радіус і висота циліндричної частини, радіус і довжину днищ [3].

Після визначення геометричних параметрів циліндричної частини та днищ резервуара необхідно обробити результати вимірювань для розрахунку геометричних параметрів, таких як радіус і висота циліндричної частини, радіус і довжини днищ, тощо. Ці параметри використовуються для розрахунку інтервалів місткості резервуара, які є приростами об'єму, що відповідають заданому рівню рідини в резервуарі [4].

Інтервальні місткості визначають шляхом поділу циліндричної частини резервуара на вертикальні секції та розрахунку об'єму кожної секції за формулою об'єму циліндра. Об'єм днищ розраховується окремо за формулами об'єму відповідної форми. Потім підсумовуванням об'ємів циліндричних секцій і днищ розраховують загальну інтервальну місткість резервуара [5].

Після визначення інтервалів ємності алгоритм передбачає оброблення результатів калібрування та запис їх у файл. Процес калібрування передбачає наповнення резервуара відомим об'ємом рідини на різних рівнях і вимірювання рівня рідини за допомогою датчиків або візуального огляду. Алгоритм пропонує порівнювати виміряні рівні з обчисленими інтервальними ємностями, щоб

визначити рівні калібрування резервуара.

Результати калібрування необхідно записати у файл, який можна використовувати для подальшого використання або аналізу. Файл містить таку інформацію, як дата та час калібрування, виміряні рівні рідини та відповідні інтервали ємності. Також можна створювати графічні представлення результатів калібрування, які можна використовувати для візуалізації точності та послідовності процесу калібрування.

ВИСНОВОК

Калібрування сталевих циліндричних горизонтальних резервуарів є цінним інструментом для підтримки цілісності промислових процесів, які покладаються на них та потребують точного та ефективного калібрування своїх резервуарів. У даній роботі ми представили алгоритм визначення рівнів калібрування сталевих циліндричних резервуарів геометричним методом. Запропонований алгоритм є точним і надійним, оскільки виключає необхідність складних процедур калібрування та використання дорогого обладнання. Алгоритм може обробляти результати вимірювань для обчислення геометричних параметрів, визначення інтервалів ємності та порівняння виміряних рівнів з обчисленими інтервалами ємності для визначення рівнів калібрування резервуара. Результати можна зберегти у файлі та візуалізувати за допомогою графічних зображень. Використання цього алгоритму для калібрування резервуарів може підвищити точність, зменшити помилки та підвищити ефективність, що робить його важливим інструментом у галузях, які покладаються на сталеві циліндричні резервуари.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] O. Samoilenko and V. Zaets, "Calibration of Tanks and Ships' Tanks for Storage and Transportation of Liquids by Laser Scanning," in *Applied Aspects of Modern Metrology*, IntechOpen, London, UK, 2021.
- [2] M.-S. Hu and C.-R. Tao, "Calculation of oil tank volume and report generation system with trim and list corrections," *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, vol. 40, no. 5, pp. 835-845, 2018.
- [3] A. Nurunnabi, Y. Sadahiro, and R. Lindenbergh, "Robust cylinder fitting in three-dimensional point cloud data," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XLII-1/W1, pp. 63-70, 2017.
- [4] W. Lv and J. Li, "The research application of 3D laser scanning technology in the deformation detection of large," *Journal of Architectural Research and Development*, vol. 6, no. 3, 2022.
- [5] РЕЗЕРВУАРИ СТАЛЕВІ ЦИЛІНДРИЧНІ ГОРИЗОНТАЛЬНІ Методика повірки (калібрування) геометричним методом із застосуванням геодезичних приладів, ДСТУ 7475:2016, Державне підприємство «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації й захисту прав споживачів», Київ, 2016.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Безуглий М.О.

УДК 658.78:004.896

Ю. Д. Радченко, студ. гр. ПБ-21мп, к.т.н., доц. Вислоух С. П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СКЛАДОМ

Анотація. Основна мета статті визначення переваг використання WMS в сучасних складських приміщеннях. Від правильного вибору системи залежить швидкість обробки потоку товару, витрати та точність роботи системи. Некоректна робота складу призводить до неправильного зберігання товару, збільшення затрат на утримання складу, збільшення площі складу та неправильного обслуговування клієнта. Показано, що використання WMS - систем дозволяє розв'язувати ці задачі.

Ключові слова: логістика, WMS, автоматизація, IT-технології, кооперативні ERP.

ВСТУП

Стабільне зростання ринку електронної комерції спонукає традиційних торговців переглянути свої методи управління, щоб конкурувати на відповідних ринках. Багато роздрібних торговців, які зосереджені на операціях безпосередньо зі споживачами, розширюють свою діяльність каналних організацій, що часто вимагає модернізації застарілого обладнання та інформаційні системи, модернізація та обслуговування яких було б занадто дорогим. Загальне вирішення складнощів, які виникають в електронній комерції, на мою думку, можливе шляхом впровадження системи управління складом (WMS).

Системи управління складом призначені для підтримки всіх процесів, розпочинаючи з основних переміщень та зберігання матеріалів всередині об'єкта до складних операцій, що пов'язані з відстеженням та підтримкою запасів, включаючи комплектування, пакування, зберігання, підрахунок, поповнення, повернення та будь-які інші необхідні операції для забезпечення повсякденної роботи компанії.

На сьогодні склади позбавляються загальноприйнятого представлення, що є бути просто місцем для зберігання продуктів. Так, O'Reilly посилався на минуле сприйняття складу як «фіксовану, нерухому силу, яка служила зв'язком для будь-якого розподілу мережі». Тепер їхня роль у ланцюжку поставок є більш поширеною, і її слід використовувати як актив для забезпечення стабільності та підтримки ефективної роботи організацій.

За матеріалами APK Advisory Group, «у 2011 році ринок систем управління складом виріс на 10%. 2010 майже до 1,3 мільярда доларів». У 2012 р. цей сектор постачання мережевий ринок продовжував зростати на 8%. Придбання або розвиток системи WMS може забезпечити склад всім необхідним для його адаптації до мінливих економічних факторів.

Метою роботи є дослідження чинних систем управління складом та можливостей їх вдосконалення для підвищення ефективності роботи складських систем [1].

ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА

Система управління складом (WMS) — це програмне забезпечення, що розроблене та створене для оптимізації складських процесів, а саме розподілу,

ланцюга поставок. Як правило, WMS надає функціональні можливості, які допомагають оптимізувати та покращувати вищевказані складські процеси, починаючи з моменту, коли товари вперше потрапляють на склад, через процес приймання та до моменту їх відправлення. Системи управління складом також можна підключати та інтегрувати з іншими типами програмного забезпечення, щоб усі процеси в системі були взаємопов'язаними, плавними та оптимізованими [2].

WMS дозволяє менеджерам складу ефективно виконувати свої управлінські функції з більшою продуктивністю та меншими витратами на персонал. Розглянемо основні функції WMS-систем.

Контроль праці: Більшість складських процесів – більшою чи меншою мірою – можна автоматизувати за допомогою WMS. Тому кадрові ресурси можна раціоналізувати і направити на необхідні завдання, заощадивши при цьому час, що витрачається на трудомісткі види діяльності. Це допомагає підприємствам скоротити непотрібні витрати на персонал та підвищити продуктивність існуючої робочої сили.

Поліпшення зв'язку із клієнтами: Коли замовлення приймаються та постачання здійснюються «вчасно в повному обсязі», клієнти задоволені, і у них розвивається довіра до бізнесу. Це призводить до покращення утримання клієнтів.

Планування та контроль запасів: WMS дає повний звіт про минулі замовлення та рух товарів. Це може допомогти менеджерам прогнозувати майбутні потреби. У поєднанні з кращим контролем запасів та точністю списання запасів через прострочені запаси може бути зведено до мінімуму.

Оптимізовані процеси WMS пропонує широкий спектр варіантів комплектації. Він також надає різні методи введення складом, такі як інтелектуальні ваги, штрих-коди та автоматизація обладнання.

Забезпечує прозорість та видимість: Дані WMS точні, прозорі та зазвичай доступні віддалено через будь-який пристрій з доступом до Інтернету. Це допомагає постачальникам планувати своє виробництво, тим самим скорочуючи час виконання замовлень. Ця прозорість також дозволяє компаніям пропонувати клієнтам якіснішу службу підтримки.

Покращена безпека: WMS створює в системі взаємозв'язок, який пов'язує транзакції з окремим працівником. Це пов'язано з тим, що співробітники входили в індивідуальний обліковий запис користувача. Це покращує підзвітність і надає можливості коучинга на основі індивідуальних цілей ефективності[3].

Існує чотири типи систем управління складом, а саме: автономна система; хмарна система; інтегрований з ERP; модулі ланцюга поставок[1].

Наведемо особливості використання цих систем.

Вхідні та вихідні операції

Без надійних вхідних і вихідних можливостей решта ваших складських функцій буде зосереджено на підстроюванні до вхідних і вихідних функцій. Наявність надійної системи для швидкої реєстрації та швидкого й точного розміщення допоможе вам уникнути помилок надалі. З іншого боку, наявність

надійної вихідної системи може допомогти запобігти поверненню, підвищити задоволеність клієнтів і зменшити навантаження на ваші вхідні ресурси[4].

Управління запасами

Можливо, ви маєте менші найменувань, але це не означає, що вам легко керувати своїми запасами. Такі великі компанії, як Amazon і Walmart, висувають настільки високі очікування, що клієнти більше не очікують помилок. Чітке та всебічне уявлення про ваші запаси – це єдиний спосіб не відставати та мінімізувати помилки. Це важлива функція програмного забезпечення для керування складом для малого бізнесу[4].

Інтеграції

Щоразу, коли ви інвестуєте в нову систему, ви хочете бути впевнені, що її можна використовувати разом із поточним програмним забезпеченням. На щастя, програмне забезпечення для управління складом може бути окремим продуктом, частиною більшого модуля SCM або частиною ERP. Ви майже гарантовано зможете адаптувати його до ваших чинних рішень.

ВИСНОВКИ

Склад для підприємства є одним із головних відділів, але до нього не приділяли тієї уваги на яку він зазвичай заслуговує. Але нещодавно, на прикладі роботи поштового відділення, встановлено як складно малому бізнесу адаптувати програмне забезпечення великих компаній під свої потреби. Саме тому вважаю, що цей напрямок впровадження сучасних систем управління складом є на сьогодні досить актуальним і перспективним, а також необхідно вдосконалювати вже наявні системи управління логістичними процесами та створювати нові і більш продуктивні на базі WMS.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Радченко Ю. Д., Вислоух С. П. Підвищення ефективності логістичних процесів засобами WMS-систем. // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2023: матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів (АКІТ – 2023); Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 19 квітня 2023. – С.117-118.
- [2] WMS – Warehouse Management System: adaptation proposed for the management of the reverse logistics Guarnieri P. Chrusciack D. Scandelari L. Production (2006)
- [3] What is a Warehouse Management System (WMS)? Режим доступа: [www.URL:https://www.mecalux.com/warehouse-manual/the-warehouse/what-is-warehouse-management-system-wms](https://www.mecalux.com/warehouse-manual/the-warehouse/what-is-warehouse-management-system-wms)
- [4] WMS. Warehouse Management System. What it is and its benefits <https://acrosslogistics.com/blog/en/wms-warehousing-management-system>

Наук. керівник – к.т.н., доцент Вислоух С. П.

УДК 542.06

О. В. Ромодан, студ. гр. ПБ-з21мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ НАНОПОРИСТОЇ МІДІ ІЗ ЗАГАРТОВАНИХ CU-ZN СПЛАВІВ

Анотація. В рамках теми статті було розглянуто перспективу та проблематику виготовлення й застосування нанопористих металевих матеріалів, а також проаналізовані шляхи покращення вироблення шляхом автоматизації вибіркового процесів. Постає завдання розгляду теоретичних та практичних питань стосовно способів одержання нанопористих металів для отримання бажаних структур матеріалу та їх практичне застосування в області каталізу та у галузі енергетики. Метою роботи є підвищення ефективності виробництва нанопористої міді за рахунок автоматизованих технологій.

Ключові слова: нанопориста мідь, електрохімічне розчинення, парофазна вибіркова відгонка, каталізатори, накопичення та зберігання енергії.

ВСТУП

Нанопористі метали є новими функціональними матеріалами з великою площею поверхні та підвищеною каталітичною ефективністю. Завдяки своїй відкритій пористій структурі ці матеріали мають високу електро- та теплопровідність. Вони є також перспективними компонентами чистого та ефективного перетворення і накопичення енергії – основою майбутніх систем у галузі відновлюваної енергетики. Зменшення забруднення навколишнього середовища та вирішення глобальної енергетичної кризи є дуже важливими проблемами, тому розробка екологічних хімічних процесів збереження та конверсії енергії є актуальною проблемою сучасної науки. Необхідно відмітити, що електрокаталізатори, створені на основі нанопористих металів, демонструють високу активність у різноманітних процесах.

На сьогодні найбільш розвиненими методами виготовлення нанопористих металів являються хімічне та електрохімічне селективне розчинення більш активних компонентів із сплаву прекурсору. При розчиненні важко регулювати поверхневу морфологію, а також існує можливість різкого неконтрольованого корозійного процесу. Для уникнення цих обмежень та автоматизації процесу застосовують метод парофазної вибіркової відгонки.

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Наразі глобальною метою є ліквідація енергетичної кризи та зменшення забруднення довкілля шляхом створення екологічно чистої системи енергетики. З метою зменшення споживання корисних копалин люди все частіше звертаються до різних відновлюваних джерел енергії, таких як енергія припливів і відпливів, вітру, сонячна, гідроелектрична. З розвитком електрокаталізу, що грає важливу роль у перетворенні «чистої» енергії, екологічні хімічні процеси знаходять практичне застосування [1].

Серед різноманітних наноструктурованих матеріалів нанопористі (далі НП) метали є особливо привабливими для використання в якості каталізаторів через високе значення питомої поверхні. Окрім того, всі пори в НП металі не вимагають додаткової фізичної стабілізації. Порівняно зі своїми аналогами у вигляді металевих наночастинок, нанопористі метали мають ряд чудових переваг: (I) вони не потребують носіїв каталізатора, в основному нетоксичні,

містять тонкі нанорозмірні структури; (II) мають хорошу електронну та теплопровідність, що робить їх зручними електродами; (III) обробка без поверхнево активних речовин (ПАР) усуває можливість отруєння електрода або пасивації [2].

На даний момент більшість каталізаторів та електрокаталізаторів, електрохімічних та електронних датчиків створені на основі Au, Ag, Pt і Pd. Ці метали використовують через їх високу стабільність під час хімічних/електрохімічних процесів. Однак висока вартість благородних металів перешкоджає їх широкомасштабному застосуванню.

Технології конверсії та зберігання енергії необхідні для багатьох важливих галузей, як виробництво гібридних електромобілів, портативного електронного обладнання та відновлюваних джерел енергії. Тому, тривають інтенсивні дослідження пристроїв для зберігання енергії з можливістю прискореного заряду/розряду. У роботі [3] були отримані нанопористі Cu/MnO₂ гібридні електроди літій-іонних батарей, що містять 3D шар нанопористих Cu/MnO₂. Зберігання заряду MnO₂ полегшується подвійним механізмом ємнісних процесів та процесів перенесення Li.

На сьогодні найбільш розвиненими методами виготовлення нанопористих металів являються хімічне [2, 4] та електрохімічне [5] селективне розчинення більш активних компонентів із сплаву прекурсору. При вибіркового розчиненні однофазних композитів вихідна фаза зникає й утворюється пориста структура в результаті самоорганізації частинок нерозчинного компонента. Як результат, дослідження в основному зосереджені на благородних металах, таких як золото, срібло, платина та паладій через їхню високу стабільність під час хімічного травлення.

Згідно з останніми успішними дослідженнями, вибіркоче хімічне розчинення є справді простою та швидкою стратегією для виготовлення нанопористих сплавів на основі благородних металів. Проте слід зазначити, що даний метод має деякі обмеження. З одного боку, в процесі травлення зазвичай використовуються сильні кислотні або лужні розчини, що призводить до різкого корозійного процесу, який неможливо контролювати. З іншого боку, активні поверхневі атоми сплаву зазвичай витравлюються у випадкових місцях, і таким чином важко регулювати поверхневу морфологію.

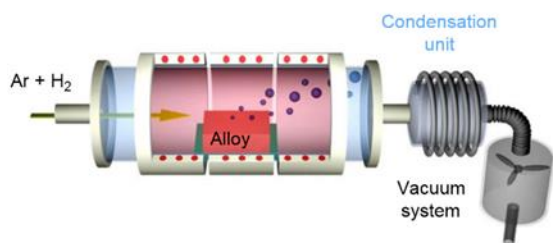


Рис. 1. Схема високовакуумної системи для парофазної відгонки [6]

Для уникнення цих обмежень та автоматизації процесу застосовують метод парофазної вибіркової відгонки (далі ПФВ). Він заснований на селективному видаленні одного або декількох компонентів з високим парціальним тиском пари зі сплаву (зазвичай загартованої стрічки). Парофазна відгонка – це екологічно чистий

метод виготовлення нанопористих матеріалів. У роботі [6] одержано НП-Со завдяки методу ПФВ, за використання різниці тиску пари між твердими

елементами. Тиски насичених парів цинку та кобальту істотно відрізняються, через це цинк може бути селективно видалений зі сплаву $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ шляхом оптимізації температури обробки та вакууму, тоді як Co залишатиметься стабільним і не буде сублімуватися. На рис. 1 схематично показано вакуумну систему відгонки, яка складається з високотемпературної трубчастої печі, блоку конденсації і вакуумної системи. Зокрема, блок конденсації дозволяє рециркулювати матеріали, що випарувалися всередині системи.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Злиток бінарного сплаву Cu-Zn з номінальним складом $\text{Cu}_5\text{Zn}_{21}$ (атомне співвідношення) був виготовлений Cu (99,99 %) та Zn (99,995%) в атмосфері аргону (для захисту від окиснення). Загартовані стрічки повинні мати мінімальну кількість фаз для отримання рівномірного розподілу пор після видалення цинку. Тому склад $\text{Cu}_5\text{Zn}_{21}$, який відповідає області ϵ фази на бінарній фазовій діаграмі Cu Zn, був обраний для отримання однофазного сплаву прекурсору.

Злиток був використаний для виготовлення стрічки Cu Zn методом спінінгування із розплаву на охолоджуваний мідний диск (швидкість обертання складала 15 м/с). Підготовлені загартовані Cu-Zn стрічки мали середню ширину 3 мм і середню товщину 180 мкм (рис. 2). Дані стрічки дуже крихкі.

Тиск насиченої пари Zn і Cu відрізняється у широкому діапазоні температур:

$$\log(P_{\text{Zn}}) = 11.108 - 6776T^{-1}$$

$$\log(P_{\text{Cu}}) = 14.129 - 17748T^{-1} - 0.7317 \log(T).$$

Було обрано температурний діапазон від 533 до 733 К.

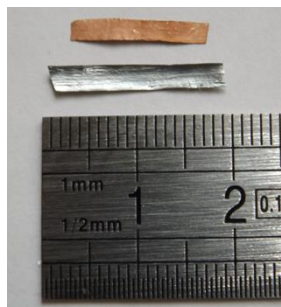


Рис. 2. Зразок стрічки до та після відгонки цинку

Для відгонки цинку із загартованих стрічок Cu-Zn була використана саморобна система [7], розроблена на кафедрі фізичної хімії Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Ця система складається з високотемпературної печі, конденсаційної установки для випаровуваного цинку та вакуумної системи (роторний насос і масляно-дифузійний насос). Високотемпературна піч забезпечує температуру нагріву до 1673 К, а вакуумна система підтримує високовакуумні умови до 10^{-3} Па.

Експерименти з вибіркової відгонки містили наступні етапи: нагрівання з постійною швидкістю зростання температури, а саме 15 К/хв, до бажаних температур (533, 558, 578 і 733 К), підтримання температури протягом різного часу відгонки (15, 30, 60 і 120 хвилин) і охолодження до кімнатної температури.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Отримані стрічки з НП-Cu мали середню ширину 2 мм і середню товщину 75 мкм (рис. 2). Середня товщина поперечного перерізу прекурсору зменшується в 2,5 рази (з 180 мкм до 75 мкм), а середня ширина зменшується з 3 мм до 2 мм за рахунок втрати Zn і рекристалізації Cu, який залишився.

Мікроструктуру та хімічний склад попередньо загартованого прекурсору та НП-Cu досліджували за допомогою ультрависоковакуумного скануючого

зондового електронного мікроскопа (SEM) JEOL JSPM-4610. Приклад мікрофотографій з SEM пористого відігнутого сплаву показаний на рис. 3 б. Виготовлений матеріал має губчасту мікроструктуру з досить великим розміром пор приблизно 1 - 2 мкм і малим розміром пор близько 200 - 500 нм [7].

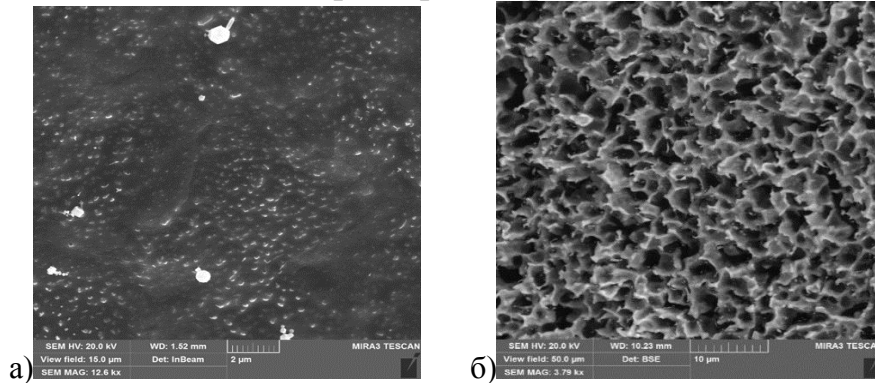


Рис. 3. Мікрофотографії SEM $\text{Cu}_5\text{Zn}_{21}$ стрічки (а) та НІ-Сu (б) [7]

В результаті проведених експериментів ми отримуємо зразок пористої міді за допомогою відгонки цинку із стрічки-прекурсору. Виготовлений матеріал має губчасту мікроструктуру з великими порами розміром 1 - 2 мкм і меншими порами 200 - 500 нм.

За даними результатами було проаналізовано проблематику виготовлення на запропоновані шляхи покращення проведення експериментів шляхом застосування процесів автоматизації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Yao R. Q., Lang X. Y., Jiang Q. Recent advances of nanoporous metal-based catalyst: synthesis, application and perspectives. *J. Iron Steel Res.* 2019, 26.8, 779 795.
- [2] Gao Y., Ding Y. Nanoporous metals for heterogeneous catalysis: following the success of Raney nickel. *Chem. Eur. J.*, 2020, 26.41, 8845 8856.
- [3] Hou C., Lang X. Y., Han G. F., Li, Y. Q., Zhao L., Wen Z., ... & Jiang Q. Integrated solid/nanoporous copper/oxide hybrid bulk electrodes for high performance lithium-ion batteries. *Sci. Rep.* 2013, 3.1, 1-7.
- [4] Hou J., Xu C., Zhao D., Zhou J. Facile fabrication of hierarchical nanoporous AuAg alloy and its highly sensitive detection towards dopamine and uric acid. *Sens. Actuators, B: Chem.* 2016, 225, 241 248.
- [5] Jia F., Zhao J., Yu X. Nanoporous Cu film/Cu plate with superior catalytic performance toward electro-oxidation of hydrazine. *J. Power Sources.* 2013, 222, 135-139.
- [6] Lu Z., Li C., Han J., Zhang F., Liu P., Wang H., ... & Chen M. Three dimensional bicontinuous nanoporous materials by vapor phase dealloying. *Nat. Commun.* 2018, 9.1, 1-7.
- [7] Yakovenko O., Sokolskii V., Golovataya N., Kulik T., Cieslak G., & Roik O. Preparation of porous Cu material using vapor phase dealloying. *Mater. Lett.* 2023, 331, 133486.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Безугла Н. В.

UDC 621.391.3

I.E. Rudkovskyi, student of group PB-91
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CONVERSION OF BIOELECTRIC ANALOG SIGNAL TO DIGITAL

Abstract. An algorithm for converting analog bioelectrical signals to digital for further processing and analysis has been developed in this study. As a result, an ADC conversion algorithm has been proposed, which can be applied in the design of an electromyographic device for remote control of electronic devices by people with physical disabilities.

Key words: analog-to-digital conversion, electromyography, remote control, bioelectrical signal.

INTRODUCTION

Analog-to-Digital Conversion (ADC) is the process of converting an analog signal to a digital one. ADCs are commonly used for reading data from sensors that measure physical quantities such as temperature, pressure, distance, etc. In biomedical engineering, ADCs are also used for converting bioelectrical signals, such as electromyographic (EMG) signals, into digital format for further transmission, such as remote control of electronic devices [1,2]. The development of such devices is very relevant, especially in times of war when many soldiers return with injuries or even lose their limbs, making it difficult for them to use modern devices in their daily lives.

The development of an efficient algorithm for converting analog bioelectrical signals to digital is an important task in biomedical engineering. High accuracy in signal conversion is necessary to obtain correct information about the physiological processes occurring in the human body. Additionally, using ADC allows for obtaining more precise and stable information about bioelectrical signals compared to analog methods of measurement [3,4].

The aim of this study is to develop an efficient ADC algorithm for converting bioelectrical signals, including EMG, from analog to digital format. The outcome of the research is an algorithm that can be used in electronic devices for reading and analyzing bioelectrical signals, providing high accuracy and stability of data, to enable remote control of electronic devices by people with physical limitations.

RESEARCH MATERIALS AND RESULTS

Taking into account the purpose of our work, a block diagram of the algorithm for converting bioelectrical analog signals to digital signals for further transmission to electronic device control elements has been proposed and designed (Figure 1).

The block diagram consists of blocks for sampling, quantization, and encoding. After converting the analog signal to digital using an ADC, the signal passes through a filter that removes high-frequency and low-frequency noise, and then it reaches the microcontroller. The microcontroller processes the signal and transmits it wirelessly via a Bluetooth module or through a wired USB port to the control device. Thus, wireless transmission of the signal from the electronic device for control is possible.

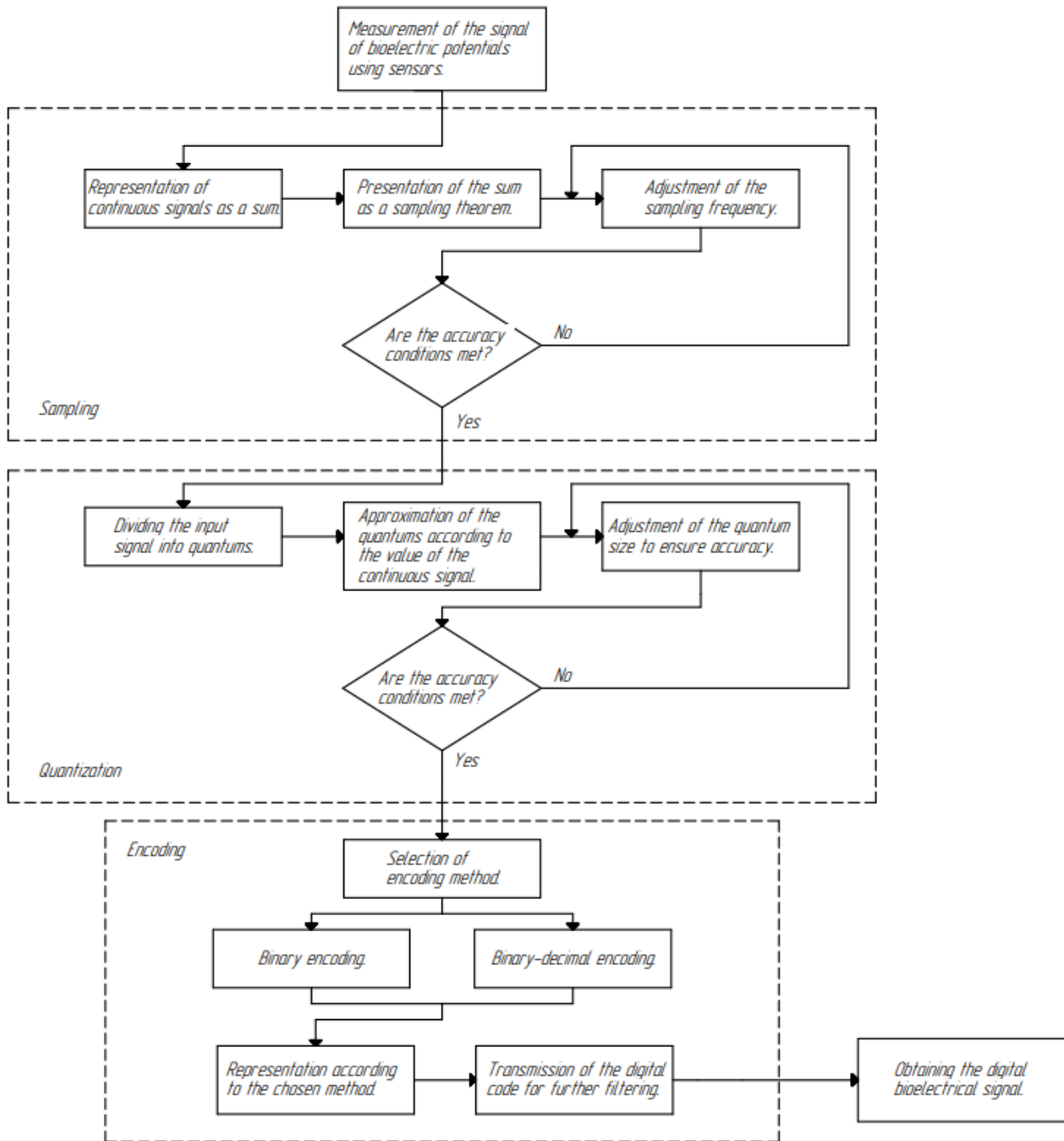


Figure 1. Block diagram of the algorithm for converting analog signals of residual muscle activity bioelectrical potentials into digital bioelectrical signals

An important feature of this algorithm is the use of a wideband filter, which is more effective for processing bioelectrical signals. Bioelectrical signals that arise in the human body are characterized by dynamic fluctuations and noise. To use bioelectrical signals for muscle contraction, filtering is necessary to separate high and low frequency noise from the useful signal. To achieve this goal, it is recommended to use wideband filters, as bioelectrical signals have a large input frequency range. The use of wideband filters allows for high accuracy and efficiency in processing bioelectrical signals, making them indispensable for use in muscle contraction based on bioelectrical signals. The ADC algorithm was developed taking into account the use of wideband filters. Therefore, the use of this algorithm is the most effective option for converting an analog bioelectrical signal into a digital one.

CONCLUSIONS

The developed algorithm for converting analog bioelectrical signals to digital is efficient and can be used for measuring muscle electrical activity for remote control of electronic devices by people with physical disabilities. The digital signal obtained using the proposed algorithm can be transmitted to electronic devices for further analysis and control. In future research, a device based on the proposed algorithm is planned to be developed, which will have the ability to remotely control electronic devices using the obtained digital signal. This development can be applied in medical research, sports medicine, neurorehabilitation, and orthopedics.

REFERENCES

- [1] Joseph D. Bronzino, Donald R. Peterson. Biomedical Engineering Fundamentals (2014), 1180 pages, CRC Press
- [2] Lizhe Tan, Jean Jiang. Digital Signal Processing: Fundamentals and Applications, Edition 3 (2019), 920 pages, Academic Press
- [3] Ali M., Riaz A., Usmani W. U. and Naseer N., “EMG Based Control of a Quadcopter”, In 2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT), IEEE, 250-254, (2020). doi:<https://doi.org/10.1109/MECnIT48290.2020.9166603>
- [4] I.V. Mastenko, N.V. Stelmakh, “Generative design of a frame type construction”, KPI Science News 2, 81–89, 2021. doi:<http://doi.org/10.20535/kpissn.2021.2.236954>

Academic supervisor - Ph.D., associate professor Stelmakh N.V.

UDC 612.7:391.3

V.V. Storozhenko, student of group PB-91; assoc. prof. Stelmakh N.V.
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

ALGORITHM FOR MEASURING BIOELECTRIC POTENTIALS OF RESIDUAL MUSCLE ACTIVITY IN THE EMG DEVICE

Abstract. The work reviewed and analyzed the methods of measuring the bioelectric potentials of the residual activity of muscles, revealed the disadvantages and advantages of these methods. As a result, an algorithm for measuring the EMG signal of the activity of the muscles of the upper limbs is proposed, followed by its integration into the general algorithm of the EMG device for remote control of electrical devices.

Key words: electromyography, muscle activity, biopotentials, analog block of signals.

INTRODUCTION

The development of remote-control devices for people with physical disabilities is of great relevance. This is due to the fact that people with various physical limitations, such as muscle atrophy, paralysis, amputation, etc., often cannot perform a number of simple actions that are every day for a healthy person.

For example, people with severe forms of paralysis often cannot control their own movements and need help to perform even basic movements such as raising their arms or moving around in space. Remote control devices can make their lives a lot easier by providing the ability to control various devices and perform various actions with the help of remote control.

Such devices can be used to control devices that provide comfort in the room, such as thermostats, remote controls for opening doors and windows, as well as other devices that may be difficult to control for people with physical limitations, such as a smartphone or personal computer.

Such devices can greatly facilitate the life of people with limited physical abilities, providing them with greater independence and freedom of action. Therefore, the development of remote-control devices for people with physical disabilities is of great social and humanitarian importance.

RESEARCH MATERIALS AND RESULTS

The concept of bioelectric control is at the heart of the design of devices for remote control of electrical appliances. The essence of which is that all living organisms, including humans, have electrical potentials in their cells and tissues. These electrical signals are generated by the movement of ions along cell membranes, which are complex structures surrounding the cell and allow controlling the movement of various substances in an isolated cell [1]. These electrical potentials can be measured and used to control various processes in the body. For example, the human brain uses bioelectric signals to control body movements, recognize sounds and visual information, regulate body temperature, and other physiological processes. In addition, bioelectric signals can be used to diagnose various diseases, such as an electrocardiogram to detect heart problems or an electroencephalogram to study brain activity [2].

There are several methods for measuring the bioelectric potentials of residual muscle activity, such as electromyography (EMG), magnetic resonance imaging (MRI), positron emission tomography (PET), computed tomography (CT) and

ultrasound (US) Fig. 1 .

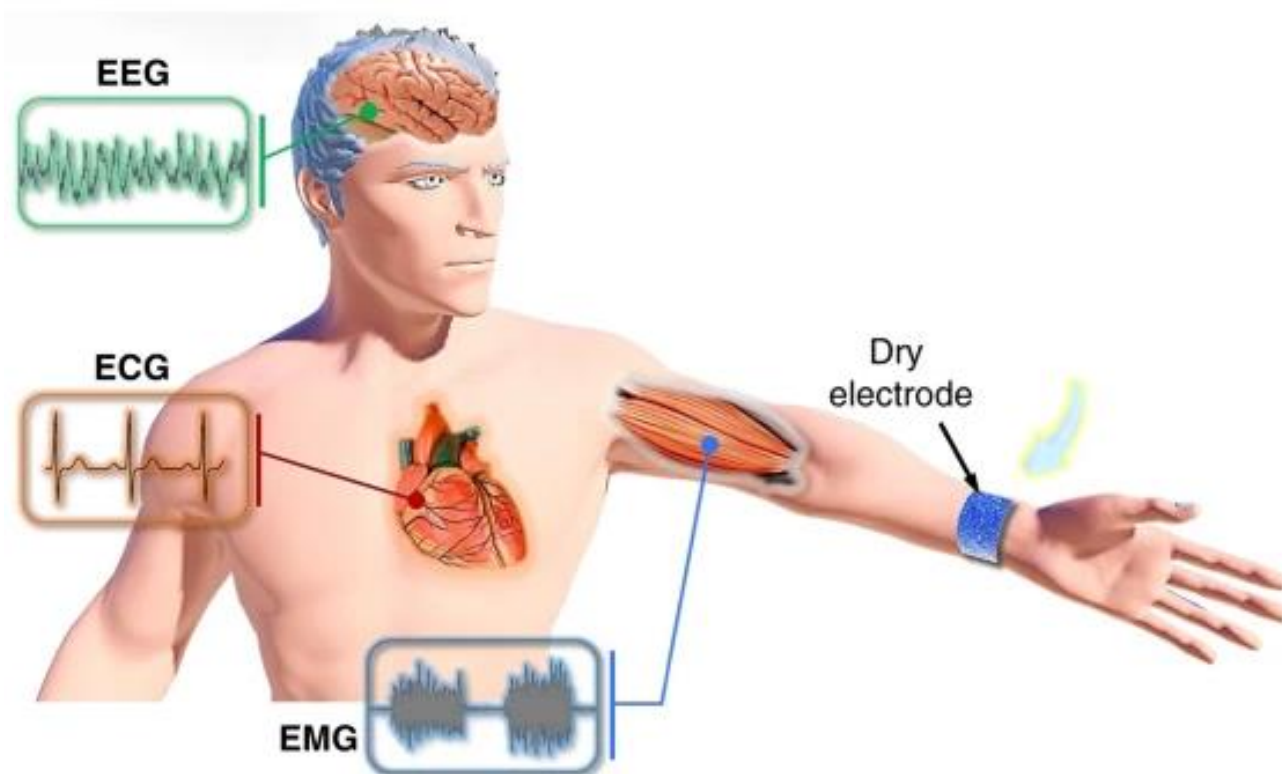


Figure 1. Schematic illustration for the various types of biopotential measurement

The most common method of measuring the bioelectric potentials of residual muscle activity is electromyography. EMG allows you to measure the electrical activity of muscles with the help of electrodes that are placed on the surface of the skin near the muscles. This method makes it possible to assess the ability of muscles to contract and unfold, as well as to detect possible disorders in the work of muscles [3].

Magnetic resonance imaging and positron emission tomography are relatively new methods of researching bioelectrical potentials of residual muscle activity. These methods allow obtaining more detailed information about the structure of muscles and their function, but they are relatively expensive and are not widely used in practice.

Computed tomography and ultrasound can also be used to measure bioelectrical potentials of residual muscle activity. However, these methods allow obtaining less detailed information about muscles, compared to EMG.

Electromyography is the most common and reliable method for measuring the bioelectric potentials of residual muscle activity, as it allows obtaining accurate data on the electrical activity of muscles using electrodes placed on the surface of the skin. This method is quite simple and convenient to use, and also has high extensibility, that is, it can be used to measure the bioelectric potentials of different muscles in different parts of the body.

Magnetic resonance imaging and positron emission tomography are more accurate methods that allow obtaining more detailed information about the structure of muscles and their function, but their use is limited due to their high cost and complexity of application. Computed tomography and ultrasound, although less accurate, still allow you to get useful information about the muscles, but they are less sensitive and

may not detect some disorders in the work of the muscles.

Let's consider the principle of operation of the algorithm for measuring and amplifying the bioelectric potentials of residual muscle activity by the electromyography method. First, it is necessary to consider several important factors:

Electrical safety: Measuring and amplifying devices must comply with electrical safety requirements and contain protective devices to avoid possible electric shock to the user.

Signal quality: It is important to keep in mind that the quality of the measured signal can depend on various factors, such as the location of the electrodes, the contact between the electrodes and the skin, the level of noise and disturbances in the environment.

To obtain a high-quality signal, it is important to use electrodes with a high quality of contact with the skin, as well as to ensure proper isolation of the signal from external interference. **Signal Gain:** Amplifiers should be tuned to provide optimum signal gain and minimum distortion.

Therefore, to ensure the effective operation of the device for remote control of electrical devices, it is necessary to develop an algorithm that will consider the specifics of reading data from a biological object and their further processing.

Optimization: When designing the algorithm, it is important to ensure optimal energy efficiency of the device to ensure maximum battery life and reduce biological impact.

When preparing a biological object for the removal of bioelectric potentials of residual muscle activity, several important aspects must be taken into account.

First, the object must be clean and dry, as contamination and moisture can distort the measurement results. It should also be ensured that there is no hair and other obstacles at the place of attachment of the electrodes to ensure a reliable connection.

Secondly, it is important to ensure maximum comfort for the object during measurements. For this, you can use special soft electrodes that have less pressure on the skin. Also, if measurements require a long time, the most convenient position of the object should be ensured.

In general, the preparation of the biological object before measuring the bioelectric potentials of the residual activity of the muscles includes compliance with the rules of hygiene, ensuring a reliable connection of the electrodes, and maximum comfort for the object during the measurements.

That is, the initial stage is the preparation of the biological object, which includes cleaning the skin of impurities and hairs, as well as removing the horn of the upper layer of the epidermis using an abrasive material to increase the conductivity of the skin.

Next, it is necessary to place the electrodes correctly. It is recommended to use three electrodes: active, reference and grounding. The active electrode is located above the muscle, the reference electrode is located at a distance from the active electrode, and the ground electrode is located on another part of the body with no muscle activity. Electrode placement should be standardized to ensure uniform measurement conditions.

Then the electrical activity of the muscles is measured using an EMG sensor. The

signal received from the sensor reflects the level of bioelectrical activity of the muscle and must be amplified for further processing.

An amplifier is used to amplify the signal, which improves the signal to a level sufficient for further processing. At the same time, it is necessary to take into account the possibility of oversaturation of the signal, which can lead to a change in the shape of the signal. The generalized functional scheme for measuring bioelectrical signals is presented in fig. 2.

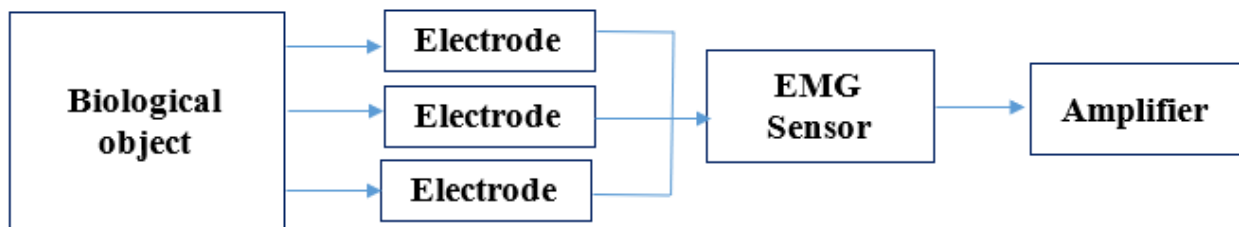


Figure 2. Generalized functional scheme for measuring bioelectrical signals

CONCLUSIONS

The proposed algorithm for measuring bioelectrical potentials of residual muscle activity can be integrated into the general algorithm of the EMG device as an analog unit for remote control of electrical devices by people with physical limitations.

REFERENCES

- [1] Manoni, L.; Turchetti, C.; Falaschetti, L.; Crippa, P. A Comparative Study of Computational Methods for Compressed Sensing Reconstruction of Emg Signal. *Sensors* 2019, 19, 3531.
- [2] Kawala-Janik, A.; Podpora, M.; Konieczny, M. Innovative Approach in Signal Processing of Electromyography Signals. *J. Combat Sport. Martial Arts* 2014, 5, 101–112.
- [3] Wells D, Bishop J, O'Brien P, Momen K. (2005). *Electromyographic sensor* (U.S. Patent No. 20060155386A1). Bloorview Macmillan Childrens Centre.

Academic supervisor - Ph.D., associate professor Stelmakh N.V.

УДК 57.087:004.021

В.В. Терещенко, студ. гр. ПБ-21мп, к.т.н., ст. викл. Вонсевич К.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСОВИХ І ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРОМІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ

Анотація. У роботі запропоновано спосіб підвищення точності розпізнавання окремих рухів долоні на основі поєднання принципів часового і частотного аналізу електроміографічних сигналів. Описано основні особливості біонічних протезних пристроїв, розглянуто принципи розрахунку параметрів біологічних сигналів, для їх використання у системах класифікації протезу. Представлено результати дослідження, проаналізовано ефективність поєднання часових і частотних характеристик сигналу в одному наборі даних для класифікатора, при розпізнаванні рухів пальців людини.

Ключові слова: біонічне протезування, частотний аналіз, часовий аналіз, машинне навчання, штучні нейронні мережі.

ВСТУП

Глобальний розвиток сфери протезування призвів до створення біонічних протезних пристроїв, які з кожним роком все більше наближаються до функціональності та зовнішнього вигляду природних кінцівок. Фактично, біонічне протезування здійснило “революцію” в у протезній індустрії, надаючи людям з ампутованими кінцівками можливість виконувати завдання, які із звичайним, косметичним протезом є неможливими. Такі винаходи забезпечують високий рівень мобільності штучної кінцівки і продовжують удосконалюватися відповідно до розвитку сучасних технологій. Головною перевагою біонічних протезів є те, що з їх допомогою люди з ампутованими кінцівками мають можливість повернути собі значну частину можливостей і активностей, які забезпечують лише природні кінцівки. Цікавим аспектом біонічних рук є їх здатність забезпечувати сенсорний зворотний зв'язок з користувачем. Це дозволяє пацієнтові “відчувати” штучну кінцівку, що потенційно покращує його здатність керувати протезом. Основним завданням при проектуванні біонічного протезу є вимірювання та якісна обробка біологічного сигналу з тіла пацієнта, з метою його подальшої класифікації у види рухів які повинна здійснити штучна кінцівка. До найпоширеніших параметрів, що розраховують при аналізі біологічних сигналів, відносять показники отримані при розрахунку часових, частотних (спектральних), частотно-часових та вейвлет характеристик.

В рамках цієї статті, для дослідження авторами було обрано саме методи розрахунку часових і частотних характеристик. Часові є найпростішими і найшвидшими для розрахунку, але мають відносно не високу інформативність [1]. Частотні потребують довгих, складних розрахунків, але при цьому є більш інформативними (як було показано у минулій роботі [2], де авторами було досягнуто досить високої точності класифікації чотирьох рухів долоні людини, із показником близько 80%, за допомогою лише 1-го вимірювального каналу електроміографічного сигналу із використанням спектральних характеристик). Метою роботи є аналіз ефективності застосування комбінації із часових та частотних характеристик електроміографічного сигналу, для підвищення точності розпізнавання рухів кінцівок за допомогою машинного навчання.

АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК

У проведеному дослідженні авторами було здійснено перетворення вхідної біологічної інформації, отриманої з електроміографічного сигналу, шляхом встановлення першочергової залежності між виміряною амплітудою напруги та часовими показниками. Для подальшої класифікації рухів на основі виміряного міографічного сигналу, було запропоновано провести розрахунки комбінованого набору характеристик: часових - Peak, Var, MAD та частотної - PSD.

Як було зазначено вище, часові характеристики є більш простими і швидкими у розрахунку, що в свою чергу не призводить до необхідності додаткової обробки сигналу поданого у часовій формі. Набір часових характеристик розраховувався наступним чином:

Peak – це найбільше числове значення амплітуди виміряного сигналу на проміжку часового вікна. Var – дисперсія вибірки генеральної сукупності чисел, що розраховувалась за формулою (1):

$$\text{Var} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)} \quad (1)$$

Де X_i – i -те число діапазону, \bar{X} - середнє значення вибірки чисел, n – розмір вибірки.

Часова характеристика MAD – це середнє абсолютне значення відхилень чисел від середнього на проміжку, що розраховувалось за формулою (2):

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n} \quad (2)$$

Розрахунок частотних характеристик потребує додаткової обробки сигналу поданого у часовій формі. Тобто, при обробці виміряного сигналу спочатку необхідно перейти від часової до частотної (спектральної) форми сигналу. Визначення спектру виміряних сигналів здійснювалося за допомогою математичних перетворень і швидких перетворень Фур'є. Оскільки у попередніх роботах авторів найбільш результативним спектральним параметром виявився PSD, тобто "Power Spectral Density", то в якості основної частотної характеристики для поточного дослідження було обрано саме його.

Спектральна щільність потужності (PSD) представляє собою розподілення потужності за частотою [3] та визначається за формулою (3):

$$\text{PSD} = \frac{\text{Power}^2}{\Delta f \cdot \text{Noise Power Bandwidth}} \quad (3)$$

Де Power – спектр потужності сигналу, Noise Power Bandwidth – смуга пропускання потужності шуму, а Δf – відношення частоти сигналу до довжини двостороннього спектру потужності.

На основі представлених вище формул було здійснено розрахунок характеристик в часовій і частотній формі з метою подальшої класифікації руху кінцівок, використовуючи машинне навчання, а саме - алгоритм штучних

нейронних мереж прямого поширення.

КЛАСИФІКАЦІЯ РУХІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

На відміну від роботи [2], в якій для реалізації алгоритмів нейронних мереж було застосовано пакет машинного навчання MATLAB, а порівняння точності досягнутих результатів класифікації здійснювалось на основі параметрів “Power” та “PSD”, у цій роботі авторами проведено тренування моделей нейронної мережі на інформації, що була отримана в результаті поєднання часових характеристик Peak, Var, MAD і частотної характеристики PSD в одному наборі даних. Цей набір містить чотири окремих класи, кожен з яких позначає рухи мізинцем, безіменним, середнім та вказівним пальцем. Експериментальним шляхом було визначено певну залежність між комбінаціями частот спектру для комплексного параметру PSD, тому при тренуванні деякими з них було знехтувано.

Для реалізації функціоналу нейронних мереж у роботі було застосовано відкриті програмні бібліотеки для машинного навчання TensorFlow та Keras мови програмування Python [4-5]. Найкращі результати на розрахованому наборі даних, було отримано із використанням двох прихованих шарів, що містять сорок і двадцять нейронів відповідно. Кількість нейронів у зовнішніх шарах відповідала кількості вхідних і вихідних параметрів. Для прихованих шарів було застосовано активаційну функцію ReLU, а для зовнішніх - багатозмінну логічну функцію Softmax. На навчання мережі було використано 80% вхідних даних (обраних системою випадковим чином), а 20% залишку інформації - відводилось на тестування мережі. Загальний набір даних був досить обмеженим і містив 200 ітерацій на кожен вид руху кінцівки та від восьми до десяти часових і частотних характеристик, відповідно. Результати тестування штучної нейронної мережі представлено у вигляді матриці похибок та показано на рис. 1 та рис. 2.

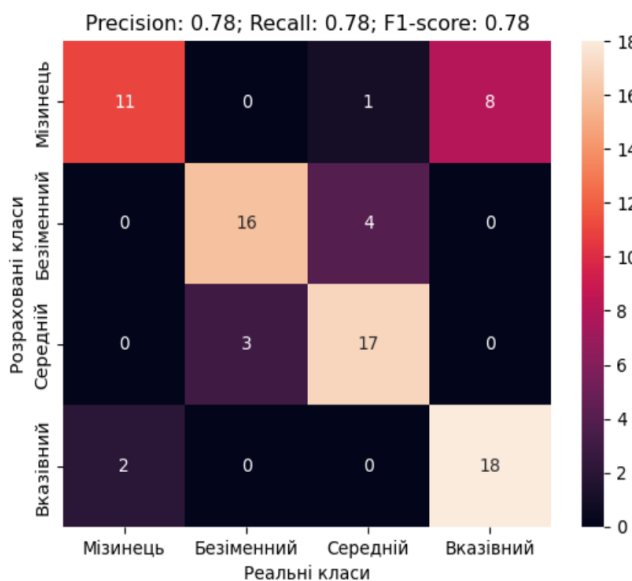


Рисунок 1. Матриця похибок для параметру PSD

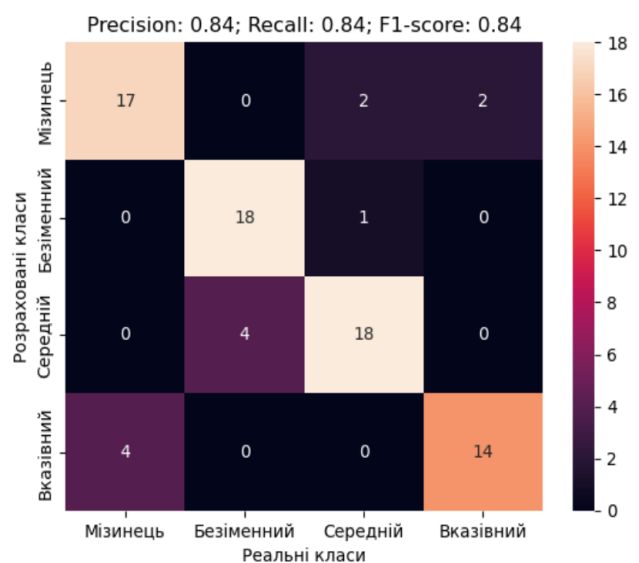


Рисунок 2. Матриця похибок для комбінації параметрів PSD, Peak, Var, MAD.

ВИСНОВОК

В ході проведеного дослідження було покращено загальну точність розпізнавання окремих рухів долоні, шляхом поєднання спектральних та часових характеристик електроміографічного сигналу. Розглянуто принципи розрахунку часових та спектральних характеристик сигналу, описано параметри штучної нейронної мережі для їх класифікації. Отримані результати досліджень показано на рисунках. Зокрема, на рис. 1 представлено матрицю похибок для моделі штучної нейронної мережі, яка отримана в результаті тренування із використанням набору інформації, що базується лише на спектральних складових сигналу (параметру PSD). Водночас, на рис. 2 представлено результати, отримані при тренуванні мережі на комбінації часових характеристик Peak, Var, MAD та певних частотних складових характеристики PSD. Порівнюючи результати можна дійти висновку, що поєднання часових і частотних параметрів сигналу у одній системі класифікатору позитивно впливає на результуючу точність розпізнавання рухів за допомогою моделі нейронної мережі. В результаті її тренування і тестування, авторами було досягнуто підвищення показників точності класифікації Precision, Recall і F-score на 6% (з 78% при застосуванні лише частотних характеристик до 84%, при комбінованих параметрах сигналу), що свідчить про підвищення загальної ефективності запропонованого класифікатору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Вонсевич К.П. Оцінювання часових характеристик електроміограми функціональних рухів кисті руки для інтуїтивного керування біонічним протезом / К.П. Вонсевич, М.О. Безуглий, А.О. Гапонюк // Наукові Вісті НТУУ КПІ. — 2018. — №. 1. — С. 45–53.
- [2] В. В. Терещенко, К. П. Вонсевич “Використання спектральних параметрів електроміографічних сигналів у біонічному протезуванні”, XV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 14-15 червня 2022 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – С. 179-182.
- [3] Miller S. L. Probability and Random Processes / S. L. Miller, D. Childers. – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Inc., 2012. – 611 с.
- [4] Aurélien G. Hands-on machine learning with Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems / G. Aurélien. – Sebastopol, CA : O'Reilly Media, 2017. - 547 с.
- [5] Chollet F. Deep Learning with Python/ F. Chollet. – Manning, 2017. - 384 с.

Наук. керівник – к.т.н, ст. викладач Вонсевич К.П.

УДК 681.518.5

О.В. Третяк, аспірант гр. ПБ-21ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КАЛІБРУВАННЯ ДЛЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ РЕЗЕРВУАРІВ

Анотація. У статті йдеться про необхідність автоматизованої системи калібрування для циліндричних вертикальних резервуарів з використанням геометричного методу. Переваги такої системи включають покращену точність, підвищення ефективності, зменшення похибки та відповідність нормативним вимогам. Однак розробка такої системи також включає проблеми, такі як вибір датчика, розробка алгоритму, інтеграція з системою керування та обслуговування. Попередні дослідження демонструють доцільність автоматизованих систем калібрування та дають зрозуміти їхню точність та обмеження. З розвитком технологій очікується, що такі системи стануть більш поширеними в галузях промисловості, які вимагають точного калібрування резервуарів, наприклад, нафтогазової, хімічної та водоочисної промисловості.

Ключові слова: автоматизована система калібрування, лазерне сканування, циліндричні вертикальні резервуари

ВСТУП

Циліндричні вертикальні резервуари широко використовуються в різних галузях промисловості для зберігання рідин і газів. Точне вимірювання об'єму цих резервуарів є важливим для визначення рівня запасів, а також для дотримання нормативних вимог. Калібрування цих резервуарів традиційно виконується вручну за допомогою вимірювальних стрічок, що треба занурювати, або оптичних рівнемірів, що може зайняти багато часу та давати більшу похибку. З розвитком технологій зростає потреба в автоматизованій системі калібрування циліндричних вертикальних резервуарів. Розглянемо необхідність такої системи, її переваги та проблеми, пов'язані з її розробкою.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

За останні кілька років у галузі, що розглядається були проведені значні дослідження. Кілька дослідників запропонували різні підходи до автоматизації процесу калібрування, включаючи використання лазерного сканування, комп'ютерного бачення та ультразвукових датчиків. Ці методи мають на меті забезпечити швидший, точніший і надійніший метод калібрування бака.

В одному дослідженні було запропоновано систему [1], яка використовує лазерний сканер для захоплення 3D-зображень внутрішньої частини резервуару, які потім використовуються для розрахунку об'єму резервуара. Система була випробувана на резервуарі сирової нафти об'ємом 1000 м³ і досягла точності 0,8%. В іншому дослідженні [2] запропоновано систему комп'ютерного зору, яка використовує камеру та проектор для захоплення геометрії резервуару та розрахунку його об'єму. Система була випробувана на резервуарі об'ємом 20 м³ і досягла точності 0,15%.

У [3] розглядалася система на основі ультразвукового датчика, яка використовує кілька датчиків для вимірювання висоти рівня рідини або газу в резервуарі. Система була випробувана на резервуарі об'ємом 100 м³ і дала точність 0,2%. Так само дослідження [4] пропонує автоматизовану систему калібрування з використанням ультразвукового датчика та лазерного датчика для вимірювання висоти та діаметра резервуара. Система була випробувана на резервуарі об'ємом 50 м³ і досягла точності 0,3%.

Загалом, вищеописані дослідження демонструють доцільність автоматизованих систем калібрування для циліндричних вертикальних резервуарів з використанням геометричного методу. Хоча кожен підхід має свої переваги та обмеження, усі вони спрямовані на забезпечення швидшого, точнішого та надійнішого методу калібрування резервуара. Оскільки технології продовжує розвиватися, цілком імовірно, що ці системи стануть більш поширеними в галузях промисловості, які покладаються на точне калібрування резервуарів, таких як нафтогазова, хімічна та водоочисна промисловість.

ПОТРЕБА В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ КАЛІБРУВАННЯ

Ручне калібрування циліндричних вертикальних резервуарів – це трудомісткий процес, який вимагає високого рівня кваліфікації. Воно передбачає використання вимірювальних стрічок або оптичних рівнемірів для вимірювання висоти рівня рідини або газу в резервуарі, який потім використовується для обчислення об'єму резервуара. Цей процес дає похибки через такі фактори, як помилки паралакса, коливання температури та людський фактор. Крім того, ручне калібрування вимагає спорожнення, очищення та висушування резервуару перед проведенням вимірювань, що може призвести до простою виробництва та втрати прибутку.

Автоматизована система калібрування для циліндричних вертикальних резервуарів може вирішити ці проблеми, забезпечуючи швидший, точніший і надійніший метод калібрування. Система може бути інтегрована з системою керування резервуаром і може забезпечувати вимірювання об'єму резервуара в реальному часі без необхідності ручного втручання. Це може допомогти скоротити простої виробництва та підвищити ефективність. Крім того, автоматичне калібрування може зменшити похибку від людського фактору та підвищити точність вимірювань об'єму.

Автоматизована система калібрування для циліндричних вертикальних резервуарів має ряд переваг перед традиційними ручними методами. Деякі з ключових переваг наведено нижче.

Покращена точність: автоматизовані системи калібрування використовують вдосконалені датчики та алгоритми для вимірювання об'єму резервуара, що може забезпечити точніші вимірювання, ніж ручні методи. Система може компенсувати коливання температури, зміни тиску та інші фактори, які можуть вплинути на вимірювання об'єму [5].

Підвищена ефективність: автоматизовані системи калібрування можуть забезпечувати вимірювання об'єму резервуару в реальному часі, що може допомогти скоротити час простою та підвищити ефективність. Систему також можна інтегрувати з системою керування резервуаром, яка може надавати автоматичні сповіщення, коли резервуар потрібно наповнити або коли в роботі резервуара виявляються будь-які відхилення.

Зменшення похибки від людського фактору: автоматизовані системи калібрування можуть зменшити похибку при вимірюванні, усуваючи потребу в ручних вимірюваннях. Система може забезпечувати послідовні та надійні вимірювання, які можуть допомогти підвищити точність рівня запасів

резервуара.

Відповідність нормативним вимогам: регулюючі органи вимагають точного вимірювання об'єму циліндричних вертикальних резервуарів для забезпечення дотримання стандартів безпеки та охорони навколишнього середовища. Автоматизована система калібрування може забезпечити точні вимірювання, які допоможуть забезпечити відповідність нормативним вимогам.

ПРОБЛЕМИ, ПОВ'ЯЗАНІ З РОЗРОБКОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Розробка автоматизованої системи калібрування для циліндричних вертикальних резервуарів також має певні труднощі. Деякі з ключових проблем обговорюються нижче.

Вибір датчика. Вибір правильних датчиків для автоматизованої системи калібрування може бути складним завданням. Датчики повинні точно і надійно вимірювати висоту рівня рідини або газу, і вони повинні бути витримувати умови всередині резервуару.

Розробка алгоритмів для точного обчислення об'єму резервуара на основі вимірювань датчика може бути складною. Алгоритм повинен враховувати такі фактори, як геометрія ємності, зміни температури та тиску.

Інтеграція автоматизованої системи калібрування з системою керування резервуаром може бути складною. Система повинна мати можливість спілкуватися з системою керування та надавати дані в реальному часі, щоб увімкнути автоматичне сповіщення та контроль.

Технічне обслуговування: автоматизовані системи калібрування вимагають регулярного технічного обслуговування для забезпечення надійної роботи. Датчики необхідно регулярно калібрувати та очищати систему необхідно регулярно перевіряти, щоб переконатися, що вона працює правильно. Технічне обслуговування також не є простим завданням, особливо якщо резервуар розташований у віддаленому або небезпечному місці.

ВИСНОВОК

Автоматизована система калібрування для циліндричних вертикальних резервуарів є перспективною технологією, яка може підвищити точність, ефективність і надійність калібрування резервуарів. Однак розробка такої системи не позбавлена проблем, включаючи вибір датчика, розробку алгоритму, інтеграцію з системою керування та обслуговування. Тим не менш, переваги автоматизованої системи калібрування, включаючи покращену точність, підвищення ефективності, зменшення людської помилки та відповідність нормативним вимогам, роблять її вигідною інвестицією для багатьох галузей промисловості. Незважаючи на ці проблеми, попередні дослідження продемонстрували доцільність автоматизованих систем калібрування з використанням різних підходів, таких як лазерне сканування, комп'ютерний зір та ультразвукові датчики. Оскільки технологія продовжує розвиватися, ймовірно, що автоматизовані системи калібрування для циліндричних вертикальних резервуарів стануть більш поширеними, забезпечуючи швидший,

точніший і надійніший метод калібрування резервуарів. розробка автоматизованих систем калібрування для вертикальних циліндричних резервуарів з використанням геометричного методу є активною дослідницькою сферою, у якій найближчим часом очікується багато нових досягнень та інновацій. Очікується, що з розвитком технологій ці системи стануть точнішими, надійнішими та зручнішими для користувача, і їх все частіше застосовуватимуть у галузях, які вимагають точного калібрування резервуарів, наприклад, нафтогазової, хімічної та водоочисної промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Shao, Z., Liu, J., Liu, X., Wang, W., & Chen, Y. (2014). A Dual-Channel Fiber Optic Surface Plasmon Resonance Biosensor Using Differential Interference Contrast Microscopy. *Sensors*, 14(11), 21889-21900. <https://doi.org/10.3390/s141121889>
- [2] Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення./ Упор. В.Я.Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 500с.
- [3] Вавреичук С.В. Система автоматизованого контролю рівня рідини в резервуарі зб. матеріалів доп. учасн. II наук. -практ. конф. Молодих вчених і студентів “Інтелектуальні комп’ютерні системи та мережі” Частина I :Тернопіль, 2019. С 15-16.
- [4] Kramarenko, D., & Yankevich, M. (2021). An IoT-Based Grain Storage Monitoring System. *Agriculture Engineering*, 5(1), 19-34. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010019>
- [5] Hao, H. D., Chen, X. L., Shi, H. L., Liang, X. M., & Yi, P. J. (2017, September). The automatic measurement system of large vertical storage tank volume based on 3D laser scanning principle. In 2017 13th IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI) (pp. 211-216).

Наук. керівник – к.т.н., доц. Філіппова М.В.

УДК 57.087:617.57

А.Л. Шмиголь, студ. гр. ПБ-12, В.О. Франчук, студ. гр. ПБ-12, к.т.н,
ст. викл. Вонсевич К.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДУЛЯ ВИМІРЮВАННЯ FORCE-МІОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ БІОНІЧНОГО ПРОТЕЗУ

Анотація. У роботі описано особливості розробки автоматизованого модуля вимірювання FMG-сигналів для системи керування біонічного протезу кінцівки людини. Визначено принципи реєстрації біологічних сигналів, розглянуто основні методи вимірювання активності м'язів у біонічному протезуванні. Розглянуто сучасні дослідження та проаналізовано типові сенсори і обмеження, що застосовуються при вимірюванні force-міографічного сигналу. Запропоновано функціональну схему автоматизованого модуля вимірювання сигналів для системи керування біонічної руки та конструкцію для FMG-сенсорів вимірювального модулю. Визначено подальші напрямки роботи.

Ключові слова: Біонічні кінцівки, вимірювання сигналів, force-міографія, м'язи, мікропроцесорна система.

ВСТУП

Вимірювання різноманітних біологічних сигналів з тіла людини є важливою складовою сучасної біомедичної техніки. Процес визначення природних імпульсів з тіла пацієнта є не тривіальним завданням і передбачає певний набір особливостей і обмежень. Наприклад, значна кількість сигналів потребує обов'язкового підсилення (шляхом використання дороговартісних електричних схем) та подальшої пост-обробки вимірної інформації за допомогою спеціальних математичних перетворень. Не менш критично питання вимірювання сигналів з м'язів постає і при розробці біонічних протезних пристроїв. Так, переважна більшість алгоритмів керування сучасних протезних девайсів базується на використанні методу міографії, при виконанні певного набору рухів кінцівки. Загалом, серед основних методів вимірювання біологічних сигналів, що використовуються у біонічному протезуванні, виділяють: метод електроенцефалографії, механоміографії, ультразвукові дослідження, нейрографію, електроміографію та force-міографію [1]. Найбільш часто в промислових зразках біонічних протезів використовується метод електроміографії [2], який дозволяє вимірювати біопотенціали м'язів кінцівки при їх скороченні у процесі виконання рухів. Однак, дедалі більшої популярності у наукових дослідженнях здобуває саме метод багатоканальної force-міографії (FMG), як альтернатива або доповнення до існуючих технік вимірювання активності м'язів [3]. У зв'язку з цим, розробка портативного, автоматизованого модуля вимірювання FMG-сигналів для системи керування біонічного протезу є актуальним завданням.

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДУ FORCE-МІОГРАФІЇ

Розглянемо детальніше особливості методу force-міографії. Ця технологія вимірювання базується на визначенні об'ємних змін м'язового волокна у процесі виконання рухів рук або ніг, що реєструються за допомогою масиву датчиків які розміщуються на шкірі пацієнта, орієнтовно над поверхнею активного м'язу [1, 4]. У процесі виконання руху кінцівкою, сила з якою м'яз діє на вимірювальну поверхню сенсора, змінюється. А виміряні показники зміни сили, в свою чергу і формують вихідний FMG-сигнал, який в подальшому підлягає детальному

аналізу та класифікації. Force-міографічні дослідження можуть проводитись із застосуванням різних сенсорів, таких як: датчики зусилля, тензорезистивні, оптоволоконні, п'єзоелектричні датчики, тощо. При цьому, залежно від типу сенсору який застосовується у конкретній системі, визначається і подальший алгоритм обробки його сигналу та набір параметрів, які будуть використані при класифікації.

Наприклад, у роботі [5] авторами було запропоновано метод вимірювання FMG-сигналів, що базується на застосуванні в одній системі восьми FSR (force sensitive resistor) сенсорів типу InterLink 402, змонтованих на спеціальній твердій основі та підключених до вимірювальної DAQ системи від National Instruments. При цьому, авторам дослідження вдалось досягти високої точності розпізнавання трьох видів рухів із загальною похибкою у 6.4%, шляхом використання спеціального математичного алгоритму обробки інформації на базі Epsilon SVR з ядром радіальної базисної функції (RBF). Водночас, у дослідженні інших авторів [6] вже було застосовано багатоканальну вимірювальну систему на основі HeNe лазера, багатомодового оптичного волокна і CCD камери, які використовувались для визначення одинадцяти видів рухів пальців руки. При цьому, для аналізу масиву інформації з сенсорів використовувались принципи вейвлет-аналізу та подальша класифікація за допомогою штучних нейронних мереж. У роботі [7] авторами розроблено шестиканальну вимірювальну систему на основі восьми тензодатчиків електричного опору та гнучкої підкладки із ацетату целюлози. Ця система використовувалась для розпізнавання трьох вихідних категорій, які описуються чотирнадцять рухів руки і визначають окремі слова та символи із американської мови жестів. Водночас, класифікація вимірюваних FMG сигналів тут проводилась за допомогою різних алгоритмів машинного навчання, а саме: лінійного дискримінантного аналізу (LDA), опорної машини векторів (SVM), штучної нейронної мережі та K-найближчих сусідів (KNN), кожен з яких продемонстрував різну вихідну точність.

Отже, можна побачити що інформація про скорочення м'язів, отримана при виконанні певного набору рухів кінцівки людини, яка визначена за допомогою force-міографічних сигналів, може бути корисною при вирішенні різноманітних задач у протезній індустрії та людиноподібній робототехніці. Однак, розробникам подібної апаратури необхідно враховувати, що хоч на відміну від методу електроміографії FMG є менш чутливою до зовнішніх електричних перешкод або потовиділення, її ефективність досить залежна від виду обраного сенсору і щільності контакту датчиків зі шкірою пацієнта.

РОЗРОБКА МОДУЛЮ ВИМІРЮВАННЯ FMG-СИГНАЛУ

У цій статті авторами пропонується функціональна схема шестиканальної портативної системи вимірювання FMG-сигналу, що базується на використанні гнучких FSR-сенсорів, мікропроцесорному керуванні та автоматизованому механізмові кріплення вимірювального модуля до кінцівки пацієнта (рис. 1).

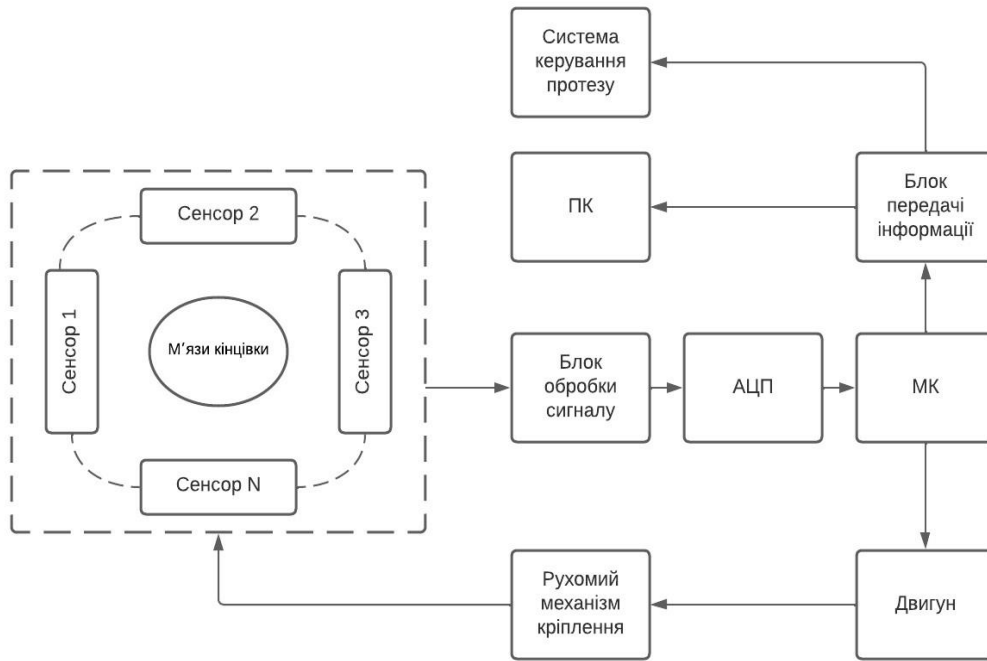


Рисунок 1. Функціональна схема автоматизованого модулю вимірювання FMG-сигналу

Як видно з рис. 1, запропонована функціональна схема складається з: масиву сенсорів, блоку попередньої обробки виміряного сигналу, АЦП, мікроконтролеру, двигуна (який забезпечує рух привідного механізму кріплення модуля до руки пацієнта) і блоку передачі виміряної інформації (до системи керування протезу і ПК, одночасно). Водночас, як було зазначено у попередньому розділі, на результат вимірювання FMG-сигналу впливає також і щільність прилягання контактної поверхні сенсору до руки пацієнта. Саме тому в рамках цієї роботи, авторами було розроблено базову конструкцію корпусу для FMG-сенсорів автоматизованого модулю (рис. 2). Вона включає в себе: тверду пластикову опору зі спеціальними посадковими місцями під датчики (яка запобігає надмірному “зворотному прогинанню” сенсору), гнучку підставку (для забезпечення демпферних властивостей) та механізм кріплення модулю на руці пацієнта за допомогою велкро-ленти.

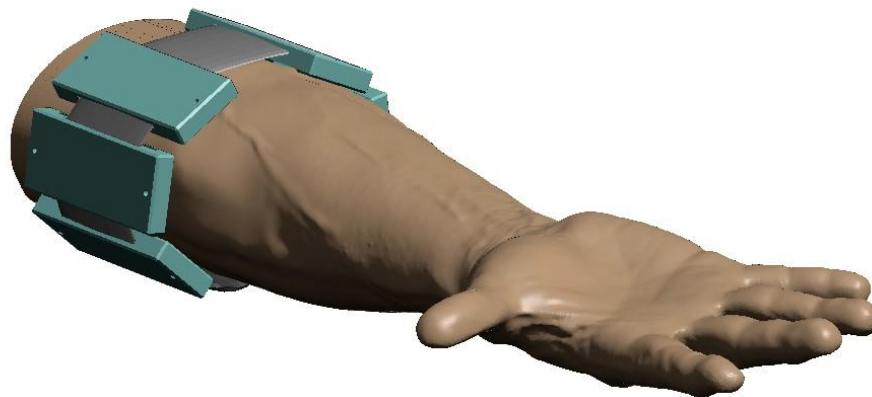


Рисунок 2. Конструкція корпусу FMG-сенсорів та механізм кріплення модуля

Запропонована конструкція дозволить досягти надійної фіксації модуля на кінцівці пацієнта, у відповідній зоні вимірювання сигналу, і може бути легко адаптована для подальшої автоматизації force-міографічної системи.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У цій статті авторами було описано особливості вимірювання біологічних сигналів тіла пацієнта та охарактеризовано основні методи вимірювання активності м'язів, що застосовуються у біонічному протезуванні кінцівок. Визначено принципи Force-міографічного методу дослідження руху м'язів і описано основні особливості та обмеження цього методу. Проаналізовано роботи інших авторів і запропоновано функціональну схему власного автоматизованого модуля вимірювання force-міографічних сигналів. Представлено базову конструкцію корпусу для FMG-сенсорів автоматизованого модулю та механізм їх кріплення навколо руки пацієнта. У подальших роботах авторами планується розробка макету друкованої плати із електричною схемою вимірювального модулю, а також вдосконалення його механічної конструкції, шляхом розробки універсального механізму адаптації кріплення системи до анатомії руки пацієнта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Вонсевич К. П. Міографічна система біонічної руки з оптичною ідентифікацією типу поверхні : дис. канд. техн. наук : 05.11.17 / Вонсевич Костянтин Петрович – Київ, 2020. – 180 с.
- [2] Vonsevych, K. P., Bezuglyi, M. O., & Haponiuk, A. O. (2018). Evaluation of Electromyogram Time Characteristics of the Wrist Functional Movements for Intuitive Control of Bionic Prosthesis. *Naukovi Visti NTUU KPI*, (1), 45-53.
- [3] K. Vonsevych, M. Goethel, J. Mrozowski, "Fingers movements control system based on artificial neural network model", *Radioelectronics and Communications Systems*, №. 1, T. 62, C. 23–33, 2019.
- [4] Prakash, Alok, Neeraj Sharma, and Shiru Sharma. "An affordable transradial prosthesis based on force myography sensor." *Sensors and Actuators A: Physical* 325 (2021): 112699.
- [5] A. Kadkhodayan, X. Jiang and C. Menon, "Continuous Prediction of Finger Movements Using Force Myography", *Journal of Medical and Biological Engineering*, vol. 36, no. 4, pp. 594-604, 2016.
- [6] E. Fujiwara, Y. Wu, M. Santos, E. Schenkel and C. Suzuki, "Optical Fiber Specklegram Sensor for Measurement of Force Myography Signals", *IEEE Sensors Journal*, vol. 17, no. 4, pp. 951-958, 2017.
- [7] H. Ng, X. Jiang, L. Merhi and C. Menon, "Investigation of the Feasibility of Strain Gages as Pressure Sensors for Force Myography", in *Proc. 2017 International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 2017, pp. 261-270.

Наук. керівник – к.т.н, ст. викладач Вонсевич К.П.

УДК 615.84

В.В. Шалімов, студ. гр. ПБ-02, к.т.н., доц. Терещенко М.Ф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СПОСІБ ТА ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОНИКНЕННЯ ЛІКІВ В БІОЛОГІЧНУ ТКАНИНУ

Анотація. Щороку попит на використання трансдермальних методів введення ліків збільшується, через це необхідні нові та більш точні способи та засоби виміру параметрів проникнення ліків в біологічну тканину (БТ)[1]. Запропоновано новий спосіб виміру параметрів проникнення в біологічну тканину та засоби його реалізації з оцінкою фізіологічного стану БТ. За рахунок використання нового алгоритму підвищується точність вимірювання швидкості та глибини проникнення ліків в біологічну тканину. Завдяки цьому способу, засобам та алгоритму значно підвищується ефективність використання трансдермального введення ліків, ефективність ультразвукового впливу на тканину, більш точно фіксується її фізіологічний стан. Запропоновані засоби та їх структури забезпечують точну реєстрації значень температури біологічних тканин.

Ключові слова: вимір параметрів проникнення, оцінка фізіологічного стану БТ, вплив температури на точність реєстрації параметрів проникнення.

ВСТУП

З кожним роком все більше розповсюдження набуває неінвазійний метод введення лікарських препаратів в глибину біологічної тканини [2]. Це трансдермальні методи, які мають суттєву низку переваг [3]. Тому зростання попиту на їх використання – це тільки питання часу. Проте існує декілька проблем, одна з яких – складність визначення параметрів швидкості та глибини проникнення лікарського засобу в тканину.

Щоб оцінити глибину проникнення та стан біологічних тканин, користуються визначенням залежності значень електропровідності від частоти зонduючого струму, що здійснюється покроковим підбором частот до значення, при якому настає максимальне збільшення електропровідності, що визначається коефіцієнтом поляризації [4]. Способи та засоби, які зараз існують мають суттєві недоліки та низьку точності.

Одним із важливих параметрів, які впливають на точність визначення глибини проникнення, є температура. Проте її вимірювання, та що стає причиною похибки. Запропонований метод виміру параметрів проникнення ліків в біологічну тканину усуває даний недолік.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На даний час актуальна задача з точного визначення параметрів проникнення ліків в біологічну тканину. Найбільш оптимальне її вирішення це - вимірювання параметрів проникнення та оцінка фізіологічного стану біологічної тканини здійснюється шляхом визначення залежності електропровідності від частоти зонduючого струму [5].

Недоліками цього методу є його обмежена функціональність, що ускладнює визначення глибини проникнення препарату в біологічну тканину, а також мінливість результатів через температурні похибки. Для вирішення температурної проблеми було додано вимірювання температури біологічної тканини [6].

Ця інновація дозволяє впливати на біологічну тканину ультразвуком різної інтенсивності, частоти і форми, враховуючи зміни температурного градієнта,

реєструючи глибину і швидкість проникнення препарату в тканину, підвищуючи точність вимірювання функціонального стану тканини [7].

МЕТОДИКА ВИМІРУ ПАРАМЕТРІВ ПРОНИКНЕННЯ ЛІКІВ

Дисперсія значень глибини h та швидкості v проникнення лікарського засобу в біологічну тканину є результатом вимірюванням величин розпорошеності значень цієї змінної Δh та швидкостей Δv проникнення, беручи до уваги всі їх значення і їхні ймовірності або ваги з врахуванням того, що вимірювання проводяться при визначеній температурі T біологічної тканини.

Визначення дисперсії D_1 глибини h проникнення лікарського засобу, без впливу ультразвуку (інтенсивність $I=0$), при визначеній температурі T_i виконується за формулою

$$D_1 = S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N_1 - 1} \quad (1)$$

де S_1 – середньоквадратичне відхилення вимірюваних значень глибини проникнення;

N_1 – кількість дослідів;

X_i – значення досліджуваного параметру вимірюваних значень глибини проникнення;

\bar{X} – середнє арифметичне вимірюваних значень глибини проникнення.

Так визначення дисперсії D_2 глибини проникнення лікарського засобу, під час впливу ультразвуку (інтенсивність $I \neq 0$), при визначеній температурі T_i :

$$D_2 = S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{i2} - \bar{X}_2)^2}{N_2 - 1}, \quad (2)$$

де S_2 – середньоквадратичне відхилення вимірюваних значень глибини проникнення під час дії ультразвуку ;

N_2 – кількість дослідів під час дії ультразвуку;

X_{i2} – значення досліджуваного параметру вимірюваних значень глибини проникнення під час дії ультразвуку;

\bar{X}_2 – середнє арифметичне вимірюваних значень глибини проникнення під час дії ультразвуку

Значення різниці дисперсії ΔD визначають за формулою (3):

$$\Delta D = D_1 - D_2 \quad (3)$$

Швидкість V зміни дисперсії визначається за формулою (4):

$$V = \Delta D / \Delta t, \quad (4)$$

Δt – значення часу зміни різниці дисперсій.

Електрична провідність g , без впливу ультразвуку, визначається за формулою (5):

$$g = \frac{l}{R \cdot S} \quad (5)$$

l – довжина зразка,

S – площа поперечного перерізу досліджуваного зразка,

R – електричний опір біоструктури.

Електрична провідність g° , під час впливу ультразвуку, визначається за формулою (6):

$$g^{\circ} = \frac{1}{R \cdot S} \quad (6)$$

Різниця електричної провідності Δg обраховується за формулою (7):

$$\Delta g = g - g^{\circ} \quad (7)$$

Таким чином по значенням різниці дисперсії $\Delta D(3)$ та швидкості V зміни дисперсії (4) і різниці електричної провідності $\Delta g(7)$ визначається фізіологічний стан досліджуваної біологічної тканини.

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТА СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ

Значення глибини і швидкості проникнення лікарського засобу в біологічну тканину є результатом вимірювання величини дисперсії значення цієї змінної глибини і швидкості проникнення з урахуванням всіх її значень і їх ймовірностей або ваг, а також з урахуванням того, що вимірювання проводилося при заданій температурі біологічної тканини.

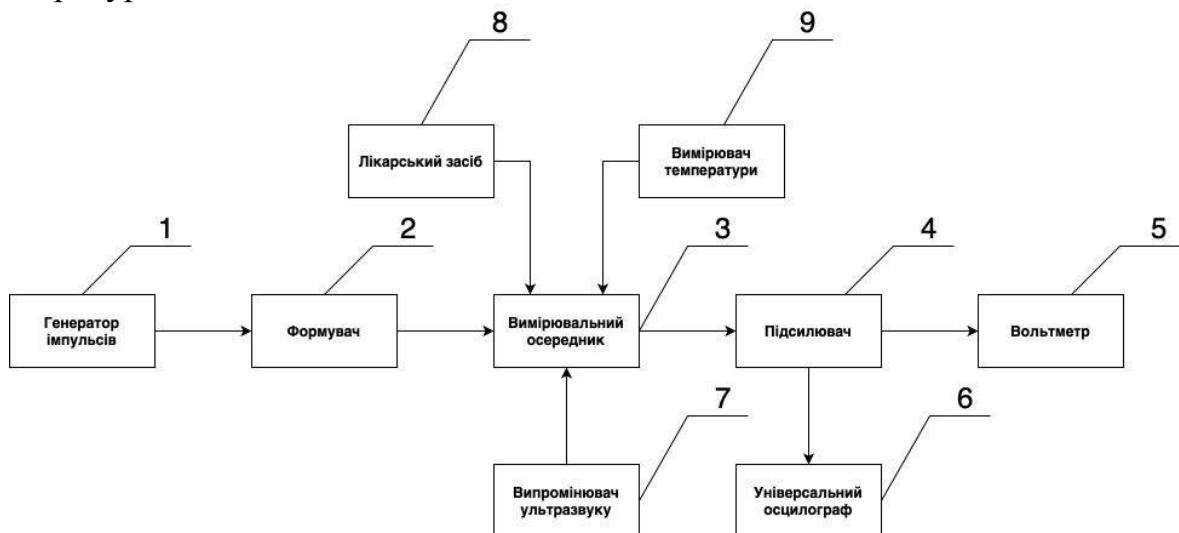


Рисунок 1. Установа виміру параметрів проникнення ліків в біологічну тканину

Спосіб та засоби виміру параметрів проникнення ліків в біологічну тканину ілюструє блок-схемою установки, яка зображена на кресленні (рис.1), де: 1 – генератор імпульсів; 2 – формувач сигналу з комбінованими електродами; 3 – вимірювальний пристрій – осередок для біологічної структури; 4 – підсилювач; 5 – вольтметр; 6 – універсальний осцилограф; 7 - випромінювач ультразвуку; 8 - лікарський засіб; 9 – вимірювач температури.

На підготовлену ділянку біологічної тканини наносять лікарський засіб 8. Температура біологічної тканини вимірюється термометром 9. Електричний сигнал змінного гармонійного струму з генератора імпульсів 1 подається на генератор сигналів 2, який в свою чергу подається на вимірювальний осередок 3, в якій закріплена біологічна тканина і по ній протікає струм. Вихідний сигнал підсилюється і стабілізується підсилювачем 4. Зондує струм подається на вимірювальний пристрій-осередок 3, де вимірюється температура 9 і параметри струму, потім сигнал посилюється підсилювачем 4 і подається на вольтметр 5, де визначаються значення електричного опору і напруги. Потім сигнал подається

на осцилограф, який вимірює амплітуду і фазу сигналу та фіксує його форму. Глибина і швидкість проникнення препарату в БТ вимірюється в залежності від часу і температури біологічної тканини T_{bi} .

Виконується такий алгоритм роботи як без дії ультразвуку на БТ, так і при нормованій дії ультразвуку заданої інтенсивності. Обчислюємо різницю в електропровідності (7) з ультразвуком і без нього.

ВИСНОВКИ

Запропонований новий спосіб та засоби виміру параметрів проникнення та оцінки фізіологічного стану біологічних тканин є більш інноваційним та точним, у порівнянні з попередніми моделями. Даний спосіб дозволяє уникнути методичної похибки виміру, яка викликала через зміну температури, що суттєво покращило точність обрахунків та достовірність встановлення стадій фізіологічного стану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Паньков С.Б. Залежність параметрів проникнення фармакологічних препаратів у біологічну тканину від дії ультразвукових коливань різної інтенсивності / Паньков С.Б., Терещенко М.Ф. // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 29(68), №4, ч.1, 2018. – С.61-66.
- [2] L. Feng, M. Rajchl, J. White, A. Goela, T. Peters. 2013. Generation of Synthetic 4D Cardiac CT Images for Guidance of Minimally Invasive Beating Heart Interventions. Information Processing in Computer-Assisted Interventions. 7915: 11–20.
- [3] В. Ю. Рудик, М. Ф. Терещенко, Т. О. Рудик, «Спосіб адаптивної магнітотерапії», Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія приладобудування, Вип. 51, с. 139–144, 2016.
- [4] Dolotov L.E., Sinichkin Yu.P., Tuchin V.V., Utz S.R., Altshuler G.B., I.V. Yaroslavsky. Design and Evaluation of a Novel Portable Erythema-Melanin-Meter // Lasers in Surgery and Medicine. – 2004. – V. 34. – P. 127-135.
- [5] Sergey Matvienko, Vadim Shevchenko, Mykola Tereshchenko, Anatolii Kravchenko, Ruslan Ivanenko, “Determination of composition based on thermal conductivity by thermistor direct heating method”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/5 (103), pp. 19–29, 2020. doi: 10.15587/1729-4061.2020.193429.
- [6] Cheong W.-F., Prael S.A., Welch A.J. A Review of the Optical Properties of Biological Tissues // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1990. – V. 26, №12. – P. 2166-2185.
- [7] Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати. Ч.3. – Лазерні біомедичні системи : навчальний посібник / [Кожем'яко В. П., Готра З. Ю., Павлов С. П. та ін.]. – Вінниця : ВДТУ, 2000. – 143 с.

Наук. керівник – к.т.н., доцент. Терещенко М.Ф.

УДК 617.57:612.88

М.С. Щур, студ. гр. ПБ-21мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДУЛЮ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЛЯ СИСТЕМИ БІОНІЧНОГО ПРОТЕЗУ

Анотація: У роботі розглянуто особливості розробки автоматизованого модулю ідентифікації контактних поверхонь в системі біонічного протезу руки. Зокрема, описано основні принципи побудови тактильної системи штучної кінцівки, розглянуто сучасні рішення, типові сенсори та методи, що застосовуються у протезній індустрії. Проаналізовано основні фактори та обмеження, які потрібно враховувати при проектуванні автоматизованих вимірювальних модулів для розпізнавання об'єктів маніпуляції. Запропоновано функціональну схему автоматизованого модуля ідентифікації контактних поверхонь для тактильної системи біонічної руки, що базується на поєднанні декількох типів вимірювальних сенсорів у одній системі. Визначено основні обмеження, що можуть виникати при її практичній реалізації.

Ключові слова: Біонічний протез руки, тактильна система, ідентифікація поверхонь, розпізнавання форми, оптичні датчики.

ВСТУП

Відтворення природної чутливості пальців при біонічному протезуванні верхніх кінцівок залишається одним із найбільш актуальних завдань, що постають перед розробниками протезів. Це пояснюється тим, що природна чутливість пальців дозволяє людям взаємодіяти з навколишнім світом, відчуваючи текстуру, температуру, форму та розмір різних об'єктів. Ця чутливість має важливе значення для виконання багатьох повсякденних дій та точних маніпуляцій, таких як: прецизійне охоплення предметів та інструментів, визначення їх форми, текстури, габаритів тощо.

Оскільки біонічний протез є частково-автономною і технологічно складною системою, що водночас повинна бути простою у використанні та зручною для користувача, виробникам часто доводиться йти на компроміс між технологічністю продукту, його функціональністю та кінцевою ціною. Зокрема, популярним рішенням є реалізація певних функцій протеза та здійснення його керуванням, шляхом створення додаткового програмного забезпечення для персонального гаджета користувача (наприклад, планшета чи мобільного телефону), яке дозволяє здійснювати вибір набору рухів та хватів, що може здійснювати протез і безпосередньо впливає на керування штучною кінцівкою (сумісно з біологічним каналом інформації). Тут швидкість руху фаланги штучних пальців та сила стиснення нею об'єктів регулюються модулем управління протезу без використання додаткових сенсорних елементів. Однак, така методика не забезпечує повної автономності прийняття рішень системою керування кінцівки, ігноруючи інформацію про розмір, твердість і текстуру об'єктів маніпуляції, з якими взаємодіє протез. Як наслідок, розробка технології відтворення чутливості пальців протезу, яка дозволила б визначати форму і текстуру об'єктів маніпуляції та була б доступною для звичайного користувача досі залишається актуальним завданням. Таку задачу частково можна вирішити шляхом поєднання декількох типів вимірювальних сенсорів та методів дослідження форми об'єктів у складі одного автоматизованого модулю керування протезної кінцівки.

МЕТОДИКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ

Розробка біонічного протеза руки, здатного відтворювати природну чутливість пальців, є складним завданням. Оскільки, чутливість людських пальців забезпечується багатьма факторами, включаючи рецептори в шкірі та нервові зв'язки. Однак, дослідники постійно працюють над різними методами відтворення тактильних відчуттів у біонічних протезах верхньої кінцівки. В більшості випадків відтворення природної чутливості протезу базується на використанні неінвазивних методів та розміщенні спеціальних датчиків на робочих поверхнях та площах контакту штучної кінцівки. Зазвичай, автоматизовані модулі зворотного зв'язку в сучасних біонічних протезах використовують поєднання спеціальних датчиків, розташованих на тактильній поверхні біонічної руки, які відтворюють відчуття дотику і тиску.

Наприклад, дослідження, що зосереджується на вдосконаленні сенсорики біонічного протезу представлено авторами у роботі [1], де було запропоновано різні методики поєднання датчиків тиску з п'єзо перетворювачами, ємнісними та оптичними сенсорами. Зокрема представлено варіант багат шарового датчику тиску, який дозволяє відтворити природну гнучкість людської шкіри та більш точно вимірювати показники, які досягаються при дотику фаланги до об'єкту, шляхом зменшення опору елементу в ситуаціях коли прикладена сила збільшується. У роботі інших авторів [2] запропоновано використання набору датчиків тиску, сенсорів повороту та фотоприймачів розташованих на гнучкому матеріалі, задля максимально точного відтворення форми фаланги. Така схема розташування дозволяє зручно розмістити їх в вимірювальному модулі таким чином, щоб вимірювальні компоненти не заважали загальному функціонуванню системи, а також мінімізували зміну площі поверхні контакту фаланги з об'єктом дослідження. У роботі [3] авторами було запропоновано методику розпізнавання матеріалу об'єкту маніпуляції на основі комбінації датчиків сили та крутного моменту в одній системі, що дало можливість підняти показник точності розпізнавання структури досліджуваного об'єкту до 91%. В роботі [4] автори дослідили можливість аналізу форми об'єкту маніпуляції за рахунок використання масиву датчиків сили та акселерометру, що дало можливість розпізнавати форму об'єктів з показником точності у 94%. У подальшому таку систему було додатково автоматизовано і удосконалено за допомогою додавання ємнісних датчиків, що дало змогу збільшити загальний показник точності до 98%.

Прикладом використання сенсорів для реалізації тактильного відчуття може бути і поєднання декількох оптичних та механічних сенсорів у одному вимірювальному модулі. Інформація, отримана від таких датчиків, може передаватися користувачеві за допомогою вібрацій або інших виконавчих механізмів які дозволяють пацієнтові отримувати відчуття, пропорційні до прикладеної протезом сили хвату. Однак, розробникам необхідно враховувати і обмеження, що виникають при створенні оптичних модулів ідентифікації поверхонь. Наприклад, розміщення таких модулів повинно мінімізувати зміну робочої площі фаланги, а також не заважати загальному функціонуванню протезу. Підбір компонентів для опто-механічної вимірювальної системи

необхідно проводити таким чином, щоб довжина хвилі джерела світла та пікова чутливість вимірювального сенсора були в межах одного діапазону та працювали у невидимому діапазоні спектру.

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДУЛЮ ВИМІРЮВАННЯ

Враховуючи вказані вище особливості можна виокремити декілька основних аспектів, що мають вплив на реалізацію автоматизованого модулю для відтворення елементів тактильної сенсорики у штучній кінцівці: загальна кількість датчиків і особливості їх розміщення на робочих поверхнях пальців протезу, тип вимірювальних сенсорів, їх швидкість відгуку та точність вибору алгоритму розпізнавання корисної інформації, отриманої з вимірювальної системи [5]. У роботі [6] авторами вже було представлено можливу схему розміщення у одному вимірювальному модулі комбінації з декількох оптичних датчиків та одного джерела інфрачервоного випромінювання, що може бути використана при побудові системи сенсорики біонічного протезу. У цій статті авторами пропонується вдосконалення запропонованої раніше схеми та дослідження автоматизованого модулю оптичної ідентифікації поверхонь у тактильній системі біонічного протезу. Функціональну схему модулю ідентифікації поверхонь, що використовується при побудові пальців біонічного протезу показано на рис. 1.

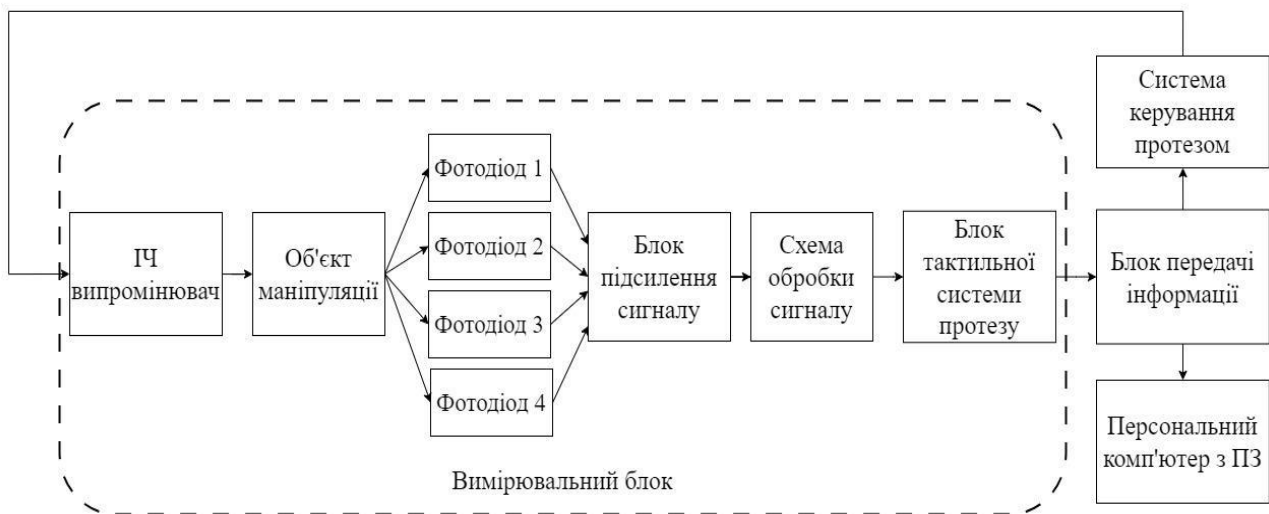


Рисунок 1. Функціональна схема модулю ідентифікації поверхонь

Як видно з рисунку, запропонована схема вимірювання складається з: джерела інфрачервоного випромінювання, масиву приймачів у вигляді фотодіодів, блоку підсилення та обробки сигналу, який в подальшому передається до загального блоку тактильної системи протезу. Інформація з наявних оптичних датчиків використовується саме для ідентифікації типу поверхні об'єкту з яким взаємодіятиме протез. Загальний блок тактильної системи передбачає також використання масиву датчиків тиску, що розміщуються медіальній та проксимальній фалангах пальців протезу і виконують безпосереднє вимірювання показників сили тиску, з якою пальці дотикаються до поверхні об'єкту маніпуляції.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Отже, у цій статті авторами було проаналізовано основні фактори, що впливають на розробку автоматизованого модулю розпізнання типу поверхні в тактильній системі біонічного протезу. Проаналізовано наявні дослідження інших авторів, запропоновано удосконалення функціональної схеми вимірювального модуля. Таке комбіноване рішення пропонується з метою розширення загального функціоналу тактильної системи протезу, яка за допомогою оптичного вимірювального модулю може визначати категорію об'єкту (тип поверхні) з якою повинна взаємодіяти штучна кінцівка, а сенсори тиску - забезпечуватимуть моніторинг показників прикладеної сили, з якою пальці охоплюють об'єкт маніпуляції, відповідно до його форми та структури (крихкий, твердий, м'який, тощо). В подальших дослідженнях авторами планується вдосконалення наявного модулю оптичної ідентифікації для тактильної системи біонічної руки та його апробація на наборі тестових поверхонь різних об'єктів маніпуляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Pressure Sensor: State of the Art, Design, and Application for Robotic Hand/ Almassri, A. M., Wan Hasan, W. Z., Ahmad, S. A., Ishak, A. J., Ghazali, A. M., Talib, D. N., & Wada, C // Journal of Sensors, 2015, 1–12.
- [2] Mechatronic design of an integrated robotic hand / Morgan Quigley, Curt Salisbury, Andrew Y. Ng and J. Kenneth Salisbury // The International Journal of Robotics Research. – 2014.
- [3] Surface material recognition through haptic exploration using an intelligent contact sensing finger / L.Hongbin, L. Seneviratne, J. Bimbo, K. Althoefer. // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems.. – 2012.
- [4] Kaboli M. In-hand object recognition via texture properties with robotic hands, artificial skin, and novel tactile descriptors / M. Kaboli, G. Cheng. // IEEE-RAS 15th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids). – 2015.
- [5] Vonsevych, K. P., Bezuglyi, M. O., & Prytula, O. A. (2019). Optical feedback based on the photometryby ellipsoidal reflector in bionic fingers application. KPI Science News, (3), 63-72.
- [6] Щур, М. С. Ідентифікація контактних поверхонь пальцями біонічного протезу / М. С. Щур // XIV Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 18-19 травня 2021 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 265-267. – Бібліогр.: 6 назв.

Наук. керівник – к.т.н, ст. викладач, Вонсевич К.П.

Секція 4.
Автоматизація, робототехніка та
технології Industry 4.0

УДК 629.7, 303.064

І.О. Довбиш, студ. гр. ПК-11, к.т.н., Муравйов О.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ЗАЛЕЖНІСТЬ АРХІТЕКТУРИ РОЮ ВІД РІВНЯ АВТОНОМНОСТІ БПЛА

Анотація. У статті розглянуто класифікацію БПЛА за рівнями їх автономності та відповідні приклади сфер сучасного застосування дронів. Проаналізовано можливість створення рою з БПЛА різного рівня автономності. Наведено архітектури побудови роїв дронів та описані алгоритми взаємодії між ними. Виділено перспективні напрямки розвитку технологій БПЛА.

Ключові слова : безпілотний літальний апарат, автономність, ройове використання, рій БПЛА, дрон.

ВСТУП

Історія створення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) сягає початку 20 ст. Основною їх задачею була доставка певних вантажів через повітряний простір без присутності людини на борту. Сьогодні вони виконують безліч функцій: від фото- та відеозйомки до порятунку людей та військового застосування. У конструкцію БПЛА інтегрують різноманітне корисне навантаження, намагаються зробити їх більш незалежними від людини-оператора. Для підвищення ефективності збору інформації та виконання певних задач БПЛА поєднують у групи (рої). Також шляхом створення роїв вирішується питання обмеженості одного дрона у корисному навантаженні, енергоспоживанні, аналітичних та комунікаційних можливостях [1].

Одними з найперспективніших напрямів розвитку технологій БПЛА є підвищення рівня їх автономності та реалізація ройового використання [2]. Ці задачі сильно пов'язані між собою, адже створення архітектури взаємодії між дронами у групі напряму залежить від їх можливостей отримувати дані з навколишнього середовища, аналізувати їх та приймати самостійні рішення.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У сучасному інформаційному просторі не існує чіткої системи рівнів автономності, розробленої для БПЛА, тому для класифікації використовують систему з 6 рівнів (від 0 до 5), запропоновану Міжнародною організацією із стандартизації (ISO) для визначення рівня автономності автомобілів [3].

Метою даної роботи є розгляд класифікації БПЛА за рівнем автономності, оцінка відповідних можливостей дронів, аналіз наявності обмежень для ройового використання, а також дослідження залежності архітектури рою БПЛА від їх рівня автономності.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Першим трьома рівнями (від 0 до 2) відповідають БПЛА, що потребують постійної участі людини-оператора. В них використовуються системи, що полегшують керування, проте необхідним є постійний аналіз ситуації ззовні.

Рівнями автономності 3-5 відповідають БПЛА, що вже здатні рухатися самостійно та аналізувати дані, отримані з навколишнього середовища. Керування дронами 3 та 4 рівнів може бути при необхідності переданим людині, у той час як рівню 5 відповідають БПЛА, які працюють виключно в автономному режимі.

Рівень 0. При нульовому рівні автономності жодна функція не виконується дроном самостійно. Виконання всіх задач, включно з утриманням висоти та необхідної швидкості польоту, покладається виключно на оператора. Такі БпЛА дуже рідко зустрічаються у сучасному світі та не призначені для ройового використання. Переважно, це іграшкові, застосовувані для перегонів або найпростіші БпЛА, навантажені камерами для фото- чи відеозйомки. Успішно керувати таким дроном може лише досвідчений оператор.

Рівень 1. На першому рівні автономності забезпечені найпримітивніші функції, які може самостійно виконувати БпЛА: утримання висоти або швидкості польоту. Можливим є інтегрування у систему орієнтації дрона супутникових та/або інерціальних навігаційних засобів, отримані дані з яких аналізуються людиною або наземною станцією управління [4]. Реалізація всіх задач (від зльоту до посадки) покладається на оператора. БпЛА такого рівня автономності також можуть мати корисне навантаження у вигляді датчиків та камер, проте отриману від них інформацію вони не можуть аналізувати самостійно. Використовуються такі безпілотники у розважальній сфері, для спостереження за об'єктами, фото- та відеозйомки. Створення роїв з таких БпЛА є неможливим, що обумовлено їх недостатньою функціональністю.

Рівень 2. БпЛА другого рівня автономності вже можуть бути відносно самостійними і здатні рухатися згідно заздалегідь заданого маршруту без залучення оператора за умови відсутності завад на траєкторії польоту. Залучення людини необхідне для розпізнавання та уникнення перешкод у повітрі. Часто для подібних дронів автоматичною роблять їх підзарядку шляхом створення наземних станцій. Безпілотники даного рівня автономності добре справляються із задачами, для яких достатнім є рух згідно запланованої траєкторії і низька ймовірність виникнення перешкод. Такі дрони використовуються при картографуванні та дослідженнях поверхні землі.

Рої, що складаються з дронів 2 рівня автономності, використовують лише з розважальною метою – для світлових та звукових шоу. Траєкторія, швидкість та висота польоту кожного дрона визначаються заздалегідь, як і режим роботи бортових систем. Взаємодія між БпЛА у такому рою не відбувається.

Рівень 3. Третій рівень автономності БпЛА передбачає наявність системи розпізнавання перешкод додатково до усіх функцій, що мають дрони 2 рівня.

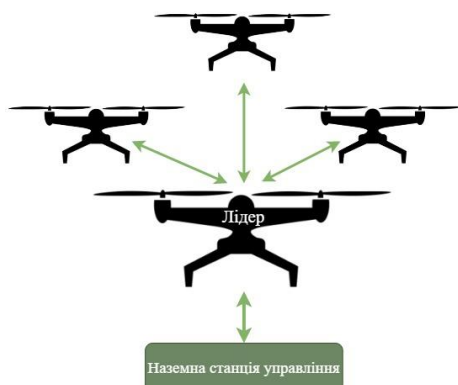


Рис. 1. Архітектура рою БпЛА з наявністю лідера

Це означає, що БпЛА вже може аналізувати навколишнє середовище, проте не приймає самостійних рішень на основі отриманих даних. При виявленні перешкод дрон інформує оператора про необхідність втручання та припиняє рух.

Першим варіантом комунікації рою БпЛА третього рівня автономності є взаємодія через дрона-лідера [5]. Людина або певна наземна система керує одним дроном (лідером), за яким рухаються усі інші члени рою (рис. 1). Кожен дрон має безпосередній зв'язок з лідером та не

може віддалятися від нього на більшу відстань, ніж радіус стабільного зв'язку. Для зменшення вразливості даної архітектури рою реалізується система вибору головного БПЛА при втраті зв'язку з попереднім лідером.

Іншим варіантом є реалізація системи керування роєм через наземний пункт управління (рис. 2). Кожен дрон передає всю наявну інформацію в командний центр для аналізу. Ці дані включають поточні координати БПЛА, надані від вбудованих навігаційних систем, швидкість, напрям та прискорення дрона, інформацію від корисного навантаження. Задача аналізу ситуації, в якій знаходиться рій у певний момент часу, покладається на центр управління. Також він передає кожному члену рою подальші команди. При реалізації архітектури такого типу взаємодія між БПЛА у рою не передбачена. Жодні рішення не приймаються на борту дрона.



Рис. 2. Архітектура рою БПЛА, у якому реалізований зв'язок кожного дрона з центром управління

Архітектури роїв БПЛА 3 рівня автономності є достатньо функціональними і можуть використовуватися для виконання задач в агросекторі, спостережень з метою забезпечення безпеки та картографії.

Рівень 4. Четвертий рівень автономності є найвищим для БПЛА, що існують на сьогоднішній день. Дрони такого рівня самостійно аналізують дані з навколишнього середовища, що надходять від встановленого корисного навантаження. Вони здатні приймати рішення про зміну маршруту в разі наявності перешкод, можуть виконувати задачі без надходження команд ззовні. Проте при виникненні нестандартних ситуацій часто не досягають поставленої мети. Ці дрони можуть керуватися як людиною, так і без її втручання.

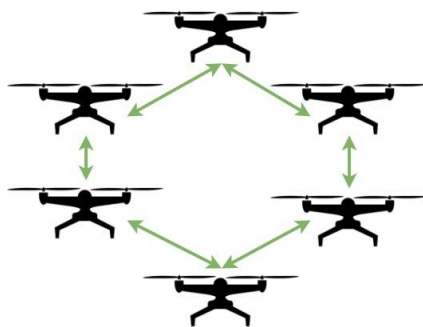


Рис. 3. Архітектура рою БПЛА без лідера та постійного зв'язку з центром управління

Основними задачею для подібних БПЛА сьогодні є пошук та слідування за певним об'єктом. Це може бути певний вид тварин, які є об'єктом дослідження, злочинці тощо.

Рої БПЛА 4 рівня також відрізняються своєю автономністю. Вони вже не залежать від наземної станції управління. Такі дрони здатні самостійно аналізувати інформацію та обмінюватися нею (рис. 3). Комунікація відбувається лише між найближчими членами рою задля збереження енергоресурсів та зниження вимог до бортового обладнання

БПЛА. Подібний рій може складатися з дронів різного типу та з різним корисним навантаженням. Задачі розподіляється між БПЛА відповідно до їх можливостей та цільових функцій.

При розробці системи взаємодії між БПЛА 4 рівня автономності часто використовують алгоритми, що існують у природі. Прикладами можуть служити мурашиний алгоритм, алгоритми рою бджіл, кажанів і навіть елементарних часток живих організмів. Усі вони використовують різні підходи до вирішення

задач, але мають схожі принципи: кожен учасник рою самостійно шукає спосіб виконання поставленої задачі, опираючись на досвід інших членів групи. При довготривалому виконанні алгоритму БпЛА скупчуються над однією або декількома найвигіднішими (найближчими, найбільшими, пріоритетними згідно початкових умов) цілями для виконання завдання.

Рівень 5. БпЛА 5 рівня автономності на даний момент існують лише в теорії. Передбачається, що вони будуть здатні самостійно виконувати поставлені задачі при будь-яких умовах. Такі БпЛА працюватимуть на основі технологій штучного інтелекту. Можливість керування ними оператором буде реалізована при необхідності й виключно у вигляді додаткової функції.

Передбачається, що система комунікації між членами рою таких БпЛА буде аналогічною до архітектури рою дронів 4 рівня автономності.

ВИСНОВКИ

Усі БпЛА можна класифікувати за шістьма рівнями автономності, ґрунтуючись на кількості функцій, які вони здатні виконувати самостійно. Враховується також необхідність залучення людини до керування дроном.

Чітко прослідковується залежність між рівнем автономності дронів та можливістю створених з них роїв. Дрони 2 та 3 рівня потребують контролю та аналізу інформації від наземної станції керування. БпЛА 4 рівня автономності можуть обмінюватися інформацією та приймати рішення самостійно.

Актуальним залишається питання створення БпЛА 5 рівня автономності, що повністю виконують поставлені задачі без втручання людини. Також активно ведеться пошук ефективних алгоритмів взаємодії між дронами у рою. Для різних сфер застосування використовуються різні архітектури рою та алгоритми комунікації між його членами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Tahir, A. Swarms of Unmanned Aerial Vehicles – A Survey / A. Tahir, H. Hagbayan, J. M. Boling, J. Piosila // *Journal of Industrial Information Integration*. – 2019. – V. 16. – 100106.
- [2] Petryk V. F. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices / Petryk V. F., Protasov A. G., Galagan R. M., Muraviov A. V., Lysenko I. I. // *Devices and Methods of Measurements*. – 2020. – 11(4). – pp. 272-278.
- [3] Alsadik, B. The Rise in UAV Inspections for Civil Infrastructure / B. Alsadik, F. C. Nex // *GIM International*. – Jun. 2021.
- [4] Морозов, М. А. Современная лазерная дальнометрия / М. А. Морозов, А. В. Муравьёв // *Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов*. – 2016. – 38 с.
- [5] Champion, M. UAV swarm communication and control architectures: a review / M. Champion, P. Ranganathan, S. Faruque // *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. – 2018. – 7(2). – pp. 93-106.

Наук. керівник – к.т.н., Муравйов О.В.

УДК 628.9.06

Д.С. Малащенко, студ. гр. ПМ-91, д.т.н., проф. Киричук Ю.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОСВІТЛЕННЯ ОСЕЛЬ МАЙБУТНЬОГО

Анотація. Ця робота присвячена погляду в майбутнє приладобудування з фокусом на освітленні осель майбутнього. Зокрема, у роботі розглядаються наступні тези: переваги використання енергоефективного освітлення для зниження витрат на електроенергію та зменшення викидів вуглекислого газу; сучасні технології світлодіодного освітлення, включаючи перовскітні діоди, та їхні можливості забезпечення якісного та енергоефективного освітлення; перспективність використання сонячних батарей для живлення освітлювальних систем; впровадження розумних систем управління освітленням на основі глибокого навчання для підвищення ефективності використання енергії; та використання електромобілів як джерела пікової потужності для забезпечення енергії освітлення будівель. Робота базується на вивченні сучасних наукових джерел та аналізі поточних тенденцій у сфері приладобудування та енергетики.

Ключові слова: приладобудування, енергоефективне освітлення, світлодіодне освітлення, сонячні батареї, розумні системи управління освітленням, зниження витрат на електроенергію.

ВСТУП

У світі, де екологічні питання стають все більш актуальними, еволюція систем освітлення (дивись рис. 1) не стоїть на місці, та розробники технологій приладобудування постійно працюють над вдосконаленням технологій освітлення. Розумне освітлення, використання світлодіодів та сонячних батарей, технології "розумного" контролю та датчиків руху та присутності - це лише деякі з напрямків, які допоможуть забезпечити ефективне та екологічне освітлення в будинках майбутнього.

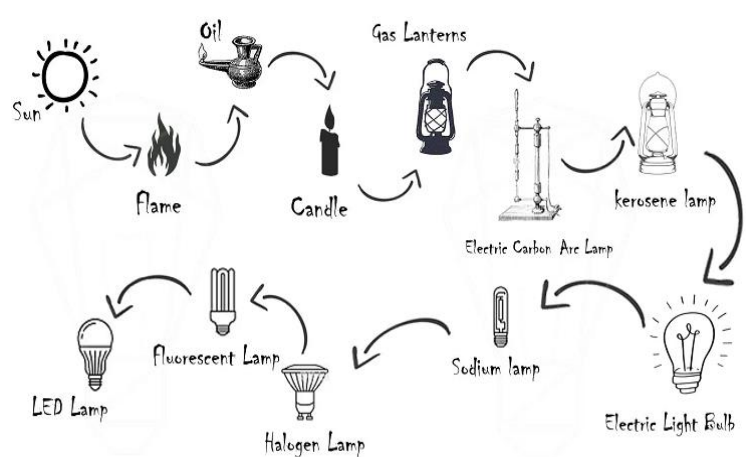


Рисунок 1. Ілюстрація еволюції систем освітлення.

Важливо також зазначити, що у майбутньому будуть розвиватися нові технології та матеріали, які допоможуть покращити якість освітлення. Наприклад, сучасні світлодіодні лампи вже дозволяють забезпечувати високий рівень освітлення при зниженні витрат електроенергії. Також розвиваються технології, які дозволяють забезпечувати високий рівень освітлення при мінімальному використанні електроенергії, наприклад, за допомогою сонячних батарей.

У майбутньому, приладобудування в сфері освітлення буде розвиватися за допомогою нових технологій та матеріалів, що дозволять ефективніше використовувати електроенергію, підвищувати комфорт та безпеку користувачів, забезпечувати оптимальний рівень освітлення в будинку та зменшувати вплив на довкілля.

ОСВІТЛЕННЯ ОСЕЛЬ МАЙБУТНЬОГО

1. Розвиток "розумного" освітлення[1]:

- Використання технологій "розумного" освітлення може знизити споживання енергії та витрати на електроенергію (дивись рис. 2);
 - Розумне освітлення може забезпечити більш комфортне та ефективне використання простору в будинку.
2. Використання світлодіодів (LED) в освітленні:
- Світлодіодне освітлення може забезпечити більш яскраве та ефективне освітлення при меншому споживанні енергії;
 - Використання світлодіодів може знизити витрати на обслуговування та заміну лампочок.

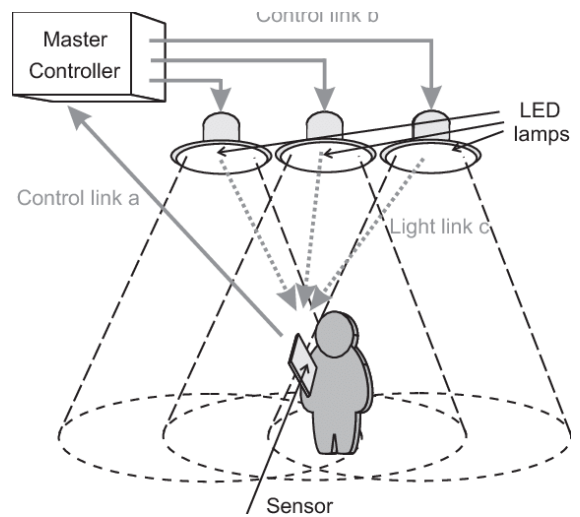


Рисунок 2. Ілюстрація системи «розумного» освітлення

3. Застосування сонячних батарей для живлення освітлення[2]:

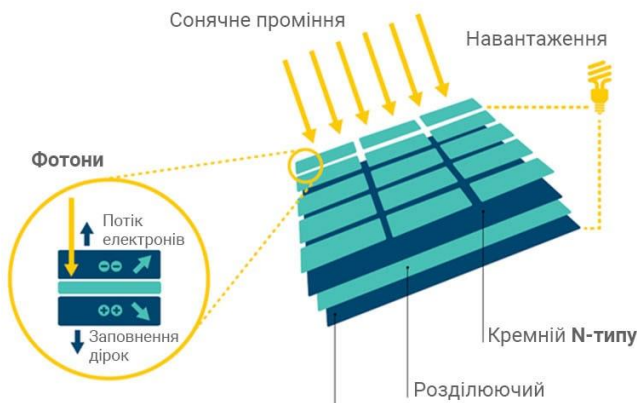


Рисунок 3. Ілюстрація принципу дії сонячних батарей

- Використання сонячних батарей для живлення освітлення (дивись рис. 3) може забезпечити незалежність від електромережі та знизити витрати на електроенергію;
- Застосування сонячних батарей може допомогти знизити негативний вплив на довкілля та покращити сталий розвиток.

4. Розвиток технологій "розумного" контролю освітлення[3]:



Рисунок 4. Зображення пульта керування технології "розумного" контролю освітлення

- Технології "розумного" контролю освітлення можуть дозволити зручно, за допомогою спеціального пульта (дивись рис. 4), налаштовувати освітлення залежно від погодних умов та часу доби;
- Розумний контроль може забезпечити оптимальне використання енергії та знизити витрати на електроенергію.

5. Використання технологій віртуальної реальності в освітленні:

- Використання технологій віртуальної реальності може дозволити

- налаштовувати освітлення залежно від напрямку руху людини в приміщенні та забезпечити оптимальний рівень освітлення;
 - Віртуальна реальність може забезпечити більш інтуїтивне та зручне управління освітленням.
6. Використання датчиків руху та присутності для ефективного управління освітленням:
 - Використання датчиків руху та присутності може знизити витрати на електроенергію та забезпечити ефективне використання простору;
 - Датчики можуть допомогти забезпечити комфортне освітлення в будинку та підвищити безпеку.
 7. Використання штучного інтелекту (AI) для оптимізації освітлення:
 - Використання штучного інтелекту може забезпечити ефективне управління освітленням в будинку та знизити витрати на електроенергію;
 - AI може аналізувати відомості про погоду, рух людей та інші фактори для забезпечення оптимального рівня освітлення в будинку.
 8. Розвиток "розумних" склопакетів для ефективного використання природного світла[4]:

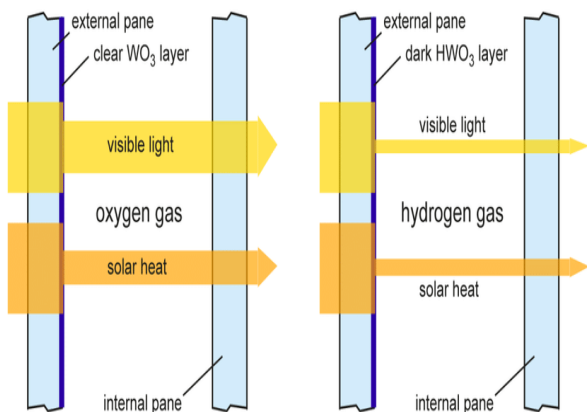


Рисунок 5. Ілюстрація роботи «розумних» склопакетів.

- Використання "розумних" склопакетів може забезпечити ефективне використання природного світла в будинку та знизити витрати на електроенергію (дивись рис. 5);
- Склопакети можуть забезпечити комфортний рівень освітлення в будинку та підвищити енергоефективність.

Таким чином, нові технології освітлення та приладобудування будуть спрямовані на ефективне використання електроенергії та розвиток нових технологій, які допоможуть забезпечити високу якість освітлення при мінімальних витратах. Штучний інтелект, датчики присутності та руху, "розумні" склопакети та інші нові технології відкривають нові можливості для покращення якості освітлення в будинках майбутнього.

Зрозуміло, що ще потрібно багато часу, зусиль та інвестицій для того, щоб ці ідеї були реалізовані повністю. Однак, з кожним роком розвиток технологій в цій галузі стає все більш активним, тож можна очікувати значного прогресу в ближчому майбутньому.

Нові можливості, які надають сучасні технології у приладобудуванні в сфері освітлення, можуть мати велике значення для енергоефективності та екологічності будівель. Застосування цих технологій дозволить зменшити витрати на електроенергію та знизити викиди в атмосферу. Крім того, якість освітлення буде значно покращена, що сприятиме підвищенню комфорту та

безпеки користувачів.

Отже, розвиток галузі приладобудування, з фокусом на освітленні осель, є важливою складовою розвитку технологій, яка має значний потенціал у поліпшенні якості життя людей, зменшенні витрат на енергію та захисті навколишнього середовища. Необхідно продовжувати працювати в цьому напрямку, шукати нові інноваційні рішення та інвестувати в розробку технологій, які забезпечать енергоефективне та екологічне освітлення в майбутніх будинках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Ponce, E., Rivera, F. G., & Núñez, A. (2021). Energy-Efficient Indoor Lighting Systems: A Review. *Energies*, 14(18), 6181.
- [2] Мисак Й. С. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. — Львів: вид-во Львів. політехніки, 2014. — 340 с.
- [3] Farahat, A., Salah, M., & Tantawy, H. (2021). A comprehensive review on advanced lighting systems and their control strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111454.
- [4] Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., & Dunlop, E. D. (2018). Solar cell efficiency tables (version 51). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 26(7), 427-436.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Киричук Ю.В.

УДК 681.269

*М.В. Медвідь, студ. гр. ПМ – п01, к.т.н., доц. Писарець А. В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ РОЗПОДІЛУ ВАГИ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ

Анотація. Неминучим супутником війни є збільшення кількості людей з обмеженнями рухливості. Тому нагальною проблемою країни є їх реабілітація та підтримка в адаптації до нових умов, що полягає у створенні та впровадженні автоматизованих систем-помічників. Такі системи ґрунтуються на біомаркерах людини (наприклад, відбиток пальця, сітківка ока, форма обличчя). Запропоновано структуру та алгоритм роботи системи керування на підґрунті фактора набутої унікальності людини – особливостей ходи.

Ключові слова: рухомий об'єкт, вага, контроль, автоматизований контроль.

ВСТУП

В країні триває війна, неминуче збільшується кількість людей з обмеженнями рухливості (ЛОР). Потреби в цих людей ті самі, що й в інших, а фізичні можливості обмежені. Це відбивається і на застосуванні «традиційних» інтерфейсів (клавіатура, тачскрін тощо). Для підтримки таких людей необхідно створювати та впроваджувати автоматизовані системи-помічники, які дозволять за допомогою нестандартних алгоритмів наблизити рівень їх життя до звичного.

Одним з напрямів розв'язання цієї задачі є створення так званого «підлогового» інтерфейсу, що ґрунтується на визначенні розподілу маси рухомого об'єкту.

Задача визначення розподілу маси рухомого об'єкту розв'язуються застосуванням систем зважування, які мають гнучке та варіативне застосування і вже давно поширені в транспортній логістиці, промисловості (для дозування та фасування), медицині, спорті.

Метою роботи є створення системи автоматизованого контролю розподілу ваги рухомого об'єкту.

СТРУКТУРА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ПЕРЕМІЩЕНЬ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ

Широкого застосування набули різноманітні системи спостереження за переміщенням транспорту, що використовують GPS координати, перетворювачі рівня пального та інших технічних рідин. Такі системи є засобом оцінки економічної виправданості використання певного транспорту, механізму, деталі або шляху, виду пального.

Іншим напрямком контролю за переміщенням рухомих об'єктів є використання ваговимірювальних систем [1 – 4].

У загальному випадку подібна система окреслюється вимірювальною частиною (первинні вимірювальні перетворювачі із стандартними вихідними інтерфейсами) та апаратним забезпеченням, що охоплює засоби зв'язку, живлення, зчитування, передачі та обробки вимірювальної інформації.

В якості первинних перетворювачів вимірювальної системи застосовуються:

- тензоперетворювачі (вимірюється деформація);
- волоконно-оптичні перетворювачі (за вимірюванням зміни інтенсивності

світла)

- перетворювачі навантаження (вимірюються зміни деформації в перетворювачі навантаження);
- лазерні системи.

Запропоновано створити систему керування на підґрунті фактора набутої унікальності людини – особливостей ходи, що базуються на розташуванні центру ваги, швидкості усталеного рівномірного руху тощо, які можна використовувати для прийняття певних рішень. Отже, для виявлення змін розподілу ваги доцільно використовувати ваговимірювальні системи.

Застосування таких систем дозволить отримати інформацію про те, як часто ЛОР змінює своє положення в просторі, за яким напрямом та швидкістю. Це допоможе визначити її ймовірні бажання та запустити виконання певних алгоритмів, застосуванням додаткового інтерфейсу, який розташовано у підлозі.

У такому випадку система складається з:

- первинного перетворювача сили у активний опір;
- мережі включення вихідного опору для подальшої інтерпретації у напругу;
- АЦП для отримання цифрового коду аналогового значення напруги;
- мікроконтролера для обробки інформації та генерування команд керування;
- засобів передачі даних (дротових або бездротових);
- ПЗ обробки інформації від первинних перетворювачів [5, 6].

Перетворювачі сили розташовані у шаховому порядку на робочих площинах. Коли рухомий об'єкт переміщується вздовж робочої площини, мікроконтролер за допомогою первинного перетворювача вимірює вагу. Дані з багатьох перетворювачів надходять до комп'ютера, де спеціалізоване ПЗ обробляє та аналізує інформацію з них, визначає тип об'єкта, розраховує швидкість та напрям його руху.

Одним із прикладів використання такої системи є відвідини ЛОР супермаркету. Робочі площини системи розташовуються поміж торговельних рядів. За профілем зміни розподілу ваги система визначає наявність ЛОР на площині, її координати відносно певних груп товарів. У випадку, якщо така людина потребує товар з полиці, до якої не має можливості дістатися, система це розпізнає та запропонує перейти до іншого ряду, де цей товар розташовано на доступнішому рівні, або викличе асистента.

Процес визначення потреб ЛОР (у наведеному прикладі – спроба дотягнутися до товару на полиці) являє собою складний математичний алгоритм, який враховує характер змін показань всіх перетворювачів робочої площини.

На відміну від інших інтерфейсів, тачскрінів, панелей доступу до підлоги будь-яка людина торкається доволі часто і, якщо доповнити аналіз її поведінки штучним інтелектом, то система може зреагувати швидше і надати більшу кількість сценаріїв.

У доповіді наведено узагальнену структуру запропонованої системи, алгоритм її функціонування та вимоги до її складових.

ВИСНОВКИ

В епоху стрімкого розвитку технологій, застосовувати їх потрібно для вдосконалення якості життя, зокрема людей з обмеженою рухливістю. Такі системи можуть стати частиною старт-міста, при цьому функціонують автономно і непомітно.

Узагальнена структура зазначених систем окреслюється сукупністю різноманітних технічних та програмних засобів, необхідних для виконання певних завдань.

Запропоновано автоматизовану систему на підґрунті чутливої підлоги, що відстежує зміну розподілу ваги рухомого об'єкту. У якості первинних перетворювачів зазначеної системи запропоновано використати тензоперетворювачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Ваги автомобільні “Динамічні”. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://technowagy.com.ua/products/vesy-avtomobilnye-dinamicheskie/>
- [2]Контрольно-сортувальна вага ТКС “Техноваги”. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://technowagy.com.ua/products/kontrolno-sortirovochnye-vesy-tks-tehnovagi/>
- [3]Калінін К. І. Спосіб поколесного зважування рухомих об'єктів, Патент України № 22542, МПК G01G 19/04. Опубл. 17.03.1998.
- [4]Дашевський Я. Т. Спосіб зважування рухомих об'єктів. Патент України № 17600, МПК G01G 23/00, G01G 19/04. Опубл. 06.05.1997.
- [5]А. В. Писарець, Є. В. Писарець, “Автоматизовані системи передачі показань від приладів обліку енергоносіїв. Частина 1”, *Вісник КПІ. Серія приладобудування*, Вип. 59(1), с. 95 – 101, 2020.
DOI: 10.20535/1970.59(1).2020.210037
- [6]А. В. Писарець, Є. В. Писарець, “Автоматизовані системи передачі показань від приладів обліку енергоносіїв. Частина 2”, *Вісник КПІ. Серія приладобудування*, Вип. 60(2), с. 79 – 86, 2020. DOI: 10.20535/1970.60(2).2020.221452

Наук. керівник – к.т.н., доцент Писарець А. В.

УДК 62-529

М.Ю. Підбуцький, студ. гр. ПМ-91, д.т.н., проф. Черепанська І.Ю.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО СОРТУВАННЯ ПЛОДІВ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

Анотація. В статті запропоновано інтелектуальну технологічну систему для автоматизованого сортування плодів овочевих культур (ІТСАС), зокрема огірків, та наведено її структурну схему. Пропонована ІТСАС є альтернативою відомим зарубіжним аналогам. Вона дозволяє здійснювати сортування плодів овочевих культур, зокрема огірків, з високою точністю, якістю та продуктивністю в автоматизованому режимі. Пропонована ІТСАС являє собою складну багаторівневу систему, що об'єднує сучасні технічні та програмні засоби автоматизації, зокрема штучні нейронні мережі, високоточні датчики (ультразвукові, ультрафіолетові, акустичні), сервоприводи тощо. ІТСАС побудована за модульним принципом з використанням уніфікованих складових, що забезпечує гнучкість, яка проявляється в її легкому перенастроюванні на роботу з іншими видами плодів овочевих культур, відмінних від огірків, а також забезпечує надійність, завдяки застосуванню таких технічних засобів автоматизації, які широко випускаються промисловістю відповідно до принципів взаємозамінності та стандартизації, мають покращені технічні показники та надзвичайно позитивно зарекомендували себе на ринку.

Ключові слова: автоматизоване сортування, штучні нейронні мережі, гнучкість, автоматизація, високоточні датчики, сервопривод.

ВСТУП

Усі сучасні підприємства існують у середовищі конкурентної боротьби за споживача. Це середовище формується постійно зростаючими вимогами до якості готової продукції згідно з міжнародними стандартами ISO 9001 [1], а також динамічністю та невизначеністю попиту на ринку. Вказане стимулює виробників до підвищення якості готової продукції. Одним із шляхів підвищення якості продукції сільськогосподарських підприємств, зокрема плодів овочевих культур, у тому числі огірків, є їх сортування у відповідності до показників якості визначених ISO 9001 [1] та ДСТУ 3247-95 [2]. З цих позицій, очевидно, що автоматизація сортування плодів овочевих культур в промислових масштабах є надзвичайно важливою та актуальною задачею, успішне вирішення якої дозволяє підвищити продуктивність виконуваних робіт, збільшити строки зберігання продукції, зменшити фінансові витрати та підвищити ефективність функціонування сільськогосподарських та харчових підприємств в цілому.

АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

Проведений аналіз сучасної бази автоматизованих засобів сортування плодів овочевих культур вказує на те, що перелік застосовуваних засобів, систем та технологічних комплексів є досить значним, всі вони мають різну якість, переваги та недоліки, а також базуються на застосуванні різних технологій і фізичних принципів роботи. Зокрема, найбільш відомими комплексами сортування плодів овочевих культур є оптичні технологічні комплекси, наприклад, RaytecVisionRainbow STD, виробництва Interempresas, Іспанія [3], комбіновані системи, наприклад, TOMRA 5B, виробництва Tomra, Норвегія [4] та інтелектуальні системи, наприклад, розробка японського інженера Макото Койке [5], у якій використовується Raspberry Pi 3 в якості основного контролера для отримання зображень огірків з камери, та штучні нейронні мережі (ШНМ) на TensorFlow.

Необхідно відмітити, що переважна більшість сучасних засобів для автоматизованого сортування плодів овочевих культур, які ґрунтуються на

застосуванні передових інформаційно-комп'ютерних технологій зокрема, штучного інтелекту, є зарубіжного виробництва. Тому вітчизняні аграрії змушені нести додаткові фінансові витрати на придбання дороговартісного зарубіжного обладнання, його ремонт та обслуговування, підвищення рівня професіоналізму робітників. З огляду на вказане, актуальність розробки вітчизняної конкурентно спроможної технологічної системи для автоматизованого сортування плодів овочевих культур з елементами штучного інтелекту є очевидною.

МЕТА РОБОТИ

Запропонувати автоматизовану технологічну систему сортування плодів овочевих культур, що буде конкурентно спроможною відомим зарубіжним аналогам.

ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО СОРТУВАННЯ ПЛОДІВ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

Альтернативою відомим системам автоматизованого сортування плодів овочевих культур зарубіжного виробництва може бути запропонована інтелектуальна технологічна система для автоматизованого сортування плодів овочевих культур (ІТСАС), яка знаходиться на етапі розробки.

Пропонована ІТСАС дозволяє здійснювати сортування плодів овочевих культур, зокрема огірків з високою точністю, якістю та продуктивністю в автоматизованому режимі. Вона являє собою складну трирівневу систему, що об'єднує сучасні технічні та програмні засоби автоматизації, зокрема ШНМ, високоточні датчики (ультразвукові, ультрафіолетові, акустичні), сервоприводи тощо. Структурна схема запропонованої ІТСАС представлена на рис. 1.

ІТСАС побудована за модульним принципом з використанням уніфікованих технічних складових, що забезпечує гнучкість, яка проявляється в її легкому переналадженні на роботу з іншими видами плодів овочевих культур, відмінних від огірків, а також забезпечує надійність, завдяки застосуванню таких технічних засобів автоматизації, які широко випускаються промисловістю відповідно до принципів взаємозамінності та стандартизації, мають покращені технічні показники та надзвичайно позитивно зарекомендували себе на ринку. При цьому, в ІТСАС використовується оригінальна ШНМ для автоматичного розпізнавання та класифікації плодів, зокрема огірків, що реалізована у вигляді спеціально розробленого програмного продукту. Крім того, запропонована ІТСАС може бути легко інтегрована у загальнопромислому виробничу систему, наприклад великих сільськогосподарських корпорацій.

І рівень представлений ультразвуковими, ультрафіолетовими, акустичними датчиками та виконавчими механізмами (на схемі показаний як ВМ), зокрема сервоприводом, наприклад, Siemens Sinamics S120 [6]. На цьому рівні формується вхідні вимірювальні сигнали з комплексу датчиків. Зокрема ультразвукові датчики, наприклад, SRF08 Ultrasonic Range Finder від Devantech, використовуються для визначення розмірів та форм огірків. Ультрафіолетові датчики, наприклад, TCS34725 RGB Sensor від Adafruit, призначені для визначення дефектів на поверхнях плодів, зокрема плям, гнилій, пошкоджень тощо.

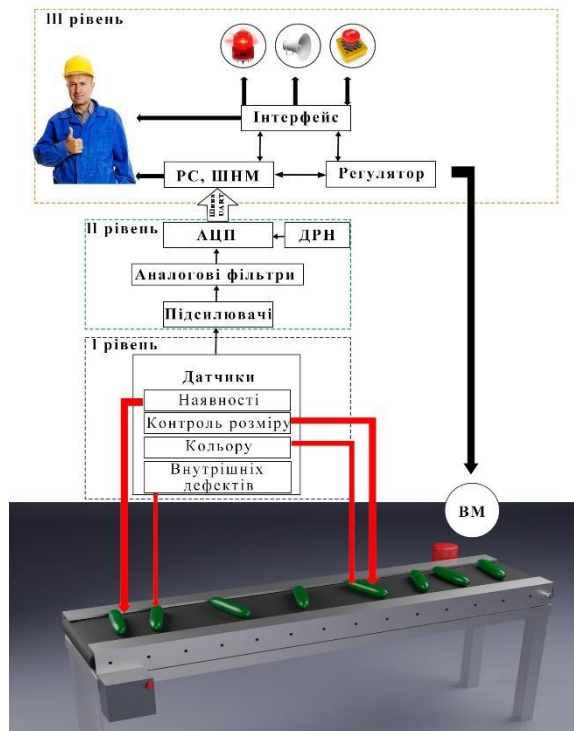


Рисунок 1. Структурна схема пропонованої ІТСАС

Акустичні датчики, наприклад, UltraTera UTX-3117 застосовуються для оцінки щільності внутрішньої структури огірків та перевірки на наявність пустот.

Сервопривод механічно з'єднаний з конвеєрною стрічкою для пересування плодів овочевих культур, зокрема огірків та переміщення їх у відповідні тари, згідно заздалегідь заданим параметрам якості (рис. 2) відповідно до вимог ДСТУ 3247-95 [2] і вибраковкою таких, що мають пошкодження, гнилі, пустотілості тощо.



Рисунок 2. Органолептичні показники якості огірків згідно ДСТУ 3247-95

Інформація від датчиків поступає на II рівень пропонованої ІТСАС, який представлений підсилювачами сигналу, аналоговими фільтрами, які використовуються для зменшення шуму та інших спотворень сигналу, аналогово-цифровими перетворювачами (АЦП) (наприклад, ADS1115 від Texas Instruments), який перетворює аналоговий сигнал від датчиків у цифровий код. Безпосередньо АЦП під'єднаний до дискретного регулятора напруги (ДРН) для стабілізації напруги на вході АЦП. Цифровий сигнал передається на наступний рівень пропонованої ІТСАС за допомогою інтерфейсу передачі даних, наприклад, шиною UART .

III рівень реалізований ШНМ для автоматичного розпізнавання та класифікації плодів, інтегрованою в операційну систему персонального комп'ютеру, у вигляді спеціально розробленого програмного додатку, інтерфейсом оператора, звуковими та світловими сигналами (сигналізацією) та кнопками керування («Пуск», «Стоп», «Аварійна зупинка»), що розташовані на пульті дистанційного керування. На III рівні виконується аналіз, диспетчеризація та візуалізація даних. Також оператор здійснює локальний контроль за функціонуванням системи, параметрами процесу.

Основним програмним засобом автоматизації, що використовується для обробки інформації в режимі реального часу. Розроблена ШНМ має архітектуру багат шарового перцептрона з відповідною кількістю вхідних та вихідних нейронів, згідно з умовою вирішуваної задачі. ШНМ навчена за методом «навчання з вчителем» та алгоритмом «зворотного поширення помилки».

ВИСНОВКИ

Таким чином, можна стверджувати, що пропонована ІТСАС є сучасною розробкою, яка має ряд наступних переваг:

- є конкурентно спроможною відомим зарубіжним аналогам;
- має високу точність та швидкодію;
- легке переналадження на роботу з іншими видами плодів овочевих культур, відмінних від огірків;
- має покращені технічні показники з точки зору надійності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Стандарт ISO 9001. Система управління якістю. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://academy.tms.ua/uk/sertificat-ua/standart-iso-9001-systema-upravlinnia-iakestiu-smia/> — 27.04.2023
- [2] ДСТУ 3247-95 Огірки свіжі. Технічні умови. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?iddoc=83954> — 27.04.2023
- [3] RayTecVision. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.raytecvision.com/mobile_en/sorting.asp — 27.04.2023
- [4] Tomra 5B. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.tomra.com/en/solutions/food/food-machines/tomra-5b> — 27.04.2023
- [5] Шинносукє Кубота Остання версія автоматичної сортувальної машини зі штучним інтелектом від фермерів, які вирощують огірки / Шинносукє Кубота // SmartAGRI. — 7. — 2020 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://smartagri-jp.com/smartagri/1579>
- [6] Сервопривід Siemens Sinamics S120. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://new.siemens.com/ua/uk/produkty/tekhnohiiyi-pryvodiv/sinamics/peretvoryuvachi-nyzkoii-napruhy-sinamics/servo-converter/sinamics-s120.html> — 27.04.2023 [0]

Наук. керівник – д.т.н., проф. Черепанська І.Ю.

Секція 5.
Інформаційно – вимірювальні
технології

UDC 621.317

M.O. Fediushkin, student gr. MT-20-1, p.h.d., doc. Krynytskyi O.S.
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

DEVELOPMENT OF A MEASURING SYSTEM FOR MONITORING THE ELECTRIC FIELD STRENGTH

Abstract. An overview of the technical characteristics of the sensor for measuring the electric field strength in the form of a multi-blade sensor was carried out. An analysis of the varieties of sensors for measurement is carried out and it is analyzed how the parameters related to the sensitivity are discussed in the field mill. The influence of the engine speed on the measurement results was studied.

Keywords: electric field sensing; atmospheric applications; closed type field mill; electric field mill.

INTRODUCTION

The development of electric field strength measurement systems for various scientific and technical devices has been widely studied in the past and continued now. This is especially due to the sharp increase in the use of high-voltage power lines for electricity transmission, for the need to estimate the electric field strength under them. Knowledge of this parameter at ground level or above it is of great importance because of the possible impact on health and safety during their operation [1,2]. Also, the measurement data can be used in the air to create a profile of the Earth's electric field for its further analysis for the possibility of mineral deposits and possible forecasting of possible lightning strikes and rapid changes in weather conditions [3].

Various types of sensitive electric field transducers have been developed for scientific and engineering projects. And they give either the value of the electric field in V/m, or the potential of the ground. The main sensing elements that can be inductive transducers, field mills based on charge storage and optical sensors.

An induction transducer measures the potential of a conductive plate or antenna that is placed in the measured field relative to ground fig 1, a. However, the use of such transducers for long-term measurements is not an effective solution due to their ability to accumulate charges of the surrounding space and the need for frequent repeated resetting. Since a difficult part of DC field measurement is the accumulation of random space charges near the sensors that interfere with the electric field measurement, most sensors are designed using oscillating or vibrating devices. Converting the DC electric field to an AC signal improves the measurement by minimizing the effects of space charge build-up and creating significant measurement error. Such devices work on the principle of alternating shielding or periodically directing the conductive plate to the measured field.

Common transducers of this type include the electric field mill (the sensor resembles a mill blade) fig.1, b and the cylindrical field mill (the sensor has a rotating cylinder) fig.1, c. The electric field is determined by measuring the modulated capacitive induced charges or currents sensed by the conducting electrodes. The complexity of the production process of existing electric field sensors, for example, a cylindrical field mill is not compatible with mass production. In addition, although the presence of space charge makes it difficult to measure the electric field, it is difficult for such a sensor to measure electric fields at ground level than at points above the ground using cylindrical field mills. While optical sensors offer fast response and low noise, they also offer limited dynamic range and require a complex and expensive

manufacturing process.

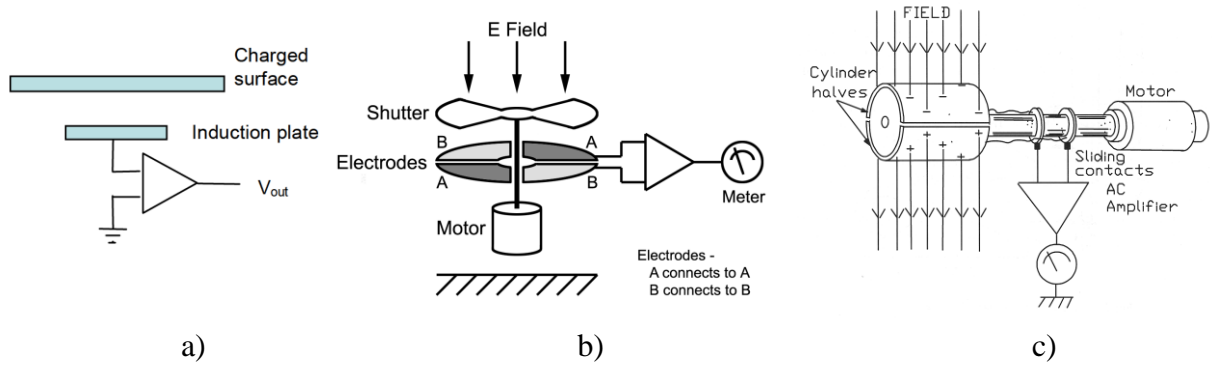
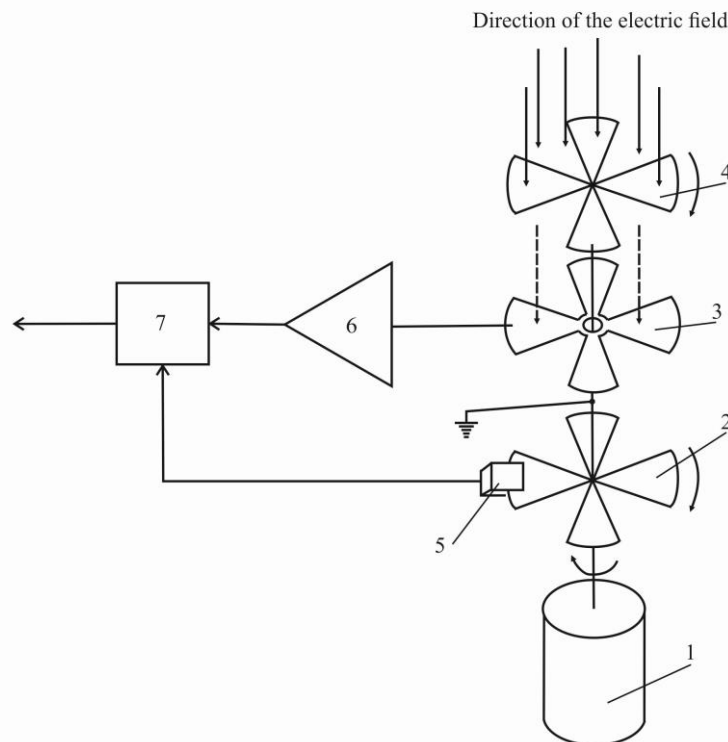


Figure 1. Schematic of a types of electric field sensors

This publication provides an overview of the characteristics of the electric field mill sensor and its most important parameters related to its sensitivity. The main goal of the presented work is to create a device that allows measurements of both low and high electric field intensity.

MATERIALS AND RESULTS RESEARCH

An electric field mill (or "generating voltmeter") was chosen as a sensor to measure the electric field strength. Let's briefly consider the principle of its operation, Figure 2 shows its main components.



1 – electric motor, 2 – reference rotor, 3 – stator, 4 – rotor, 5 – optical converter, 6 – pre-amplifier, 7 – phase-sensitive detector

Figure 2. The main components of the sensitive element

The design consists of a multi-bladed rotor that rotates over a sensitive plate that is immovably fixed and consists of sections that also resemble blades in shape, this plate is the stator fig. 2. As the rotor rotates, each stator blade is exposed to the surrounding electric field in turn. The charge induced on each stator blade under the

influence of the electric field is discharged when the rotor blade coincides with the stator blades. The induced current signal is recorded on the stator and transmitted to the pre-amplifier and then to the synchronous detector. The rotor is held at ground potential by a conductive metal brush that rubs against its shaft. The reference rotor below is aligned with the upper rotor and passes through an optical sensor. The signal from the optical sensor provides a reference signal that is used for synchronous detection of the stator signal. The field transducer operates at ground potential so that the incident electric field is perpendicular to the surface of the sensing plate.

The time-varying capacitance $C(t)$ is produced by the change in the effective area of the stator blades as they are periodically exposed to a high voltage source and protected from it by the rotating rotor. The time-varying capacitance causes an alternating current $i(t)$ to flow through the stator to ground:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = \frac{d(CV)}{dt}. \quad (1)$$

In our case, the capacity changes over time as follows:

$$i(t) = \frac{dV_b C(t)}{dt}. \quad (2)$$

The number of blades n on the rotor and stator determines the frequency of the output signal of the impeller. By increasing the number of blades, n , the frequency can be increased:

$$n = n f_d, \quad (3)$$

where: f is the frequency of the signal or "cut off frequency" n - the number of blades on the rotor and stator f_d - the frequency of rotation of the motor shaft.

Thus, an increase in the signal frequency can be achieved either by increasing the engine speed or by increasing the number of blades on the rotor-stator pair.

Since we are measuring low-level current signals, there is an effect of leakage currents on the amplifier. The use of protective techniques is essential to realize the accurate current measurement that can be obtained with high-quality operational amplifiers. Leakage currents can reach the input of the amplifier through the surface of the printed circuit board. For example, two copper tracks 1 mm apart in parallel, 25 mm long, have a leakage resistance of about 10^{11} ohms. This means that if a 15V supply is applied to one of the tracks and the other track is the input of the amplifier (which is close to ground potential), the leakage current will be approximately 150pA, which will be applied to the input of the amplifier. If the surface of the printed circuit board is contaminated with dust or small solder particles, the leakage current will increase.

To protect against such effects, it is recommended to use a technique that is implemented as follows by applying a protective potential to the outer side of the insulation surrounding the sensitive area, which is controlled by a low-resistance source. The protective potential must be the same as the potential of the input conductor it is to protect. In this case, the protective track must surround and have an inverted signal on the input track on both sides of the PCB.

For this study, the range of engine speeds that the device would allow before significant errors were introduced into the readings was also determined. The developed device was operated at various engine speeds and the modulation frequency

was recorded using a digital frequency counter connected to the reference signal channel. At each frequency, the electric field readings were recorded in the electrostatic field. The results of the experiment are shown in fig. 3.

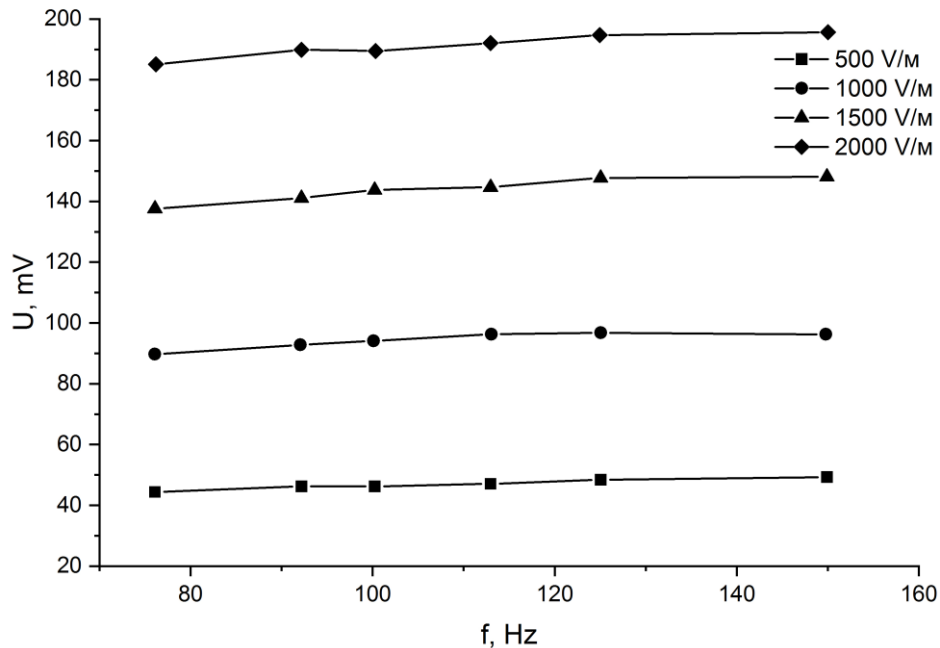


Figure 2. Change of the electric field u from the modulation frequency f

The nominal operating frequency of our device is 150 Hz, and from the dependency analysis it is clear that a drop in engine speed of up to 17% will be acceptable. This factor should be taken into account during autonomous operation of the device.

CONCLUSIONS

This paper reviewed the parameters related to the sensor sensitivity of an electric field mill, as well as the parameters that affect its energy consumption. Design parameters that should be taken into account in the process of designing a measuring device were presented.

REFERENCES

- [1] Development of Field-Mill Instruments for Ground-Level and Above-Ground Electric Field Measurement under HVDC Transmission Lines / P.Maruvada, R. Dallaire, R. Pedneault // Trans. Power Appar. Syst. -1983.- 102- P. 738–744.
- [2] Development of a Wireless Sensor Network for Distributed Measurement of Total Electric Field under HVDC Transmission Lines. / Y.Cui, J. Lv, H. Yuan, L. Zhao, Y. Liu, H. Yang // Int. J. Distrib. Sens. Netw. – 2014. – 10 – P.850842.
- [3] A Low-Noise, Microprocessor- Controlled, Internally Digitizing Rotating-Vane Electric Field Mill for Airborne Platforms. /M. Bateman, M. Stewart, S. Podgorny, H. Christian, D. Mach, R. Blakeslee, J. Bailey, D.Daskar // J. Atmos. Ocean. Technol. – 2007. – 24. – P.1245–1255.

УДК 537.636

В.В. Андреев, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц. Самарцев Ю.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД ДАТЧИКІВ ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Анотація. Дана стаття присвячена огляду різних типів датчиків, що використовуються для вимірювання магнітного поля. Описано принцип роботи кожного типу датчиків, їх переваги та недоліки, а також сфери використання. У статті розглядаються такі датчики, як магнітооптичні датчики, магнітометри SQUID, датчики Холла, магніторезистивні датчики та інші. Стаття буде корисна фахівцям, студентам та дослідникам у цій галузі.

Ключові слова: вимірювання магнітного поля, магнітні датчики.

ВСТУП

Магнітні поля можуть бути знайдені скрізь, починаючи від земного магнітного поля, що оточує планету, до магнітних полів, створених електричними пристроями та іншими технічними засобами. У зв'язку з цим, вимірювання магнітного поля має велике значення в багатьох галузях науки і техніки, таких як металургія, енергетика, медицина, електроніка, аерокосмічна техніка та інші.

Застосування таких датчиків може бути досить широким, включаючи вимірювання магнітних полів, що генеруються електромагнітами, магнітними матеріалами або навіть мозком людини.

Датчики вимірювання магнітного поля можуть бути дуже різними, в залежності від їх конструкції та принципу дії. Наприклад, датчики залежно від принципу дії можуть бути базованими на галузевих ефектах, магнітній індукції, ефекті Холла або супутніх явищах.

МЕТА РОБОТИ

Магнітні поля є складними для вимірювання, але вони грають важливу роль в різних галузях, включаючи промисловість, науку та медицину. І датчики магнітного поля є незамінними пристроями для вимірювання цих полів.

Метою цієї статті є надання огляду різних типів датчиків вимірювання магнітного поля, їх принципу роботи та характеристик. У статті будуть розглянуті основні типи датчиків, такі як датчики на основі ефекту Холла, датчики на основі ефекту магніторезистивності, магнітооптичні датчики та феррозондові датчики. Крім того, метою є дати загальне розуміння того, як ці датчики використовуються в різних галузях, включаючи науку, медицину, технології та промисловість.

ОГЛЯД ТИПІВ ДАТЧИКІВ ВИМІРЮВАННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

У цьому розділі описані 11 типів датчиків вимірювання магнітного поля разом з прикладами їх використання.

1. Феррозондовий датчик магнітного поля - це датчик, який використовує ферромагнітний матеріал для вимірювання магнітного поля. Датчик складається з ферромагнітного сердечника, на який нанесені дві намотки – вимірювальна і збудження. Коли сердечник піддається впливу зовнішнього магнітного поля, його легше наситити в напрямку цього поля та важче в протилежному. Це викликає зміну напруги в вимірювальному намотуванні. Обробивши напругу,

яка виникає, визначають величину та напрям компоненти магнітного поля вздовж сердечника. Феррозондові датчики особливо використовуються у військових цілях, а також у геології та археології. Типові продукти включають феррозондові компаси та градіометри [1].

2. Магнітометр із пошуковою котушкою - це датчик магнітного поля, який використовує магнітну індукцію для вимірювання інтенсивності магнітного поля. Зазвичай такий магнітометр складається з котушки, яка випромінює змінне електричне поле та стрижня з ферромагнітного матеріалу з високою магнітною проникністю всередині. Коли магнітне поле проникає через котушку, змінюється магнітний потік через кожен виток котушки, що викликає появу електричного струму у котушці, згідно з законом Фарадея. Цей струм може бути виміряний і використовується для визначення сили та напрямку магнітного поля. Магнітометри із пошуковою котушкою часто використовуються в дослідженнях магнітного поля Землі та в космічних дослідженнях [2].

3. Магніторезистивні магнітометри - це датчики магнітного поля, які використовують магніторезистивні матеріали, щоб виміряти зміну опору при прикладенні зовнішнього магнітного поля. Ці датчики зазвичай виготовляються з тонких плівок магніторезистивних матеріалів. Зміна опору відбувається через ефект магніторезистивності, що полягає у зміні електричного опору матеріалу при наявності магнітного поля. Магніторезистивні магнітометри можуть бути використані для вимірювання слабких і середніх магнітних полів, і вони зазвичай працюють у наднизькочастотному діапазоні. Вони широко використовуються в наукових дослідженнях, промисловості та вимірювальних пристроях.

4. Датчики на ефекті Холла - це електронні прилади, що вимірюють магнітне поле за допомогою ефекту Холла. Такий датчик складається з напівпровідникової пластини, на яку нанесена тонка металева плівка. При зміні магнітного поля на пластині виникає електричне поле, яке в свою чергу змінює опір металевої плівки. За допомогою вимірювання цього опору можна визначити магнітне поле. Датчики на ефекті Холла мають досить високу чутливість та точність вимірювань і застосовуються в компасах, магнітних датчиках у промисловості, електроенергетиці та інших галузях.

5. Магнітооптичні датчики - це прилади, що вимірюють магнітне поле за допомогою зміни оптичних властивостей матеріалу під впливом магнітного поля. Зазвичай вони складаються з оптичного волокна, на яке нанесена тонка магнітна плівка. При проходженні світла через такий датчик з'являється ефект Фарадея - зміна поляризації світла під дією магнітного поля. За допомогою вимірювання цієї зміни можна визначити магнітне поле. Магнітооптичні датчики мають досить високу чутливість та використовуються в різних галузях, таких як електроенергетика, металургія, медицина, наука та інші [3].

6. Магнітометри SQUID (Superconducting QUantum Interference Device) - це високочутливі магнітні датчики, які використовують квантові інтерференційні принципи для вимірювання слабких магнітних полів. Вони складаються з невеликого намагніченого кільця зі спеціальної кераміки, яке знаходиться в рідинному гелі, та з двох зв'язаних з ним квантових вузлів. При зміні магнітного поля, що проходить через намагнічене кільце, змінюється

магнітний потік через кожний з квантових вузлів, що призводить до зміни їхньої енергетичної структури. Це в свою чергу призводить до зміни квантової інтерференції між двома вузлами, що може бути виміряно. Завдяки цим принципам магнітометри SQUID можуть вимірювати магнітні поля з чутливістю до декількох фемтотесл. Вони знаходять широке застосування в медицині, металургії, нафтогазовій промисловості та інших галузях.

7. Магнітодіод - це напівпровідниковий прилад, який використовується для вимірювання магнітних полів. Він має п-н перехід, який залежить від магнітного поля. При зміні магнітного поля змінюється опір перехідної області, що призводить до зміни напруги на приладі. Магнітодіоди мають високу чутливість та широкий діапазон вимірювання магнітного поля. Вони використовуються в різних пристроях, таких як магнітні датчики, магнітометри та інші.

8. Магнітотранзистор є типом магнітного датчика, що використовується для вимірювання магнітного поля. Він має структуру транзистора з двома колекторами і здатний реагувати на магнітне поле. У магнітотранзисторі емітер і база леговані різними типами магнітних матеріалів, що дозволяє створити напівпровідниковий перехід з магнітної чутливістю. Якщо магнітне поле впливає на перехід, це в свою чергу впливає на струм, що протікає через колектори. Один колектор стає більш провідним, а інший менш провідним, залежно від напрямку та магнітної сили поля. Магнітотранзистори використовуються у різних застосуваннях, включаючи вимірювання магнітних полів, контроль руху, системи захисту від зламу, тощо [2].

9. Ядерно-прецесійний магнітометр - це прилад, який вимірює магнітне поле за допомогою ядерної прецесії. Ядро атома, поміщене в магнітне поле, починає прецесувати, або "захоплювати" магнітні поля, що приводить до зміни спіну ядра. За допомогою вимірювання цієї зміни можна визначити магнітне поле. Вони зазвичай використовуються у дослідженнях ядерної фізики та в дослідженнях з магнітними полями високої чутливості.

10. Магнітометр з оптичною накачкою - це високочутливий прилад, який використовує оптичний лазер для генерації індукованої змінної магнітної поляризації у зразку. За допомогою фотодетектора вимірюються зміни поляризації, які виникають при зміні магнітного поля. Магнітометр з оптичною накачкою використовують для вимірювання слабких магнітних полів, наприклад, у наукових дослідженнях або медичній діагностиці.

11. Волоконно-оптичний магнітометр - це пристрій для вимірювання магнітних полів, який використовує волоконно-оптичну технологію для передачі сигналів між датчиком і пристроєм вимірювання. Він працює на основі ефекту Фарадея, який полягає в зміні поляризації світла при проходженні через середовище з магнітним полем. Волоконно-оптичний магнітометр може вимірювати магнітні поля з високою точністю та чутливістю, тому він застосовується в наукових дослідженнях, медицині, промисловості та інших галузях.

ВИСНОВОК

З огляду датчиків вимірювання магнітного поля, можна зробити висновок про широкий спектр технологій та методів, які використовуються для вимірювання магнітного поля. Кожен датчик має свої переваги та недоліки, що залежать від конкретного застосування. Магнітометри SQUID є одними з найбільш чутливих та точних датчиків, але вони також є дуже витратними та вимагають спеціальних умов використання. В той же час, магнітодіоди та магнітотранзистори є більш доступними та менш витратними варіантами, але їхні характеристики не настільки точні як у SQUID. Крім того, волоконно-оптичні та ядерно-прецесійні магнітометри також є перспективними напрямками розвитку датчиків магнітного поля, які можуть знайти своє застосування в більш широкому спектрі галузей. Отже, вибір датчика магнітного поля залежить від конкретних потреб і вимог до точності та витрат на обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Dragana Popovic Renella, Sasa Spasic and Radivoje S Popovic, «Magnetic Sensors and Measurement», 30th Ewing Event: Magnetism Past, Present and Future Seminar, SENIS AG, 30 November 2016.
- [2] M. P. Sunil, «A REVIEW ON DIFFERENT TYPES OF MAGNETIC SENSORS», Journal of The Gujarat Research Society, Ramnagar District, Karnataka, Volume 21 Issue 10, October 2019.
- [3] J. E. Lenz, "A review of magnetic sensors," in Proceedings of the IEEE, vol. 78, no. 6, pp. 973-989, June 1990, doi: 10.1109/5.56910.
- [4] Осадчук, Я., Осадчук, А., Осадчук, В., & Припула, М. (2022). ПРИЛАДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ. European Science, 1(sge09-01), 6–37. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2022-09-01-008>

Наук. керівник – к.т.н., доц. Самарцев Ю.М.

УДК 677.017

В.І. Артемчук, аспірантка гр. ПІ-11ф, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

БЕЗКОНТАКТНИЙ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕКСТИЛЬНИХ ПОЛОТЕН

Анотація. В наш час багато уваги приділяється підвищенню якості текстильної продукції, одним з основних технологічних параметрів якої є поверхнева густина. При цьому значення поверхневої густини текстильних полотен визначає як їх фізико-механічні характеристики, так і споживчі властивості. Для забезпечення оперативного контролю поверхневої густини текстильного полотна у ході технологічного процесу його виробництва доцільним є застосування безконтактного ультразвукового пристрою. Застосування запропонованого безконтактного ультразвукового пристрою дозволить підвищити ефективність виробництва за рахунок зменшення відсотку браку та економії сировини при виробництві текстильних полотен у нижньому полі допусків по поверхневій густині.

Ключові слова: текстильні полотна, амплітудно-фазовий пристрій, поверхнева густина.

ВСТУП

Одним з основних технологічних параметрів текстильних полотен на виробництві є поверхнева густина, що безпосередньо впливає на їх експлуатаційні та фізико-механічні характеристики. Для вимірювання поверхневої густини текстильних полотен можна використовувати ультразвукові пристрої, які містять корпус з формуючим каналом, співвісно встановлені випромінювач та приймач з п'єзоелементами для випромінювання та прийому ультразвукових коливань. За зміною амплітуди ультразвукових хвиль [1], які випромінюються та проходять крізь текстильне полотно можна визначати його поверхневу густина [2-4]. Для можливості вдосконалення адаптивних пристроїв контролю поверхневої густини текстильних полотен [5] до структури самого матеріалу доцільно за основний метод обирати амплітудно-фазовий.

ОПИС ПРОЦЕСУ РОБОТИ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВОГО ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕКСТИЛЬНИХ ПОЛОТЕН

Основною метою розробки амплітудно-фазового пристрою контролю поверхневої густини текстильних матеріалів (рисунок 1), є автоматичне адаптивне налаштування для забезпечення незалежності результату вимірювання поверхневої густини текстильних матеріалів від структури матеріалу (від переплетення, сировинний склад ниток та ін.).

Пристрій містить генератор синусоїдальної напруги 1 і генератор електричних прямокутних імпульсів 2, виходи яких з'єднані через ключ-модулятор (формує пакетів електричних коливань) 3 і вихідний підсилювач 4 з входом роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5 і входом роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 6. Вихід приймаючого п'єзоперетворювача 7 через вхідний підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення 9 і фазовий детектор 10 з'єднаний з другим входом блока обчислення різниці напруг 14, який підключений виходом до першого входу мікроконтролерного блока (МКБ) 20.

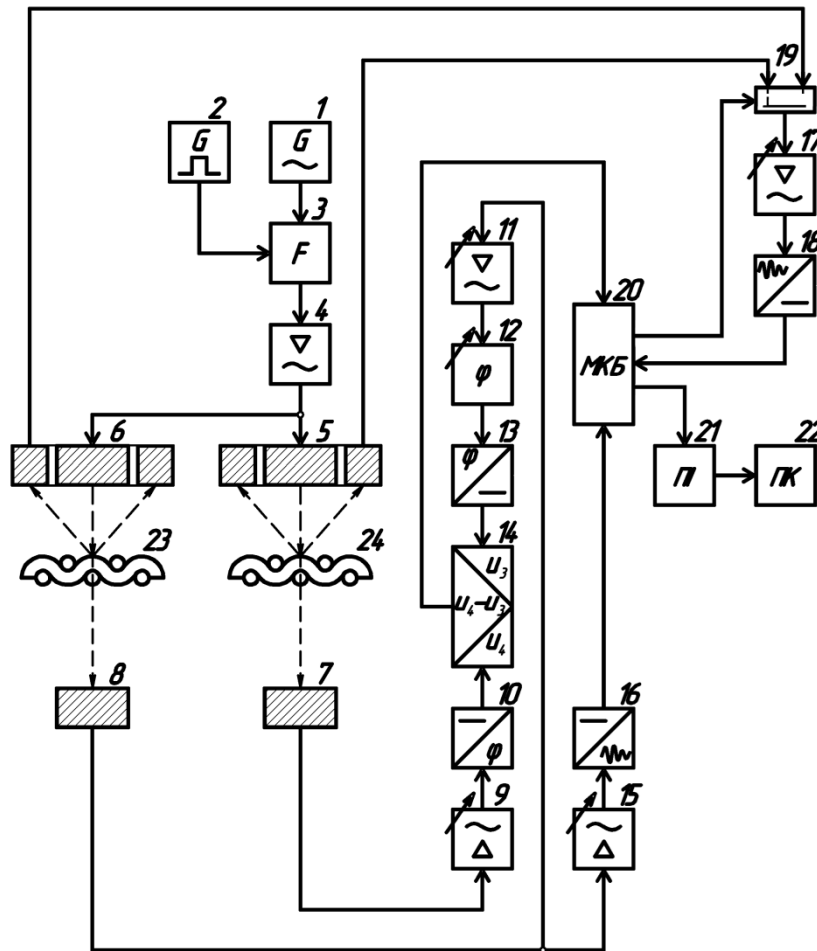


Рисунок 1. Структурна схема амплітудно-фазового пристрою контролю поверхневої густини текстильних полотен

Вихід приймаючого п'єзоперетворювача 8 з'єднаний через вхідний підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення 11, фазообертач з регульованим фазовим зсувом 12 і фазовий детектор 13 з першим входом блока обчислення різниці напруг 14. Також п'єзоперетворювач 8 через вхідний підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення 15 і амплітудний детектор 16 з'єднаний з другим входом МКБ 20. Вихід роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5 та вихід роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 6 з'єднані з входами мультиплексора 19, вихід якого підключений через підсилювач з регульованим коефіцієнтом підсилення 17 і амплітудний детектор 18 до третього входу МКБ 20. Цей блок додатково з'єднаний першим виходом з керуючим входом мультиплексора 19, також МКБ 20 другим виходом з'єднаний з входом перетворювача інтерфейсів (ПІ) 21, що з'єднаний з входом персонального комп'ютера (ПК) 22, еталонне текстильне полотно позначено позицією 23, а контрольоване текстильне полотно позначено позицією 24.

При зміні будь-яких параметрів навколишнього повітряного середовища та при зміні структури контрольованого текстильного полотна 24 пристрій буде адаптуватися до цих змін в процесі вимірювання. Таким чином, за допомогою запропонованого пристрою, за показами ПК 22 можна вимірювати величину поверхневої густини m_s текстильних полотен та абсолютної її зміни Δm_s .

ВИСНОВКИ

Запропонований безконтактний пристрій для вимірювання поверхневої густини текстильних матеріалів дозволить підвищити точність вимірювань, виключити вплив структури контрольованих текстильних полотен та вплив зміни параметрів навколишнього середовища на результат вимірювань. Застосування пристрою забезпечує безконтактне оперативне вимірювання поверхневої густини безпосередньо в технологічному процесі виробництва текстильних матеріалів та підвищення економічної ефективності виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Здоренко В.Г., Барилко С.В., Барилко О.В. Технологічний контроль текстильних матеріалів. Метрологія та прилади. 2017. № 5. С. 86–88.
- [2]Здоренко В.Г., Барилко С.В., Барилко О.В., Лісовець С.М., Лебедюк Т.В. Дослідження застосування ультразвукового безконтактного методу визначення технологічних параметрів для процесу ткацтва. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2018. № 4(67). С. 152–161.
- [3]Здоренко В.Г., Барилко С.В. Ультразвуковий контроль поверхневої щільності тканин. Вісник Хмельницького національного університету. 2012. №1. С. 82 – 88.
- [4]Лісовець С.М., Барилко С.В., Зенкін А.С., Здоренко В.Г. Контроль поверхневої густини текстильних матеріалів шляхом використання автоматизованої сканувальної системи. Метрологія та прилади. 2019. № 5(79). С. 52–55.
- [5]Здоренко В.Г., Барилко С.В., Лісовець С.М., Шипко Д.О., Дерій Ю.О. Застосування фазового і амплітудно-фазового акустичних методів для автоматизованого контролювання поверхневої щільності текстильних матеріалів. Стандартизація, сертифікація, якість. 2019. № 2(114). С. 86–94.

УДК 621.3.087.44

А.В. Бачинський, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., ст. викл. Годя О. Ю.
КПІ імені Ігоря Сікорського

СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ (ВИРОБНИЧОЇ) БУДІВЛІ

Анотація. В статті розглянуто необхідність створення системи вимірювання параметрів мікроклімату у промисловій будівлі та запропонований практичний варіант цієї системи. Розглянуто чинники впливу на організм людини у промисловій будівлі, та яким саме чином вони впливають на неї. Зазначено необхідні параметри для розробки системи, що буде відповідати державним стандартам України.

Ключові слова: система вимірювання параметрів мікроклімату, температура, вологість, виробниче приміщення.

ВСТУП

З кожним днем участь електронних пристроїв у повсякденному житті людини збільшується. Сьогодні, багато хто з нас користується системами пристроїв, що можуть вирішувати певні завдання без участі людини. Величезна кількість датчиків і сканерів у майбутньому будуть оточувати нас не лише вдома, а також у лікарнях, робочих місцях, закладах освіти тощо. Так звана «Розумна Система» дозволяє керувати не тільки температурою та вологістю у приміщенні, але ще й зчитувати дані з камер безпеки, вирішувати проблеми при виникненні надзвичайного стану, регулювати кількість CO₂ у приміщенні, регулювати рівень освітлення всередині будівлі та на вулиці. Вже зараз розумні системи можуть бути цілком самостійні та автономні – використовуючи як засіб живлення, наприклад, сонячні батареї.

Не винятком є і промислові будівлі, у яких завжди актуальними є проблеми попередження пожежі та підтримка комфортних для робітників параметрів мікроклімату, зазначених у ДСТУ ДСН 3.3.6.042-99 [1].

Відповідно до [1] виробниче приміщення - замкнутий простір в спеціально призначених будинках та спорудах, в яких постійно (по змінах) або періодично (протягом частини робочого дня) здійснюється трудова діяльність людей. Мікроклімат виробничих приміщень - умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням шляхом конвекції, кондукції, теплового випромінювання та випаровування вологи. Ці умови визначаються поєднанням температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, температури оточуючих людину поверхонь та інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінення.

У сучасних промислових будівлях за умовами виробництва необхідно підтримувати температуру, відносну вологість та інші параметри мікроклімату в певних межах. Ці параметри повинні відповідати стандартам, які вважаються комфортними для робочих умов, адже від цього напряму залежить якість вироблених товарів, здоров'я працівників підприємства та їх комфорт.

Проаналізувавши різні матеріали, наприклад [2], можна дійти висновку, яким чином параметри мікроклімату у промисловій будівлі впливають на робочий персонал. По ДСТУ ДСН 3.3.6.042-99 [1], наступні параметри підлягають вимірюванню:

Вимірювання температури: температура повітря є важливим параметром мікроклімату промислових будівель. Високі або низькі температури можуть

вплинути на здоров'я та продуктивність працівників. Недостатня температура може спричинити застуду працівників, що призведе до зниження продуктивності та таких захворювань, як грип та застуда.

Вимірювання відносної вологості: вологість також є важливим параметром мікроклімату промислових будівель. Низький рівень вологості може висушити шкіру, очі та слизові оболонки та створити електростатичний розряд, який може бути шкідливим для електронних компонентів. Висока вологість, навпаки, може викликати у працівників дискомфорт, знизити продуктивність і створити умови для розвитку цвілі та грибків.

Вимірювання температури поверхонь: температура поверхонь також може впливати на здоров'я та самопочуття працівників. Наприклад, гарячі поверхні можуть спричинити опіки та травми, а холодні – викликати дискомфорт і збільшити ризик застуди.

Вимірювання швидкості повітря: швидкість руху повітря також є важливим параметром мікроклімату промислових будівель. Надмірний потік повітря може викликати дискомфорт оператора та знизити продуктивність. Наприклад, коли працівники відчувають потік холодного повітря на шиї та спині, це може викликати дискомфорт і відволікати їх від роботи. З іншого боку, поганий потік повітря може призвести до нездорового повітря з високим вмістом вуглекислого газу, диму та інших шкідливих речовин.

Вимірювання УФ випромінювань: довготривалий контакт з УФ випромінюванням може призвести до пожовкості, пошкодження шкіри, раку шкіри та інших захворювань. Тому важливо вимірювати рівень УФ випромінювання у промисловій будівлі та вживати заходи безпеки для захисту працівників. Для зменшення ефекту УФ випромінювання можна використовувати спеціальні фільтри на вікнах або застосовувати покриття на поверхні приміщень, які зменшують проникнення УФ променів. Також можна встановлювати спеціальні лампи з низьким випромінюванням УФ в приміщеннях зі штучним освітленням.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

В статті представлено характеристики системи, яка буде забезпечувати вимірювання параметрів мікроклімату для комфортного перебування робітника у виробничій будівлі. Система вимірювання буде мати наступні характеристики таб. 1:

Таблиця 1. Метрологічні характеристики системи вимірювання мікроклімату виробничої будівлі

Вимірювання параметру	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювання
Температура повітря	-30 - 70 °C	Похибка вимірювання відносної вологості повітря 5,0 %
Відносна вологість повітря	15 - 95 %	Похибка вимірювання швидкості руху повітря 0,1 та 0,2 м/сек відповідно

Вимірювання параметру	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювання
Швидкість руху повітря	0,1-0,5 та 0,6-5,0 м/сек	Похибка вимірювання швидкості руху повітря 0,1 та 0,2 м/сек відповідно
Інтенсивність теплового (інфрачервоного) опромінення	10-20000	Похибка вимірювання інтенсивності теплового (інфрачервоного) опромінення 10%
Температура поверхонь	-30 - 100 °C	Похибка вимірювання температури поверхні 1,0 °C

Було проведено огляд існуючих рішень та аналогів. Прилад PCE-EM 890 (рис.1) дозволяє провести вимірювання більшості наведених вище параметрів. Прилад являє собою анемометр, термогірометр, висотомір, барометр і вимірювач УФ [3]



Рисунок 1 - PCE-EM 890 [3]

Прилад для вимірювання мікроклімату PCE-EM 890 - це пристрій для вимірювання умов навколишнього середовища. Анемометр підходить для технічних фахівців, моряків, фермерів і багатьох інших людей, які залежать від погоди або чия діяльність в значній мірі залежить від погоди [3]. Характеристики приладу наведені в таблиці 2.

Цей прилад не підходить для використання у системі, що має вимірювати мікроклімат по ДСН 3.3.6.042-99, адже він не вимірює температуру поверхні, та діапазон виміру температури недостатній. Тому проаналізувавши літературу, можна зробити висновок, що розробка свого приладу, що буде міряти усі ці параметри цілком доцільна.

Таблиця 2 - характеристики приладу PCE-EM 890

<i>Назва параметру</i>	<i>Діапазон вимірювання</i>	<i>Точність</i>
Температура змоченого термометра	-5,4...+49°C	Температура об'єктів, ±1,2 °C
Випромінення	0...1999 μW/m ² 2...20 mW/m ²	Швидкість руху повітря, ±3% від виміряного значення
Швидкість руху повітря	0.1...5.0	Випромінення, ±(4% від виміряного значення + 2 цифри)
Вологість повітря	10...95 %	Температура навколишнього середовища, ±1,2°C
Температура навколишнього середовища	0...+50°C	Вологість повітря, ±4% від виміряного значення в діапазоні до 70% в інших випадках ± 4 від виміряного значення +1,2%

ВИСНОВОК

В статті представлений один із варіантів системи для вимірювання мікроклімату для промислової будівлі. Проаналізувавши літературу та інші джерела, було виявлено небезпечні чинники, які можуть впливати на людину у промисловій будівлі, якщо не проводити виміри параметрів мікроклімату та не тримати їх у нормі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99МОЗ України, Голов.державн.санітарний лікар; Постанова, Норми від 01.12.1999 № 42 <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>
- [2] Управління Держпраці в Чернігівській області 19.04.2016 <https://oppb.com.ua/news/mikroklimat-vyrobnychyh-prymishchen-vplyv-parametriv-mikroklimatu-na-organizm-lyudyny>
- [3] https://pragmatic.com.ua/pce_em890#:~:text=%D0%94%D0%86%D0%90%D0%9F%D0%90%D0%97%D0%9E%D0%9D%20%D0%92%D0%98%D0%9C%D0%86%D0%A0%D0%AE%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF

УДК 621.1

В.І. Гмиря, студ. гр. ПА-91, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ ПАРИ ТА ВОДИ В ТРУБОПРОВОДАХ

Анотація. Представлені матеріали, що описують склад та принципи функціонування системи для вимірювання тиску пари та води в двоконтурних атомних електростанціях.

Ключові слова: джерело енергії, атомна енергетика, АЕС, тиск, датчик, система вимірювання.

ВСТУП

Людська цивілізація в процесі свого розвитку користувалася енергією завжди. Ще за давніх часів вчені почали вивчати найпростіший вид енергії – механічну – поступово виявляючи і інші види: електричну, електромагнітну, теплову, ядерну. В процесі відкриття нових видів енергії людство вчиться знаходити її джерела і вигадувати способи корисного використання. Природні джерела енергії прийнято поділяти на дві великі групи: невідновлювані (традиційні) та відновлювані (альтернативні) [1, 2]. Не відновлюваність таких ресурсів, як нафта, газ, вугілля змушує людство все частіше задумуватись про альтернативні джерела електроенергії – вітер, сонячне випромінювання, тепло земних надр. Однак не скрізь кліматичні та географічні умови дозволяють їх використовувати. В процесі розвитку знаходяться і технології, необхідні для цього. В той же час споживання енергії у світі зростає набагато швидше, ніж її виробництво. Все гостріше постає проблема нестачі копалин енергоресурсів та видобуток їх стає дедалі дорожчим. Обмежені і можливості будівництва нових гідроелектростанцій. Ведеться боротьба з парниковим ефектом, що накладає обмеження на спалювання нафти, газу та вугілля на теплових електростанціях. Вирішенням проблеми може стати активний розвиток ядерної енергетики. Атомна енергетика позбавлена і недоліків, наявних у альтернативних джерел енергії: витрати на виробництво сонячної батареї часто перевищують доходи від енергії, що отримується з її допомогою; вітряки мають невисоку потужність, високу вартість та екологічні обмеження, їх установка значно змінює ландшафт, а інфразвуковий шум, який вони виробляють, небезпечний для людей і тварин. На даний момент у світі намітилася тенденція, що отримала назву «ядерний ренесанс» [3]. Навіть найстриманіше прогнози МАГАТЕ кажуть, що до 2030 року на планеті може бути побудовано до 600 нових енергоблоків (зараз їх налічується понад 436) [4, 5]. На збільшенні частки ядерної енергетики у світовому енергобалансі можуть позначитися такі чинники, як надійність, прийнятний рівень витрат у порівнянні з іншими галузями енергетики, порівняно невеликий обсяг відходів, доступність ресурсів.

Суть роботи всіх сучасних електростанцій (виключення – сонячні) – це перетворення механічної енергії обертання валу генератора на електричну. Енергія обертання виробляється по-різному: у гідроелектростанціях – це обертання лопаток гідротурбіни, у вітроенергетиці – обертання лопатей вітрового колеса. Але найчастіше, генератори обертаються паровими турбінами, пара яких виробляється у парових котлах. На початку ХХ століття тепло для

котлів вироблялося спалюванням вугілля чи мазуту, а з середини ХХ століття з'явилася нова можливість отримання тепла в набагато більших обсягах із меншими витратами – використання енергії розпаду важких елементів. В атомному реакторі відбувається керована ядерна реакція розпаду ядер урану з виділенням великої кількості тепла, яке служить для вироблення електроенергії [6]. Розрізняють такі види атомних електростанцій (АЕС), як конденсаційні, теплофікаційні (АТЕЦ), атомні станції тепlopостачання (АСТ) і атомні станції промислового тепlopостачання (АСПТ). Ядерні реактори АЕС класифікуються за різними ознаками. За рівнем енергії нейтронів реактори поділяються на теплові (на теплових нейтронах) та швидкі (на швидких нейтронах). За видом уповільнювача нейтронів розрізняють водні, важководні, графітові реактори, а за видом теплоносія – водні, важководні, газові, рідкометалеві. Водоохолоджувані реактори класифікуються за конструктивним виконанням і бувають корпусними та каналними. З точки зору організації ремонту устаткування АЕС класифікуються за кількістю контурів. Число контурів вибирається з урахуванням вимог забезпечення безпечної роботи блоку за всіх можливих аварійних ситуацій. Збільшення числа контурів пов'язане з появою додаткових витрат у циклі та відповідно зменшенням ККД АЕС [7].

В системі будь-якої АЕС розрізняють теплоносії та робоче тіло. Робочим тілом, тобто середовищем, що здійснює роботу, перетворюючи теплову енергію на механічну, є водяна пара. Призначення теплоносія на АЕС полягає у виведенні теплоти, що виділяється в реакторі. Якщо контури теплоносія та робочого тіла не розділені, АЕС називають одноконтурною, якщо розділені – двоконтурною.

Метою статті є представлення підходів щодо розробки системи, яка б дозволила забезпечити безпечні умови вимірювання тиску пари у другому контурі охолодження АЕС.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розбудова атомної енергетики України почалась з вводу в експлуатацію першого енергоблоку Чорнобильської АЕС в 1977 році. Станом на теперішній час в Україні знаходяться в експлуатації 4 атомні електростанції з реакторами типу водо-водяний енергетичний реактор (ВВЕР) [8]: Запорізька, Рівненська, Хмельницька та Південно-Українська, на яких працює 15 ядерних енергетичних установок із загальною встановленою потужністю 13835 МВт [9].

Станом на теперішній час для енергосистеми України атомна енергетика є базовою. Так в 2021 році частка атомної генерації України збільшилася до 55 %. Тому актуальність наукових розробок в цій галузі енергетики залишається значною, особливо тих, які скеровані на підвищення безпеки – зняття теплоти, паливні системи безпеки, де людина може не брати участі у процесі і це не призведе до аварії, а радіоактивні речовини не вийдуть з реактора. До подібних належить і запропонована розробка. Її метою є створення на сучасній елементній базі вимірювальної системи тиску пари у трубопроводах другого контуру охолодження енергоблоків АЕС з виведенням результатів вимірювання на пульт управління.

Структурна схема системи наведена на рисунку 1.

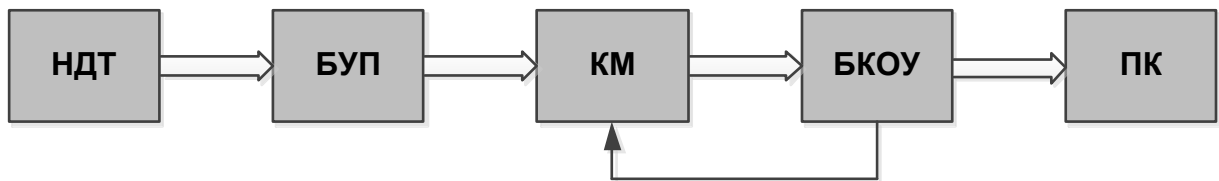


Рисунок 1. Структурна схема системи вимірювання тиску пари
НДТ – набір датчиків тиску; БУП – блок узгоджувальних пристроїв; КМ – комутатор каналів вимірювання тиску; БКОУ – блок кодування, обробки та управління; ПК – персональний комп’ютер

Структурну схему системи реалізовано на принципі послідовного опитування датчиків тиску. Робота системи відбувається у два етапи. Перший етап – вимірювальна процедура, яка містить перетворення тиску в електричний сигнал, комутацію вимірюваних сигналів, їх фільтрацію і перетворення аналогового сигналу в код. Другий етап – опрацювання прийнятої інформації БКОУ, передача результатів вимірювання та формування керуючих впливів на КМ для продовження виконання заданого алгоритму вимірювання.

Вимірювальні перетворювачі тиску перетворюють надлишковий тиск пари або води в електричний сигнал, а саме, в постійний струм. Вибір перетворювача із струмовим виходом зумовлений значною довжиною лінії зв'язку від датчика до електронного блоку (до 50 м). Узгоджувальні перетворювальні пристрої призначені для приймання струмового сигналу датчиків із ліній зв'язку, перетворення струму в постійну напругу, посилення його до необхідного рівня і аналогової фільтрації. КМ за сигналами керування від БКОУ забезпечує необхідний режим опитування датчиків – циклічний або довільного вибору (за зовнішнім запитом). З виходу КМ сигнал обраного вимірювального каналу у вигляді нормованої постійної напруги надходить на БКОУ, що містить вбудований АЦП, який здійснює перетворення вимірюваного сигналу в двійковий код. Далі цей код зчитується БКОУ, обробляється за заданим алгоритмом і передається послідовним інтерфейсом на вищий рівень системи керування енергоблоком АЕС. БКОУ працює з внутрішньою пам'яттю програм ПЗП і ОЗП, в яких зберігаються масиви даних і проміжні результати вимірювання.

Аналіз та розрахунок параметрів системи проводились за схемою, наведеною на рисунку 2.



Рисунок 2. Структурна схема каналу вимірювання тиску:
ВПТ – вимірювальний перетворювач тиску; УПП – узгоджувальний перетворювальний пристрій; КМ – комутатор; ФНЧ – фільтр нижніх частот; АЦП – аналого-цифровий перетворювач

Значення коефіцієнтів передачі та рівнів входних і вихідних сигналів кожного блоку визначені за допомогою рівняння перетворення вимірювального каналу

$$N_{вихP} \equiv P \cdot K_{ВІТ} \cdot K_{УІІІ} \cdot K_{КМ} \cdot K_{ФНЧ} \cdot K_{АЦП} \quad (1)$$

де $N_{вихP}$ – вихідний код АЦП, пропорційний вимірюваному тиску; P – значення тиску (вимірюваний параметр); $K_{ВІТ}$ – коефіцієнт перетворення датчика тиску; $K_{УІІІ}$ – коефіцієнт передачі узгоджувального перетворювального пристрою; $K_{КМ}$ – коефіцієнт передачі комутатора; $K_{ФНЧ}$ – коефіцієнт передачі ФНЧ; $K_{АЦП}$ – коефіцієнт передачі АЦП.

ВИСНОВОК

В статті представлений обґрунтований підхід щодо розробки на основі доступної елементної бази системи тиску пари у трубопроводах другого контуру охолодження енергоблоків АЕС. Застосування подібних систем сприятиме підвищенню безпеки роботи на АЕС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Нараєвський, С.В. Класифікація традиційних та альтернативних джерел і технологій отримання енергії / С.В. Нараєвський // Економічні науки. Сер.: Економіка та менеджмент. – 2012. – Вип. 9 (1.1). – С. 255–269.
- [2] Володарський, В.А. Система управління сонячною батареєю на базі однокоординатного сонячного трекеру / В.А. Володарський, М.В. Добролюбова // Погляд у майбутнє приладобудування : матеріали доповідей XII наук.-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 15-16 травня 2019. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 470-473.
- [3] Країна реальних реакторів / Українська правда. — Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/publications/2021/12/8/680476/> — 10.01.2023 р.
- [4] Power Reactor Information System / ІАЕА. — Режим доступу: <https://www.iaea.org/resources/databases/power-reactor-information-system-pris> — 10.01.2023 р.
- [5] PRIS. World statistics / ІАЕА. — Режим доступу: <https://pris.iaea.org/pris/countrystatistics/countrystatisticslandingpage.aspx> — 10.01.2023 р.
- [6] Ядерний реактор / Вікіпедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/> — 15.01.2023 р.
- [7] Типи АЕС та їх технологічні схеми / Електричні мережі. — Режим доступу: <https://leg.co.ua/info/spravka/tipy-aes-i-ih-tehnologicheskie-shemy.html> — 15.01.2023 р.
- [8] ВВЕР-1000 / Вікіпедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%95%D0%A0-1000> — 15.01.2023 р.
- [9] Діючі АЕС / UATOM. <https://www.uatom.org/zagalni-vidomosti> — Режим доступу: — 22.02.2023 р.

УДК 621.373

В.Д. Дащенко, аспірант гр. ПІ-21ф, д.т.н., Барилко С.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СУЧАСНИЙ СТАН МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ЩІЛЬНОСТІ МАТЕРІАЛІВ З ОДНОРІДНОЮ СТРУКТУРОЮ

Анотація. На сьогоднішній день існує багато методів вимірювання різних технологічних параметрів матеріалів з однорідною структурою. Однак вимірювання значення поверхневої щільності матеріалу з малою товщиною до 1 мм безконтактним методом, який буде безпечним для здоров'я людини та простим в реалізації є головним завданням, що забезпечить реалізацію оперативного контролю якості матеріалу. Тому спочатку необхідно проаналізувати сучасний стан різних методів вимірювання поверхневої щільності матеріалів з однорідною структурою для подальшого виконання поставленого завдання досліджень.

Ключові слова: неруйнівний контроль, поверхнева щільність, методи вимірювань, оперативний контроль.

ВСТУП

Поверхнева щільність для більшості матеріалів розраховується як відношення їх маси на одиницю площі їх поверхні. Вимірювання поверхневої щільності відіграє важливу роль на виробництві різних матеріалів включаючи папір, картон, плівку, фольгу та інші матеріали з однорідною структурою малої товщини до 1 мм, що може впливати на якість готової продукції. Сучасний стан методів та засобів вимірювання і контролю поверхневої щільності матеріалів передбачає переважно контактні та руйнівні методи визначення цього технологічного параметру в лабораторних умовах. Зазначене не дає можливості здійснювати, оперативний контроль в процесі виробництва. Тому важливо враховувати нові методи вимірювання технологічних параметрів, які можна застосувати для контролю поверхневої щільності різних матеріалів з однорідною суцільною структурою. Додатковою задачею є те, що це необхідно пов'язати із відповідним вибором методу обробки та інтерпретації результатів вимірів технологічного параметру в режимі реального часу безпосередньо на виробництві.

ЗАГАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЩІЛЬНОСТІ МАТЕРІАЛІВ

Неруйнівні методи контролю [1,2] не потребують вирізання зразків, руйнування готових виробів, таким чином призводять до зменшення матеріальних затрат. Для контролю поверхневої щільності різних матеріалів можна застосовувати такі неруйнівні методи: радіоізотопні, оптичні, емнісні, радіохвильові, пневматичні, фотоелектричні та ультразвукові.

Виконаний огляд існуючих і перспективних методів контролю поверхневої щільності однорідних за структурою та суцільних матеріалів показав, що з усіх методів найбільше за своїми характеристиками і можливостями підходять ультразвукові.

Відомо багато ультразвукових методів неруйнівного контролю (НК), деякі з яких застосовують у різних напрямках. Загалом ультразвукові методи ділять на дві великі групи – активні та пасивні методи (рисунок 1). Активні методи засновані на випромінюванні та поглинанні пружних хвиль, пасивні – лише на поглинанні хвиль, джерелом яких служить сам об'єкт контролю.

У свою чергу активні методи поділяють на такі підгрупи методів як: методи проходження хвиль, відбиття хвиль [3], комбіновані (які використовують як проходження хвиль, так і їх відбиття), імпедансні та методи із застосуванням різних частот інформаційних зондуючих сигналів.

Методи проходження використовують випромінюючі та приймальні перетворювачі, які розташовані по різні або по один бік від контрольованого виробу. Застосовують імпульсне або (рідше) безперервне випромінювання та аналізують сигнал, що пройшов через контрольований об'єкт.

При використанні безперервного випромінювання можуть відбуватися явища накладання перевідбитих хвиль від поверхонь датчиків та контрольованого матеріалу, розігріву п'єзокераміки, яка може втрачати свої робочі характеристики та можливості. Також можуть відбуватися й інші небажані негативні процеси при зондуванні поверхні матеріалу. Це ускладнює обробку вимірювального сигналу, тому доцільно застосовувати саме імпульсне випромінювання ультразвукових хвиль для подібного контролю.

Активні										Пасивні									
Ультразвукові методи бігучих хвиль							Спектральні			Імпедансний	Акустико-емісійний	Шумодіагностичний	Статистичні						
Заснова ні на проход- женні		Комбіно- вані		Засновані на відбиванні			Вимушених коливань	Вільних коливань											
Тіньовий амплітудний	Тіньовий часовий	Велосиметричний	Дзеркально-тіньовий	Ехо- тіньовий	Ехо-наскрізний	Ех-ометод	Ехо-дзеркальний метод	Дельта-метод	Дифракційно-часовий	Реввербаційний	Товщинометрія	Локальний	Інтегральний	Локальний	Інтегральний	Імпедансний	Акустико-емісійний	Шумодіагностичний	Статистичні

Рисунок 1. Неруйнівні методи контролю

До ультразвукових методів проходження можна також віднести: амплітудний тіньовий метод, часовий тіньовий метод, метод багатократної тіні, велосиметричний метод і т. д.

Для більшості галузей промисловості процеси контактного НК та вимірювання необхідних параметрів виробів, які мають відносно просту структуру давно є автоматизованими та виконуються з досить високою точністю та ефективністю.

Процеси відповідального безконтактного НК [4,5] та вимірювань поверхневої щільності на різних виробництвах повинні проводитися без використання ручної праці із великими трудозатратами, що переважно і відбувається на більшості підприємствах. Це пояснюється рядом проблем, які виникають при розробці більш ефективних засобів безконтактного НК поверхневої щільності різних матеріалів. Оскільки тільки за допомогою безконтактних методів та засобів у поєднанні з комп'ютеризованими системами можливо проводити оперативний контроль безпосередньо на виробництві.

ВИСНОВКИ

Підводячи підсумок можна сказати, що на сьогоднішній день існує багато методів та засобів неруйнівного контактного контролю, які можна застосовувати для вимірювання поверхневої щільності різних матеріалів з однорідною суцільною структурою. Разом з цим, також треба зазначити, що і досі не існує промислових безконтактних методів та засобів контролю цього технологічного параметру, за допомогою яких можна реалізувати простий оперативний моніторинг якості готової продукції за відхиленням поверхневої щільності матеріалу від встановлених регламентованих меж параметру в процесі виробництва. Це можна пояснити складністю обробки вимірювальної інформації, яка отримується за допомогою безконтактних перетворювачів вимірювальних засобів технологічного контролю. Зазначену задачу необхідно буде вирішити в процесі подальших наукових та експериментальних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Геворкян Е.С., Мельник О.М. Неруйнівні методи контролю якості: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – 42 с.
- [2] Сусліков Л.М., Студеняк І.П. Неруйнівні методи контролю: Навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2016. - 192 с.
- [3] Дослідження відбиття ультразвукових хвиль від одношарових текстильних полотен та двошарових текстильних пакетів із різним розміром пор [Текст] / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко, С. М. Лісовець, Д. О. Шипко, В. М. Василенко, Б. М. Палій // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2020. - № 4 (148). - С. 87-97.
- [4] Здоренко В.Г., Барилко С.В. Ультразвуковий контроль поверхневої щільності тканин. Вісник Хмельницького національного університету. 2012. №1. С. 82 – 88.
- [5] Здоренко В.Г., Барилко С.В., Лісовець С.М., Шипко Д.О., Дерій Ю.О. Застосування фазового і амплітудно-фазового акустичних методів для автоматизованого контролювання поверхневої щільності текстильних матеріалів. Стандартизація, сертифікація, якість. 2019. № 2(114). С. 86–94.

УДК 631.234: 628.8

Д.В. Дуваров, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., ст. викл. Годя О. Ю.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОНІТОРИНГ СИСТЕМ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ДЛЯ ТЕПЛИЦЬ

Анотація. Дослідження присвячено моніторингу систем клімат-контролю для теплиць. Технологічні рішення можуть відігравати значну роль в збереженні оптимальних умов вирощування в тепличних галузях в різні сезони і підвищенню екологічних показників за рахунок підтримки рівня нагріву, охолодження та вологості. Дослідження, представлені в цій статті засновані на і контролі даних, що впливають на клімат в теплиці, контролюючи та регулюючи теплову систему, систему вентиляції-зволоження, систему теплового рівня, систему рівня CO₂, систему примусової.

Ключові слова: моніторинг систем, клімат-контроль, теплиця,

ВСТУП

В сучасних умовах зміна клімату та дефіцит ресурсів призвели до потреб в інноваційній техніці в сільському господарстві. Для ефективної роботи теплиць бажано використовувати інформацію та технічні інновації з метою підвищення ефективності виробництва та стійкості врожаю [1].

На сьогодні спостерігається автоматизація клімат-контролю теплиць, для цього необхідно рухатись в напрямку нових рішень, де доступні безліч нових технологій.

В даному дослідженні розглянуто існуючі системи управління мікроклімату теплиці. Контроль мікроклімату теплиць є актуальною проблемою в сільському господарстві, через часто звичайні раптові щоденні зміни кліматичних умов і їх потенційно руйнівний вплив на ріст рослин. Теплиця - це складна термодинамічна система, де необхідно ретельно стежити за параметрами мікроклімату. Актуальними на даний момент параметрами вимірювання мікроклімату є температура ґрунту, повітря, відносна вологість ґрунту та повітря, рівень CO₂, освітленості, щоб сприяти росту рослин і виробництва [2].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Станом на теперішній час на ринку існує велике розмаїття систем управління параметрами мікроклімату. Подібні системи можуть використовуватись і в «розумних» будинках, і у виробничих приміщеннях, і в теплицях та оранжереях [1].

Інтернет речей (Internet of Things – IoT) для розумних теплиць стосується датчиків, пристроїв та інформації і комунікаційна інфраструктура для моніторингу в режимі реального часу, збору та обробки даних, щоб ефективно контролювати параметри в теплиці, такі як вплив світла, вентиляція, вологість, температура та рівень вуглекислого газу. Розглянемо першу систему клімат-контролю на основі IoT застосування до розумних теплиць, підкреслюючи переваги та можливості цієї технології в сільськогосподарському господарстві.

IoT складається з неоднорідного набору мереж, які підтримують зв'язок цих об'єктів [2]. Це далекі, низькошвидкісні мережі, які повністю присвячені комунікаціям між об'єктами. Також використовуються інші технології, такі як вузька смуга або LTE-m [2]. На рисунку 1 показано діаграму архітектури IoT для тепличних застосувань у розумному сільському господарстві.

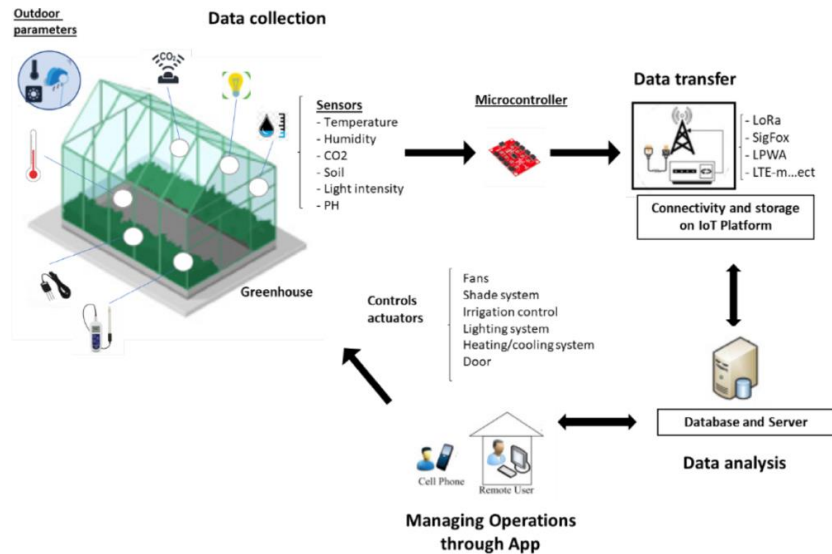
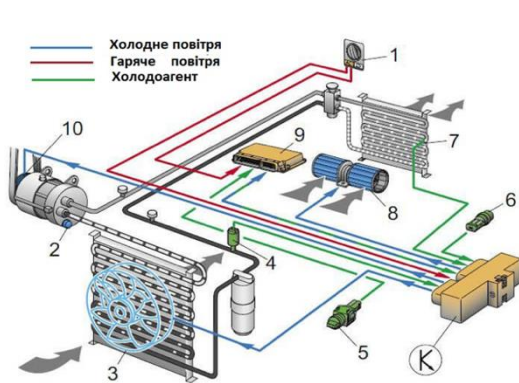


Рисунок 1. Загальна архітектура ІОТ для тепличних застосувань.

У сільському господарстві рішення ІоТ мають форму підключених до мережі датчиків для збору екологічних і механічних вимірювань [2]. Використовуючи різні інтелектуальні інструменти землеробства, фермери отримали більший контроль над процесом вирощування сільськогосподарських культур, що робить його більш передбачуваним [1].

Розглянемо другу систему клімат-контролю теплиці за допомогою програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК150 з необхідними датчиками та модулями для виконання контролю мікроклімату[3]. Така система регулювання кліматом (рис.2.) вдосконалює управління теплицею за рахунок індивідуального контролю за рівнем вологості, температури повітря та ґрунту, що дає змогу економії ресурсів та продуктивнішого функціонування теплиці [3].



1. Вимикач кліматичної установки;
2. Запобіжний клапан на компресорі;
3. Вентилятор для охолоджуючої рідини;
4. Манометричний вимикач кліматичної установки;
5. Клімат температури охолоджуючої рідини;
6. Термовимикач вентилятора радіатора охолоджуючої рідини;
7. Датчик температури випарника;
8. Вентилятор свіжого повітря;
9. Блок управління двигуном;
10. електромагнітна муфта

Рисунок 2. Складові частини системи клімат-контролю ОВЕН ПЛК150

Ця система клімат-контролю теплиці на основі програмованого логічного контролера дозволяє контролювати основні базові параметри для успішного догляду за рослинами, вимірює на досить точному рівні.

Розглянувши та проаналізувавши наведені вище та інші системи вимірювання мікроклімату, актуальним є розробка системи вимірювання мікроклімату для теплиць з наступними характеристиками (таблиця 1)

Таблиця 1. Системи вимірювання мікроклімату для теплиць

<i>Вимірювальні величини</i>	<i>Діапазон вимірювання</i>	<i>Похибка вимірювання</i>
Температура ґрунту та повітря	-30 до 60 °C, 5 до 99 %.	±3,0 %, ±1 °C
Відносна вологість ґрунту та повітря	15 до 100 % , -5 до 35 °C	± 1 °C, ±2%
Рівень CO ₂	0 до 2000ppm	± 5ppm
Освітленість	0-1500ммоль/м ² .	5 %

ВИСНОВКИ

Зміна клімату вже зараз є однією з найгостріших та актуальних тем в світі, її піднімають на багатьох конференціях, країни вкладають великі кошти в підтримку клімату на даному рівні. Але, незважаючи на все це, клімат продовжує змінюватись. Питання зменшення врожайності сільськогосподарської продукції хвилює багато країн, оскільки вже багато культур, що звикли рости у відповідних їм кліматичних поясах, не можуть плодоносити на тому ж рівні через підвищення середніх температур та інших змін. Щоб підняти врожайність та для отримання продукції цілий рік використовують теплиці. Для підвищення ефективної роботи теплиць бажано використовувати технічні інновації та системи з штучним інтелектом. В даній роботі проведено аналіз існуючих рішень побудови систем вимірювання мікроклімату, та запропоновано систему, яка буде вимірювати основні метрологічні характеристики теплиць

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Говард, Д.А.; Ма, З.; Веґе, С. ; Клаузен, А.; Аслінг, Дж.М. ; Jørgensen, V.N. Теплична промисловість 4.0. Цифрова подвійна подвійна технологія для комерційних теплиць. Інформування про енергетику. 2021. № 4 (37).
- [2] Хош-, М.; Моблі, М.; Азізі, М.; Вахдаті, К.; Григорян, В.; Тафазолі Е. Дослідження проблем теплиць та продуктів в Ірані. І.Р. Академія наук: Тегеран. Іран. 2017
- [3] Діордієв, В., Кашкар'єв, А., & Діордієв, О. (2018). АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ТЕПЛИЦІ. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 8(2). URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/27>
Наук. керівник – к.т.н., ст. викладач Года Ольга Юрїївна

УДК 502.211:631.5

В.В. Калюжна, аспірантка гр. ПІ-11ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ УЛЬТРАЗВУКОВИМИ (АКУСТИЧНИМИ) МЕТОДАМИ

Анотація. У статті розглянуто метод визначення щільності ґрунту за допомогою ультразвукової технології УВСЦГ. Описано принцип роботи методу, переваги та недоліки. Детально проаналізовано результати вимірювань щільності ґрунту методом УВСЦГ в різних умовах. Також висвітлено методи вимірювання щільності ґрунту, такі як ямковий, культиваторний та лабораторний. У статті наведено графік залежності точності вимірювань щільності ґрунту від частоти ультразвукових хвиль. Дана стаття є корисною для вивчення методів визначення щільності ґрунту та їхнього порівняння.

Ключові слова: ефективність, зернові культури, енергоефективність, соняшник, кукурудза, озима пшениця, енергозбереження, технології вирощування, агроекологія

ВСТУП

Щільність ґрунту є важливим фактором в будівельній і цивільній інженерії. Традиційно вимірювання щільності ґрунту проводилося за допомогою різних методів, таких як метод геометричного коефіцієнта, метод маси та метод випробувань. Однак, з появою нових технологій, з'явилися нові методи вимірювання, зокрема ультразвукові і акустичні методи.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначення щільності ґрунту є однією з найважливіших задач в будівництві та геології. На сьогоднішній день існує безліч методів, які дозволяють визначити щільність ґрунту, однак ультразвукові (акустичні) методи вважаються одними з найефективніших. У цій статті ми розглянемо один із існуючих варіантів інтегрованої вимірювальної системи (ІВС) з використанням ультразвукових методів для визначення щільності ґрунту.

Один із таких варіантів ІВС з використанням ультразвукових методів розроблений науковцями з України та відомий як "Ультразвукова вимірювальна система щільності ґрунту" (УВСЦГ). Ця система використовує методу звукової імпедансії для визначення щільності ґрунту, який базується на вимірюванні відбиття ультразвукових хвиль від поверхні ґрунту.

УВСЦГ складається з невеликого блоку для генерації та прийому ультразвукових хвиль, а також з комп'ютерної програми для обробки та аналізу отриманих даних. Система може бути використана для визначення щільності ґрунту на різних глибинах, від поверхні до глибини до 30 метрів.

УВСЦГ була випробувана в різних умовах та на різних типах ґрунту. Одним з важливих переваг цієї системи є її точність, яка може досягати до 95%. Крім того, використання ультразвукових методів дозволяє отримувати результати швидко та безпечно для довкілля.

Іншою перевагою УВСЦГ є те, що цей метод може бути використаний для визначення щільності ґрунту на глибинах до 50 метрів, що є значно глибше, ніж традиційні методи. Це дає можливість отримувати більш детальну інформацію про ґрунтові утворення та їхню щільність на значній глибині.

УВСЦГ також може бути використана для визначення інших параметрів ґрунту, таких як швидкість поширення ультразвукових хвиль, еластичні

властивості та деформації ґрунту. Це дозволяє отримувати більш повну картину про структуру та властивості ґрунту.

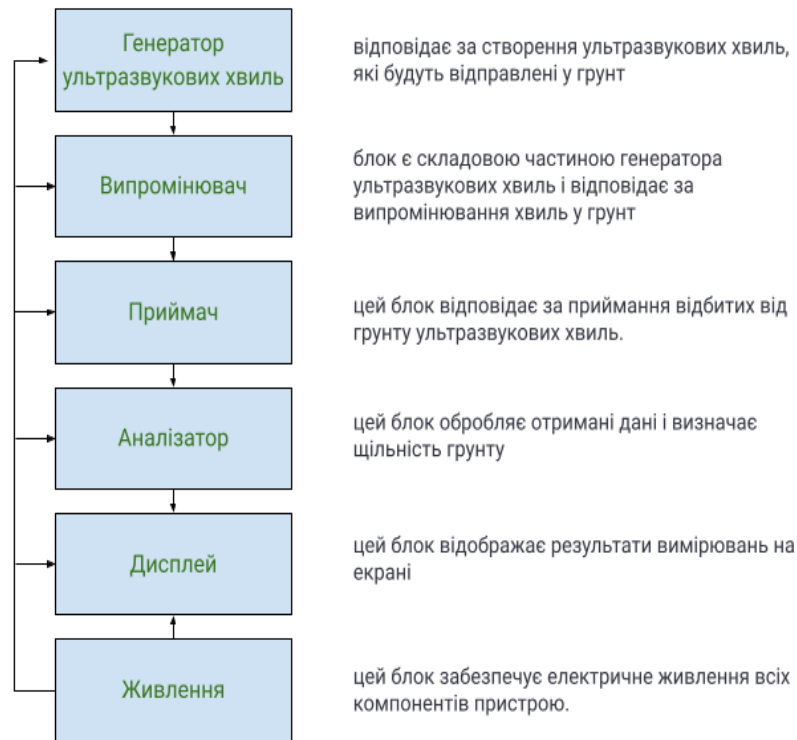


Рисунок 1. Блок-схема пристрою для проведення вимірювань щільності ґрунту ультразвуковим методом

Однак, необхідно відзначити, що ультразвукові методи мають свої обмеження та недоліки. Зокрема,

вони не є ефективними для визначення щільності ґрунту в зоні водяного насичення та на місцях з великими порами, такими як піски та гравії. Також, для використання УВСЦГ необхідно мати спеціальне обладнання та кваліфікованого оператора, що може бути додатковим фактором вартості та складнощів використання цього метод.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Таблиця 1. "Результати вимірювань щільності ґрунту методом УВСЦГ в різних умовах"

Тип ґрунту	Глибина, м	Частота, кГц	Щільність, г/см ³
Пісок	0.5	50	1.78
Глина	1.0	100	2.10
Суглинок	1.5	150	2.45
Гравій	2.0	200	2.90

Таблиця 2. “Зі зіставленням результатів вимірювань щільності ґрунту, проведених різними методами”

Метод	Глибина проникнення, м	Точність вимірювання, %	Час вимірювання, хв
Ультразвуковий	0-2	95	5
Ямковий	-	80	30
Культиваторний	0-0.3	70	10
Лабораторний	-	100	60

Ультразвуковий метод мав частоту хвиль 50 кГц, температуру 20 градусів Цельсія та вологість ґрунту 20%. Ямковий метод базується на заборі зразків ґрунту на різних глибинах та їх подальшому вимірюванні щільності у лабораторних умовах. Культиваторний метод передбачає використання культиватора для ослаблення ґрунту та вимірювання відстані між валками на ньому. Лабораторний метод вимірює щільність ґрунту шляхом зважування зразків ґрунту.

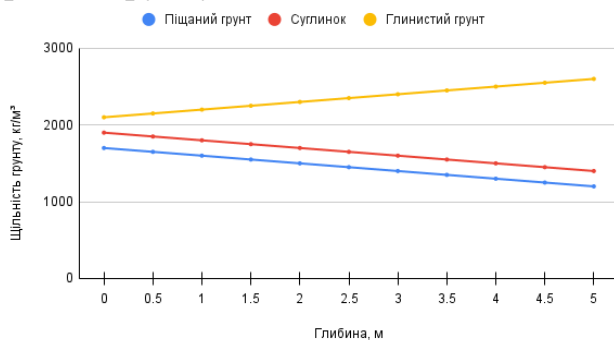


Рисунок 2. Графік залежності ґрунту від глибини ультразвукового проникнення

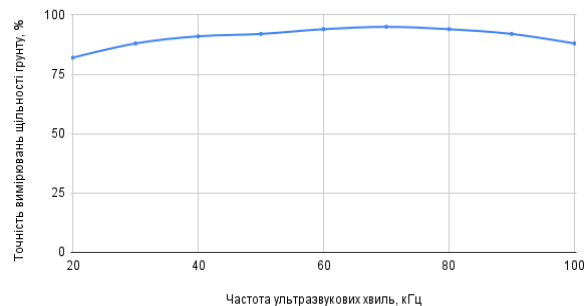


Рисунок 3. Графік залежності точності вимірювань щільності ґрунту від частоти ультразвукових хвиль

Графік може мати різні форми в залежності від використовуваних ультразвукових хвиль та характеристик ґрунту. Зазвичай, точність вимірювань збільшується зі зменшенням частоти ультразвукових хвиль, однак, при занадто низьких частотах, точність також може знизитися через зміну характеристик ґрунту.

Отже, графік залежності точності вимірювань щільності ґрунту від частоти ультразвукових хвиль є важливим інструментом для визначення оптимальних параметрів вимірювань щільності ґрунту з використанням ультразвукового методу.

ВИСНОВОК

Отже, висновуючи, можна сказати, що УВСЦГ є ефективним методом для визначення щільності ґрунту, який має свої переваги та недоліки. Використання цього методу може дати більш повну та детальну інформацію про ґрунті

утворення та їхні властивості на значній глибині, що може бути корисним для різних галузей, таких як будівництво, гірництво та аграрний сектор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Huang, A. B., Zhang, W., & Wang, C. (2017). Determination of soil compaction using ultrasonic wave technology. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(2), 347-356.
- [2]Pintilie, S. (2013). Acoustic methods for determining soil properties. In *Proceedings of the 9th International Conference on Measurement* (pp. 170-173).
- [3]Salgado, R., & Kim, D. (1994). Nondestructive testing for site characterization: State-of-the-art review. *Journal of Geotechnical Engineering*, 120(6), 1015-1039.
- [4]Sivaneswaran, S., & Mitchell, J. K. (1980). Acoustical measurement of density and velocity of soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 106(4), 421-437.
- [5]Козачук М. В., Кривошاپко С. В., Руденко В. П. Дослідження ґрунтового полотна за допомогою ультразвукового методу. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Гірничо-геологічна. - 2013. - Вип. 28. - С. 104-109.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Єременко В. С.

УДК 534.632

К. О. Кравченко, студ. гр. ПА-91
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МІКРОКОНТРОЛЕРНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ ПАРАМЕТРІВ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ

Анотація В статті розглянуто проблеми ідентифікації штучно створених рухомих об'єктів (автомобілів, мотоциклів, літаків, гелікоптерів, дронів та ін.) в умовах, коли візуальний контакт недоступний або недостатній для впевненого розпізнавання об'єктів. Наводяться приклади рішень які існують, але через певні причини їх використання обмежене або неможливе. Розглянуто один з варіантів рішення цієї проблеми, наведена структурна схема мікроконтролерного модуля аналізу параметрів звукового поля, описаний принцип її роботи, та більш детально розглядаються елементи цієї схеми.

Ключові слова: мікрофон, підсилювач, фільтри, компаратор, мікроконтроллер, монітор.

ВСТУП

При переміщенні у просторі штучно створених об'єктів (літаки, гелікоптери, автомобілі та інші транспортні засоби) часто виникають задачі їх ідентифікації та вимірювання параметрів руху. У випадках, коли об'єкт можна спостерігати візуально, ці задачі вирішуються достатньо просто за допомогою існуючих технічних засобів [1, 2].

При відсутності візуального контакту для спостереження за рухомими об'єктами використовують радіолокаційні станції [3]. Але, необхідною умовою їх надійної роботи є можливість прийняття станцією відбитого від об'єкту сигналу. В тих випадках, коли об'єкт рухається по поверхні Землі, або близько над нею, використання радіолокаційних станцій неможливо.

Крім того, при їх використанні досить складно ідентифікувати об'єкт, можливо лише визначити параметри його руху.

Слід зазначити, що просторове переміщення штучно створених об'єктів у більшості випадків супроводжується випромінюванням акустичних хвиль широкого спектру. Аналіз спектральної складової звукового випромінення об'єктів дозволяє впевнено їх ідентифікувати за характерною для кожного класу об'єктів смугою випромінюваних звукових частот.

МЕТА РОБОТИ

У зв'язку з цим, метою даної роботи є розробка мікропроцесорного модуля для аналізу параметрів звукового поля та ідентифікації на цій основі штучно створених рухомих об'єктів.

СТРУКТУРНА СХЕМА ТА ПРИНЦИП ДІЇ

Для реалізації поставленої задачі запропоновано структурну схему мікропроцесорного модуля, яка наведена на рисунку 1.

До складу запропонованого модуля входять наступні елементи: 1 – високочутливий мікрофон; 2 – широкосмуговий підсилювач; 3 – задатчик опорної напруги; 4...11 – широкосмугові фільтри; 12...19 – компаратори; 20 – мікропроцесорний контролер; 21 – пристрій відображення інформації.

Принцип дії наведеної на рисунку схеми полягає в наступному. При наявності рухомого об'єкту в зоні сприйняття модуля створювані об'єктом

звукові коливання мікрофоном 1 перетворюються в електричний сигнал. Електричний сигнал підсилюється широкосмуговим підсилювачем 2. З його виходу електричний сигнал у вигляді електричних коливань звукової частоти подається на смугові фільтри 4...11. Особливістю фільтрів є їх налаштування на певні смуги частот, що охоплюють весь діапазон звукових коливань.

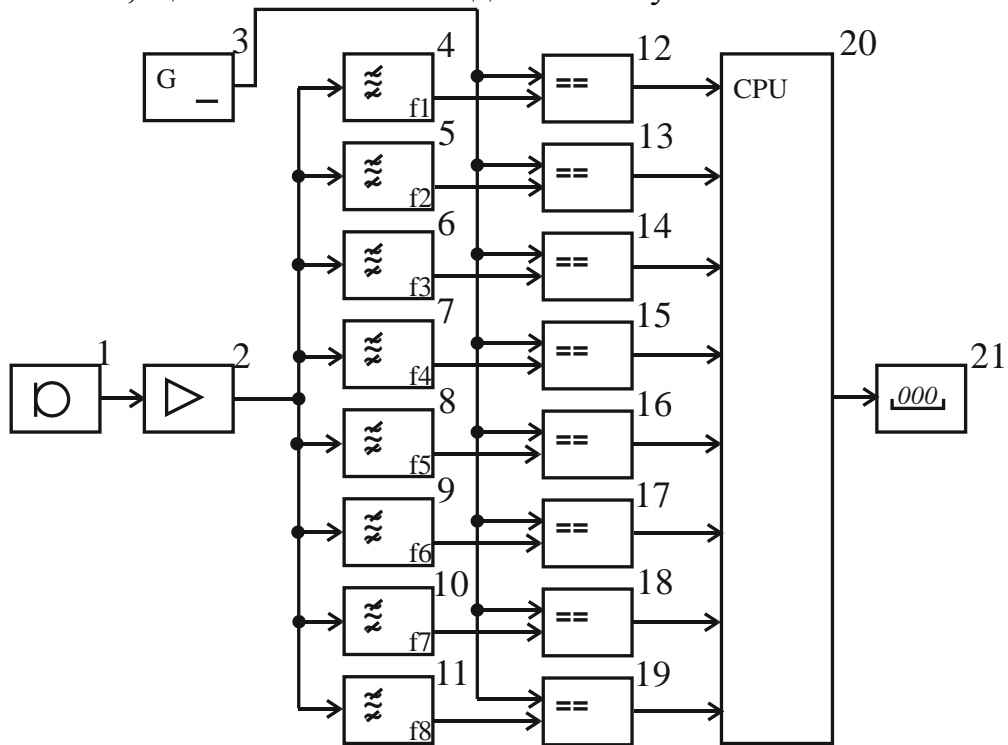


Рисунок 1 Структурна схема мікроконтролерного вимірювального модуля параметрів звукового поля

Так, фільтр 4, що має центральну частоту $f1=50$ Гц, виділяє сигнали в діапазоні від 20 до 80 Гц. Фільтр 5 з центральною частотою $f2=190$ Гц, виділяє сигнали в діапазоні від 80 до 300 Гц. Смуги пропускання частот фільтрів 6...11 відповідно становлять: 6 – 300...1200 Гц; 7 – 1200...2500 Гц; 8 – 2500...5000 Гц; 9 – 5...10 кГц; 10 – 10...15 кГц; 11 – 15...20 кГц. Таким чином забезпечується перекриття всього діапазону звукових частот з можливістю виділення певних ділянок спектру, що характерні для різних типів рухомих об'єктів. За необхідністю, смуги частот фільтрів можуть бути переналаштовані відповідно до реальних умов експлуатації.

З виходів фільтрів випрямлені електричні сигнали у вигляді напруги постійного струму подаються на перші входи відповідних компараторів. На другі входи компараторів подається постійна опорна напруга задатчика 3. Величина напруги задатчика обирається таким чином, щоб зменшити вірогідність хибних спрацювань від можливих завад та забезпечити надійне спрацювання компаратора при наявності сигналу певного діапазону частот. Таким чином на виходах компараторів формується восьмирозрядний код, що являє собою комбінацію логічних 0 та 1. Виходи компараторів підключені до восьмирозрядного порту вводу мікроконтролера 20. Записана в пам'ять мікроконтролера програма здійснює періодичне опитування порту вводу. При наявності в будь-якому розряді порту вводу (або декількох розрядах) сигналу

високого рівня дані з порту записуються в пам'ять мікроконтролера, водночас фіксується системний час прийняття сигналу. Після запису зчитаного байту програма порівнює його з попередньо збереженою в пам'яті таблицею відповідності. У разі співпадіння прийнятого коду з наявною в таблиці комбінацією формується сигнал ідентифікації рухомого об'єкту, який виводиться на пристрій відображення інформації 21.

ДЕТАЛІ ПРО СКЛАДОВІ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

В якості мікрофону може бути використаний п'єзоелектричний мікрофон, моделі POM-1547P-R [5], який має лінійну характеристику в зазначеному діапазоні частот.

Для забезпечення підсилення сигналу звукової частоти доцільно використати мікросхему, моделі AD8656R [6].

Смугові фільтри створюються за допомогою подвійного RC кола.

Компаратори обираємо моделі LM339 [7], які мають чотири входи та забезпечують швидкодію порівняння напруги на рівні 1,3 мкс.

ВИСНОВКИ

Результатом даної роботи є розроблена на структурному рівні схема мікропроцесорного модуля аналізу параметрів звукового поля, яка дозволяє за спектральними складовими звукових коливань ідентифікувати штучно створені рухомі об'єкти.

ДЖЕРЕЛА:

- [1]Радар TruCam. Технічні характеристики. Режим доступу: www.URL:https://law911.com.ua/uk/tehnologiiua/radar-trucam-texnichni-xarakteristiki.html
- [2]Trucam-users-manual. Режим доступу: www.URL:https://www.yumpu.com/en/document/read/9289360/lti-trucam-users-manual-p-n-0144823
- [3]Просто космос: розкрито вражаючі характеристики супутника ICEYE. Режим доступу: www.URL:https://www.unian.ua/society/iceye-usi-harakteristiki-suputnika-pridbanogo-fondom-prituli-novini-ukrajini-amp-11946807.html
- [4]Грехов А. М. Радіолокаційна станція // Велика українська енциклопедія. URL: [https://vue.gov.ua/Радіолокаційна станція](https://vue.gov.ua/Радіолокаційна_станція).
- [5]POM-1547P-R Datasheet (PDF) - Projects Unlimited, Inc. Режим доступу: URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/403412/PUI/POM-1547P-R.html>
- [6]AD8656 Datasheet (PDF) - Analog Devices. Режим доступу: URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/166970/AD/AD8656.html>
- [7]LM339 Datasheet (PDF) - First Components International. Режим доступу: URL: https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/520176/FCI/LM339_1.html

Науковий керівник – д.т.н., проф. Шевченко К. Л.

УДК 621.3.087

Д.Є. Куліков, студ. гр. ПА-91, к.т.н., доц. Богомазов С.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОТОЧУЮЧОГО ПОВІТРЯ

Анотація. В даній статті представлено опис та принцип роботи мікропроцесорного пристрою для вимірювання температури. Описано основні компоненти пристрою – сенсор для збору даних про температуру, аналого-цифровий перетворювач для конвертації сигналу в цифровий формат та мікроконтролер для обробки даних та управління пристроєм. Розглянуто особливості програмування мікроконтролера та взаємодії з додатковими компонентами пристрою. Використання датчика температури з аналоговим токовим виходом дозволило підвищити надійність пристрою в умовах високого рівня електромагнітних завад. Пристрій може бути використаний в різних галузях промисловості та наукових дослідженнях для вимірювання температури та контролю процесів, які залежать від температури.

Ключові слова: мікропроцесорний пристрій, вимірювання температури, сенсор, аналого-цифровий перетворювач, мікроконтролер, програмування, промисловість, наукові дослідження, контроль процесів.

ВСТУП

В якості датчиків температури в сучасних вимірювальних системах широко використовуються датчики з цифровими виходами. При роботі з віддаленими датчиками в умовах високого рівня електромагнітних завад передача цифрового сигналу на відстань в сотні метрів є досить складною задачею. Помилка хоча б в одному біті цифрового коду може призвести до значного спотворення результатів вимірювань або до збою в сеансі обміну. В таких умовах доцільним є використання датчиків з аналоговим токовим виходом, зокрема датчика температури AD590 компанії Analog Devices, що відрізняється точністю, стабільністю, стійкістю до падіння напруги в лінії [1]. Висока надійність такого датчика в жорстких умовах експлуатації підтверджена результатами його використання в космічних системах.

У складі електронних схем місії NASA на Марс 2020 року (марсохід та легкий дослідний вертоліт) застосовано значну кількість точних та високонадійних компонентів виробництва Analog Devices для застосування в екстремальних умовах перепаду температур, електромагнітних завад, перевантажень, вібрації, іонізуючого та радіаційного випромінювання. Наприклад, до складу космічного апарату Juno увійшов стійкий до радіаційних впливів датчик температури AD590. Коли космічний корабель виходить із тіні планети, на орбіті якої він знаходиться, і потрапляє під прямі промені Сонця, температура може змінюватись у значних межах. Навіть коли він освітлюється сонячним світлом, різниця температур між стороною, зверненою до Сонця, і протилежною стороною, яка перебуває в тіні, може бути досить великою. Ці коливання температури можуть істотно, але передбачувано впливати на мікросхеми всередині космічного дослідницького апарату. Інформація, отримана від датчика температури, може використовуватися для регулювання та компенсації коливань температури в космічному кораблі. Після майже 20 років експлуатації датчик AD590 виробництва ADI продовжує збирати дані про температуру. Завдяки доведеній надійності його знову вибрали NASA/JPL для місії Perseverance [2].

Метою роботи є розробка багатоканального пристрою віддаленого вимірювання температури оточуючого повітря на основі датчиків AD590.

Використання екранованої витої пари дозволяє використовувати такі датчики в промисловому середовищі для відстаней до 300 м [3]. Розроблений пристрій вимірювання температури використовує принцип просторово-часового розподілу вимірювальних каналів.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Була розроблена структура, функціональна та принципова схеми пристрою. Забезпечена передача вимірювальної інформації на персональний комп'ютер через послідовний інтерфейс RS-485. Кількість вимірювальних каналів – 10. Діапазон вимірювання температури: від 0°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Для перетворення вихідного струму датчика температури в напругу розроблена принципова схема перетворювача.

Вихідні дані для проектування:

- чутливість датчика температури: $I(T)=1\text{мкА}/^{\circ}\text{C}$;
- абсолютна похибка: 0.5°C ;
- номінальний вихідний струм при 0°C : $I(0)=273,2\text{ мкА}$ ($U_{\text{оп}}=5\text{ В}$);
- діапазон вимірювання температури: $T_{\text{min}} - T_{\text{max}}=0 - 40^{\circ}\text{C}$;
- вихідна напруга при максимальній температурі вимірювання: $U_{\text{вих}}(T_{\text{max}})=2\text{ В}$.

Перетворювач струму в напругу перетворює вихідний сигнал у вигляді струму від датчика температури AD590 в напругу, підсилює цю напругу до рівня, при якому АЦП буде працювати ефективно, враховуючи перевантаження системи при виході температури за діапазон вимірювання. Спрощена принципова схема перетворювача зображена на рис.1.

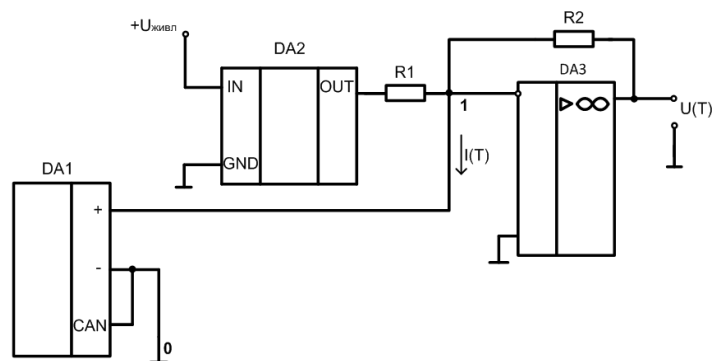


Рисунок 1. Спрощена принципова схема перетворювача струму в напругу

На рис.1 зображено: DA1 – датчик температури AD590, DA2 – джерело стабільної напруги AD1585B, DA3 – операційний підсилювач AD707.

Фільтр нижніх частот вимірювального каналу температури усуває паразитну змінну високочастотну складову сигналу (у вигляді наводок і шумів) з вихідної напруги корисного сигналу і виділяє інформативний параметр – постійну складову. Для реалізації фільтра нижніх частот був вибраний фільтр Батерворта другого порядку. Спрощена схема фільтра зображена на рис.2.

Допустимий рівень пульсацій $\delta U_{\text{н}}$ на виході фільтра нижніх частот повинен бути послаблений на частоті 50 Гц не менше ніж на 40 дБ.

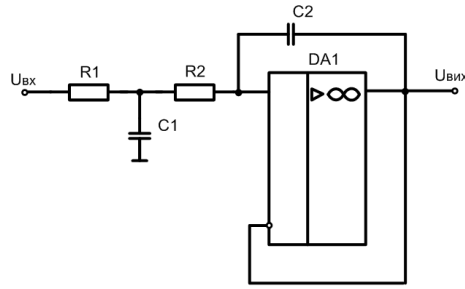


Рисунок 2. Спрощена принципова схема фільтра нижніх частот

Для збору і обробки інформації від вимірювальних каналів використаний мікроконвертор ADuC848 від компанії Analog Devices [4]. Його функціональна схема наведена на рис.3.

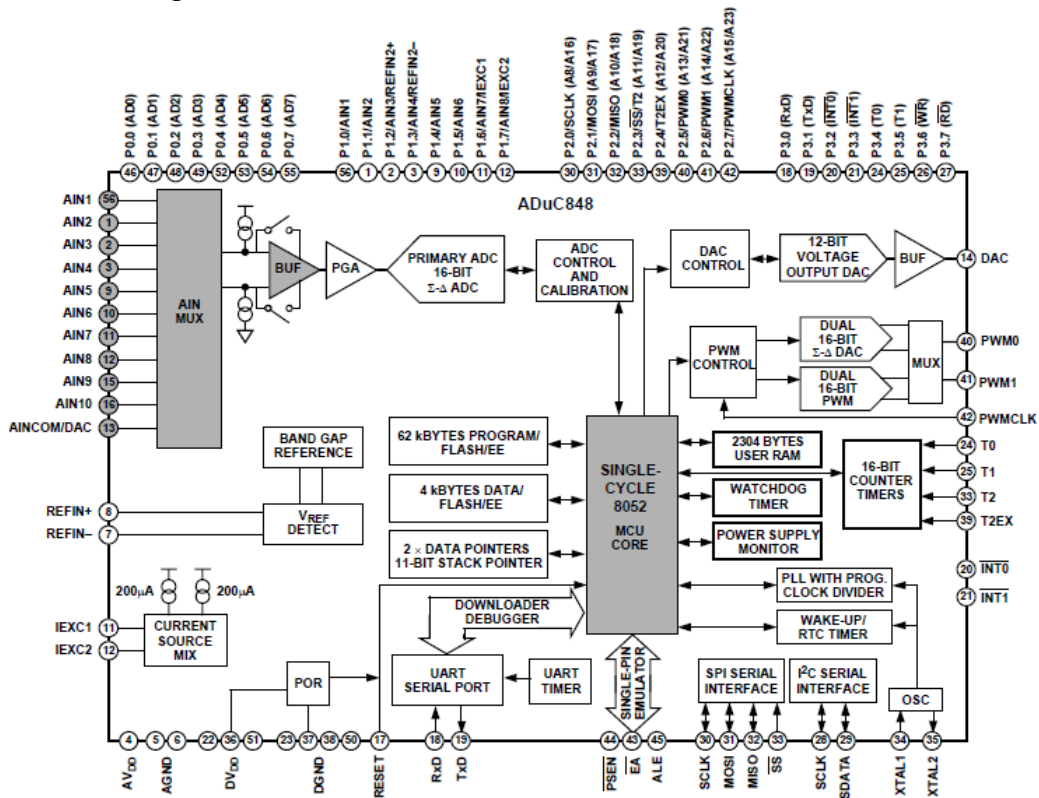


Рисунок 3. Функціональна схема мікроконвертора ADuC848

Основні характеристики мікроконвертора ADuC848: число аналогових входів – 10; розрядність АЦП – 16; об’єм флеш пам’яті програм/даних: 64 Кб; об’єм оперативної пам’яті – 2304 байт; інтерфейси, які підтримуються: UART, SPI, I2C; напруга живлення – 3 В.

Сигнали від вимірювальних каналів подаються на аналогові входи мікроконвертора ADuC848. В мікроконвертор вбудований комутатор (мультиплексор), який здійснює комутацію десяти входів від вимірювальних каналів до одного входу АЦП. 16-розрядний сигма-дельта АЦП перетворює аналогові сигнали в цифровий код. Кодовані сигнали поступають в мікроконтролер, який виконує корекцію результатів вимірювання та передає ці дані на вихід мікроконвертора через виходи RxD і TxD приймача/передавача UART. Через UART також здійснюється програмування ядра мікроконтролера,

який керує роботою всієї мікросхеми ADuC848.

Датчик температури AD590 має нелінійну характеристику. Максимальне відхилення лінійної характеристики датчика (залежності вихідного струму від температури) для всього діапазону вимірювання дорівнює $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$. За допомогою програмно реалізованої в мікроконверторі адитивної корекції похибку нелінійності можна суттєво зменшити. При цьому похибка нелінійності не перевищить $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Індивідуальне калібрування кожного датчика з записом калібровочних таблиць в пам'ять мікроконвертора дозволяє зробити цю величину визначальною складовою систематичної похибки.

Кодовані сигнали з виходів мікроконвертора поступають на мікросхему гальванічної розв'язки IL717. Гальванічна розв'язка потрібна для того, щоб розірвати електричний контакт між пристроєм і персональним комп'ютером.

Після гальванічної розв'язки сигнали подаються на мікросхему MAX485CPD, яка є малопотужним трансивером інтерфейсу RS-485, має приймально-передавальний тракт. Мікросхема містить один приймач і один передавач. Так як в схемі реалізована гальванічна розв'язка, то мікросхеми після гальванічної розв'язки мають окреме джерело живлення і заземлення.

ВИСНОВКИ

У результаті розроблено мікропроцесорний пристрій для віддаленого вимірювання температури повітря датчиками з токовим виходом AD590 виробництва Analog Devices, що відрізняються точністю, стабільністю, стійкістю до падіння напруги в лінії. Використання мікроконвертора ADuC848 із вбудованим аналоговим комутатором та 16-розрядним сигма-дельта АЦП дозволило забезпечити багатоканальність та реалізувати обмін інформацією в вимірювальній системі через інтерфейс RS-485. Використані технічні рішення забезпечують завадостійкість пристрою, оптимізують співвідношення апаратних витрат, швидкодії і точності вимірювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] 2-Terminal IC Temperature Transducer AD590 Data Sheet. [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad590.pdf>. Accessed on: June 1, 2022.
- [2] Mars Perseverance and Hardened Technology in Extreme Environments. [Online]. Available: <https://www.analog.com/en/signals/articles/mars-perseverance-hardened-technology.html>. Accessed on: June 1, 2022.
- [3] AN-273 Application Note (Analog Devices). [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/441902615836055786153583156an273.pdf>. Accessed on: June 1, 2022.
- [4] ADuC845/ADuC847/ADuC848 Data Sheet. [Online]. Available: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/aduc845_847_848.pdf. Accessed on: November 27, 2022.

УДК 006.91(02)

В.В Куліченко, студ. гр. ПІ-21мп, д.т.н., проф. Володарський Є.Т.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВПЛИВ ПОХИБКИ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ВІДПОВІДНОСТІ ЗА КОНТРОЛЬНИМИ КАРТАМИ

Анотація. Розглядається вплив систематичних та випадкових складових вимірювання при побудові контрольних карт. За результатами аналізу визначаються ймовірність та характер помилкових рішень, які при цьому виникають.

Ключові слова: контрольні карти Шухарта, похибка вимірювання, помилкові рішення.

ВСТУП

Контрольні карти [1], ідея створення яких належить Шухарту, породили нову концепцію забезпечення якості - оцінювання відповідності, яка ґрунтується на тому, що *якість має створюватися процесом, а не контролем його результатів*. У цьому сенсі контролювати завжди пізно, тому що виявлена невідповідність є вже подією, що настала, і її неможливо попередити. Але попередити настання невідповідності можна, якщо здійснювати попереджувальне управління характеристиками процесу.

МЕТА РОБОТИ

Проведення аналізу впливу не ідеальності засобів вимірювання на ефективність контрольних карт.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Існує два підходи забезпечення якості продукції:

- диференціальний, коли контролюється кожний об'єкт. Використовується при малих обсягах контрольованих об'єктів. Для характеристики цього процесу слід використовувати термін *inspection*;

- інтегральний, у якому здійснюється управління технологічним процесом при масовому виробництві, чому відповідає термін *control*.

Властивість технологічного процесу, що обумовлює сталість розподілів ймовірностей його контрольованих параметрів протягом деякого інтервалу часу без втручання ззовні, можна оцінити за середніми значеннями характерної ознаки та середньоквадратичним відхиленням (СКВ) σ , яке адекватно відображає стабільність процесу, за значних обсягах вибірки ($n > 10$). При цьому, допускається, що причиною розсіювання ознаки в часі є тільки вплив випадкових величин. Процесу, що знаходиться у статистично керованому стані, відповідає нормоване значення СКВ можливого розсіювання характерних ознак-параметрів технологічного процесу та зміщення математичного сподівання. За вибірок малого обсягу більш ефективну оцінку розсіювання результатів дає розмах R (абсолютна різниця між найбільшим та найменшим значеннями вибірки).

При контролі стабільності технологічного процесу використовуються контрольні карти (КК), які являють собою графічний спосіб відображення та контролю характеристик процесу. При цьому, визначаються нормовані

значення можливого зміщення математичного сподівання (середнього) та середнього квадратичного відхилення (СКВ) σ характерних параметрів технологічного процесу, що береться.

Основною ідеєю контрольних карт є поділ спостережень на підгрупи, кожна з котрих включає по 4-5 спостережень, і всередині яких допускаються варіації, обумовлені лише випадковими причинами. Тоді як різницю між цими підгрупами може бути обумовлені особливими причинами, не тільки випадковими, що мають виявити контрольні карти [2].

Для забезпечення стабільності технологічного процесу необхідно, в першу чергу, проводити моніторинг розсіювання характерних параметрів.

Існує деяка статистика, що зв'язує σ та R [2], за якою можна визначити математичне сподівання розмаху:

$$M(R_n/\sigma) = \alpha_n \quad (1)$$

де α_n - табличне значення, що залежить від числа елементів n у вибірці; R_n – розмах вибірки із n елементів.

За цією статистикою можна визначити математичне сподівання розмаху

$$M(R_n) = \alpha_n \sigma \quad (2)$$

Крім того, α_n є незміщеною оцінкою, а, отже, і значення $M(R_n)$ також є незміщеною оцінкою і може бути прийнято за центр можливих розсіянь результатів.

Розсіяння можливих значень відношення R_n/σ при фіксованому n , обумовлене впливом випадкових величин та обмеженістю обсягу вибірки, також є табличним. Таким чином, існує залежність

$$\text{var}(R_n / \sigma) = \beta_n \quad (3)$$

Використовуючи вирази (2) та (3) можна визначити абсолютні значення квантилів варіації розмаху R_n у вигляді

$$M(R_n) \pm k(P) \text{var}(R_n) \quad (4)$$

де $k(P)$ - коефіцієнт, який залежить від значення довірчої ймовірності.

Якщо у якості ознака дії за КК приймається подія, що свідчить про вихід процесу статистично контрольованого стану з довірчою ймовірністю 0,99, то приймається $k(P)=3$.

Контрольна карта середніх значень [3] (\bar{X} -карта) дозволяє виявити варіацію між підгрупами, які можуть бути пояснені лише впливом випадкових величин та його варіації щодо загального середнього значення (середньої лінії КК).

У якості центральної лінії при побудові \bar{X} -карти в цьому випадку використовується $CL = \mu$, по відношенню до якої розглядаються зміни в i -х підгрупах (μ – значення стандартного зразка). Вираз для верхньої межі дії запишеться як:

$$UCL = \mu + 3\sigma \cdot n^{-1/2} \quad (5)$$

Наведені співвідношення використовуються при калібруванні КК, а саме «нанесення» на карту центральної лінії та верхньої і нижньої межі дії.

При робочому використанні КК необхідно враховувати похибку

вимірювання значення характерного параметра X технологічного процесу.

Наявність адитивної систематичної складової приводить до того, що на КК наносяться не поточні значення X характерного параметру, а результати його вимірювання $X^* = X + \Delta$. Це призводить до зміщення закону розподілу характерних параметрів процесу, яке можна врахувати на етапі калібрування, встановивши, замість теоретичних границь дії, емпіричні значення, які враховують Δ засобу вимірювальної техніки ЗВТ. Якщо ж при робочому використанні КК систематична похибка ЗВТ змінюється, то можуть виникати помилкові рішення про відповідність/невідповідність. Характер помилкових рішень відповідний/невідповідний залежить від напрямку зміщення, а ймовірність їх залежить від співвідношення $a = \Delta/\sigma$ і буде пропорційна площі під кривою розподілу можливих контрольних результатів на інтервалах зміщення. Так при позитивній адитивній похибці такими інтервалами будуть:

$$[(UCL - \Delta) \div UCL] \text{ та } [(LCL - \Delta) \div LCL].$$

Вплив випадкової похибки вимірювання, на відміну від систематичної, проявляється навіть при калібруванні КК. Цей вплив залежить від СКВ при калібруванні і обсягу вибірки, за якою визначаються параметри КК.

Допустимо, що контрольована величина та похибка ЗВТ мають нормальний закон розподілу. Ступінь впливу похибки ЗВТ будемо враховувати при допомозі коефіцієнту $r^2 = \sigma_e^2 / \sigma^2$ (де σ_e – СКВ похибки вимірювання). Тоді СКВ результату $(X + e)$ можна записати як:

$$\sigma^* = [(\sigma^2 + \sigma_e^2)/n]^{1/2} = \sigma^{1/2}(1 + r^2)n^{1/2} \quad (6)$$

ВИСНОВКИ

Таким чином, наявність випадкової похибки ЗВТ при робочому використанні КК призводить до збільшення розсіювання контрольних точок на X -карті, що не було враховано при калібруванні, і, тим самим, до помилкових рішень про відповідність. Збільшення залежить від значення r .

При аналізі впливу випадкової похибки на ефективність R -карти, вихідним є вираз (3). Але при цьому, на відміну від X -карти, необхідно враховувати число n вибіркового даних у контрольних підгрупах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Володарський Є.Т. Розробка методів визначення необхідності проведення повторних калібрувань еталонів та засобів вимірювальної техніки / Є.Т. Володарський, І.О. Потоцький // Метрологія та прилади, 2017. – № 5-І (67). – С. 62- 67.
- [2] Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева, І.О. Потоцький. Методи калібрування засобів вимірювальної техніки в умовах експлуатації.: Монографія. – Вінниця, 2022. – 160 стр.
- [3] ДСТУ ISO 8258-2001. Контрольні карти Шухарта (ISO 8258:1991, IDT)

УДК 621.325; 621.335

А.О. Малохатько, студ. гр. ПН-01, к.т.н., доц. Божко К.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНА ХАРАКТЕРИСТИКА МУЛЬТИВІБРАТОРА НА ЕЛЕМЕНТАХ ЛОГІКИ CMOS

Анотація. Наведено результати експериментального отримання амплітудно-частотної характеристики популярної схеми несиметричного мультівібратора на елементах логіки. Результати отримані в умовах навчальної лабораторії за допомогою цифрового осцилографу. Макет схеми виготовлений на інтегральних мікросхемах логіки із широким діапазоном напруги живлення. В результаті дослідження доведена необхідність врахування при проектуванні схем мультівібраторів величини поданої напруги живлення. Встановлено, що частота зростає приблизно на третину при збільшенні напруги від 3 до 15 В, а сама залежність частоти від напруги є логарифмічною. Отримана більш точна і зручна для практичного використання формула для розрахунку частоти несиметричного мультівібратора. Практика розробки і експериментального дослідження вузлів і модулів цифрової і аналогової електроніки, зразком якої є представлена робота, може бути корисною при вивченні відповідних дисциплін.

Ключові слова: несиметричний мультівібратор, CMOS логіка, амплітудно-частотна характеристика

ВСТУП

В практиці розробки схем електроніки для наукових і навчальних лабораторних стендів часто потрібні прості і одночасно з тим ефективні рішення для джерел сигналів прямокутної форми. Широко відома схема несиметричного мультівібратора побудована на інверторах, зокрема на елементах комплементарної метал-оксид-напівпровідникової (CMOS) логіки [1]. Модель мультівібратора на трьох послідовно з'єднаних інверторах CMOS відпрацьована також в середовищі Multisim [2]. В джерелах іноді можна знайти наближену формулу для розрахунку частоти мультівібратора в залежності від величини опору та ємності [3].

Елементи логіки CMOS мають широкий діапазон напруги живлення: від 3 до 15 В, проте в наявних джерелах відсутня аналітична залежність між напругою живлення і частотою мультівібратора. Це не дозволяє розробнику в одному циклі розрахувати і налагодити електронну схему. Практична реалізація схеми мультівібратора перетворюється на послідовність ітерацій з покроковим наближенням до заданої частоти сигналу.

Проведене дослідження має за результатами експерименту надати точну формулу для розрахунку частоти несиметричного мультівібратора.

МЕТА РОБОТИ

На практиці для розрахунку частоти несиметричного мультівібратора користуються приблизною формулою:

$$FRC = k \approx 0,5 \quad , \quad (1)$$

де F – частота в герцах; R – опір в омах; C – ємність в фарадах.

Добуток RC – це стала часу, яка є характеристикою елементів кола зворотного зв'язку схеми мультівібратора. Недоліком формули (1) є те, що в ній не враховано залежність частоти від напруги живлення, крім того, вона є неточною.

Метою роботи є експериментальне отримання амплітудно-частотної характеристики несиметричного мультівібратора в аналітичній формі, на основі

якої маємо отримати точну формулу для розрахунку частоти.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження обрано несиметричний мультивібратор на трьох послідовно з'єднаних інверторах CMOS типу CD4049 (рис. 1).

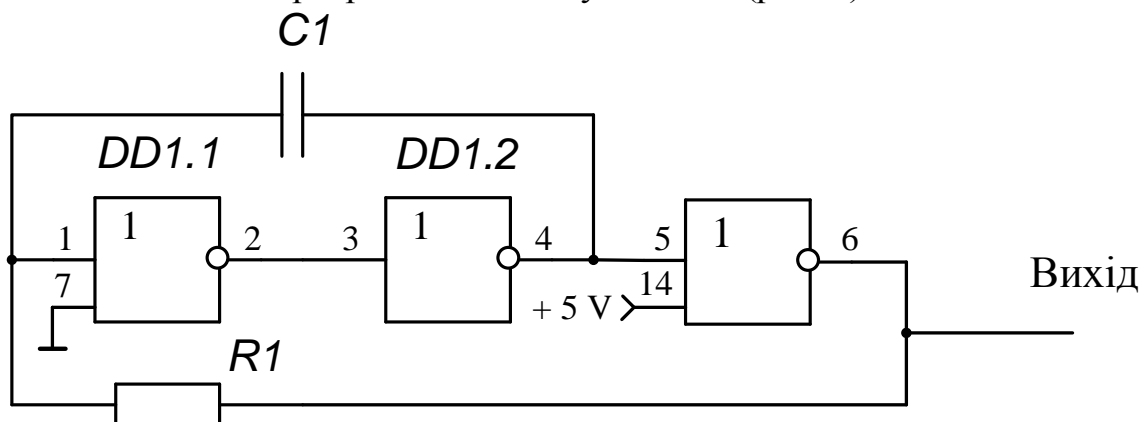


Рисунок 1. Несиметричний мультивібратор на інтегральній мікросхемі (ІМС) типу CD4049: $R1=29,28\pm 0,01$ kOhm; $C1=9,58\pm 0,01$ nF

Діючий макет схеми був виготовлений методом монтажу дротами на макетній платі. Точні вимірювання опору $R1$ та ємності $C1$ були виконані за допомогою вимірювача імітансу E7-14. Схема запрацювала одразу після підключення до лабораторного джерела живлення типу Б5-48. Експериментальне дослідження схеми проведено за допомогою лабораторного стенду, основною складовою якого є осцилограф SIGLENT SDS1104 [4]. Осцилограми сигналів у характерних точках схеми наведено на рисунку 2.

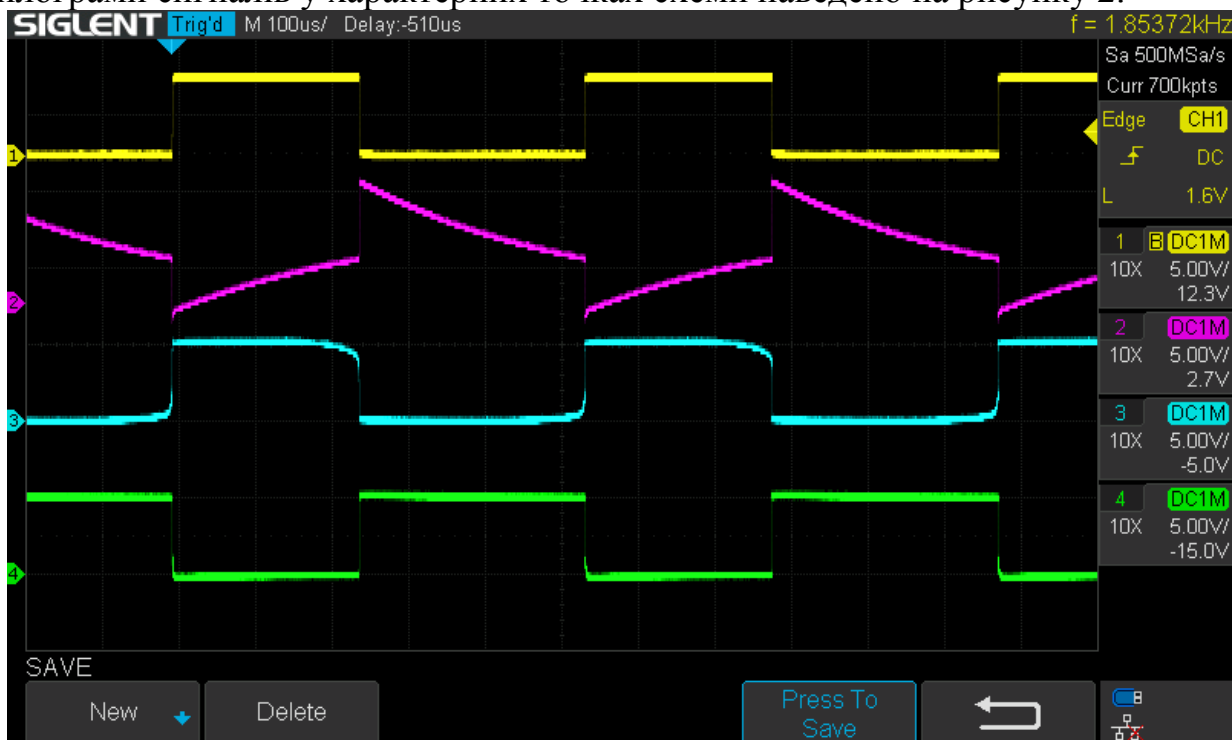


Рисунок 2. Осцилограми сигналів мультивібратора: канал 1 (жовтий) – вихідний сигнал генератора; канал 2 (бузковий) – сигнал на конденсаторі $C1$ зі сторони виводу 4 ІМС; канал 3 (блакитний) - сигнал на виводі 2 ІМС; канал 4 (зелений) - сигнал на виводі 1 ІМС

За допомогою осцилографу (в режимі мультиметра) була виміряна частота

вихідного сигналу в залежності від напруги живлення, яку послідовно збільшували від 3 В до 15 В. Стала часу RC в схемі дорівнює 280,5 мкс.

Результати вимірювань зведені до таблиці 1. До таблиці додано результати розрахунку коефіцієнту $k = FRC$ (1).

Таблиця 1 –Результати вимірювань та розрахунку

№	Напруга живлення U, В	Частота F, Гц	Коефіцієнт $k = FRC$
1	3	1687	0,4732
2	4	1785	0,5007
3	5	1853,7	0,52
4	6	1911,8	0,5363
5	7	1961,8	0,5503
6	8	2004,8	0,5623
7	9	2042,4	0,5733
8	10	2076,4	0,5824
9	11	2107,3	0,5911
10	12	2136,6	0,5993
11	13	2165	0,6073
12	14	2193,2	0,6152
13	15	2221,9	0,6232

Експериментальні дослідження таким чином довели наявність суттєвого збільшення частоти із зростанням напруги живлення (рис.3).

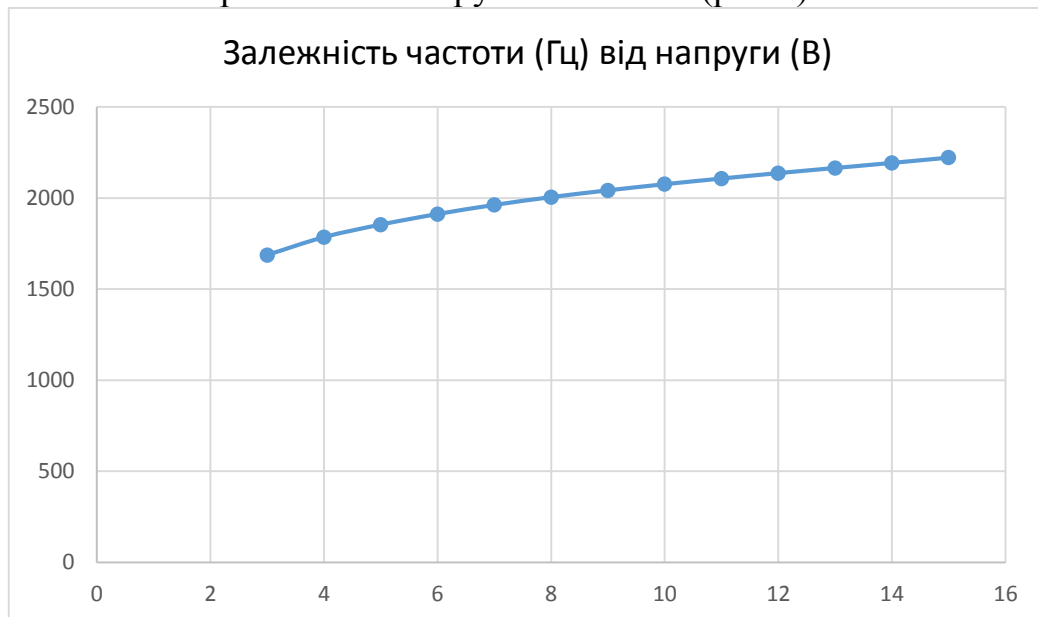


Рисунок 3. Амплітудно-частотна характеристика несиметричного мультівібратора: горизонтальна вісь – напруга; вертикальна - частота

Пошуки аналітичної залежності частоти від напруги здійснено у припущенні, що ця залежність є логарифмічною. Після логарифмування експериментальної залежності (рис.3) отримано пряму лінію, що і підтверджує початкову гіпотезу про її логарифмічний характер (рис.4).

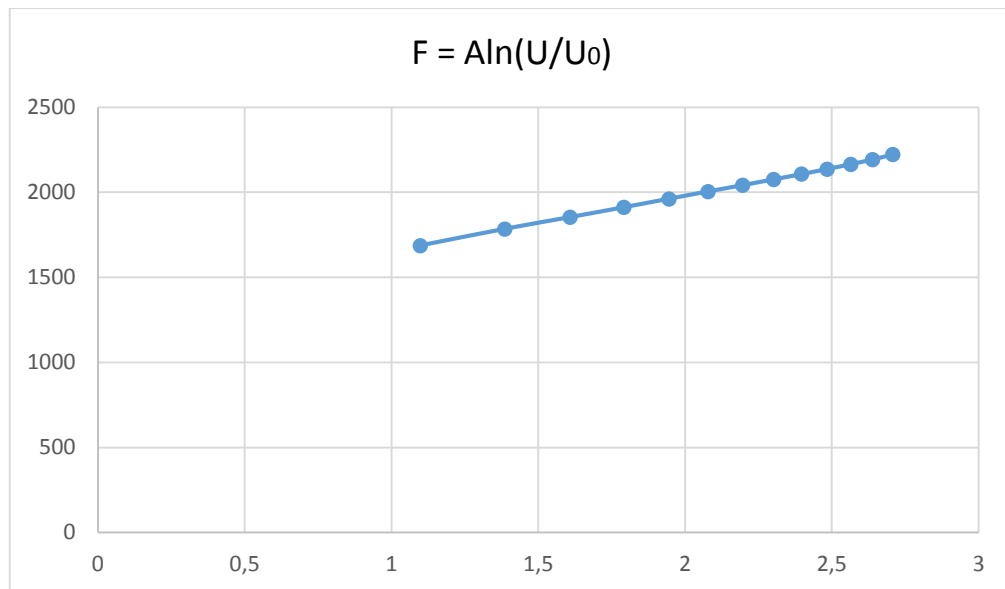


Рисунок 4. Залежність частоти від напруги після логарифмування: $U_0 = 1\text{В}$

Проведений аналіз залежності призводить до формули для частоти F :

$$F = A \ln\left(\frac{U}{U_0}\right), \quad (2)$$

$$A = a/RC \quad (3)$$

де $U_0 = 1\text{ В}$; a – безрозмірний коефіцієнт; $a = 0,323$. Формулу (2) зручно використовувати у вигляді:

$$F = \frac{0,323}{RC} \ln\left(\frac{U}{U_0}\right) \quad (4)$$

ВИСНОВКИ

Результатом роботи є експериментальне отримання амплітудно-частотної характеристика несиметричного мультівібратора, побудованого на елементах логіки CMOS. Встановлено, що характеристика має експоненціальну форму. Отримано уточнену формулу для розрахунку частоти мультівібратора в залежності від ємності і опору кола зворотного зв'язку з урахуванням напруги живлення. Формула може бути корисною для розробників електронної техніки. Алгоритм отримання формули може бути поширеним на інші схеми генераторів прямокутних імпульсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] <https://www.homemade-circuits.com/cmos-astable-bistable-monostable-circuits-explained/>
- [2] David Baez-Lopez, Felix E. Guerrero-Castro. Circuit Analysis with Multisim. – Morgan @ Claypool Published. – 2011. – 198 p. https://www.electronicstutorials.ws/sequential/seq_3.html
- [3] SDS1000 Series Digital oscilloscope. User Manual. – SIGLENT TECHN. Published. – 2015. – 168 p.

Наук. керівник – к.т.н., доцент каф. ІВТ Божко К.М.

УДК 621.373

О.М. Матяш, аспірант гр. ПІ-11ф, д.т.н., проф. Здоренко В.Г.
КПІ імені Ігоря Сікорського

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОХОДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ЧЕРЕЗ ПОЛІМЕРНЕ ПОКРИТТЯ НА МЕТАЛЕВІЙ ПЛАСТИНЦІ

Анотація. Сьогодні є велика потреба в безконтактному оперативному контролі технологічних параметрів різних матеріалів в процесі їх виготовлення. Одним з перспективних методів безконтактного контролю технологічних параметрів є ультразвуковий. Тому дослідження проходження ультразвукових хвиль через полімерне покриття на металевій пластинці дасть змогу розробити безконтактний метод оперативного контролю товщини такого покриття.

Ключові слова: ультразвукові хвилі, полімерне покриття, металева пластинка, амплітуда хвиль.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку науки і техніки постають все нові задачі, які потребують вирішення. В основному для виробництва багатьох виробів з різних матеріалів існує потреба в забезпеченні їх якісних характеристик в регламентованих межах на етапі виробничого процесу. Для розробки безконтактних оперативних методів контролю різних технологічних параметрів необхідно дослідити взаємодію зондуєчих ультразвукових хвиль з контрольованим матеріалом. Тому для випадку розробки безконтактного методу контролю товщини полімерного покриття на металевій пластинці потрібно проаналізувати процес проходження ультразвукових хвиль крізь шари цих матеріалів.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРОХОДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ЧЕРЕЗ ПОЛІМЕРНЕ ПОКРИТТЯ НА МЕТАЛЕВІЙ ПЛАСТИНЦІ

Проведемо дослідження проходження ультразвукових хвиль через полімерне покриття на металевій пластинці (рисунок 1). Ультразвукова плоска хвиля, яка падає на полімерне покриття, після проходження контрольованого матеріалу змінить свою амплітуду в залежності від співвідношення акустичних опорів матеріалів полімерної плівки Z_2 , металу Z_3 та навколишнього середовища (повітря) Z_1 [1-3]. Товщина шару полімерного покриття h_1 для більшості практичних випадків буде значно меншою за товщину металевої пластинки h_2 . Співвідношення амплітуди хвилі, яка пройшла крізь шари контрольованого матеріалу [4], до амплітуди хвилі, яка падає на його поверхню, можна представити модулем комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль для цього випадку.

Отримана залежність модуля комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль (рисунок 2) через полімерне покриття та металеву пластинку у наступному вигляді:

$$|W| = \sqrt{\frac{(D(D-C) + F(F-E))^2 + (D \cdot E - C \cdot F)^2}{(D^2 + F^2)^2}}, \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 C &= Z_3 \cdot (Z_2^2 \cdot Z_3 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) + Z_2 \cdot Z_3^2 \cdot \operatorname{tg}(K_3 h_2)) - \\
 &\quad - Z_1 \cdot (Z_1 Z_3^2 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) + Z_1 Z_2 Z_3 \cdot \operatorname{tg}(K_3 h_2)); \\
 D &= Z_3 \cdot (Z_2^2 \cdot Z_3 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) + Z_2 \cdot Z_3^2 \cdot \operatorname{tg}(K_3 h_2)) + \\
 &\quad + Z_1 \cdot (Z_1 Z_3^2 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) + Z_1 Z_2 Z_3 \cdot \operatorname{tg}(K_3 h_2)); \\
 E &= Z_3 \cdot (Z_1 Z_2 Z_3 - Z_1 Z_3^2 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) \operatorname{tg}(K_3 h_2)) - \\
 &\quad - Z_1 \cdot (Z_2 Z_3^2 - Z_2^2 Z_3 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) \operatorname{tg}(K_3 h_2)); \\
 F &= Z_3 \cdot (Z_1 Z_2 Z_3 - Z_1 Z_3^2 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) \operatorname{tg}(K_3 h_2)) + \\
 &\quad + Z_1 \cdot (Z_2 Z_3^2 - Z_2^2 Z_3 \cdot \operatorname{tg}(K_2 h_1) \operatorname{tg}(K_3 h_2)),
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де K_2 – хвильове число полімерного покриття; K_3 – хвильове число металеві пластинки.

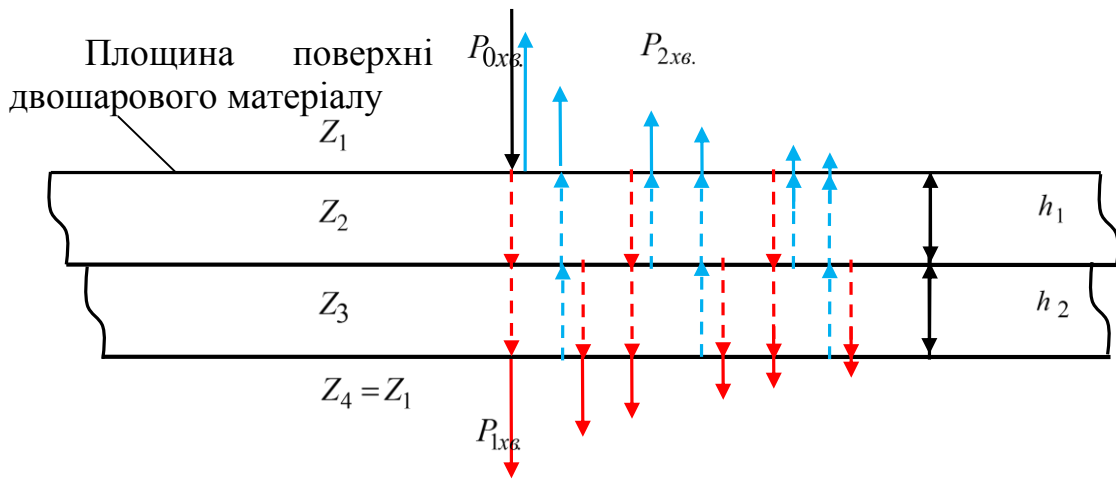


Рисунок 1. Проходження ультразвукових хвиль крізь двошаровий матеріал полімерного покриття з товщиною h_1 та металеві пластинки з товщиною h_2 у повітряному середовищі (спрощена модель розповсюдження хвиль в двошаровому матеріалі)

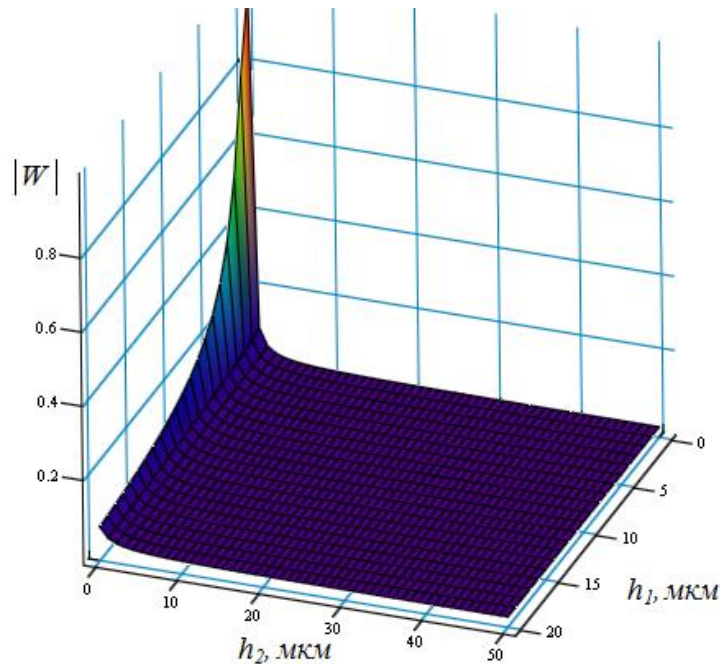


Рисунок 2. Залежність модуля $|W|$ комплексного коефіцієнта проходження хвиль від товщин шарів полімерного покриття h_1 , мкм та пластинки металу h_2 , мкм

Використовуючи отримані залежності (1) та (2) можна визначити частотний діапазон, в якому буде досягаться максимальна чутливість до зміни товщини полімерного покриття.

ВИСНОВКИ

Дослідження проходження ультразвукових хвиль через полімерне покриття на металевій пластинці дозволить розробити безконтактний метод контролю товщини полімерного покриття, що забезпечить оперативний технологічний контроль товщини полімерного захисного покриття. Аналіз амплітудних співвідношень ультразвукових хвиль дасть можливість визначити граничні значення геометричних параметрів як самого контрольованого матеріалу, так і параметри ультразвукових хвиль, які необхідно застосувати для підвищення чутливості та точності вимірювань товщини полімерного захисного покриття ультразвуковим безконтактним методом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник /В.К.Цапенко, Ю.В.Куц. – К.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». – 2010. – 448 с.
- [2] Застосування ультразвукових сенсорів/ Я. Луцик, Л. Буняк, Б. Стадник. – Л.: СП «Бак», 1988. – 232 с.
- [3] Білокур І.П. Акустичний контроль: навч. посіб. – К.:ІЗМН, 1997. – 224 с.
- [4] Ультразвуковий безконтактний контроль товщини полімерних плівок / В.С.Єременко, Н.М. Защепкіна, В.Г.Здоренко, С.В.Барилко // Тези ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Датчики, прилади та системи» – 20-24 вересня 2021.- Черкаси. – ЧДТУ. – С.24 -26.

УДК 621.391

Є.В. Михайлов, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., доц. Синиця В.І.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРІОДОГРАМНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Анотація. Данна стаття – призначена для теоретичної та практичної допомоги молодим інженерам, щодо розуміння і практичного використання періодограмного методу спектрального аналізу.

Ключові слова: спектральний аналіз, LabVIEW, періодограмний метод, спектральна щільність потужності

ВСТУП

Спектральний аналіз є важливим етапом у визначенні параметрів сигналу, які можуть бути використані для діагностики та моніторингу різних процесів.

Оцінювання спектральних характеристик сигналів, які включають випадкову компоненту, за допомогою алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) є однією з ключових проблем у аналізі часових рядів.

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи полягає в забезпеченні візуалізації кожного етапу процесу виконання спектрального аналізу періодограмним методом [1], що дозволяє наочно відстежити основні етапи оцінювання спектральної щільності потужності вихідного сигналу. Завданням даної роботи є створення віртуальної моделі спектроаналізатора.

РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставленої задачі відповідно до математичної моделі періодограми Бартлетта, що має вигляд

$$\tilde{S}_x^w(k) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M I_m^w(k) = \frac{1}{MU} \sum_{m=1}^M |X_m^w(k)|^2 \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

де M - перекриття сегментів (суміжних сегментів) $X_m(n)$

$X_m^w(k)$ - коефіцієнти ШПФ.

$$X_m^w(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_m^w(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1,$$

N - значень коефіцієнтів ШПФ

U - енергія використаної віконної функції.

Періодограма зваженого відрізка розраховується з виразу $I_m^w(k)$

$$I_m^w(k) = \frac{1}{U} |X_m^w(k)|^2$$

була розроблена віртуальна модель в середовищі LabVIEW [2], що реалізує відображення сигналу, розділення сигналу на сегменти, застосування віконних функцій, спектральний аналіз сегментів і сигналу, відображає усереднений спектр сегментів. Цей метод дає спосіб зменшити дисперсію періодограми в обмін на зменшення роздільної здатності порівняно зі стандартними періодограмами.[3]

Розроблена структурна схема віртуальної моделі в середовищі LabVIEW, що відображає послідовності етапів виконання алгоритму спектрального аналізу наведено на рис.1

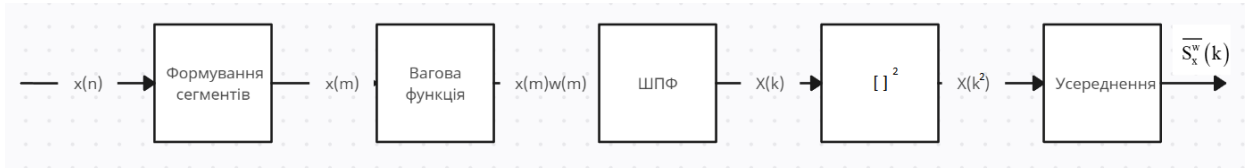


Рисунок 1 – Структурна схема віртуальної моделі аналізатора спектру

Вихідні дані для спектрального аналізу формуються генератором, сегментуються, зважуються, обробляються, коефіцієнти зводяться в квадрат, усереднюються і множаться на масштабний коефіцієнт для компенсації змін (втрат), внесених згладжуванням, використано вікно Хеммінга.

Результати роботи віртуального аналізатора спектра представлені у вигляді скріншотів на рисунках 1,2,3,4,5 до зазначеного алгоритму оцінки спектральної потужності спектра.

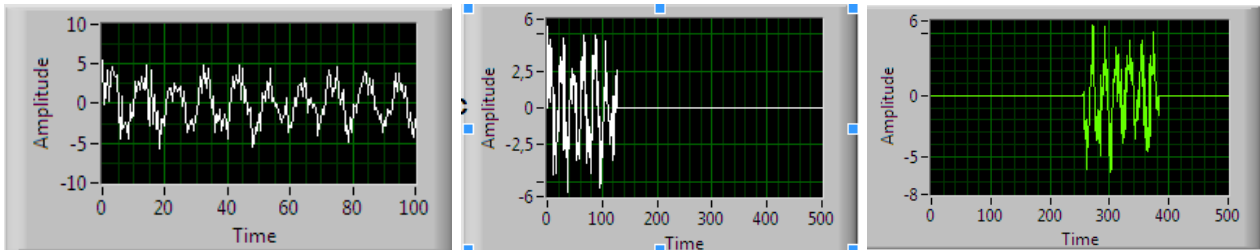


Рисунок 2 – Сегментація вихідного сигналу

Використання функцій Split 1D Array, Insert Into Array та Array Subset дозволяє розділити вхідний сигнал на кілька менших сегментів, зберегти ці сегменти у відповідних масивах і провести окремий спектральний аналіз для кожного сегмента.

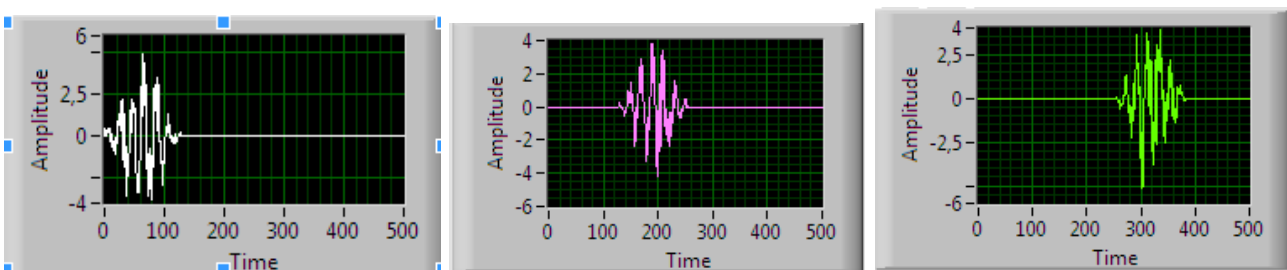


Рисунок 3 – Накладання вагової функції Хемінга на кожний сегмент

Чисельні експерименти з визначення ефективності усереднення, що характеризується ступенем зменшення дисперсії оцінки СЦП і зазвичай оцінюється коефіцієнтом ефективності усереднення, що для експерименту з чотирма сегментами і ваговою функцією Хемінга приблизно становить 1,5.

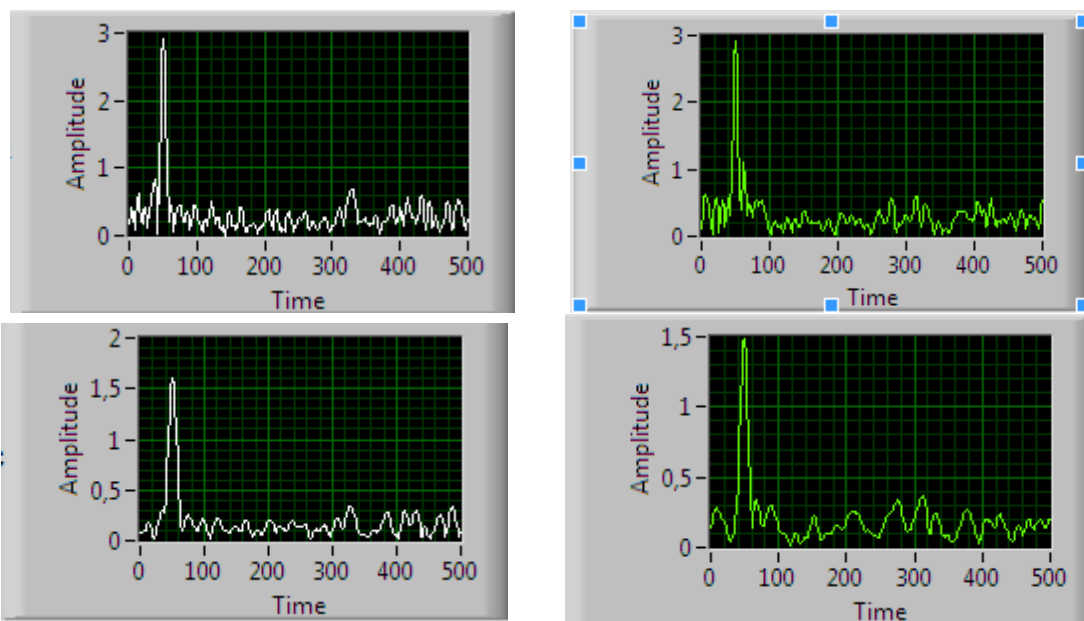


Рисунок 4 – Спектр сегментів до і після застосування вагової функції

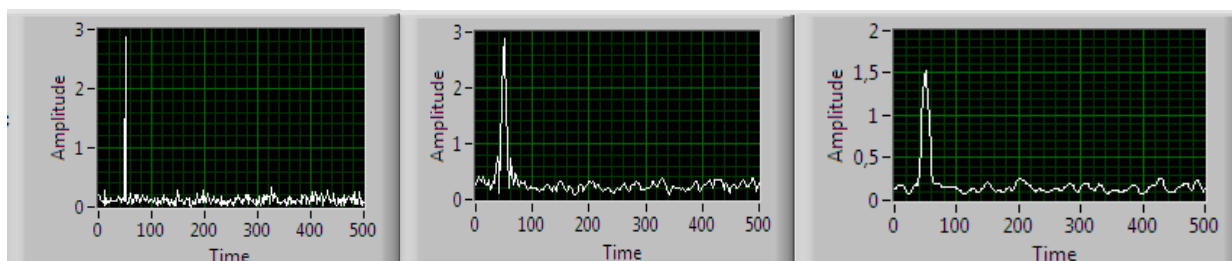


Рисунок 5 – Спектр вихідного сигналу

А- вхідний сигнал, б – вихідний сигнал, в – вихідний сигнал з застосуванням вікна Хеммінга

ВИСНОВОК

Розроблено віртуальний прилад в середовищі LabVIEW для спектрального аналізу сигналу методом періодограм Бартлета з використанням вагових функцій. Результати роботи віртуального аналізатора наочно демонструють процедуру спектрального оцінювання і вплив вагових функцій на визначення спектральної щільності потужності вихідного сигналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Jacques Max, Jean-Louis Lacoume. Méthodes et techniques de traitement du signal. Dunod, 2004, Tome 1 -123 p.
- [2] Jeffrey Travis, LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun: Prentice Hall, 2006 -192 p.
- [3] Maurice Stevenson Bartlett, Smoothing periodograms from time-series with continuous spectra. Nature, 1948 – 33 p.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Синиця В.І.

УДК 621.3.087

А.А. Наумовський, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц. Богомазов С.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОТОКОВИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Анотація. В даній статті було розглянуто особливості розробки програмного забезпечення на основі бібліотеки Quix для мови програмування Python, яка використовується для потокової передачі телеметричних даних. Розглянуто можливості бібліотеки та наведено приклади її використання. Були розглянуті принципи потокової обробки даних, проблеми, що виникають в процесі передачі даних та шляхи їх вирішення. Розроблене програмне забезпечення може бути використане в багатьох галузях промисловості та різних сферах діяльності для обробки великої кількості даних в режимі реального часу.

Ключові слова: потокова передача даних, потік даних, мікросервіси, Quix, Python, Kafka, програмування, промисловість.

ВСТУП

Коректна та своєчасна обробка великої кількості даних - дуже важливий та складний процес, адже будь-який втрачений або несвоєчасно опрацьований байт даних в багатьох випадках може привести до аварійної ситуації.

Традиційна архітектура програмного забезпечення для обробки даних в більшості випадків є орієнтованою на бази даних. Це означає, що для обробки даних необхідно неодноразово звернутися до бази даних (рис.1).

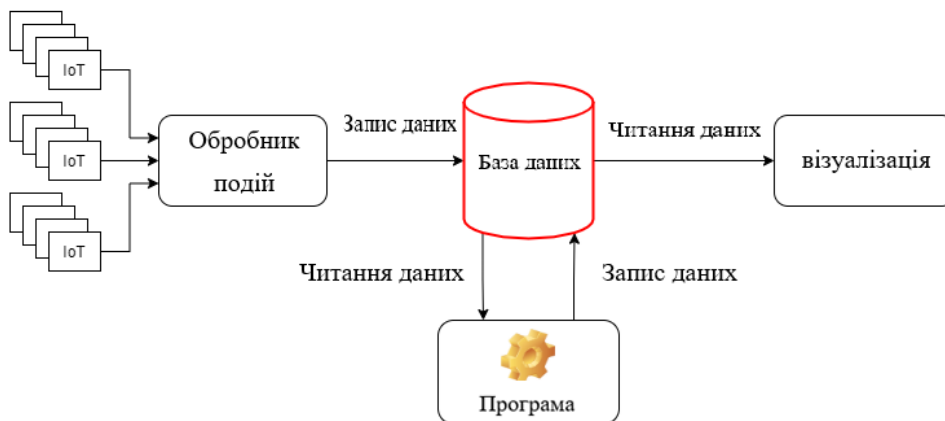


Рисунок 1. Схема обробки даних на основі використання бази даних

Але в умовах обробки, що наближена до реального часу, потрібно отримувати результати в масштабі секунд або наносекунд. Наприклад, коли мільйони пристроїв IoT одночасно надсилають дані для обробки, традиційні архітектури, орієнтовані на бази даних, не задовольняють вимогам реального часу [1].

Потокова обробка використовується для отримання безперервного потоку даних та швидкої обробки подій в цьому потоці за невеликий проміжок часу після отримання даних. Час обробки може варіюватися від мілісекунд до хвилин. В багатьох випадках дані швидко деградують, тому за час, необхідний системі для збору, зберігання, обробки та надання даних, інформація часто змінюється. За допомогою штучного інтелекту, машинного навчання та обробки потоків у реальному часі можна використовувати дані способами, які інакше були б неможливими. Потокова обробка надає можливості реагувати в режимі реального часу і оперативно вносити потрібні зміни.

Для розробників які працюють з мовою програмування Python, реалізація програмного забезпечення на основі потокових технологій обробки даних є досить ускладненою. Це обумовлено тим, що ця мова програмування не сумісна з бібліотеками, що використовуються для реалізації потокових технологій (такими як Kafka), які переважно розроблені на інших мовах програмування, наприклад, Java та Scala. Платформа Kafka Streams була розроблена на мові програмування Java для забезпечення максимальної продуктивності. Мова програмування Python в ній підтримується для досить обмеженого кола задач, таких як публікація, підписка на повідомлення від брокера та виконання простих операцій [2]. Багато програмних платформ, які підтримують потокову обробку даних, не сумісні з мовою Python і розробникам доводиться переписувати код на інших мовах програмування.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Використовувати переваги потокової обробки даних на основі технологій Python дозволяє бібліотека Quix Streams [3]. Це бібліотека з відкритим кодом для потокової передачі та обробки телеметричних даних. Вона призначена для використання в службах високочастотної телеметрії, коли необхідно обробляти великі обсяги даних часових рядів з точністю до наносекунд. Розроблена для Python клієнтська бібліотека Quix Python дозволяє фахівцям з обробки та аналізу даних обробляти потокові дані та розгортати моделі машинного навчання та інформаційні продукти без втручання розробників та інших технічних фахівців. Quix Streams використовує брокер повідомлень Apache Kafka замість бази даних, що дозволяє обробляти дані часових рядів з високою продуктивністю.

Бібліотека надає користувачу веб-інтерфейс, можливість використання онлайн IDE, зразки коду, готові до запуску та розгортання, швидке і просте розгортання потокової передачі та керування через інтерфейс користувача, інструменти моніторингу для відстеження стану і даних потокових програм у режимі реального часу, зручну візуалізацію у вигляді конвеєра та провідник даних для перевірки даних, оброблених програмою. Програмне забезпечення має чотири види API (Application Programming Interface): Stream Writer API призначене для запису даних у систему обміну повідомленнями між серверними додатками Kafka за допомогою HTTP і містить методи шифрування, серіалізації та перетворення даних у формат Quix Streams незалежно від джерела даних; Stream Reader API відправляє дані у програму, що буде обробляти ці дані та забезпечує мінімальну затримку передачі даних, уникаючи будь-яких операцій з диском; Data Catalogue API містить записи попередніх потоків даних та дозволяє створювати інформаційні панелі та експортувати дані в інші системи; Portal API для автоматизації процесу передачі потоків даних та створення робочих областей.

Quix використовує брокер повідомлень і робить його центром програмного забезпечення, виконуючи обробку даних без необхідності зберігати та передавати інформацію через базу даних (рис.2).

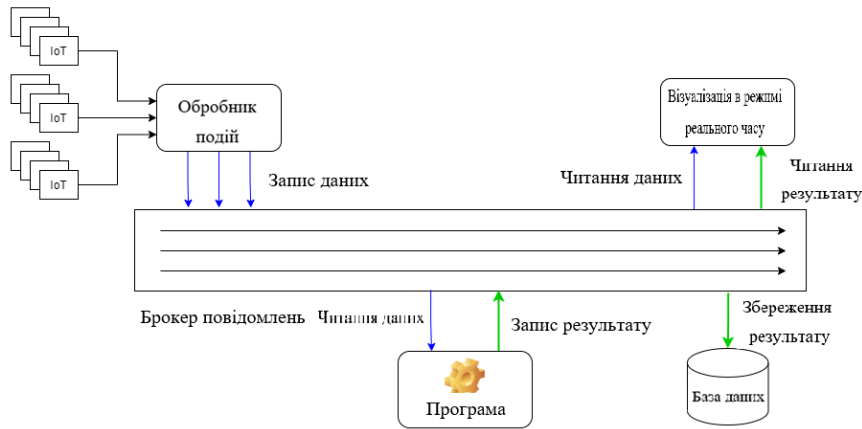


Рисунок 2. Обробка даних за допомогою бібліотеки Quix

Використовуючи обробку в пам'яті програма може зберігати лише ті дані, які дійсно необхідно використати. Такий підхід знижує складність і вартість обробки даних в реальному часі на кілька порядків і дозволяє обробляти велику кількість даних при низьких затримках (рис.3).



Рисунок 3. Відображення даних від датчиків в режимі реального часу

ВИСНОВКИ

У результаті було розроблено програмне забезпечення на мові програмування Python з використанням бібліотеки Quix для поточкових систем збору експериментальних даних та розглянуто особливості його використання. Використання даного програмного забезпечення дозволяє з мінімальними витратами ресурсів обробляти велику кількість інформації в режимі, що наближений до реального часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] What is Quix? [Online]. Available: <https://quix.io/docs/platform/intro.html>. Accessed on: June 1, 2022.
- [2] Shapira, C., Palino, T., Sivaram, R., & Petty, K. (2022). Kafka: The Definitive Guide. O'Reilly Media, Inc.
- [3] Real time stream processing with Python [Online]. Available: <https://quix.io/blog/stream-processing-framework-for-python/?returnUrl=https://quix.io/blog/p8/>. Accessed on: November 27, 2022.

УДК 621.373

А.І. Ніколаєв , гр. ПН-п01, П.С. Волковий, гр. ПІ-21ф, д.т.н. Барилко С.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ УЛЬТРАЗВУКОВИМ БЕЗКОНТАКТНИМ МЕТОДОМ

Анотація. Дослідження проходження ультразвукових хвиль крізь полімерну плівку дасть можливість у майбутньому визначати об'ємну щільність самого матеріалу. Вимірювальна інформація про щільність плівки полімеру отримується з аналізу зміни амплітудних співвідношень ультразвукових хвиль, що взаємодіють з контрольованим матеріалом. Результати такого дослідження покладені в основу розробки безконтактного методу оперативного контролю щільності полімерної плівки під час її виготовлення.

Ключові слова: Ключові слова: ультразвукові хвилі, полімерна плівка, безконтактний ультразвуковий метод, об'ємна щільність.

ВСТУП

Для контролю товщини полімерних плівок сьогодні розробляються різноманітні вимірювальні контактні засоби, але тільки безконтактні прилади дають можливість проводити оперативний контроль технологічного параметру в процесі виробництва. Перспективні розробки безконтактних приладів для вимірювання та контролю об'ємної щільності полімерної плівки засновані на ультразвуковому амплітудному методі. Такий метод дає можливість вимірювати об'ємну щільність полімерної плівки з використанням ультразвукового зондування [1-3] і за зменшенням амплітуди хвиль, що проходять крізь матеріал. Для вимірювання об'ємної щільності полімерної плівки застосовуються спеціальні безконтактні ультразвукові перетворювачі, які дозволяють отримувати вимірювальну інформацію за інформативними параметрами хвиль [4] в режимі реального часу, що є необхідним для реалізації оперативного контролю в процесі виробництва.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРОХОДЖЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ КРІЗЬ ПОЛІМЕРНУ ПЛІВКУ ТА ВИМІРЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ КОНТРОЛЬОВАНОГО МАТЕРІАЛУ

Проведені дослідження показують, що проходження ультразвукових хвиль крізь полімерну плівку з товщиною h та з акустичним опором Z_2 , яка розташована у повітряному середовищі з акустичним опором Z_1 , дає можливість за зміною амплітудних співвідношень ультразвукових хвиль показати як буде змінюватися її об'ємна щільність, якщо прийняти постійною величиною товщину h матеріалу.

Амплітудні співвідношення ультразвукових хвиль можна показати модулем комплексного коефіцієнта проходження хвиль крізь контрольований матеріал. Зазначений комплексний коефіцієнт проходження для розглянутого випадку полімерної плівки, яка знаходиться в повітряному середовищі, можемо записати у такому вигляді:

$$W = \frac{W_{12}W_{21} \cdot e^{jK_2h}}{1 - V_{21}V_{21} \cdot e^{2jK_2h}}, \quad (1)$$

значення для W і V запишемо як:

$$\begin{aligned} W_{12} &= \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}, & V_{12} &= \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}, \\ W_{21} &= \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}, & V_{21} &= \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}, \end{aligned} \quad (2)$$

якщо враховувати, що ультразвуковий сигнал згасає в матеріалі полімерної плівки, то хвильове число стає комплексним і може бути виражене так:

$$K_2 = \frac{2\pi f}{c_2} + j\alpha, \quad (3)$$

де c_2 – швидкість розповсюдження ультразвукової хвилі в матеріалі плівки; f – частота ультразвукових коливань; α – коефіцієнт згасання ультразвукового сигналу в матеріалі плівки.

Підставляючи залежності (3) та (2) в (1) отримуємо:

$$W = \frac{1}{\cos\left(\frac{2\pi f h}{c_2} + j\alpha h\right) - j\left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi f h}{c_2} + j\alpha h\right)}. \quad (4)$$

Комплексний коефіцієнт проходження W , виділяючи дійсну та уявну його частини, можна показати ще так:

$$W = ReW + jImW = \frac{A}{A^2 + B^2} + j\frac{B}{A^2 + B^2}, \quad (5)$$

де ReW, ImW – дійсна та уявна частини комплексного коефіцієнта проходження W .

Величини A і B із залежності (5) можна подати як:

$$A = \left(ch(\alpha h) + \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2}\right) \cdot sh(\alpha h) \right) \cdot \cos\left(\frac{2\pi f h}{c_2}\right), \quad (6)$$

$$B = \left(sh(\alpha h) + \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2}\right) \cdot ch(\alpha h) \right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi f h}{c_2}\right). \quad (7)$$

Підставивши вираз (6) та (7) у (5) та врахувавши, що для полімерної плівки величина $\left|\frac{2\pi f}{c_2} + j\alpha\right| h \ll 1$, дійсну ReW та уявну ImW частини комплексного коефіцієнта проходження W можна представити так:

$$ReW = \frac{1 + \alpha \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h}{\left(1 + \alpha \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h \right)^2 + \left(\frac{2\pi f}{c_2} \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h \right)^2}, \quad (8)$$

$$ImW = \frac{\frac{2\pi f}{c_2} \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h}{\left(1 + \alpha \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h \right)^2 + \left(\frac{2\pi f}{c_2} \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h \right)^2}, \quad (9)$$

тоді модуль комплексного коефіцієнта проходження $|W|$ можна записати у вигляді:

$$|W| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \alpha \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h \right)^2 + \left(\frac{2\pi f}{c_2} \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h \right)^2}}. \quad (10)$$

Коли немає згасання в матеріалі плівки $\alpha = 0$, залежність (10) можна подати як:

$$|W| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi f}{c_2} \left(\frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) h \right)^2}}, \quad (11)$$

враховуючи, що для полімерної плівки та повітряного середовища виконується умова $Z_2 \gg Z_1$, то можна показати модуль комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль в кінцевому вигляді так:

$$|W| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\pi f \rho_2 h}{Z_1} \right)^2}}, \quad (12)$$

де ρ_2 – об’ємна щільність матеріалу полімерної плівки.

Із залежності (12) можна виразити об’ємну щільність полімерної плівки як:

$$\rho_2 = \frac{Z_1 \sqrt{\frac{1}{|W|^2} - 1}}{\pi f h}. \quad (13)$$

За отриманим виразом (13) можна визначати об'ємну щільність матеріалу полімерної плівки використовуючи безконтактний ультразвуковий метод.

ВИСНОВКИ

Дослідження проходження ультразвукових хвиль крізь полімерну плівку допоможе реалізувати на практиці безконтактне вимірювання об'ємної щільності матеріалу. Нові безконтактні методи та засоби вимірювання технологічних параметрів різних полімерних матеріалів дозволять у майбутньому забезпечити оперативний контроль на виробництві. Також це буде сприяти підвищенню якості готової продукції та зможе підвищити на неї попит серед потенційних споживачів, що є досить актуальним питанням для багатьох виробників в умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Застосування ультразвукових сенсорів/ Я. Луцик, Л. Буняк, Б. Стадник. – Л.: СП «Бак», 1988. – 232 с.
- [2] Основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник /В.К.Цапенко, Ю.В.Куц. – К.: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського». – 2010. – 448 с.
- [3] Білокур І.П. Акустичний контроль: навч. посіб. – К.:ІЗМН, 1997. – 224 с.
- [4] Ультразвуковий безконтактний контроль товщини полімерних плівок / В.С.Єременко, Н.М. Защепкіна, В.Г.Здоренко, С.В.Барилко // Тези ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Датчики, прилади та системи» – 20-24 вересня 2021.- Черкаси. – ЧДТУ. – С.24 -26.

УДК 621.311; 621.314

Ю.В. Носова, студ. гр. ПН-91, О.В. Однорог, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., доц.

Божко К.М.

КПІ ім.Ігоря Сікорського

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМИ ЗАРЯДУ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ТИПУ AGM

Анотація. В представленій роботі наведено результати моделювання системи управління зарядом акумуляторних батарей, виготовлених за технологією AGM, яка дозволяє здійснювати експлуатацію батарей без обслуговування. Акумуляторні батареї типу AGM працюють у складі автономних станцій резервного живлення, зокрема із додатковим джерелом, в якості якого може бути сонячна панель (так звані станції Sun Booster). На ринку України є чимала кількість типів джерел резервного та аварійного живлення. Тому виникає нагальна потреба оцінки якості системи заряду акумуляторної батареї і на її основі мати експертний висновок про переваги або недоліки конкретного зразку джерела резервного живлення. Для моделювання обрано нечіткий алгоритм Мамдані. В моделі задіяні чотири вхідні функції, які відповідають вимірювальним каналам схеми управління процесом заряду. Вихідна функція має бальну шкалу в діапазоні від 0 до 100 балів. Найнижчі оцінки відповідають найкращим зразкам. При погіршенні параметрів оцінка підвищується. В результаті була отримана експертна система з оцінювання якості систем резервного живлення за сукупністю параметрів схеми заряду акумуляторної батареї. Дану модель можливо застосувати і для інших типів акумуляторів, для чого необхідно вводити корекцію в граничні значення вхідних функцій.

Ключові слова: нечітка логіка, алгоритм Мамдані, функції належності.

ВСТУП

На практиці часто виникає потреба у правильному виборі системи резервного або аварійного живлення із великого ряду зразків, які представлено на ринку України. Такі системи також називають станціями автономного живлення. Оцінки експертів із продажу цих систем є надто суб'єктивними і не можуть задовольнити вимогливого покупця. Авторами запропоновано нечітку модель з оцінювання системи заряду акумуляторних батарей. Система заряду є однією з головних складових джерела резервного або аварійного живлення. На основі нечіткого оцінювання можна порівнювати різні моделі джерел живлення за стобальною шкалою. Таким чином, запропоновано до використання експертну систему з оцінювання джерел автономного живлення на основі оцінки якості системи заряду акумуляторної батареї.

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є розробка нечіткої моделі за алгоритмом Мамдані для оцінювання якості системи заряду акумуляторної батареї типу AGM.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розробку моделі виконували в середовищі MATLAB за допомогою модуля FUZZY_LOGIC_TOOLBOX [1,2]. Були обрані такі вихідні дані для моделювання:

- тип алгоритму – Мамдані;
- кількість входів – чотири;
- кількість виходів – один;
- кількість функцій належності – по три для усіх входів та виходу;
- тип функцій належності для входів – Гауса;
- тип функцій належності для виходу – трикутний;
- кількість правил нечіткого виведення – 81;

- розмір вихідної шкали – 100 балів.

Проект отримав назву «Зарядний пристрій. Версія 2». Входи отримали назви відповідно до виду контролюваного параметру процесу заряду акумуляторної батареї:

- напруга;
- струм;
- температура;
- час.

Вихід має назву «Якість заряду» і нормований на границях 0 і 100 балів. Для нормування шкалу розтягнуто у від'ємному і додатному напрямі таким чином, щоб усі чотири нульові значення на входах відповідали нулю балів на виході. Навпаки, набору із максимальних вхідних значень відповідає вихідна оцінка в 100 балів.

Назви функцій належності для входів мають однакові назви:

- «мала»;
- «середня»;
- «велика».

Ці назви відповідають малій, середній та великій похибці вимірювання. Границю вхідних функцій задають відповідно до величини абсолютної похибки відповідного вимірювального каналу. Процес редагування функцій належності для входів наведено на рисунку 1.

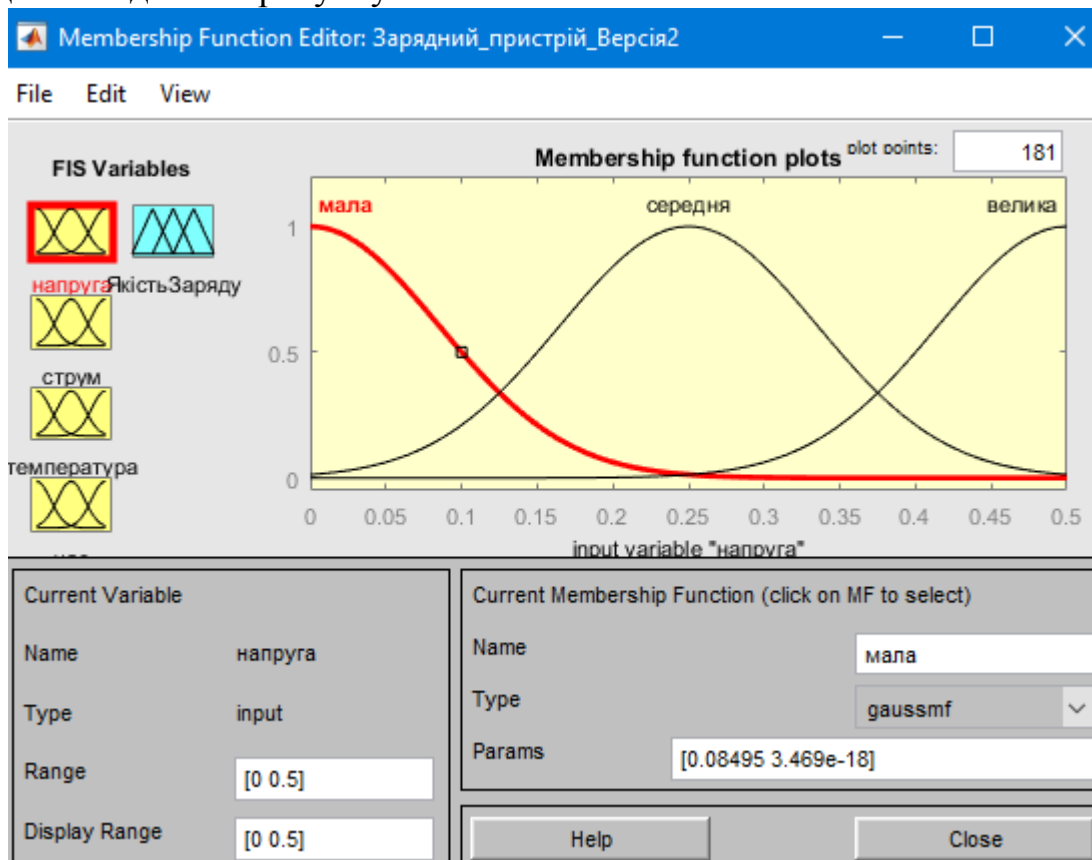


Рисунок 1. Редагування функцій належності для входу «Напруга»

Функції належності для виходу «Якість заряду» отримали такі назви:

- «висока»;
- «прийнятна»;

- «задовільна».

Процес редагування вихідних функцій належності наведено на рисунку 2.

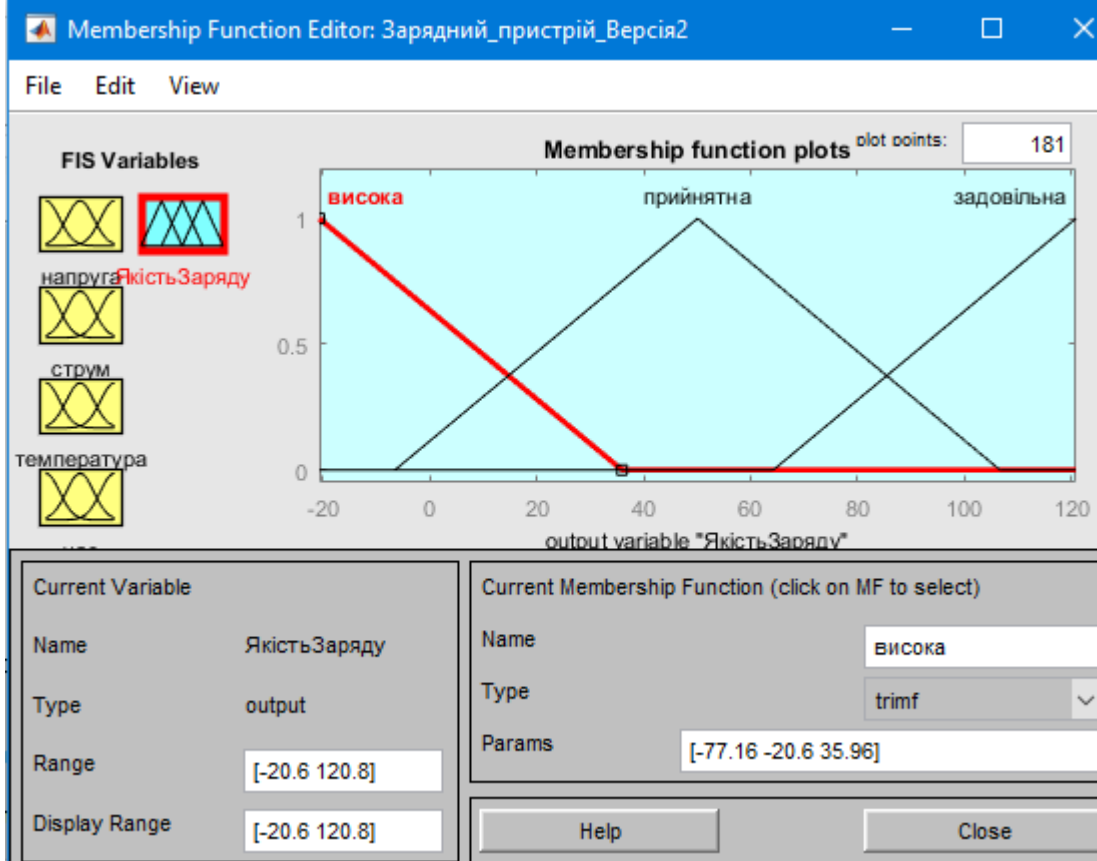


Рисунок 2. Редагування вихідних функцій належності

Після написання в редакторі Edit Rules 81 правила нечіткого виведення була отримана експертна система з оцінювання якості відтворення процесу заряду акумуляторних батарей. Ця оцінка є базовою для порівняльного аналізу джерел (станцій) автономного електричного живлення. Для перевірки працездатності моделі було взято параметри заряду батарей типу AGM реальних зразків [3,4], які є на ринку і мають оприлюднені описи параметрів і характеристик.

При заряді батарей іншого типу, наприклад, літій-іонних, алгоритм заряду змінюється, проте незмінними залишаються вимоги до точності вимірювальних каналів тракту заряду, що має забезпечити відповідність реального процесу заряду до заданого алгоритму.

Таким чином, при зміні алгоритму заряду, залишається незмінною модель нечіткого оцінювання. Це поширює межі використання моделі на інші типи акумуляторів.

Для типової станції автономного електроживлення параметри заряду акумуляторних батарей знаходяться в середині діапазону для входів. Оцінювання середньої за якістю процесу заряду станції наведено на рисунку 3.

Запропонована модель відрізняється від оцінювання експертів, яке є суто суб'єктивним і має на меті лише збільшення обсягу продажів.

Результат роботи розробленої нечіткої моделі оцінювання якості системи заряду акумуляторних батарей типу AGM наведено на рисунку 3.

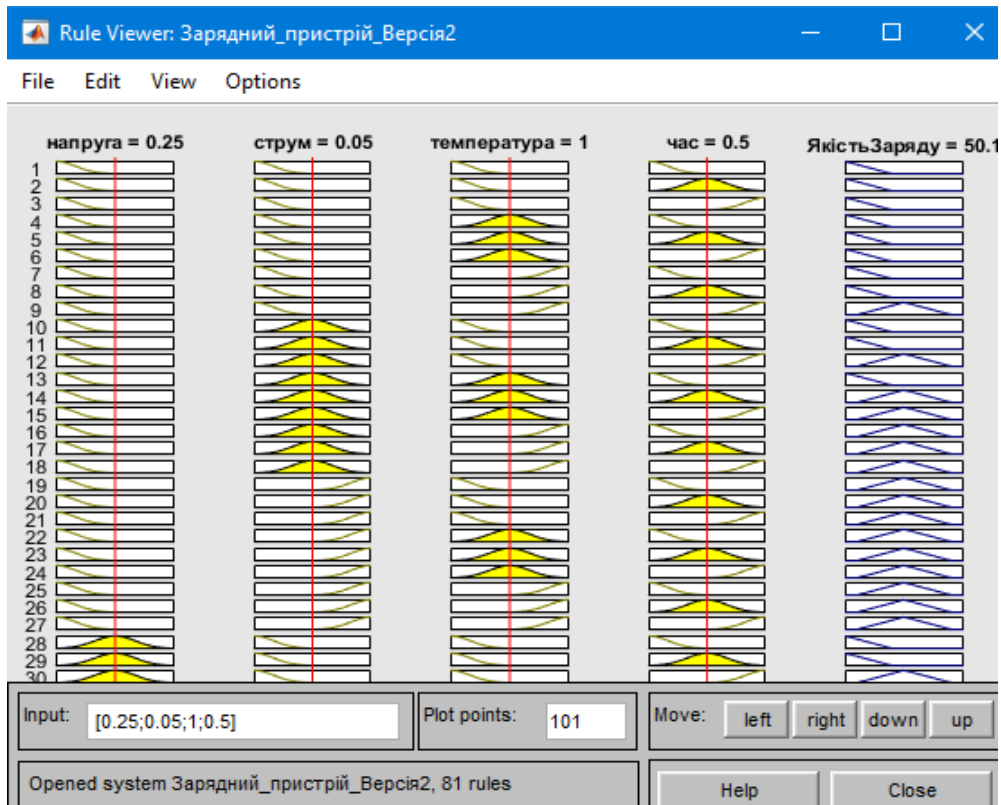


Рисунок 3. Отримання оцінки якості системи заряду акумуляторної батареї AGM: якість станції автономного електроживлення є прийнятною і має оцінку 50,1 бали

ВИСНОВКИ

Результатом роботи є отримання нечіткої моделі з оцінювання якості системи заряду акумуляторних батарей типу AGM. Цю модель можна використати в якості експертної системи для порівняльного аналізу джерел і станцій автономного електроживлення. Модель можна поширити на зарядні системи для акумуляторних батарей інших типів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Godfrey H. Fuzzy Logic with MATLAB. – Great Space Independent Publishing Platform. – North Charleston, SC, USA. – 2016. – 328p.
- [2] <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>
- [3] https://motostuff.com.ua/products/zaryadnaya-stantsiya-ecoplay-p1201-1248-vt-ch-1200-vt/?utm_source=googlemc&utm_medium=cpc&utm_campaign=motostuff_tovarka&utm_idproduct=12144&utm_mainarticulproduct=39229&gad=1&gclid=Cj0KCQjw3a2iBhCFARIsAD4jQB1uYsH-0Mul8V9or2-82ZZGDQ0v9UFxvdx6pACcbufGh1halRTCtAUaAjZbEALw_wcB
- [4] https://aushauz.com.ua/uk/Electric_equipment/chargers/AU-P20A?gclid=Cj0KCQjw3a2iBhCFARIsAD4jQB3w1JEMNDp3cWVJEMc88-i-8KjYm5hfmEGMDqeTXHiEGHWIAz2J0H8aAnKhEALw_wcB

Наук. керівник – к.т.н., доцент каф. ІВТ Божко К.М.

УДК 614.841

Б.Є. Опря, студ. гр. ПВ-91
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Анотація. У роботі розглянуто вимоги до систем пожежної безпеки. Висвітлено характерні ознаки які супроводжують виникнення пожежі. Розглянуто сучасні системи пожежної сигналізації та пожежогасіння. Запропоновану систему пожежного моніторингу приміщень великих розмірів.

Ключові слова: пожежна безпека, системи пожежогасіння, моніторинг, системи пожежної сигналізації.

ВСТУП

Пожежна безпека — це комплекс заходів і процедур, спрямованих на запобігання пожежам, зниження ризику їх виникнення та забезпечення безпеки людей, майна і навколишнього середовища у разі пожежі. Пожежна безпека, будь-якого об'єкту має забезпечуватись системою запобігання пожежі, комплексом протипожежного захисту та системою управління пожежною безпекою об'єкта [1].

Найважливішими заходами пожежної безпеки є належне оснащення приміщень протипожежним обладнанням, системами оповіщення, сигналізації та вентиляції, а також організація евакуації людей у разі виникнення пожежі.

Пожежна безпека вимагає постійного моніторингу та контролю джерел загоряння, а також превентивних заходів, таких як навчання персоналу, перевірка обладнання та приміщень, встановлення датчиків диму та пожежі, встановлення автоматичних систем пожежогасіння та інші.

Сьогодні на ринку існує низка систем моніторингу, спостереження та управління пожежною безпекою, до яких можна віднести відеоспостереження, пожежна сигналізація, автоматичні системи пожежогасіння, системи управління вентиляцією та інші.

У даній роботі оглянуто наявні на ринку України системи моніторингу пожежної безпеки.

РІВНІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Рівень пожежної небезпеки — характеризується розміром та інтенсивністю полум'я, температурою, яку генерує вогонь, швидкістю поширення вогню та іншими факторами. Основні рівні пожежної безпеки в Україні:

- перший рівень - найвищий рівень пожежної безпеки, який встановлюється для будівель, в яких розміщуються об'єкти, що мають особливе значення для життя і здоров'я людей, які ними користуються. Цей рівень вимагає застосування найсучасніших технологій та заходів протипожежного захисту.
- другий рівень - рівень пожежної безпеки, який встановлюється для будівель із середнім ступенем важливості, де знаходяться об'єкти, що безпосередньо не впливають на життя і здоров'я людей, але можуть завдати шкоди матеріальній інфраструктурі та навколишньому середовищу.
- третій рівень - найнижчий рівень пожежної безпеки, встановлений для об'єктів з незначним ступенем відповідальності, в яких розташовані

об'єкти, що не є важливими для життя та здоров'я людей і не мають високої матеріальної цінності.

ОГЛЯД СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ

Для підвищення ефективності заходів пожежної безпеки необхідно мати належні системи моніторингу, спостереження та контролю. Ці системи дозволяють своєчасно виявляти та вирішувати проблеми, знижувати ризики та підвищувати безпеку.

Системи захисту від пожеж проєктуються відповідно до вимог будівельних норм. До автоматизованої системи пожежогасіння входить система виявлення ознаку горіння та оповіщення про пожежу. Складовою частиною сигналізації пожежі є приймально-контрольні пожежні прилади, які призначені для приймання та обробки даних отриманих від пожежних сповіщувачів та сигналізування про виявлення ознак горіння [2].

Системи пожежної сигналізації є одним із типів систем протипожежного захисту. Вони призначені для завчасного виявлення ознак горіння та подальшого формування сигналів та передавання їх до відповідних систем реагування на пожежну небезпеку [2].

Відповідно до [2] системи пожежної сигналізації повинні:

1. виявляти ознаки пожежі на ранній стадії;
2. сигналізувати про виявлення пожежі або несправність системи;
3. формування управляючих сигналів для систем захисту від пожеж;

До характерних ознак, які супроводжують виникнення пожежі, на які реагують засоби виявлення пожежі систем пожежної сигналізації можна віднести наступні:

- термічний розклад матеріалів, що супроводжується виникненням аерозольних продуктів горіння;
- теплообмін за рахунок конвекції, що супроводжується наявністю теплових потоків від джерела пожежі;
- електромагнітне випромінювання в оптичному та інфрачервоному діапазоні, яке виникає від джерела пожежі.

Для підвищення ефективності заходів пожежної безпеки необхідно мати належні системи моніторингу, спостереження та контролю. Ці системи дозволяють своєчасно виявляти та вирішувати проблеми, знижувати ризики та підвищувати безпеку. До таких систем належать автоматичні системи пожежогасіння. Вони дозволяють вчасно виявити пожежу та автоматично подати вогнегасні речовини для її локалізації. Є різні системи автоматичного пожежогасіння, які використовуються в залежності від типу будівлі, її призначення та інших факторів.

Проаналізувавши відомі системи пожежної сигналізації та пожежогасіння була розроблена система моніторингу пожежної безпеки, структурна схема якої показана на рис. 1. Новизною такої системи є бездротова передача інформації від бездротових давачів, наприклад, як у роботі [3], до arduino, так і від нього до контролера датчиків пожежі, а потім на пункт сигналізації. Наприклад, це є актуальним для кінотеатрів, бо вони складаються із великих приміщень. У

кінозали багато датчиків вони передають покази на arduino, той обробляє інформацію та вирішує чи не перевищені встановлені межі. Якщо перевищені, то він тоді бездротово передає сигнал на контролер, на якому вже приймається рішення про ввімкнення сигналізації та вмикання автоматичного пожежогасіння.

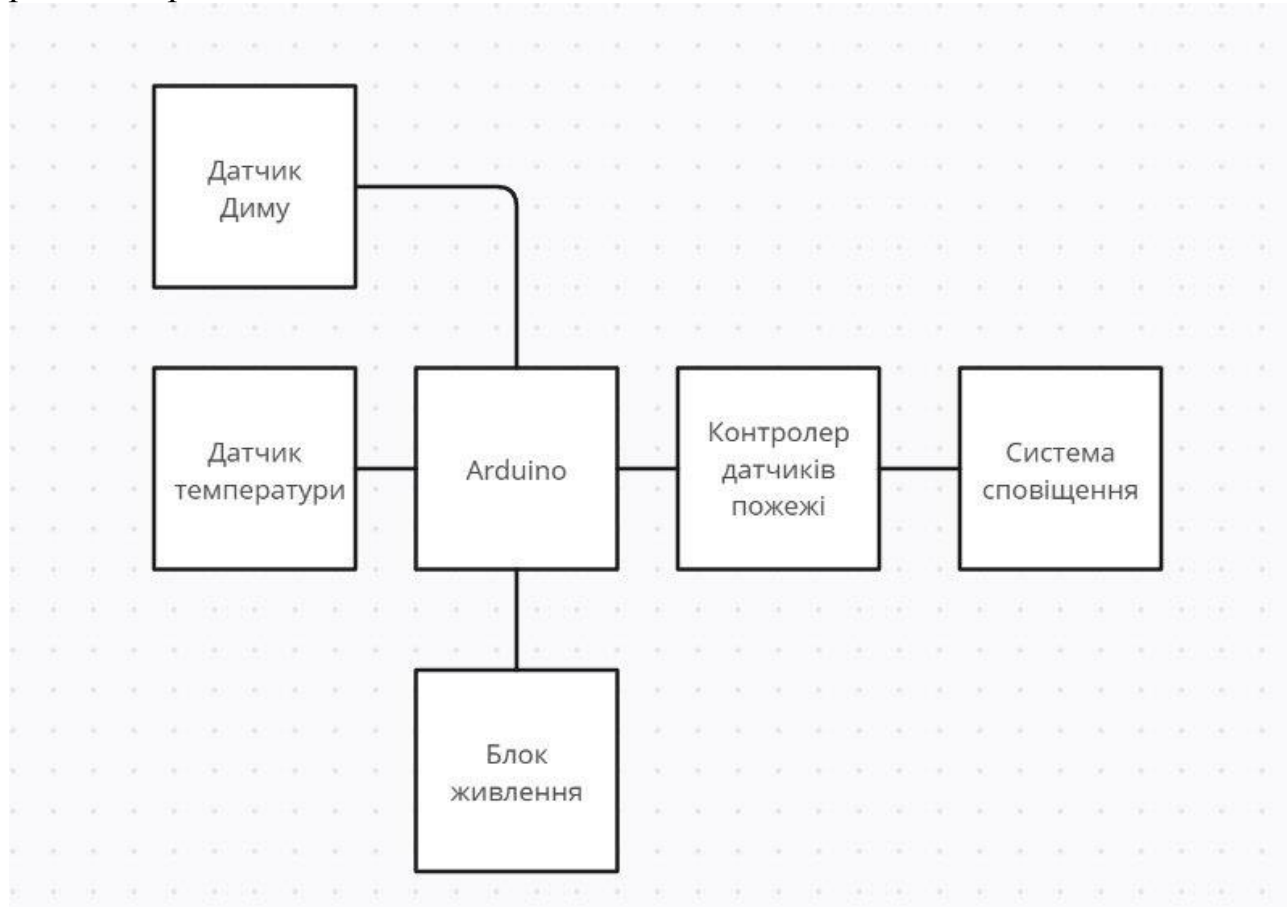


Рисунок 1. Структурна схема системи моніторингу пожежної безпеки

У кінотеатрах великі об'єми приміщень і якщо пожежа виникла у одному куті, то не має сенсу поливати водою усе приміщення, а тільки увімкнути ті, що ближче до пожежі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Пожежна безпека. Загальні положення : ДСТУ 8828:2019 [Чинний з 01.01.2019]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 87 с.
- [2] Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5-56:2014 [Чинний з 01.07.2014]. Київ: Мінрегіон України, 2015. 132 с.
- [3] Vidyashree P., Pushpalatha S. The design and implementation of building fire monitoring system using zigbee-wifi gateway. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2017. Vol. 4. Iss. 7. P. 3030–3032.

Наук. керівник – к.т.н., Козир О.В.

УДК 621.317.7

А.С. Павлюченко, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н. Щербань А.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МЕТОДИ ОЦІНКИ СТРЕСУ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ

Анотація. У сучасному світі актуальною проблемою для людства став стрес, який люди відчують впродовж їхнього життя. В цій статті запропоновані методи оцінки рівнів стресу та точності оцінки результатів отриманих даних.

Ключові слова: рівень стресу, методи, стрес.

ВСТУП

У наш час багато людей знаходяться у стані стресу, а деякі навіть цього не усвідомлюють що знаходяться під його впливом. У помірних кількостях стрес є не шкідливим для людини, але у великих кількостях він починає негативно впливати на життя людини. Наприклад це може призвести до погіршення працездатності на роботі у дорослого або проявитися у погіршенні відносин з іншими людьми, а от для підлітків це проявляється у погіршенні в навчанні. Для кожного рівень стресу різний, те що для когось одного неймовірний фактор стресу, для іншого не є проблемою і відповідно до цього усі мають різні методи визначення. У цій статті запропоновані методи оцінки рівнів стресу та точності оцінки результатів отриманих даних.

МЕТОДИКИ ДЛЯ ОЦІНКИ СТРЕСУ

Методичні підходи до психологічної діагностики кризових та стресових ситуацій, які визнаються за типовими стресогенними чинниками для молоді в підлітковому та юнацькому віці (14–17 років), а також способи опанування методиками визначається індивідуальними внутрішніми характеристиками та зовнішніми факторами, які можуть бути пов'язані з : а) оточення учнів, якщо мова йде про оточення, то це учнівський колектив, родина(батьки або бабуся і дідусь) колектив однолітків(; б) зі стресовими ситуаціями, викликаними різними життєвими причинами, особливо розв'язання відповідальних задач в умовах браку часу (контрольні роботи, тести, конференції, іспити); життєві кризи (загрози здоров'ю комусь з членів родини; непередбачувані незвичайні обставини). Основними психологічними передумовами вразливості до стресів, дезадаптованості особистості визнані індивідуальні особливості нервової системи й темпераменту (слабкий тип нервової системи, висока тривожність, емоційна лабільність, низький пізнавальний потенціал, підвищена вразливість), недостатню соціально-психологічну адаптивність. Нижче запропоновані методи, які враховують можливості впливу стресогенних факторів на рівень стресу людини.

Запропоновані методики:

- Методика визначення стресостійкості та соціальної адаптації (автори Д. Холмс, К. Раге)

Двоє вчених Д. Холмс, К. Раге прийшли до висновку за допомогою свого дослідження, що для людини рівень стресу визначаються не лише через її власні характеристики, а й силою та частотою впливу самих стресових факторів. Отже,

дослідники створили шкалу, аби визначити стресову завантаженість людини. Шкала складається з важливих подій у житті людини, де кожній події відповідає певна кількість балів залежно від ступеня її стресогенності

- Методика визначення рівня особистісної і ситуативної тривожності (автори У. Д. Спілберг, Ю. Л. Ханін)

Велике значення має визначення тривожності, оскільки ця характеристика сильно впливає на поведінку людини. Якщо психологічний тест виявив у учасника високий рівень особистісної тривожності, то це дає підстави передбачити, що він легко впадає в стан тривоги з різних причин, а особливо у значущих для його соціально психологічного та особистісного статусу ситуаціях. Методика Д.Спілбергера — Ю.Ханіна дає змогу вимірювати тривожність як особистісну властивість і як ситуативний стан.

- Самооцінка психологічної адаптивності

У кожної людини є таке поняття, як стресостійкість особистості. Це поняття описує уміння людини акомодуватися до життя. Знижений адаптаційний потенціал є психологічним чинником, що призводить до виникнення стресу й загострення кризових переживань. Запропоновано два методи, які допоможуть дослідити родину особистісну адаптивність: «Самооцінка психологічної адаптивності» та «Оцінювання емоційно-діяльнійної адаптивності особистості»

Сімейні стреси найбільше переживають члени конфліктних, дисфункціональних сімей. Саме у таких родини є найбільш схильними до емоційного вигорання, розвитку шлюбної залежності та інших психологічних розладів. Зважаючи на це важливим фактором для попередження, а також виправлення цих негативних феноменів є визначення сфер, що призводять до стресів для кожної окремої сім'ї. Це можна перевірити за допомогою методики яку можна побачити нижче.

- Методика дослідження характеру взаємодії подружжя в конфліктних ситуаціях (автори Ю. Е. Альошина, Л. Я. Гозман)

Розглянемо метод, який дає можливість описати пару учасника за низкою критеріїв: найбільш конфліктні (та стресогенні) сфери подружніх взаємовідносин, рівень згоди (чи незгоди) в ситуаціях конфлікту, ступінь конфліктності в парі. Цей метод полягає у проходженні учасниками тесту-опитувальника, що складається з 32 ситуацій подружньої взаємодії, що мають конфліктний характер

СИСТЕМА ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ

Система прийняття рішень в першому наближенні складається з двох частин:

1. Перша частина - блок попередньої обробки вхідних даних, в якому використовується тільки класична (чітка) логіка.

2. Друга частина - блок системи нечіткого виведення. Тут використовується тільки апарат нечіткої логіки.

Процедура прийняття рішень за допомогою нечіткої логіки складається з трьох етапів: фазифікації, обчислення правил і дефазифікації (рисунок 1)

Алгоритм роботи систем з нечіткою логікою базується на використанні лінгвістичних змінних (ЛЗ). Далі кожна ЛЗ повинна бути розділена на кілька

лінгвістичних термів (ЛТ), що характеризують особливості стану даної ЛП. Зазвичай ЛЗ складається з трьох-п'яти ЛТ.

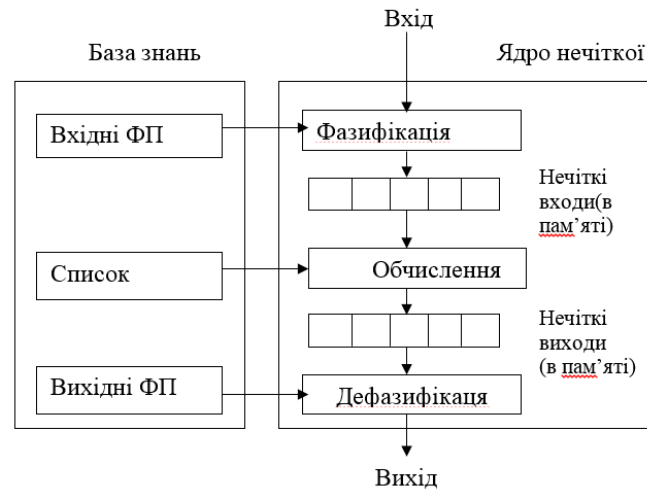


Рисунок 1. Принцип роботи системи з нечіткою логікою

Кожен ЛТ має одну функцію приналежності (ФП). Ця функція характеризує ступінь достовірності поняття, відповідного ЛТ, в залежності від поточного значення величини вимірюваного параметра.

ВИСНОВОК

Для компетентної оцінки результатів отриманих від методів оцінки стресу, пропонується використовувати нечітку логіку. Ми маємо оцінювати дані з точки правильності та точності будемо використовувати нечітку логіку, яка дає змогу при широкій вибірці отримати найбільш точні результати оцінки рівнів стресу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] О. Я. Кляпець, Б. П. Лазоренко, Л. А. Лепіхова, В. В. Савінов, «Методики вивчення повсякденного стресу і способів розв'язання кризових життєвих ситуацій», За ред. Т. М. Титаренко. – К.: Міленіум, 2009. – 120с.
- [2] Бабак В. П., Марченко Б.Г., Фриз М.Є. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика. К.: Техніка. – 2004. 288 с.
- [3] Anastasiia Shcherban, Volodymyr Ieremenko. COMPUTERIZED ELECTRICAL SUPPLY MONITORING SYSTEM FOR UNMANNED AIRCRAFT. Transactions on Aerospace Research. 2022. Vol.5(264), pp.71-80. DOI: 10.2478/tar-2020-0022. ISSN 2545-2835.
- [4] Волошин О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. [Текст] / О. Ф. Волошин, С. О. Машенко; М-во освіти і науки України, Київськ. нац. ун-т. – 2-ге вид., перероб. та допов. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.

УДК 677.017

М.В. Петров, студ. гр. ПН-п01
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРИСТОСТІ В ТЕКСТИЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛАХ УЛЬТРАЗВУКОВИМ БЕЗКОНТАКТНИМ МЕТОДОМ

Анотація. Пористість є вирішальним фактором, що впливає на властивості композитних текстильних матеріалів. Безконтактний ультразвуковий метод дозволяє швидко вимірювати пористість. Аналіз відбиття ультразвукових хвиль в шарах пористих текстильних матеріалів оптимізує виробничі процеси і підвищує якість продукції.

Ключові слова: пористість, композиційні текстильні матеріали, безконтактний контроль, ультразвуковий метод.

ВСТУП

Текстильні композити широко використовуються завдяки своїй універсальності, довговічності та низькій вартості. Пористість є ключовим параметром, який впливає на їхні властивості та експлуатаційні характеристики [1], а точне вимірювання має важливе значення для забезпечення відповідності стандартам. Ультразвукові методи широко використовуються для неруйнівного контролю [2], в тому числі текстилю, завдяки своїй надійності та простоті реалізації. Математичне моделювання доповнює експериментальні випробування і забезпечує теоретичну основу для розуміння поведінки ультразвукових хвиль в матеріалах.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПОРИСТОСТІ

Ультразвукові методи широко використовуються для неруйнівного контролю матеріалів, включаючи текстиль [3]. Ультразвуковий метод передбачає передачу високочастотних звукових хвиль через матеріал і аналіз отриманих сигналів для визначення властивостей матеріалу. У випадку з текстилем ультразвукові хвилі можуть передаватися через міжволоконні та наскрізні проміжки між нитками і надавати інформацію про пористість [4].

Математичне моделювання за допомогою ультразвуку використовується для дослідження пористості текстильних матеріалів. Розроблено рівняння для опису поширення хвиль у матеріалі з урахуванням таких властивостей, як густина, жорсткість і пористість. Розв'язок надає інформацію про швидкість і загасання хвиль, що дозволяє розрахувати пористість. Цей метод економить час і ресурси, прогнозуючи поведінку хвиль без обширних випробувань, особливо для складних матеріалів.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОХОДЖЕННЯ ТА ВІДБИТТЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ВІД ДВОШАРОВОГО МАТЕРІАЛУ

Представлена математична модель базується на відбитті ультразвукових хвиль від текстильних матеріалів з порами у вимірювальному каналі безконтактних приладів. Модель складається з двох частин: перша частина - це відбиття ультразвукових хвиль від поверхні текстильного матеріалу, а друга частина - це відбиття ультразвукових хвиль від пор всередині матеріалу.

Для повного вивчення взаємодії імпульсних ультразвукових сигналів з

матеріалами необхідно враховувати відбиття від різних складових шарів. Для цього дослідження було розглянуто двошаровий композитний матеріал з різними акустичними опорами його шарів.

Комплексний коефіцієнт проходження ультразвукових хвиль крізь двошаровий текстильний матеріал можна подати так:

$$W(\omega) = \frac{W_{12} W_{23} W_{34} \cdot e^{j\left(\left(\frac{\omega}{c_2} + j\alpha_{23}\right)h_1^* \cdot \cos v_1 + \left(\frac{\omega}{c_3} + j\alpha_{33}\right) \cdot h_2^* \cdot \cos v_2\right)}}{1 - (1 - (1 - V_{21}V_{34})(1 + V_{23})(1 + V_{32})) \cdot e^{2j\left(\left(\frac{\omega}{c_2} + j\alpha_{23}\right)h_1^* \cdot \cos v_1 + \left(\frac{\omega}{c_3} + j\alpha_{33}\right) \cdot h_2^* \cdot \cos v_2\right)}}, \quad (1)$$

$$h_1 = h_1^* \cdot \cos v_1, h_2 = h_2^* \cdot \cos v_2,$$

де W і V – відповідні коефіцієнти проходження і відбиття хвиль на межах відповідних середовищ (перший індекс позначає середовище, з якого падає хвиля, а другий – середовище, в яке проходить, або, від якого відбивається хвиля);

α_{23} , α_{33} – коефіцієнт згасання ультразвукових хвиль у першому та другому шарах матеріалу відповідно;

h_1^* , h_2^* – товщина першого та другого шарів композиційного матеріалу

без

врахування пор;

v_1 , v_2 – кути між векторами хвиль, що відбиваються від першого та другого

шарів матеріалів текстильного полотна у бік приймаючого перетворювача, та самими матеріалами (розміри наскрізних пор впливають на величину зазначених параметрів).

Комплексний коефіцієнт відбиття ультразвукових хвиль від двошарового матеріалу можна подати так:

$$V(\omega) = \frac{\sqrt{V_L} - \sqrt{V_L} \cdot e^{2j\left(\left(\frac{\omega}{c_2} + j\alpha_{23}\right)h_1 + \left(\frac{\omega}{c_3} + j\alpha_{33}\right) \cdot h_2\right)}}{1 - V_L \cdot e^{2j\left(\left(\frac{\omega}{c_2} + j\alpha_{23}\right)h_1 + \left(\frac{\omega}{c_3} + j\alpha_{33}\right) \cdot h_2\right)}}, \quad (2)$$

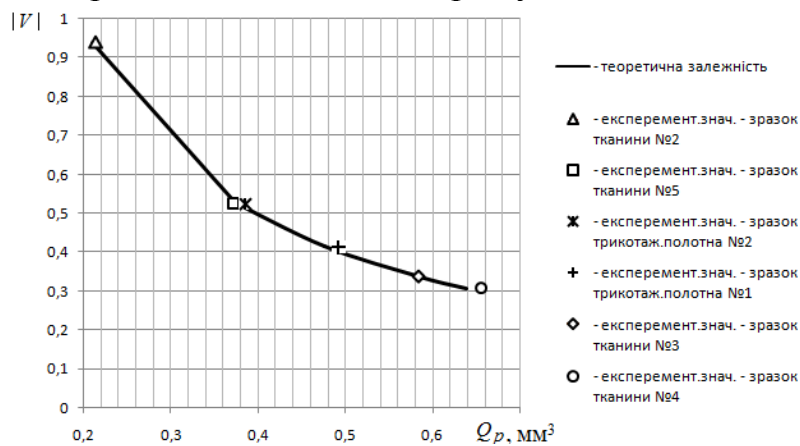
де V_L – квадрат часткового коефіцієнта відбиття від першої межі середовищ повітря та двошарового матеріалу.

Для визначення пористості двошарового текстильного матеріалу рекомендується використовувати амплітуду відбитої ультразвукової хвилі, оскільки коефіцієнт відбиття в першу чергу залежить від площі пор, а не від товщини матеріалу. Таким чином, рекомендується визначати амплітуду ультразвукових хвиль, відбитих від поверхні матеріалу. Для цього необхідно визначити модуль комплексного коефіцієнта відбиття.

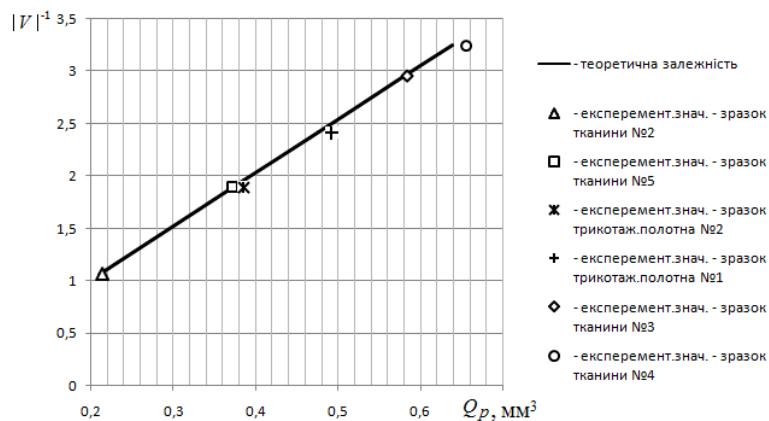
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДБИТТЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ВІД КОНТРОЛЬОВАНИХ ШАРІВ МАТЕРІАЛУ

Враховуючи проведений аналіз потрібно показати зв'язок між модулем комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових хвиль і пористістю на одиницю площі двошарового композиційного матеріалу. Частота використовуваних ультразвукових хвиль становить 75 кГц , з тривалістю імпульсу $\tau_0 = 40 \text{ мкс}$. На графіку нижче представлені залежності для модуля та оберненої до нього величини комплексного коефіцієнта відбиття.

Графіки на рисунку 1 (а, б) показують залежність модуля комплексного коефіцієнта відбиття хвиль від зворотного параметра - розміру пор на одиницю площі для різних шарів композитного матеріалу.



а



б

Рисунок 1. Залежності модуля $|V|$ та величини $|V|^{-1}$ комплексного коефіцієнта відбиття від об'єму пор Q_p в зразку полотна на одиницю площі 1 мм^2 :

а – залежність модуля $|V|$ від об'єму пор Q_p , мм^3 в різних матеріалах;

б – залежність оберненої величини модуля $|V|^{-1}$ від об'єму пор Q_p , мм^3 в різних матеріалах

Результати показують, що зі збільшенням розміру пор зменшується як модуль комплексного коефіцієнта відбиття хвиль, так і амплітуда хвиль. Це означає, що більші пори призводять до більших втрат енергії відбитого ультразвукового сигналу.

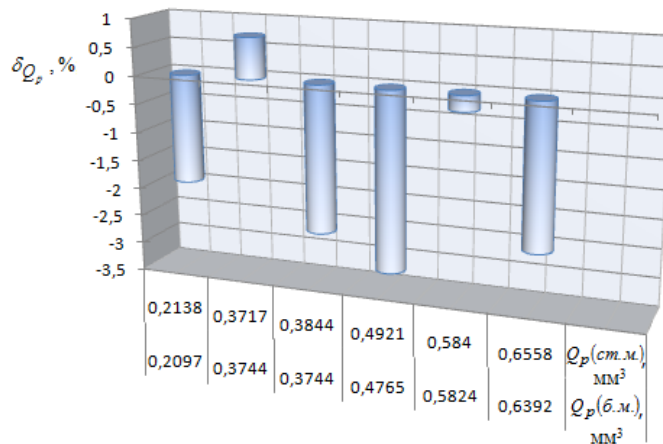


Рисунок 2. Залежності відхилення δ_{Q_p} від об'єму пор Q_p в зразку полотна на одиницю площі 1 мм²

На рисунку 2 порівнюються вимірювання пористості, отримані за допомогою мікросліфування та оптичного сканування, з результатами, отриманими за допомогою безконтактного ультразвукового вимірювання.

ВИСНОВКИ

Ультразвуковий метод є корисним інструментом для неруйнівного контролю матеріалів, в тому числі текстилю. Вивчення відбиття ультразвукових хвиль через пористий текстиль може оптимізувати виробничі процеси і підвищити якість продукції. Математичне моделювання можна використовувати для вивчення пористості, розробляючи рівняння, які описують поширення ультразвукових хвиль через матеріал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] A. K. Sen, "Ultrasonic nondestructive evaluation: a review of achievements and challenges," *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 28, no. 8, pp. 919-939, 2009.
- [2] J. Krause and R. Beyerer, "Non-destructive testing of textile-reinforced composites using ultrasonic guided waves," *Composites Science and Technology*, vol. 68, no. 3-4, pp. 1006-1013, 2008.
- [3] J.-H. Lee et al., "Ultrasonic characterization of porosity in woven carbon fiber reinforced polymer composites," *Journal of Composite Materials*, vol. 45, no. 23, pp. 2445-2456, 2011.
- [4] M.-J. Kim and S.-H. Hong, "Ultrasonic characterization of porosity in carbon fiber reinforced polymer composites," *Journal of Composite Materials*, vol. 44, no. 7, pp. 815-827, 2010.
- [5] Anders Boström and Peter Bövik, "A Model of Ultrasonic NDE for Internal and Subsurface Cracks," *Computational Mechanics '95, ICES Conference proceedings*, 1995.

Наук. керівник - д.т.н Барилко С.В.

УДК 621.319.54

Р.О. Потієнко, студ. гр. ПІ-21, к.т.н, доц. Шумков Ю.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТНОЇ АНОМАЛІЇ

Анотація. У роботі наведено лістинг програмного коду на мові python для виконання моделювання вимірювання проєкцій магнітної індукції набором давачів для подальшого використання у алгоритмі вирішення оберненої задачі магнітометрії. Програмний код розбитий на функції та розміщений у модуль для зручності.

Ключові слова: магнітний диполь, магнітна аномалія, моделювання, python, numpy, matplotlib.

ВСТУП

Пасивні методи локалізації магнітних аномалій базуються на вирішенні оберненої задачі вимірювання: за виміряними значеннями характеристики магнітного поля, отриманих масивом давачів, визначають положення феромагнітного об'єкту та його магнітні параметри [1]. Магнітна аномалія у даному випадку — це спотворення магнітного поля Землі у даній точці, викликане магнітним полем феромагнітного об'єкту. Параметри об'єкту локалізації залежать від обраної моделі. Найуживанішою моделлю феромагнітного об'єкту є магнітний диполь [2].

Важливою задачею є створення масивів значень характеристики магнітного поля для моделювання процесу вимірювання давачами магнітного поля. Ці масиви повинні бути представлені у зручній формі для виконання числових операцій над ними та подальшого відображення та збереження у файл. Для цього програмний код, який створює ці масиви, повинен бути зрозумілим, написаним на широкоживаній мові програмування та використовувати математичні бібліотеки для швидкого виконання розрахунків над великими масивами даних.

У даній роботі наведено приклади програмного коду написаного на мові Python для моделювання вимірювання магнітної індукції давачами, у вигляді масивів числових значень. Популярна бібліотека Numpy [3] використовувалась для створення масивів значень індукції магнітного поля, оскільки вона дозволяє досить швидко виконувати складні числові розрахунки над багатомірними масивами. Відображення графіків як двомірних, так і тримірних виконувалось за допомогою бібліотеки для побудови графіків Matplotlib [4]

ПРОГРАМНИЙ КОД ДЛЯ ВИКОНАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ

Оскільки магнітна індукція $\vec{B} = (B_x, B_y, B_z)$ — це векторна величина то для виконання числових розрахунків зручніше використовувати її проєкції на вісі декартової системи координат B_x, B_y, B_z . У реальності кожен давач разом із вимірювальним каналом створює у кожен момент часу три значення проєкції на вісі координат. Якщо одним давачем виконувати вимірювання деякий час із встановленою частотою опитування, то у результаті отримаємо двомірний масив значень — матрицю, розмірністю $n \times 3$, де n — кількість вимірювань, а три стовпчики — це значення проєкцій магнітної індукції.

Оскільки числові розрахунки виконуються у алгебраїчній формі, то зручно

модель вимірних значень давачів представити в матричній формі [2]:

$$\begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix} = \frac{\mu_0}{4\pi R^5} \begin{pmatrix} 3x^2 - R^2 & 3xy & 3xz \\ 3yx & 3y^2 - R^2 & 3yz \\ 3zx & 3zy & 3z^2 - R^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix} \quad (1)$$

де M_x, M_y, M_z - проекції магнітного моменту диполю; R - відстань між давачем та магнітною аномалією; x, y, z — різниця координат між давачем та магнітною аномалією; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Н/А² – магнітна проникність вакууму.

Розрахунок формули (1) почнемо виконувати для одного давача та для одного вимірювання. Це завдання виконує функція (рис. 1), яка приймає наступні аргументи: *coordinate* — вектор координат, повинен бути різницею координат давача та аномалії; *m* — вектор проекцій магнітного моменту, *mu0* — значення магнітної проникності. Вона повертає вектор значень проекцій магнітної індукції.

```
def magnetic_field(coordinate, m, mu0):
    x, y, z = coordinate
    r = np.sqrt(x**2 + y**2 + z**2)
    k = mu0 / (4. * np.pi * r**5)
    r2 = r**2
    a11 = 3. * x**2 - r2
    a12 = 3. * x * y
    a13 = 3. * x * z
    a21 = a12
    a22 = 3. * y**2 - r2
    a23 = 3. * y * z
    a31 = a13
    a32 = a23
    a33 = 3. * z**2 - r2
    a = np.array([[a11, a12, a13], \
                  [a21, a22, a23], \
                  [a31, a32, a33]])
    return k * (a @ m)
```

Рисунок 1. Лістинг функції генерування вектору вимірювання магнітного давача

Наступна функція (рис. 2) *measurement* виконує віднімання координат давача та магнітного диполя та повертає значення проекцій магнітної індукції за одне вимірювання. Вона приймає наступні аргументи: *r_sensor* — вектор координат давача; *r_source* — вектор координат магнітного диполя. Інші параметри такі ж як у попередньої функції.

Оскільки магнітний диполь рухається, то у результаті його координати із часом змінюються та відповідно буде отримана матриця вимірювань розмірністю $n \times 3$, де три стовпці — це проекції магнітної індукції на вісі координат. Це завдання виконує функція *samples* (рис. 2), яка отримує наступні аргументи: *r_sensor* — такий же як у попередньої функції; *r_source* — матриця вимірних із часом координат магнітного диполя. Останні аргументи такі ж як у

попередньої функції. У результаті функція повертає матрицю проекцій магнітної індукції розмірністю $n \times 3$. стовпці якої — це проекції індукції на осі координат.

```
def measurement(r_sensor, r_source, m, mu0):
    r = r_source - r_sensor

    return magnetic_field(r, m, mu0)

def samples(r_sensor, r_source, m, mu0):
    source_count = r_source.shape[0]
    b = np.zeros([source_count, 3])
    for i in range(source_count):
        b[i] = measurement(r_sensor, r_source[i], m, mu0)

    return b
```

Рисунок 2. Лістинг функції генерування матриці вимірювань магнітного давача

Оскільки сенсорів декілька, то потрібно отримати значення проекцій для кожного із них. Для цього написана функція *sensors* на рис. 3. Це функція приймає наступні аргументи: *r_sensor* — матриця координат давачів, розмірністю $k \times 3$, де k — кількість сенсорів, стовпці — координати x, y, z ; *r_source* — матриця координат руху аномалії, розмірністю $n \times 3$; інші параметри такі, як у попередньої функції. Результатом виконання даної функції є тримірний масив розмірності $k \times n \times 3$. Цей масив містить значення проекцій магнітної індукції які отримані для k давачів для вимірювальної вибірки розміром n .

```
def sensors(r_sensor, r_source, m, mu0):
    sensor_count = r_sensor.shape[0]
    source_count = r_source.shape[0]
    sb = np.zeros([sensor_count, source_count, 3])
    for i in range(sensor_count):
        sb[i] = samples(r_sensor[i], r_source, m, mu0)

    return sb
```

Рисунок 3. Лістинг функції генерування тримірного масиву вимірювань магнітних давачів

Розглянуті функції для зручності були зібрані у модуль із назвою *tools*. На рис. 4 наведено лістинг використання функції *sensors*. Знизу рис. 4 також наведено розмірність отриманого тримірного масиву.

```
In [5]: sensor_b = tools.sensors(sensor_r, source_r, moment, mu0)
        sensor_b.shape

Out[5]: (8, 100, 3)
```

Рисунок 4. Лістинг отримання тримірного масиву значень магнітної індукції

Моделювання значень давачів виконувалось для параметрів вимірювального завдання та феромагнітного об'єкту, а також для координат його руху та розміщення сенсорів на основі реальних значень із роботи [2]. У

результаті проведеного моделювання був отриманий тримірний масив значень проєкцій магнітної індукції на вісі координат для восьми датчиків та вибірки розмірністю сто спостережень. На рис. 5 наведено значення проєкцій магнітної індукції для двох датчиків у залежності від координати x руху моделі магнітного диполя.

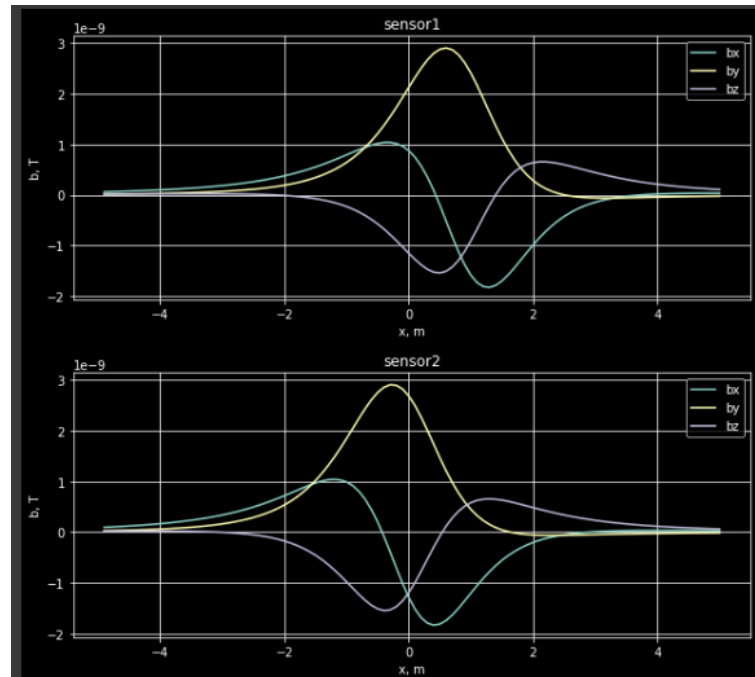


Рисунок 5. Змодельовані проєкції магнітної індукції для двох датчиків

Робота містить лістинги програмного коду для моделювання вимірювання індукції магнітної аномалії на основі використання моделі аномалії у вигляді магнітного диполю. Розроблений код є зручним для проведення моделювання для будь-якої кількості датчиків та довільної розмірності вимірювальної вибірки. Застосування у розрахунках бібліотеки NumPy дозволило прискорити їх виконання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Лікаренко В.Я., Козир О.В. Засоби локалізації магнітних аномалій. Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні : матеріали XVIII Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 06-07 груд. 2022. Київ, 2022. С. 156-159.
- [2] Ferromagnetic mass localization in check point configuration using a levenberg marquardt algorithm / R. Alimi, N. Geron, E. Weiss , T. Ram-Cohen. Sensors. 2009. Vol. 9, no. 11. Pp. 8852-8862. doi:10.3390/s91108852.
- [3] Array programming with NumPy / C. R. Harris, K. J. Millman, S. J. van der Walt, et al. Nature. 2020. № 585. Pp. 357–362. DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2.
- [4] Hunter J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment. Computing in Science & Engineering. 2007. Vol. 9, no. 3. Pp. 90-95. doi:10.1109/MCSE.2007.55.

Наук. керівник – к.т.н. Козир О.В.

УДК 543.421/.424

М. Р. Пукіш, студ. гр. ПН-91, ст. викл. Таранов В.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОПТИЧНИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КАЛАМУТНОСТІ

Анотація. У цьому тексті описано пропозицію використання методів обробки з прозорості води для контролю за каламутністю водного середовища в малих річках. Представлена дво-канальна схема спостережень, що базується на сучасних елементах та інформаційно-технологічних методах обробки і передачі даних на віддалений комп'ютер. Оптичні датчики вимірюють каламутність води та складаються з випромінювача та фотоприймача, які визначають рівень каламутності води та підключені до контролера для збору та обробки даних. Оптичні прилади використовують нефелометричні одиниці каламутності - NTU.

Ключові слова: Екологічна безпека, водне середовище, каламутність, оптичні датчики, контроль, моніторинг, обробка даних, інформаційно-технологічні методи.

ВСТУП

Екологічна безпека водного середовища вимагає проводити своєчасний контроль малих річок які несуть свої води з міст та гірських порід, змиваючи все на своєму шляху. Вимірюючи саме каламутність води ми дізнаємось про комплексне забруднення.

Поклавши в основу методи обробки з прозорості води, засновані на сучасній елементній базі та інформаційно-технологічних методах обробки передачі інформації на віддалений комп'ютер ми пропонуємо дво-канальну схему спостережень. Світлова енергія, яка поширюється через товщу води - визначається кількістю частинок у воді, які впливають на розсіювання світла, поступаючи до фотодатчика несе інформацію про каламутність води. Оптичні прилади, які вимірюють каламутність води, використовують відповідні одиниці - NTU (нефелометричні одиниці каламутності).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оптичні датчики складаються з випромінювача, який генерує світло, і фотоприймача, який приймає відбите світло від водного середовища. Датчик може мати один або декілька світлочутливих елементів, які визначають рівень каламутності води, підключений до контролера або реєстратора даних для збору та обробки даних про каламутність води.

Вони вже встановлені на стаціонарних станціях моніторингу якості води або на мобільних платформах для моніторингу в різних місцях водних об'єктів. Будучи зручним інструментом для вимірювання каламутності у водному середовищі, забезпечують швидку і точну індикацію рівня каламутності води, мають високу чутливість і стійкість до зовнішніх впливів, таких як зміни температури і тиску, що робить їх придатними для використання в широкому діапазоні середовищ. Тому розробка сучасного датчика – є актуальним завданням сьогодні! Функціональна схема запропонованого оптичного датчика представлена на рис.1, де використанні оптичні джерела на основі потужних світлодіодів, працюючих в імпульсному режимі та фоточутливі елементи, які саме й контролюють стан водного середовища. Надалі тільки програмна калібровка за допомогою прийнятих сьогодні середовищ, а саме білої глини (коаліна) або двоокісі кремнія.

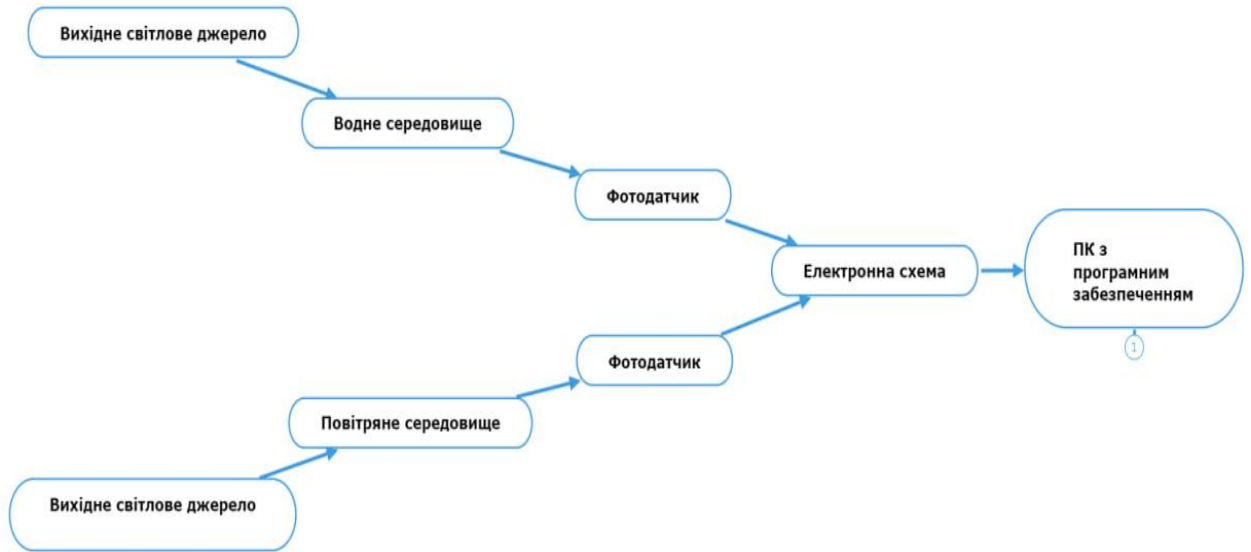


Рисунок 1. Функціональна схема оптичного вимірювача каламутності.

Ми використовуємо білу глину та діоксид кремнію, так як вони підтримують стан водного середовища досить тривалий час. Згідно нашого вимірювання зміна у середовищі тільки 10 тис. часток, де вода *не рухається*, відбувається за час до 2 хв, або на 15 % (див. Рис.2). Враховуючі, що наші вимірювання відбуваються за час не більш як 1 сек, можливо переконливо вказувати на можливість використання цих матеріалів для калібрування оптичних приладів для каламутності.

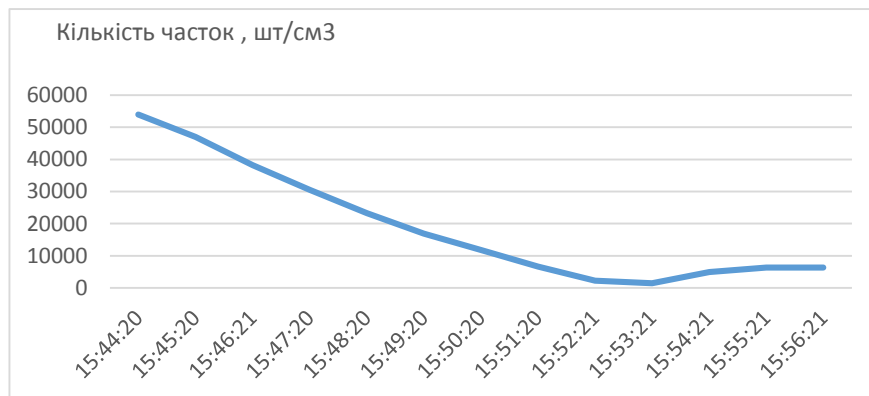


Рисунок 2. Зміна каламутності води під впливом білої глини та діоксиду кремнію.

Використовуючи діоксид кремнію провели перші випробування двоканальної оптичної системи для визначення каламутності водного середовища Довжина кювети досягала 110мм. Згідно закону Бугера -Ламберта - Бера дозволило оцінювати вплив саме на прозорість водного середовища в масштабі реального часу.

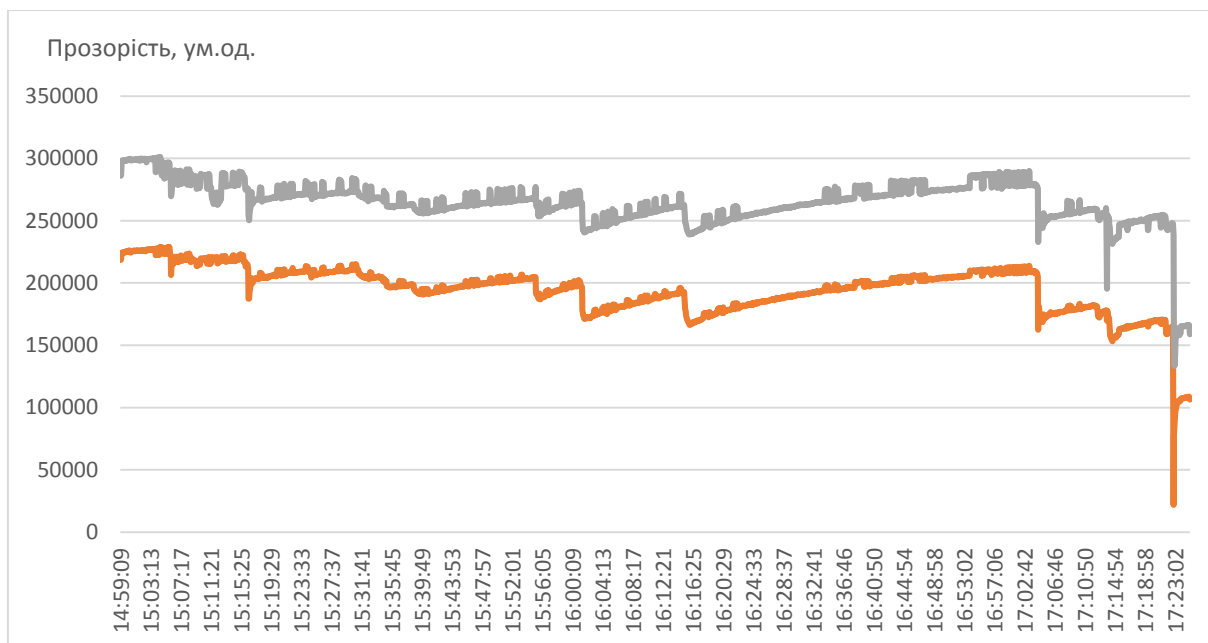


Рисунок 3. Зміна прозорості водного середовища на двох спектрально різних каналах при введенні діоксиду кремнію до 10 мг на літр , тобто приблизно на 12 NTU .

Використовуючи подальшу обробку електричного відгуку з фотоприймачів можлива вказувати на визначення каламутності реального водного середовища. Переводити умовні одиниці в визначення каламутності дозволяє визначати стан води, що дозволяє надавати моніторинг стану. Результати обробки ми вже застосовуємо в приладах для моніторингу нітратів у воді в реальному часі , де саме забруднення впливає на визначення дійсного результату[3]. Досягнуто сьогодні вимірювання від очищеної води до 32 NTU (30 мг/л - білої глини).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Черняк, Ю.А. Методи контролю водного середовища. Київ: Вісник НАН України. 2008.
- [2]Романенко, О.І. Методика контролю якості води для питтєвого та технічного використання. Київ: ДП "Інститут водних ресурсів НАН України". 2009.
- [3]Бойчун С.О.1 , Мельніченко Д.С.2 , Таранов . Моніторинг відносного вмісту нітратів у водах. Екологічні науки -2022- № 4(43), С 32-39.

Наук. керівник – к.т.н., ст.викл. Таранов В.В.

УДК 62-971

І.І. Ревуцький, студ. гр. ПІ-12, к.т.н., ст. викл. Морозова М.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ДАТЧИКИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ У АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

Анотація. Проведено огляд засад проектування автоматизованих систем в контексті системи типу «Розумний дім». Окреслено існуючі методи вимірювання температури. Розглянуто алгоритми контролю температури за допомогою розумної системи та датчиків контролю температури. Наведено найбільш поширені сучасні моделі інтелектуальних температурних датчиків та сенсорів.

Ключові слова: датчики температури, розумний дім, розумна система, автоматизована система.

ВСТУП

У сучасному світі люди намагаються виконати більшу кількість завдань за якомога коротший проміжок часу. Найчастіше у цьому прагненні їм допомагають автоматизовані системи, якими користуються як у повсякденному житті, так і при виконанні робочих завдань. Автоматизована система – система, що складається з об'єкта та пристроїв, що виконують різні дії над ним або поряд з ним, згідно до поставленого завдання, а частину функцій керування певними задачами виконує сама людина.

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ ДІМ»

Одним із головних параметрів, які впливають на якість життя та безпеку на виробництві та самопочутті працівників є температура. Для вимірювання та контролю її значення в автоматизованій системі найчастіше використовують датчики температури. Датчики температури – це пристрої для контролю температури рідини, твердого тіла чи розплавленої речовини, або ж навколишнього середовища. Вибір датчика температури базується на його відповідності до головних параметрів, а саме: до діапазону робочої температури; здатності датчика занурюватися у об'єкт вимірювання чи в середовище; умов проведення вимірювань; ресурсу (часу напрацювання датчика до калібрування чи заміни); величини вихідного сигналу (сенсор, аналогові вихідні сигнали, технічні показники та тип корпусу).

Існує два основні методи вимірювання температури: метод врівноваження та метод прогнозування. Метод врівноваження проводиться, коли між вимірюваною поверхнею та чутливим елементом настає теплова рівновага, тобто між датчиком та об'єктом вимірювання немає суттєвої різниці температур. Метод прогнозування базується на вимірюванні швидкості зміни температури датчика, і в процесі вимірювання теплова рівновага не настає [1].

Найчастіше в автоматизованих системах датчик температури підключається до схеми разом з пристроєм оповіщення. Робота таких датчиків в цій системі полягає в наступному: встановлюються граничні значення температури, і при збільшенні чи зменшенні показників щодо температури датчик сповіщає про ці зміни за допомогою сигналу – звукового, світлового чи комбінованого. Таким чином, оператор автоматизованої системи не повинен постійно проводити вимірювання і контролювати значення самостійно.

Для найбільш ефективного будівництва та експлуатації житлових будівель важливу роль відіграє достовірне вимірювання зональної температури. Для

вимірювання зональної температури у кожній тепловій зоні будівлі використовують термостат. Температура повітря в приміщенні (Твнут) – фізична змінна, яку досліджують та аналізують за результатами випробувань, пов'язаних з мікрокліматом у приміщенні, моделями вентиляції та кондиціонування повітря, керуванням опалення, комфортом користувача та оцінкою енергоефективності будівлі.

Згідно стандартам EPB (Energy Performance of Buildings) ISO 52000-1 (International Organization for Standardization, 2017) можливо вимірювати показника температури у різні інтервали часу: погодинні, місячні, сезонні та річні. Але серед усіх варіантів дослідники віддають перевагу погодинній або щомісячній процедурі.

Метод щомісячного розрахунку включає в себе виправлення або коефіцієнти кореляції для обліку даних. Ці коефіцієнти розраховуються заздалегідь, враховуючи варіації добової погоди, умов використання та дизайн будівлі. Через це метод перестав бути простим та прозорим, а показник надійності вихідних даних різко зменшився. Отже, дослідники все більш схиляються до використання погодинного методу.

Погодинний метод не потребує коефіцієнтів кореляції, однак проблема використання цього методу полягає у великій кількості вхідних даних, що створить більше невизначеності і може призвести до втрати загальної точності. Для вирішення цієї проблеми дослідниками була розроблена модель, у якій всі будівельні елементи, що охоплюють теплову зону (окрім вікон), були об'єднанні в єдину загальну теплопередачу, включаючи дах, стіни та підлогу. Таким чином вимірюють температуру усієї теплової зони [2].

У моделях автоматизованих систем для вимірювання температури повітря в приміщеннях теплової зони використовують датчики температури, точність яких вважають невизначеністю вимірювання. Серед методів аналізу невизначеності виокремлюють наступні [3]:

- Аналіз похибки датчика температури ($UT_{(S)}$): невизначеність, що виникає через систематичні похибки датчиків температури повітря та систем моніторингу. Її оцінюють експериментально і порівнюють за точністю датчиків температури повітря, що були надані виробником.
- Аналіз невизначеності температури (UT): загальна оцінка невизначеності для температури повітря в приміщеннях в різних теплових зонах. Вона оцінюється експериментально і враховують всі джерела невизначеності зонального вимірювання температури повітря в приміщенні, включаючи систематичні та випадкові похибки.
- Аналіз просторової невизначеності температури ($UT_{(SP)}$): невизначеність, що оцінюється за допомогою аналітичної процедури та виникає через випадкові помилки. Невизначеність температури (UT) зонального повітря в приміщенні розділяється на невизначеність, пов'язану із систематичними похибками (невизначеність датчика температури ($UT_{(S)}$)) та невизначеність, пов'язану з випадковими помилками (просторова невизначеність температури ($UT_{(SP)}$), враховуючи, що обидві невизначеності не залежать одна від одної.

У багатьох сучасних будинках використовується система «розумний дім» – один із видів так званої «розумної системи». Ця система дозволяє мешканцям цього будинку та квартири самостійно контролювати чи навіть змінювати значення температури за допомогою спеціально розробленого додатка на телефоні чи іншому пристрої. Також можна встановити граничні значення та прописати дії, які система

повинна виконати при їх виявленні. Наприклад, при пониженні температури – підвищити до заданого значення, чи навпаки, при підвищенні – знизити до заданого значення. Такий же алгоритм роботи подеколи використовується при розробці систем для кондиціонерів. Розумна система в режимі 24/7 стежить за термостатами і датчиками, і це мінімізує виникнення аварійних ситуацій. Якщо деякі датчики все ж таки виходять з ладу, то система все одно працюватиме в автономному режимі [4].

Для аналізу характеристик сучасних електронних датчиків температури, що призначенні для використання вдома та спроектовані разом з додатком для онлайн вимірювання, контролю та зміни показників температури, були розглянуті характеристики наступних моделей – Mijia Bluetooth Thermometer 2, Aqara Temperature and Humidity Sensor ZigBee Apple HomeKit WSDCGQ11LM, Qingping M (CGG1), Qingping Lite (CGDK2) та Xiaomi Mi Temperature and Humidity Monitor 2. Діапазон вимірювання температури у них однаковий від 0 °C до 60 °C із кроком вимірювання у 0.1 °C та точністю 0.1 °C (до 3 °C). Вага таких датчиків не перевищують 110 грам. Програмне забезпечення цих пристроїв дозволяє не тільки перевіряти показники у будь-який момент часу, а й змінювати їх онлайн та завдяки налаштуванню сповіщення контролювати і швидко реагувати на аномальні зміни. Також ці пристрої зберігають історичну інформацію вимірюваних показників, які можна перевірити в будь-який час та в будь-якому місці.

ВИСНОВОК

Отже, датчики температури є важливою складовою будь-якої автоматизованої системи. Їх використання дозволяє контролювати значення температури, задавати потрібні значення та дистанційно їх змінювати. Контроль температури та налаштування нормативних значень показників є складовою частиною управління мікрокліматом, основні задачі якого: створення і підтримка комфортного мікроклімату для людини у будівлі/споруді/офісі, а також економія енергії, що використовується для підтримання параметрів. Мікроклімат будь-якого приміщення контролюється за допомогою термостатів і контролера, що розташовані в певних частинах будівлі, та управляються системою «розумний дім».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Fraden, Jacob. Handbook of Modern Sensors physics, designs, and applications / Jacob Fraden. — 3rd ed., 2016. — 608 p.
- [2] Van Dijk, Dick. (2019). EN ISO 52016-1: The New International Standard To Calculate Building Energy Needs for Heating And Cooling, Internal Temperatures And Heating And Cooling Load. 4061-4068. 10.26868/25222708.2019.211405.
- [3] Giraldo Soto, Catalina & Mora, Laurent & Erkoreka, Aitor & Uriarte, Irati & Eguía, Pablo. (2022). Overall uncertainty analysis of zonal indoor air temperature measurement in an in-use office building. Building and Environment. 219. 109123. 10.1016/j.buildenv.2022.109123.

Наук. керівник – к.т.н., ст. викл. Морозова М.М.

УДК 004.032

А.Ю. Романенко, студ. гр. ПІ-21мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ В РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. У даній статті розглянуто архітектури як традиційних процесорних систем, так і нейропроцесорів, а також їх вплив на швидкість і точність отримання результатів діагностики в роботизованих системах неруйнівного контролю. Також у роботі було запропоновано варіант застосування нейропроцесорів у таких завданнях як розпізнавання образів та прогнозування, використовуючи машинне навчання в тепловому, ультразвуковому, рентгенівському та інших методах неруйнівного контролю.

Ключові слова: нейропроцесор, нейронна мережа, машинне навчання, неруйнівний контроль, роботизовані системи.

ВСТУП

В сучасних умовах, під час обробки сигналів неруйнівного контролю, існує потреба в автоматизованому розпізнаванні різноманітних зображень, прихованих залежностей між інформативними параметрами, виділень корисного сигналу на фоні завад тощо. Технологією, яка набула широкого застосування в сучасних приладах та системах неруйнівного контролю – є машинне навчання, адже воно має величезні переваги: дозволяє автоматизувати деякі процеси, які раніше потребували втручання людини; система з легкістю здатна перевершити людину у достовірності контролю, маючи достатню кількість навчальних даних. Також нейронні мережі допомагають вирішувати певні задачі, в яких мова йде не тільки про математичні обчислення.

Проте існує і проблема, з якою зустрічається даний підхід. Проблема полягає у порівняно низькій швидкодії нейронних мереж у зв'язку з архітектурою центральних процесорів, які використовуються у сучасних комп'ютеризованих системах. В даній роботі розглянуто метод, який дозволить проводити швидкий автоматизований контроль: перспективний підхід використання нейропроцесорів у роботизованих системах неруйнівного контролю.

МЕТА РОБОТИ

Головна мета даної роботи – це проведення аналізу порівняльного характеру традиційних процесорних архітектур та нейропроцесорів. А також, ще однією метою є визначення області застосування нейропроцесорних систем в завданнях неруйнівного контролю.

АРХІТЕКТУРИ ПРОЦЕСОРІВ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ

Традиційні процесорні системи, такі як мікроконтролери (МК), процесори (ЦП), цифрові сигнальні процесори (ЦСП), графічні процесори (ДП) тощо, дещо відрізняються від нейропроцесорів. Їх головною відмінністю є саме архітектура. Тож, для початку, розглянемо будову традиційних процесорів. Якщо дуже коротко, традиційні процесорні системи складаються з відокремлених блоків, які можуть виконувати різні функції: обчислювальні і периферійні блоки, а також пам'ять. Тепер щодо нейропроцесорів: вони мають більш, скажімо так, однорідну

структуру, яка включає безліч нейронів – однакових і відносно простих обчислювальних осередків з вбудованою пам'яттю. Нижче прикріплено рисунки 1 та 2, на яких добре видно цю відмінність.

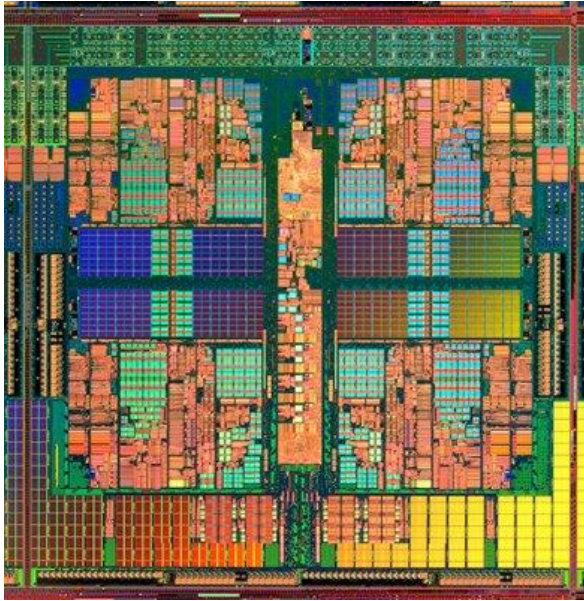


Рис. 1. Структура традиційного процесора



Рис. 2. Структура нейропроцесора

Звернемося до визначення архітектури нейропроцесора. Оскільки кожен нейрон є самостійним обчислювальним ядром, можемо зробити висновок, що архітектура нейропроцесора є багатоядерною. І як результат використання такої системи, багато операцій, таких як розпізнавання зображень, фільтрація, класифікація та інші, виконуються вкрай швидко. Так, стандартні, але у той же час більш сучасні, процесори так само можуть мати багатоядерну структуру. Проте процес вирішення неформалізованих завдань для них як і раніше є ускладненим.

Окрім різної архітектури, можливості традиційних процесорних систем та нейропроцесорів мають ще деякі ключові відмінності. Тож проведемо порівняння за кількома ознаками:

Таблиця 1. Порівняння традиційних процесорів та нейропроцесорів

Ознака порівняння	МК/ ЦП/ ЦСП/ ГП	Нейропроцесори
Обробка даних	Паралельна обробка в багатопроцесорних системах	Паралельна обробка за визначенням
Вирішення задач	Рішення логічних/послідовних/лінійних задач; декомпозиція завдань і використання об'єктивних оцінок	Рішення нестандартних/паралельних/нелінійних задач; рішення завдання цілком, з урахуванням попереднього досвіду і постійним самонавчанням

Наявність детермінації	Жорстка детермінація за часом, математичного апарату, типу даних	Немає жорсткого детермінізму при вирішенні задач
Оптимальність	Оптимальні для роботи з чітко структурованими масивами даних	Оптимальні для роботи з неструктурованими і нестандартними масивами даних
Здатність масштабування	Складність масштабування	Відносна простота масштабування

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ НА АРХІТЕКТУРІ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ

Існує два основних режими, в яких здатні працювати більшість нейропроцесорів – це режими навчання та розпізнавання. Що цікаво, мова може йти про абсолютно різні за своєю природою дані: тексти, зображення, звукові сигнали, відео і таке інше. Перебуваючи у режимі навчання, процесор накопичує дані, а під час операцій розпізнавання – процесор використовує накопичені дані та виконує відповідну команду згідно з результатом розпізнавання. Зовнішній керуючий процесор відповідальний за формування потоку даних, а нейрони – за проведення обробки.

Абсолютно кожен нейрон має власну програмовану пам'ять: основну, контекст, категорію. Для класифікації об'єктів використовується категорія, а для поділу нейронів на підмережі – контекст. Програмування традиційних процесорів дещо відрізняється від програмування пам'яті нейронів. Коли у звичайному процесорі запис програми відбувається перед початком роботи, у той час як у більшості нейропроцесорів програмування може здійснюватися прямо під час роботи і називається навчання.

Нейрони використовуються для розпізнавання різних властивостей об'єкта (це можуть бути його форма, колір тощо). Тоді архітектура може дозволити розділити нейрони на окремі підмережі за допомогою поля контексту. Після чого, у процесі розпізнавання, залишаються активними тільки ті нейрони, контекст яких збігається з глобальним контекстом, що задається керуючим процесором. Отже, саме таким чином можна підвищити енергоефективність системи.

ОБЛАСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОПРОЦЕСОРІВ У НЕРУЙНІВНОМУ КОНТРОЛІ

Буває, що результати теплового неруйнівного контролю – неоднозначні, так як на них впливає велика кількість факторів, пов'язаних між собою доволі складно. Технології глибинного навчання використовують для автоматизації обробки термограм. Тож тепер розглянемо, що дозволяє застосування нейронних мереж. Завдяки нейронним мережам з'являється можливість автоматизовано визначати тип дефекту, глибину залягання та інші його характеристики. Проте проведення згаданого аналізу, як правило, пов'язане саме з необхідністю обробки великих масивів даних. Для того, щоб оптимізувати цей процес,

використовують нейропроцесори.

Якщо застосувати нейронні мережі в системі ультразвукового неруйнівного контролю – це буде так само актуально. Для того, щоб отримати аналіз дефектограми, оператори проводять їх візуалізацію. На таких дефектограмах, на основі конкретних патернів, які включають амплітуди луна-сигналів у різних точках і їх взаємне розташування, можуть бути виявлені дефекти. Для автоматизації виявлення і аналізу патернів можна застосувати штучні нейронні мережі. Щоб підвищити ефективність обробки даних у n-ну кількість разів, при використанні згаданих вище технологій, найоптимальнішим варіантом буде застосування саме нейропроцесорної архітектури.

Також не треба забувати, що сьогодні так само стрімко розвиваються системи радіаційного контролю, які виділяються візуальним відображенням результатів вимірювання. Та технічна дефектоскопія – не єдина галузь, в якій вони використовуються. Системи радіаційного контролю також широко використовують і при огляді в аеропортах, залізничних станціях тощо з метою забезпечення безпеки. У даних системах розпізнавання елементів внутрішньої структури просвічуваного об'єкта традиційно зводиться до візуального розпізнавання зображення людиною-оператором. Такі спеціалізовані методи автоматичного розпізнавання зображень дозволятимуть значно підвищити достовірність контролю. Одні з таких алгоритмів – штучні нейронні мережі. Використовуючи ці технології саме на архітектурі нейронних мереж, можна досягти оптимізації процесів розпізнавання, а також підвищення надійності і достовірності отриманих результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Романчук В. А. Оцінка результатів моделювання обчислювальних систем на базі нейропроцесорів / В. А. Романчук, В. Н. Ручкин. – 2013.
- [2] Momot, A. Defect classification in active thermal testing with the use of neural networks / A. Momot // Матеріали III науково-технічної конференції «Неруйнівний контроль в контексті асоційованого членства України в Європейському Союзі» з міжнародною участю – NDT – UA 2019, 17-19 вересня 2019 року, м. Київ, Україна. – Київ
- [3] Назаренко С. Ю. Застосування штучних нейронних мереж у радіаційному неруйнівному контролі / С. Ю. Назаренко, В. А. Удод

Наук. керівник - д.т.н., проф. Здоренко В.Г.

УДК 681.518.5

А.В. Слюсарчук, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., Козир О.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА ВІБРАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОНСТРУКЦІЙНИХ СПОРУД

Анотація. У роботі проаналізовано мето вібраційного моніторингу. Запропонована портативна система вібраційного моніторингу конструкцій споруд на основі бюджетної елементної бази. Наведено макет системи вібраційного моніторингу конструкційних споруд.

Ключові слова: вібраційний моніторинг, вібраційна діагностика, конструкційні споруди.

ВСТУП

Вібраційна діагностика є важливим інструментом для виявлення та діагностики проблем у широкому діапазоні обладнання, включаючи двигуни, насоси та інше обладнання. Аналізуючи моделі вібрації цих систем, ми можемо виявити потенційні проблеми та вжити заходів щодо їх усунення, щоб запобігти виходу з ладу та простою обладнання.

Вібраційна діагностика - метод діагностування технічних систем і обладнання, заснований на аналізі параметрів вібрації, або створеної працюючим обладнанням, або вторинної вібрацією, що є обумовленою структурою досліджуваного об'єкта [1].

Конструкції, які можна контролювати на предмет вібрації, включають:

- Будівлі. Моніторинг вібрації можна використовувати для забезпечення безпеки та надійності будівель, особливо у випадку землетрусів чи інших природних катаклізмів.
- Мости. Мости можуть піддаватися вібрації через рух, вітер чи інші зовнішні сили. Моніторинг вібрацій може допомогти виявити потенційні проблеми або оптимізувати роботу моста.
- Дамби: греблі можуть піддаватися вібрації через потік води, землетруси чи інші зовнішні сили. Моніторинг вібрації може допомогти забезпечити безпеку та надійність греблі.

Важливим завданням є розробка портативних, бюджетних систем моніторингу конструкційних споруд.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВІБРАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Існує декілька методів моніторингу вібрації структурних конструкцій, зокрема [2]:

- візуальний огляд: вібрацію іноді можна спостерігати візуально, наприклад, коли конструкція чи компонент помітно тремтять або рухаються. Цей метод особливо корисний для визначення джерела вібрацій.
- використовуючи датчики вібрації, такі як акселерометри [3], вимірювачі швидкості та датчики переміщення, які можна приєднати до конструкції для вимірювання вібрацій. Датчики можна підключити до системи збору даних для запису та аналізу даних вібрації.
- лазерне сканування: лазерні сканери можна використовувати для вимірювання зміщення конструкції або компонента під час його вібрації.

Цей метод можна використовувати для створення детальної карти вібраційного руху конструкції.

- використовуючи тензодатчики: тензодатчики можна прикріпити до конструкції для вимірювання напруги (деформації), викликані вібрацією. Цей метод можна використовувати для визначення величини та частоти коливань.
- на основі аналізу кінцевих елементів. Аналіз кінцевих елементів (FEA) — це комп'ютерний метод моделювання реакції конструкції на навантаження та вібрацію. FEA можна використовувати для прогнозування вібраційної поведінки конструкції та оптимізації її конструкції.
- метод модального аналізу. Модальний аналіз — це техніка для визначення власних частот і форм мод конструкції. Його можна використовувати для визначення джерела вібрації та оптимізації конструкції для зменшення вібрації.

МАКЕТ СИСТЕМИ ВІБРАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Система вимірює вібрації конструкційних споруд. Датчики вібрації вимірюють рівень вібрацій, після цього виміряні значення оброблюються спеціальною програмою для подальшого відображення на LCD дисплеї (рис. 1).

Експлуатаційні характеристики системи вібраційного моніторингу:

- кількість каналів вимірювання вібрації – 3;
- діапазон вимірювання швидкості вібрації –0..50 мм / с;
- діапазон частот – 10..20000 Гц;
- діапазон робочих температур – -35. +60 °С;
- нерівномірність амплітудно-частотної характеристики – не більше 3 дБ;
- межа допустимого значення приведеної похибки не перевищує $\pm 2 \%$;
- габаритні розміри не більше 220x110x60 мм;
- маса приладу не більше 3,5 кг.

Компонентний склад макету системи вібраційного моніторингу:

- плата Arduino UNO R3
- датчик вібрації 801S;
- макетна плата для створення прототипів;
- перемички для з'єднання;
- джерело живлення 12в;
- usb-кабель для прошивки Arduino UNO R3

У цій схемі датчик вібрації підключений до плати Arduino. Світлодіод вбудований в плату Arduino. Коли датчик вібрації виявляє вібрацію, він посилає сигнал на плату Arduino, яка у свою чергу активує вбудований червоний світлодіод.

Коли датчик вібрації виявляє певний рівень вібрації, він видає аналогову напругу пропорційну силі вібрації. Плата Arduino зчитує аналогову напругу з датчика вібрації та перетворює її на цифрове значення за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Плата Arduino порівнює цифрове значення з пороговим значенням, яке встановлено в кодї. Якщо цифрове значення перевищує порогове значення, плата Arduino активує світлодіод, встановлюючи

цифровий вихідний контакт на HIGH.

Основний елемент датчика 801S – металева пружина гнучкої структури, розташована у внутрішній частині трубки із пластику. За наявності будь-яких впливів на неї вона починає вагатися. Посилення сигналу відбувається за рахунок його подачі спочатку на операційний підсилювач, а потім вихід аналогового типу. Важливим елементом датчика вібрації є потенціометр, який регулює чутливість приладу і дозволяє встановлювати необхідний поріг спрацьовування.

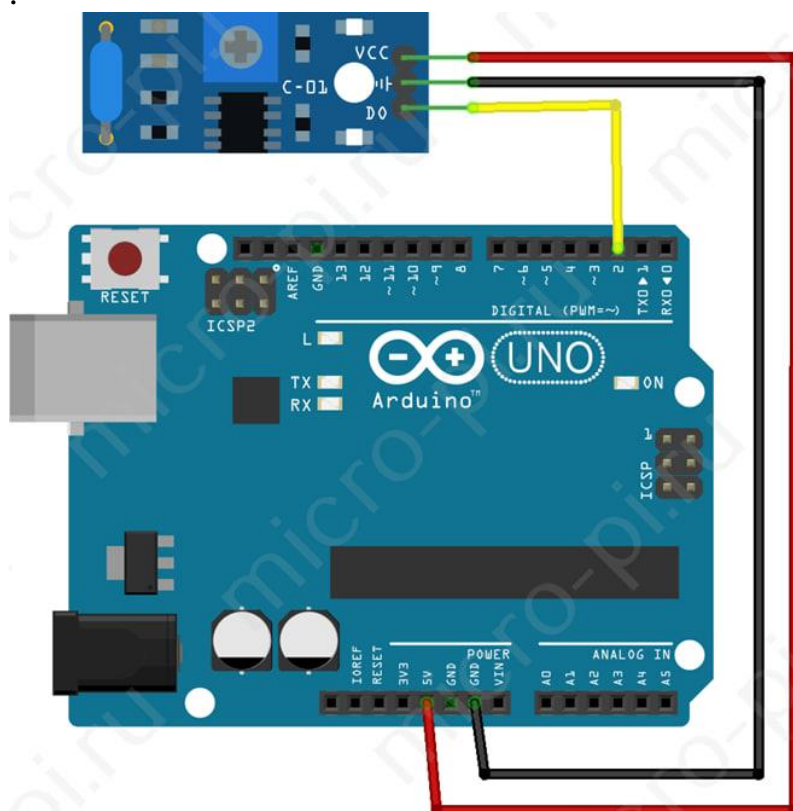


Рисунок 1. Макет системи вібраційного моніторингу

За допомогою цієї системи можливо швидко й точно аналізувати вібрації та приймати обґрунтовані рішення щодо обслуговування та ремонту обладнання, конструкцій споруд тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Вібрація. Терміни і визначення : ДСТУ 2300-93 [Чинний з 01.01.1995]. 1993. 24 с.
- [2]Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги : ДСТУ 12.1.012:2008 [Чинний з 01.02.2009], ВЦРПС. 2008.
- [3]Design of a piezoelectric accelerometer with high sensitivity and low transverse effect / B. Tian et al. Sensors. 2016. Т. 16, №. 10. Р. 1587

Наук. керівник – к.т.н., Козир О.В.

УДК 004.43

Р.С. Теличко, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., доц. Синиця В.І.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КЛАСТЕРИЗАЦІЯ ПОДІЙ В ОСЦИЛОГРАМАХ

Анотація. Данна стаття –призначена для кластеризації реальних осцилограм з використанням алгоритмів машинного навчання в середовищі Python.

Ключові слова: кластеризація, машинне навчання, алгоритми машинного навчання, алгоритм KMeans.

ВСТУП

В ході науково-технічного прогресу технології штучного інтелекту торкнулись багатьох галузей людського життя, в тому числі і науки, особливо зараз, важко уявити будь які дослідження без використання електронно-обчислювальних машин та програмного забезпечення, яке дозволяє автоматизувати процеси моніторингу і обробки даних. Для роботи з осцилограмами, отриманими з ехолотаторів, розроблено програмне забезпечення в середовищі Python.

МЕТА РОБОТИ

Провести кластеризацію (кластеризація [1] – процес групування об'єктів таким чином, щоб об'єкти однієї групи були більш схожими друг на друга ніж на об'єкти інших груп) наявних осцилограм, які є відображенням динамічних змін у водному середовищі, для виявлення аномальних явищ.

РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення задачі пошуку явищ, розроблено програму в середовищі Python [2], яка реалізує алгоритми машинного навчання без вчителя, для чого використано бібліотеки, розроблені спеціально для роботи у цій галузі, а також ті, що дозволяють будувати графіки та обробляти зображення.

Для відкриття осцилограм у середовищі Python та конвертації їх в чорно-біле зображення (це зроблено з метою полегшити подальші маніпуляції над об'єктом) використано функції бібліотеки PIL (бібліотека зображень Python). Оскільки алгоритми кластеризації працюють з числовими значеннями, а не з файлами, для подальшої роботи необхідно зчитати відкрите зображення, як масив, для чого використано функціонал бібліотеки NumPy — основний пакет для наукових обчислень на Python, який надає об'єкт багатовимірного масиву, різні похідні об'єкти (такі як замасковані масиви та матриці), а також набір процедур для швидких операцій над масивами, включаючи математичні, логічні, маніпуляції формою, сортування, вибір, введення/виведення, базова лінійна алгебра, основні статистичні операції, випадкове моделювання та багато іншого [3].

З метою поділу на кластери формується масив із усіх зчитаних зображень. Кластеризація реалізується за допомогою функцій бібліотеки scikit-learn. Для проведення кластеризації було обрано алгоритм ієрархічного дослідження схожості між окремими осцилограмами, для візуалізації результатів побудовано дендрограму.

Корінь дерева — це унікальний кластер, який збирає всі зразки, а листя — кластери лише з одним зразком. Ієрархічна кластеризація виконується, використовуючи підхід «знизу вгору»: кожне спостереження починається з власного кластера, а кластери послідовно об'єднуються.

Метрика Ward, яка використовується для стратегії злиття, мінімізує суму квадратів різниць у всіх кластерах. Це підхід з мінімізацією дисперсії, і в цьому сенсі він подібний до цільової функції KMeans, але розглядається за допомогою агломеративного ієрархічного підходу [4].

Результат проведених експериментальних досліджень над зображеннями за допомогою розробленого коду наведено на рисунку 1.

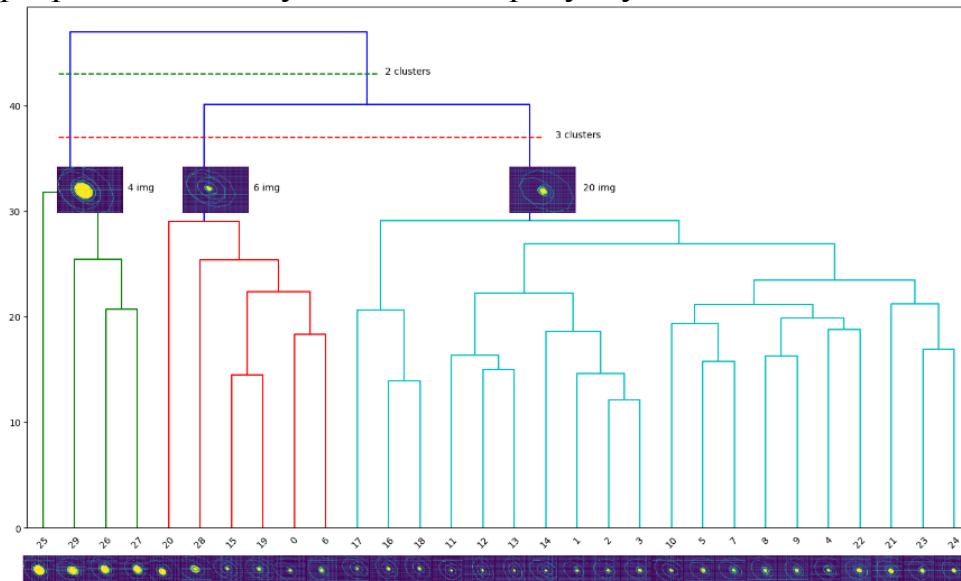


Рисунок 1 – Діаграма результатів кластеризації(дендрограма)

На рисунку 1 різними кольорами виділено три кластери, в найбільшому 26 подібних зображень, у виділеному червоним кольором 6, в останньому 4. Також на рисунку 1 синім кольором зображено корні дерева, по ним проведено два зрізи (пунктирна лінія зеленого та червоного кольорів), які перетинають корні в двох та трьох точках відповідно, отже алгоритм пропонує поділ на два, або на три кластери. Типові зображення для кожного варіанту наведено на рисунках 2, 3.

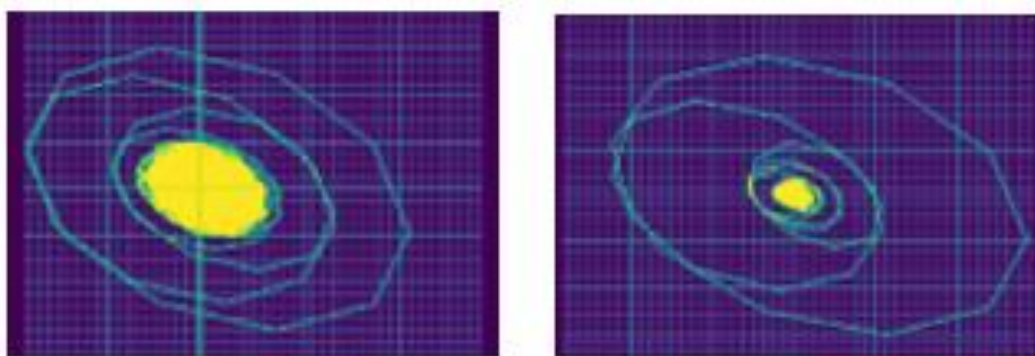


Рисунок 2 – Типові зображення кожного кластера (2 кластери)

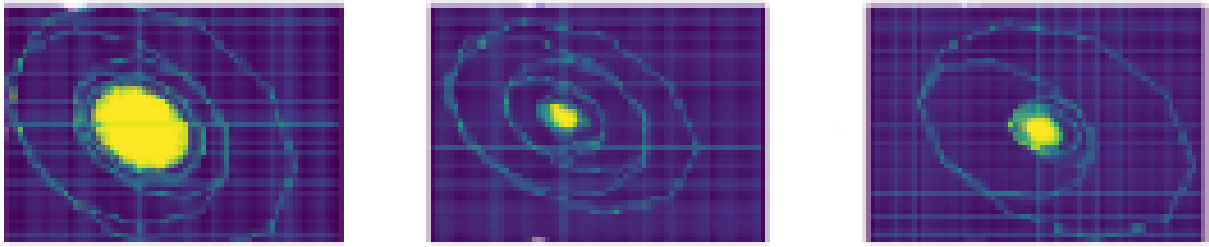


Рисунок 3 – Типові зображення кожного кластера (3 кластери)

На рисунку 4 наведено розташування кластерів (кольори кластерів відповідають рисунку 1).

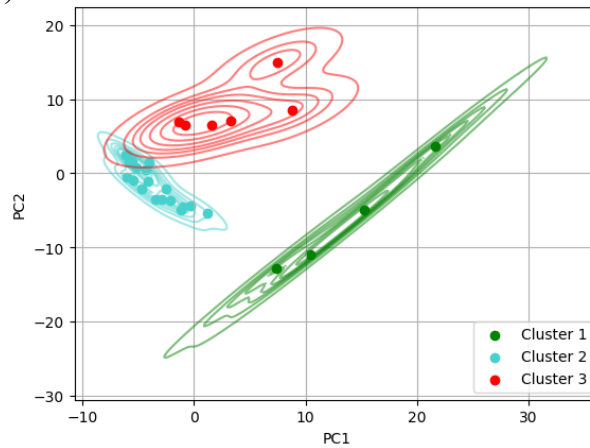


Рисунок 4 – Діаграма розташування кластерів: PC1,2 – дисперсія відстаней.

Оцінкою якості кластеризації, зазвичай, є порівняння результатів, з результатами отриманими за допомогою іншого алгоритму, для чого, в якості алгоритму для порівняння, використано KMeans [5]. Суть якого полягає у випадковому виборі центроїдів (точки від яких буде відкладатись відстань), після чого їх координати оновлюються (береться середнє для елементів які потрапили в цей кластер), це повторюється до тих пір поки центроїди не перестануть змінюватись. Для знаходження оптимальної кількості кластерів використано метод Elbow [6]. У цьому методі ми фактично змінюємо кількість кластерів від 1 до 5. Для кожного значення кількості кластерів обчислюється WCSS (суму квадратів відстані між кожною точкою та центроїдом у кластері) графік (рисунок 5).

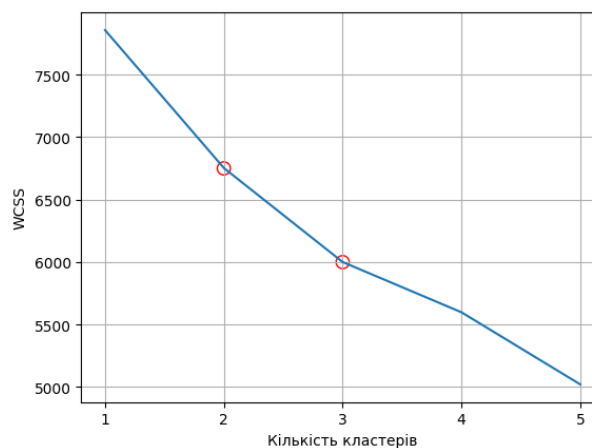


Рисунок 5 – Діаграма оцінки кількості кластерів методом Elbow

Зі збільшенням кількості кластерів значення WCSS зменшується. Аналізуючи графік, нас цікавлять точки в яких відбувається злам, створюючи форму ліктя.

Виходячи з рисунку 5, оптимальним, на нашу думку, в експерименті з осцилограмами є поділ на два або три кластери. Оскільки поділ на три кластери дозволяє побачити явище, яке є проміжним, між станом спокою, та явною активністю, що є цікавим для подальших досліджень, доцільно зупинитись саме на цьому варіанті.

Співпадіння результатів розподілу на кластери для використаних алгоритмів, дорівнює приблизно 90%, що свідчить про достатньо якісну кластеризацію.

ВИСНОВОК

Проведено кластеризацію двома методами, які дали схожий результат, що свідчить про стійкість та статистичну значимість отриманого рішення. Знайдено аномальне явище, яке є проміжним між станом спокою та активності в досліджуваному морському середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Jain A., Murty M., Flynn P. Data clustering: A review// ACM Computing Surveys. – 1999. – Vol. 31, no. 3. – Pp 264 – 323.
- [2] Документація Python. – Режим доступу: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>
- [3] Документація Numpy. – Режим доступу: <https://numpy.org/doc/stable/>
- [4] Lance G.N., Willams W.T. A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems // Comp. J. – 1967. – no.9. – Pp. 373 – 380
- [5] Документація Scikit-learn. – Режим доступу: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html>
- [6] Інтернет ресурс Analytics Vidhya – Режим доступу: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/01/in-depth-intuition-of-k-means-clustering-algorithm-in-machine-learning/>

Наук. керівник – к.т.н., доц. Синиця В.І.

УДК 621.317.7

Д.С. Шаповалов, студ. гр. ПІ-21мп, к.т.н., ст. викл. Щербань А.П.
КПІ ім.Ігоря Сікорського

ПРИНЦИПИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Анотація. Ця стаття є пояснює, що таке контроль якості медичних лабораторних досліджень та пояснює види контролю якості для гематологічних аналізаторів ,а також виконання необхідних ISO.

Ключові слова: Контроль якості, діаграма Леві-Дженінгса, ISO, аналізатор, метод, лабораторне дослідження.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Контроль якості (КЯ) – це система заходів кількісної оцінки правильності лабораторних досліджень, що передбачає активне, систематичне виявлення і усунення помилок, за які відповідальні співробітники лабораторії. Простіше кажучи, в рамках КЯ «контрольні» матеріали з відомим складом досліджують паралельно з пробами від пацієнтів для того, щоб перевірити правильність і відтворюваність всього аналітичного процесу. КЯ потрібно для акредитації лабораторії.

Термін «контроль якості», має на увазі використання контрольних матеріалів для перевірки правильності і відтворюваності всіх процесів етапу дослідження або аналітичного етапу.

Процеси контролю якості розрізняються залежно від того, які методи застосовуються в лабораторних дослідженнях.

Для підтримки якості лабораторних досліджень існують програми міжнародної зовнішньої оцінки лабораторних досліджень, таких як ESfEQA.

Європейське товариство зовнішньої оцінки якості (ESfEQA) пропонує різноманітні тести зовнішньої якості для медичних лабораторій у галузі біохімії, гематології, імунології та мікробіології.

Щомісячні та щоквартальні програми ESfEQA доступні для користувачів та менеджерів, відповідальних за стандарти якості в медичних лабораторіях. Зразки для оцінки якості ESfEQA та сервіс ESfEQA характеризуються.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ДЛЯ АВТОМАТИЧНИХ ГЕМАТОЛОГІЧНИХ АНАЛІЗАТОРІВ

Існують види контролю якості, які застосовуються для автоматичних гематологічних аналізаторів крові.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЛЕВІ-ДЖЕННІНГСА(L-J)

У контролі якості L-J, контроль якості може застосовуватися до 23 параметрів(RBC (еритроцити), MCV (середній об'єм клітини), HCT (гематокрит), PLT (тромбоцити), MPV (середній об'єм тромбоцитів) і т.і.) Діаграми Леві-Дженнінгса (Л-Дж) використовуються для контролю за довготривалою стабільністю аналізатора за допомогою контрольних зразків. Діаграми мають автоматичну шкалу відповідно до прогнозованих діапазонів, визначених в аналізі. Контроль якості виконується на відповідних параметрах відповідно до налаштованого режиму контролю якості. Графіки Леві-

Дженінгса мають наступний вигляд (дивись рис.1, рис.2).

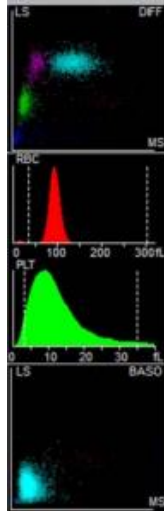


Рисунок 1. Результити аналізу та графік Леві-Дженнінгса та свідповідна скатерограма

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ Х-В

Аналіз Х-В є зваженим ковзним середнім аналізом, який використовує значення, отримані від проб пацієнтів. Він використовує 3 індекси еритроцитів, MCV, MCH і MCHC, щоб вказати продуктивність гематологічного інструменту. Це КЯ без контролів, що є методом контролю продуктивності, подібно КЯ з контролями. Обидва методи відображають продуктивність аналізу аналізатора з різних точок зору. Таким чином, один метод не повинен бути замінений іншим.

Рекомендується активувати аналіз Х-В, коли обсяг проб вашої лабораторії перевищує 100 проб на день. Ефективне використання Х-В вимагає рандомізації проб і нормальної одномоментної вибірки пацієнтів для запобігання перекосу показників. Референсний діапазон встановлюється даними опорними значеннями, а також нижньою і верхньою межами для цілей спостереження за різними результатами КЯ в межах референсного діапазону.

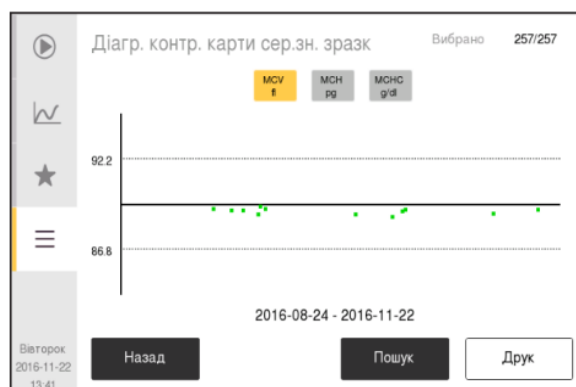


Рисунок 2. Діаграма Хв

Аналізатор може виконувати Х-В КЯ для трьох параметрів: MCV, MCH і MCHC. Двадцять – двісті зразків можуть бути згруповані для чисельного аналізу Х-В. Зразки виводяться з результатів нормального підрахунку аналізатора, без розрізнення цільної крові або режиму попереднього розбавлення. Аналізатор може зберегти максимум 500 Х-В КЯ результатів. Коли збережені результати КЯ досягають максимального числа, найновіший результат перезапише

найстаріший (дивись рис.2).

ISO

Для акредитації лабораторії необхідно дотримуватися вимог стандарту ДСТУ EN ISO 15189:2015 (EN ISO 15189:2012, IDT) «Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності».

Цей документ свідчить про успішну перевірку Національним агентством з акредитації України та підтверджує, що лабораторія є компетентною для виконання досліджень відповідно до міжнародного та національного стандартів ДСТУ EN ISO 15189:2015 (EN ISO 15189:2012, IDT).

Він є доказом того, що якість усіх процесів у Лабораторії перевірена незалежними фахівцями міжнародного рівня. Це гарантія отримання якісних лабораторних послуг.

ВИСНОВКИ

Загальна якість лабораторних досліджень напряму залежить від процесу контролю якості результатів, які видають прилади та аналізатори безпосередньо у лабораторії, від преаналітичного етапу (процесу підготовки зразка, його транспортування), від кваліфікації лабораторного персоналу, від якості використовуваних реактивів, а також дотримання процедур калібрування і повірки.

Мета КЯ полягає в тому, щоб виявити, оцінити і виправити помилки, які трапляються через проблеми з аналітичною системою, через умови роботи або невірних дій співробітників, до того, як буде видано звіт з результатами аналізів пацієнтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] A.K. Jain, M.N. Murty, P.J. Flynn, «Data clustering: A review», ACM Computing Surveys, № 31(3), с. 264-323, 1999.
- [2] Документація Python. – Режим доступу: <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html> – 29.04.2023 р.
- [3] Документація Numpy. – Режим доступу: <https://numpy.org/doc/stable/> – 29.04.2023 р.
- [4] G.N. Lance, W.T. Willams, «A general theory of classification sorting strategies. 1. Hierarchical systems», The Computer Journal, № 9, с. 373-380, 1967.
- [5] Документація Scikit-learn. – Режим доступу: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html> – 29.04.2023 р.
- [6] Інтернет ресурс Analytics Vidhya – Режим доступу: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/01/in-depth-intuition-of-k-means-clustering-algorithm-in-machine-learning/> – 29.04.2023 р.

УДК 519.24 (075.8)

О.А. Шестак, студ. гр. ПІ-21, к.т.н., Козир О.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

**ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТІВ КОНТРОЛЬНИХ ЛІНІЙ КАРТ ШУХАРТА
ВІД ВЕЛИЧИНИ ВИБІРКИ**

Анотація. Розглянуто залежності коефіцієнтів для побудови контрольних ліній карт Шухарта від кількості вибірових значень у підгрупі. Зроблено припущення щодо застосування карт в залежності від розміру вибірки підгрупи. Проведено інтерполяцію коефіцієнтів контрольних ліній в залежності від розміру підгрупи.

Ключові слова: контрольні карти Шухарта, коефіцієнти контрольних ліній, статистична керованість процесу.

ВСТУП

Контрольні карти Шухарта – це графічний спосіб для представлення статистичної міри на основі кількісних або альтернативних даних [1]. Карти Шухарта – це головний статистичний інструмент управління процесом. Процес називається статистично керованим, якщо його зміни викликані лише випадковими процесами [1]. Встановлення та підтримка процесу на стабільному рівні називається статистичним керуванням процесу для чого використовуються контрольні карти Шухарта. Карти Шухарта дозволяють зручно представляти, порівнювати та аналізувати інформацію про статистичну керованість процесу на основі послідовних вибірок показників поточного стану процесу.

Аналіз масиву коефіцієнтів проводився із допомогою бібліотеки для числових розрахунків NumPy [2]. Графіки залежності коефіцієнтів для побудови контрольних ліній карт Шухарта від розміру підгрупи побудовані із використанням графічної бібліотеки Matplotlib [3].

АНАЛІЗ ТАБЛИЦІ КОЕФІЦІЄНТІВ

Вибірку даних для карт Шухарта отримують через рівні інтервали часу. Вибіркові дані – це вибірка або підгрупи параметрів процесу, де об’єм вибірки залишається сталим і позначається літерою *n*. На основі кожної підгрупи визначаються декілька статистичних показників:

- середнє \bar{X} ;
- розмах *R*;
- стандартне відхилення *s*;
- медіана \tilde{X} .

Табл. 1 містить розрахункові формули для отримання контрольних ліній графіків карт Шухарта при заданих значеннях контрольованих показників.

Таблиця 1. Формули побудови контрольних ліній карт Шухарта [1]

Тип карти	CL	UCL та LCL
\bar{X} -карти	μ_0	$\mu_0 \pm A\sigma_0$
<i>R</i> -карти	$d_2\sigma_0$	$D_2\sigma_0, D_1\sigma_0$
<i>s</i> -карти	$c_4\sigma_0$	$B_6\sigma_0, B_5\sigma_0$

За типом визначаючих статистичних показників відповідно розділяють типи контрольних карт Шухарта. Карти Шухарта графічно зображають статистичний

показник підгрупи і складаються із наступних елементів:

- CL – середнє значення показника, центральна лінія;
- UCL – верхня контрольна межа;
- LCL – нижня контрольна межа.

Коефіцієнти у формулах (табл. 1) даються у вигляді таблиці. У стовпчиках розміщені значення відповідного коефіцієнту у залежності від кількості елементів n у підгрупі, що зазначається у крайньому лівому стовпчику; за рядками розміщуються коефіцієнти для відповідного об'єму підгрупи (рис. 1).

	A1	A2	A3	B3	B4	B5	B6	D1	D2	D3	D4	C4	d2
2	2.121	1.880	2.659	NaN	3.267	NaN	2.606	NaN	3.686	NaN	3.267	0.7979	1.128
3	1.732	1.023	1.954	NaN	2.568	NaN	2.276	NaN	4.358	NaN	2.575	0.8862	1.693
4	1.500	0.729	1.628	NaN	2.266	NaN	2.088	NaN	4.698	NaN	2.282	0.9213	2.059
5	1.342	0.577	1.427	NaN	2.089	NaN	1.964	NaN	4.918	NaN	2.114	0.9400	2.326
6	1.225	0.483	1.287	0.030	1.970	0.029	1.874	NaN	5.079	NaN	2.004	0.9515	2.534
7	1.134	0.419	1.182	0.118	1.882	0.113	1.806	0.205	5.204	0.076	1.924	0.9594	2.704
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	0.388	5.307	0.136	1.864	0.9650	2.847
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	0.547	5.394	0.184	1.816	0.9693	2.970
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	0.686	5.469	0.223	1.777	0.9727	3.078

Рисунок 1. Початок масиву коефіцієнтів для формул контрольних ліній

На рис. 1 наведено коефіцієнти формул контрольних ліній для заданих значень контрольних показників, так і для незаданих значень. За даними рис. 1 була проведена сплайн інтерполяція значень і були отримані моделі залежності параметрів формул для побудови контрольних ліній карт Шухарта від розміру вибіркової підгрупи. Графіки моделей для кожного коефіцієнту у межах значень із рис. 1 зображено на рис. 2-5.

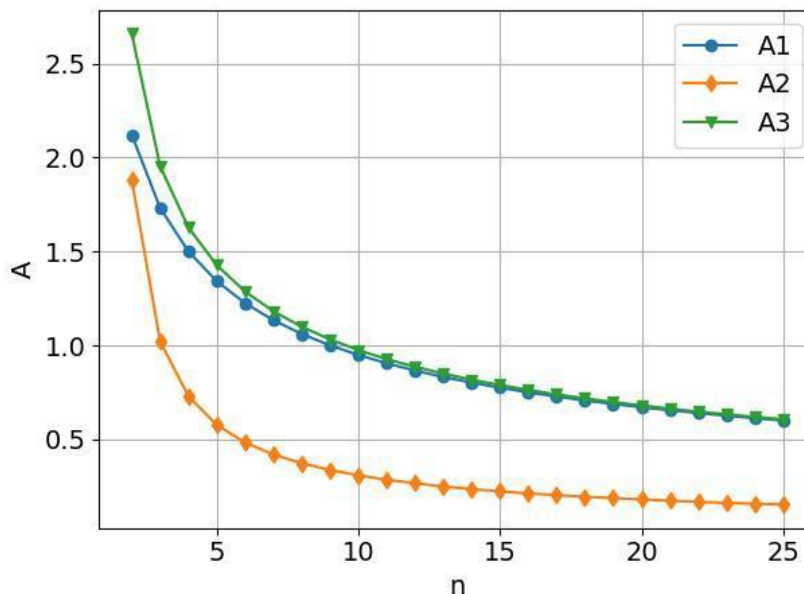


Рисунок 2. Графік зміни коефіцієнтів контрольних ліній для \bar{X} -карти

На рис. 2 зображено залежності значень коефіцієнтів формул верхньої та нижньої контрольних меж для \bar{X} -карти. Із даного графіку видно, що із збільшенням розміру вибіркової підгрупи зменшується відповідне значення коефіцієнту, що зменшує і вплив відповідного параметра у формулі. Значення коефіцієнту A_2 , коефіцієнт визначення верхньої контрольної межі на основі розмаху для незаданих значень контрольних показників, для \bar{X} -карти,

зменшується стрімкіше за інші, і після розміру вибірки в 15 спостережень майже не змінюється. Тому, для даного типу карт можна обмежитися значенням вибіркової групи в 15 спостережень. Коефіцієнти A1 та A3, які використовують для визначення верхньої та нижньої та нижньої контрольних меж, для заданих та незаданих значень СКВ, відповідно, змінюються приблизно однаково після розміру вибірки 5. Це може свідчити про те, що СКВ для визначення контрольних меж перестає залежати від того чи задано його контрольне значення, чи ні.

Графіки залежності коефіцієнтів контрольних ліній *s*-карти зображено на рис. 3.

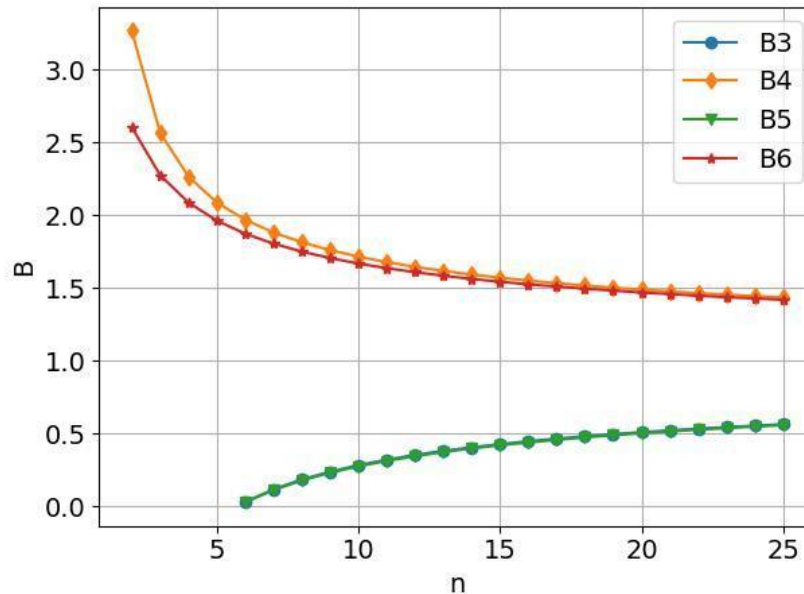


Рисунок 3. Графік зміни коефіцієнтів контрольних ліній для *s*-карти

Із рис. 3 видно, що графіки B3 та B5 повністю співпадають. Це коефіцієнти для визначення нижньої межі для незаданих та заданих контрольних значень, відповідно. Коефіцієнти B4 та B6 верхніх меж практично перестають відрізнятися після розміру вибірки у 10 спостережень. Крім того, після розміру вибірки 15, ці коефіцієнти практично не змінюються, що можна вважати за межу вибірки для даного типу карт.

Коефіцієнти D2 та D4 для верхніх контрольних меж (рис. 4), *R*-карти, для заданих та незаданих контрольних значень, відповідно, змінюються дзеркально, при чому вплив D4, на основі розмахів, зменшується і після 15 спостережень практично не змінюється. Коефіцієнти D1 та D3, нижня межа, для заданих та незаданих значень, відповідно, збільшуються, але коефіцієнт D3 для незаданих контрольних значень практично не змінюється після вибірки в 10 значень.

Коефіцієнт середньої лінії C4 (рис. 5) після вибірки в 4 спостереження не змінюється.

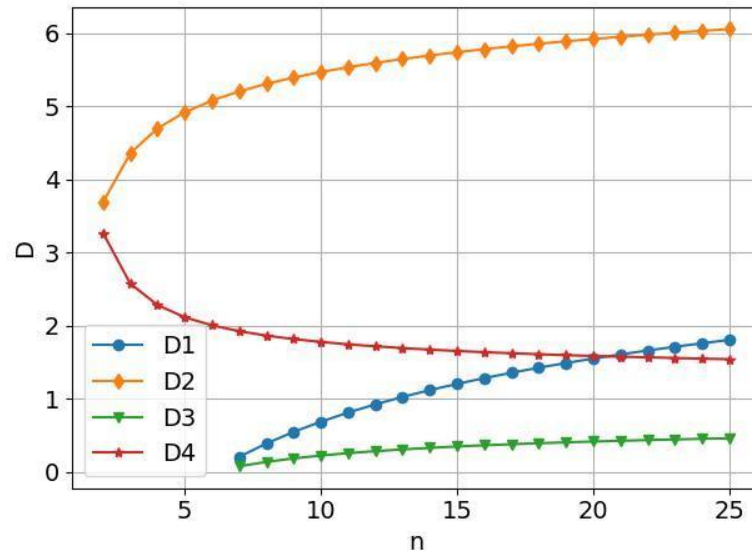


Рисунок 4. Графік зміни коефіцієнтів контрольних ліній для *R*-карти

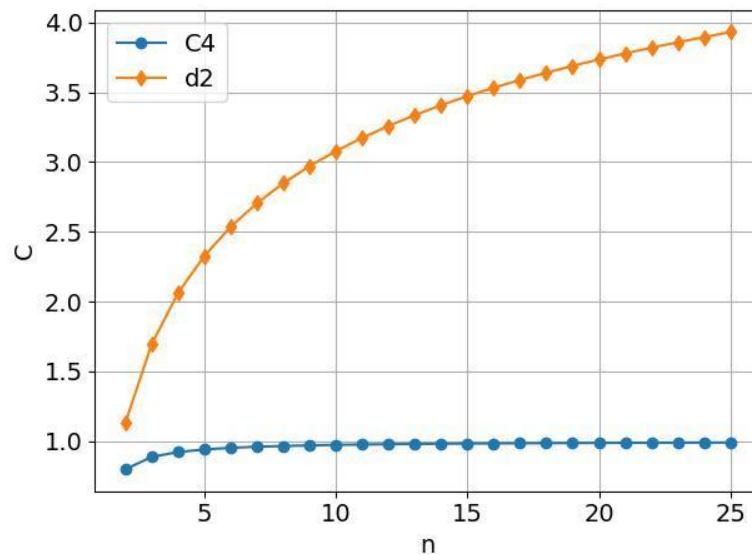


Рисунок 5. Графік зміни коефіцієнтів середніх ліній для *s*-, *R*-карти

У роботі отримані інтерполяційні моделі коефіцієнтів розрахунку контрольних меж та проаналізовано їх залежність від величини вибірки *n*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Control charts. Part 2. Shewhart control charts : ISO 7870-2 [2013-04]. 44 p.
- [2] Array programming with NumPy / C. R. Harris, K. J. Millman, S. J. van der Walt, et al. Nature. 2020. № 585. Pp. 357–362. DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2.
- [3] Hunter J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment. Computing in Science & Engineering. 2007. Vol. 9, no. 3. Pp. 90-95. doi:10.1109/MCSE.2007.55.

Наук. керівник – к.т.н. Козир О.В.

УДК 621.3.087.44

А.О. Шклярський, студ. гр. ПВ-91, к.т.н., доц. Добролюбова М.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

РОЗРОБКА РОЗУМНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ

Анотація. Представлені матеріали, що описують склад та принципи функціонування розумної системи для навчальних закладів на основі концепції Інтернет речей.

Ключові слова: Інтернет речей, розумна система, температура, освітлення, задимлення, датчик.

ВСТУП

Невпинний розвиток технологій безпосередньо впливає на повсякденне життя людини, намагаючись зробити його більш комфортним. Не виключенням стали і приміщення навчальних закладів. Кожна людина навчається все своє життя. В наш час освічена людина цінується, оскільки її потенціал можна використовувати для розвитку країни, громадянином якої вона є. В Україні система освіти охоплює дошкільні, шкільні, позашкільні, професійно-технічні, вищі заклади тощо і згідно із Законом України «Про освіту» будь-хто має право її отримати [1]. Тому безпека і комфорт під час навчання є дуже важливими. Їх забезпеченню сприяє використання технології Інтернету речей – концепції обчислюваної мережі, яка з'єднує взаємозв'язані фізичні пристрої, оснащені вбудованими інформаційними технологіями, що дозволяє здійснювати передачу і обмін даними між зовнішнім середовищем і комп'ютерними системами без участі людини [2]. На її основі базуються інші концепції, такі як «розумний дім», «розумне місто», «розумна автівка» тощо.

Метою статті є представлення підходів щодо розробки концепції розумної системи, яка б дозволила забезпечити комфортні і безпечні умови здобувачам освіти.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Найперше і найголовніше, на що треба звернути увагу – безпека. Однією з найтипівіших надзвичайних ситуацій є пожежа, тому необхідно мати можливість її локалізації на ранніх етапах. Не менш важливим також є забезпечення комфортних умов для здобувачів освіти: температури всередині приміщення, оскільки саме вона напряду впливає на здоров'я і розумові можливості людини; освітлення, оскільки недостатня кількість світла призводить до дискомфорту і погіршення зору.

Отже, концепцію «розумний дім» можна застосувати для закладів освіти, реалізувавши наступний функціонал:

- 1) контроль та управління освітленням приміщень, де проводяться заняття;
- 2) контроль та управління температурою в навчальних приміщеннях [3];
- 3) контроль пожежної безпеки та запобігання виникнення вогню.

Структурна схема розумної системи для закладів освіти, що включає описаний вище функціонал, наведена на рисунку 1. Вона складається з центрального контролера, до якого під'єднані датчики диму, світла, температури та інтерфейс, за допомогою якого користувач зможе змінювати налаштування системи.

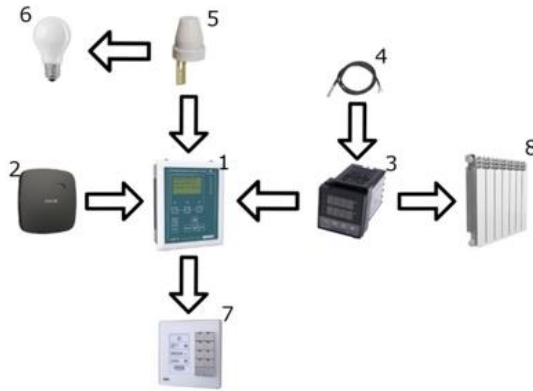


Рисунок 1. Структура РС: 1 – центральна панель або центральний логічний контролер; 2 – датчик диму; 3 – термокотролер; 4 – датчик температури; 5 – датчик освітленості; 6 – система освітлення; 7 – інтерфейс користувача; 8 – система термоконтролю

Принцип дії всіх датчиків, з яких складається розумна система, схожий. Вони безперервно аналізують параметри навколишнього середовища. Дані, отримані від них, дають змогу вносити поправки у стан середовища та запобігати надзвичайним ситуаціям. Станом на теперішній час існує багато варіантів реалізації подібних систем за допомогою новітніх технологій контролю та датчиків. Проаналізувавши існуючі пропозиції на ринку, елементна база для розробленої системи була обрана з врахуванням наступних параметрів:

- 1) технічні характеристики;
- 2) ціна;
- 3) відгуки користувачів.

1) Контроль задимленості

В розумній системі встановлено датчик диму типу Ajax FireProtect, основні характеристики якого наведені в таблиці 1 [4].

Таблиця 1. Характеристики датчика Ajax FireProtect

Тип	безпроводний
Тип монтажу	накладний
Сенсори	фотоелектричний
Можливість зовнішнього застосування	ні
Максимальна відстань між датчиками та централлю	2000 м
Частота передачі	868 МГц
Робоча напруга	3 В
Живлення	2×CR2
Діапазон робочих температур	0 ~ +65 °С
Робоча вологість	до 80 %
Гучність вбудованої сирени	85 дБ
Потужність радіопередавача датчиків	20 мВт
Резервна батарея	CR2032

Датчик розміщується на стелі, куди піднімається і починає концентруватися дим на початку займання. Конструктивно димовий сповіщувач складається з рознімного корпусу, електронної плати та оптичної системи. Робота датчика заснована на фіксації моменту появи диму в його корпусі за рахунок спрацьовування оптичної системи, що складається з фотоелементу і світлодіоду

[5]. Слід враховувати, що якщо в порожнину датчика проникне водяна пара або газ, які відхиляють світловий потік, то фотоелемент теж спрацює, а логічна схема видасть неправдиву інформацію про виникнення пожежі. Також подібний пожежний сповіщувач не зреагує на підвищення температури та спалах світла відкритого вогню, тому його необхідно встановлювати там, де спалах буде пов'язаний із задимленням середовища від температурного пошкодження ізоляції електричних проводів, тканин, інших подібних матеріалів.

2) Контроль температури

Для контролю температури в розумній системі використано пару термодатчика компанії Fibaro – Z-Wave - FIB_FGBS-001 [6] та термоконтролера REX-C100FK02-V*AN DA [7]. Основні характеристики датчика наведені в таблиці 2, характеристики контролера наведені у таблиці 3.

Датчик температури є цифровим термометром з можливістю програмування (роздільна здатність від 9 до 12 біт) та призначений для вимірювання температури у приміщеннях. Існує можливість підключення кількох датчиків до однієї провідної лінії.

Таблиця 2. Характеристики датчика Z-Wave – FIB_FGBS-001

Живлення	5 В
Протокол керування	1-wire
Точність вимірювання температури	±0,5 °С
Діапазон вимірювання	-55 до 125 °С
Довжина кабеля	10 м

REX-C100FK02-V*AN DA – це регулятор з функцією автоматичного налаштування, який використовується для керування процесом нагрівання, а саме точної установки та підтримання температури в заданих границях.

Підтримка температури здійснюється в автоматичному режимі і не потребує постійного нагляду. За порівняння вимірних показників із необхідними відповідає інтелектуальний блок, усередині якого розташована плата з мікроконтролером. Якщо дані не задовольняють заданим параметрам, на запрограмовані елементи керування подається відповідна команда, що дозволяє підігнати потрібний параметр у правильний діапазон значень.

Таблиця 3. Характеристики контролера REX-C100FK02-V*AN DA

Діапазон керування	-50 ~ +999 °С
Крок виміру	1 °С
Напруга живлення	100-240 В
Споживана потужність	<10 Вт
Точність показників	±0.5 %
Робочий діапазон інтегрування	1 - 100 %
Робоча температура довкілля	0 ... 50 °С
Робоча вологість	30 ... 85 %

3) Контроль освітлення

Для контролю освітлення в розумній системі встановлено фотореле типу

ФР-601 2200ВА IP44 компанії ІЕК [8]. Основні характеристики датчика освітлення наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Характеристики фотореле ФР-601 2200ВА IP44

Тип датчика	вбудований
Встановлення сутінкового порога	5 ... 50
Максимальна комутаційна потужність	2200 Вт
Номинальна напруга	230 В
Ступінь захисту - IP	IP44
Діапазон робочих температур	-25 ... +45 °С
Максимальний пусковий струм	10 А
Частота	50 Гц
Висота	146 мм

У середині корпусу фотореле знаходиться основа з електронною платою, захисний пластиковий кожух та вбудований фотоелемент. Як комутуюче навантаження елемента використано електромеханічне реле. Поріг спрацьовування фотореле встановлюється регулятором LUX.

ВИСНОВОК

В статті представлений підхід щодо розробки концепції розумної системи на основі доступної за критерієм «ціна-якість» елементної бази. Застосування подібних систем в закладах освіти сприятиме забезпеченню комфортних і безпечних умов перебування в них здобувачів освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Закон України «Про освіту»: (офіц. текст: за станом на 05 вересня 2017 р.) / Верховна Рада України. — К. : Парламентське вид-во, 2017. — 67 с.
- [2] Інтернет речей / Вікіпедія. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/> — 24.04.2023 р.
- [3] Чемерис А.Т. Інформаційно-вимірювальна система «Клімат-Контроль» / А.Т. Чемерис, Я.В. Моніт, М.В. Добролюбова // Механіка гіроскопічних систем – 2016. – № 32(2016). – С. 5 - 13.
- [4] Бездротовий датчик диму Ajax FireProtect White / Ajax. — Режим доступу: <https://ajax.systems/ua/products/fireprotect/> — 10.01.2023 р.
- [5] Як влаштована та працює пожежна сигналізація / Elektrik. — Режим доступу: <http://elektrik.info/device/1184-kak-ustroena-i-rabotaet-pozharnaya-signalizaciya.html> — 10.01.2023 р.
- [6] Розумні датчики температури та вологості / Neosmart. — Режим доступу: <https://neosmart.com.ua/> — 15.01.2023 р.
- [7] Контролер температури REX-C100FK02-V*AN DA. — Режим доступу: <https://prom.ua/p609981247-kontroller-temperatury-rex.html?> — 22.02.2023 р.
- [8] Фотореле ФР-601 2200ВА IP44 / Axiomplus. Режим доступу: <https://prom.ua/p609981247-kontroller-temperatury-rex.html?> — 14.03.2023 р.

УДК 621.317

К.А. Шолудько, студ. гр. ПІ-21мп
КПІ ім. Сікорського

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ КОНТРОЛЬ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНІ ВОДИ

Анотація. Впровадження нових методів контролю забруднення води є шляхом для вирішення проблеми неконтрольованих викидів у стічні води маслянистих відходів з підприємств, які здійснюють непоправний вплив на оточуюче середовище та на екосистеми, які прямо і опосередковано впливають на якість життя нашого суспільства. У цій роботі запропоновано застосування методики ультразвукового відбиття зсувних хвиль.

Ключові слова: ультразвуковий контроль, зсувні хвилі, датчики, масляні забруднення.

ВСТУП

Визначення комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових зсувних хвиль на межі розділу «тверде тіло - рідина» є відомим методом для вимірювання в'язкопружних властивостей рідин [1]. Особливістю цього методу вимірювання є мала глибина проникнення зсувних хвиль в рідкий досліджуваний зразок, що дозволяє проводити вимірювання з використанням рідких плівок малої товщини. Це, окрім властивості адгезії маслянистих речовин до поверхонь, дозволяє застосувати метод комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових зсувних хвиль для виявлення маслянистих забруднень у воді.

МЕТА РОБОТИ

Важливою особливістю методу визначення комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових зсувних хвиль на межі розділу «тверде тіло - рідина» є невелика відстань, на яку проходять поперечні хвилі всередині досліджуваної рідини, перш ніж вони повністю загасають, що дозволяє проводити вимірювання з використанням достатньо тонкої плівки маслянистої речовини, порядку одиниць - десятків мікрон. Ця властивість, а також властивість маслянистих речовин прилипати до поверхонь, може бути використана для виявлення маслянистих забруднювачів у воді. Перспективним є застосування методу відбиття ультразвукових поперечних хвиль для виявлення маслянистих забруднювачів у воді. Цей метод оперативного моніторингу якості води може бути застосованим у промисловості та побуті, де якість води має бути гарантованою. Наприклад, в науці про навколишнє середовище ця методика могла б застосовуватися для моніторингу стічних вод, що скидаються в річки деякими підприємствами.

Метою роботи є аналіз можливості застосування методу визначення комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових зсувних хвиль на межі розділу «тверде тіло - рідина» для контролю забруднення води маслянистими речовинами.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відомо, що коефіцієнт відбиття R^* , пов'язаний з акустичним імпедансом середовища наступним рівнянням [3]:

$$R^* = \frac{Z_P^* - Z_T}{Z_P^* + Z_T} \quad (1)$$

де Z_P^* і Z_T - опори зсуву рідини і твердого тіла відповідно.

Опір зсуву рідини позначається комплексним значенням через високе загасання ультразвукової хвилі у рідині. З іншого боку, опір зсуву твердого тіла має дійсне значення, оскільки загасання в твердому тілі дуже мале в порівнянні з загасанням у рідині:

$$Z_T = \rho_T c_T \quad (2)$$

де ρ_T і c_T - щільність і швидкість поширення ультразвукової зсувної хвилі в твердому тілі відповідно.

У випадку ньютонівської рідини опір зсуву визначається за наступним рівнянням:

$$Z_P^* = \sqrt{j\omega\rho_P\eta} \quad (3)$$

де η – в'язкість, ω – кутова частота хвилі, ρ_P – густина рідини.

Рівняння (1) - (3) можна використовувати для визначення коефіцієнта відбиття з урахуванням фізико-механічних властивостей твердого тіла та рідини.

Характерну довжину загасання зсувної хвилі в рідині можна обчислити за допомогою наступного виразу:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\eta}{\omega\rho_P}} \quad (4)$$

де δ являє собою відстань, пройдену ультразвуковою хвилею, при якій її амплітуда в $1/e$ (0,37) разів стає меншою, ніж початкова амплітуда.

Це рівняння дає оцінку глибини проникнення ультразвукової хвилі за ньютонівської поведінки рідини. На рис. 1 наведена схема експериментальної установки.

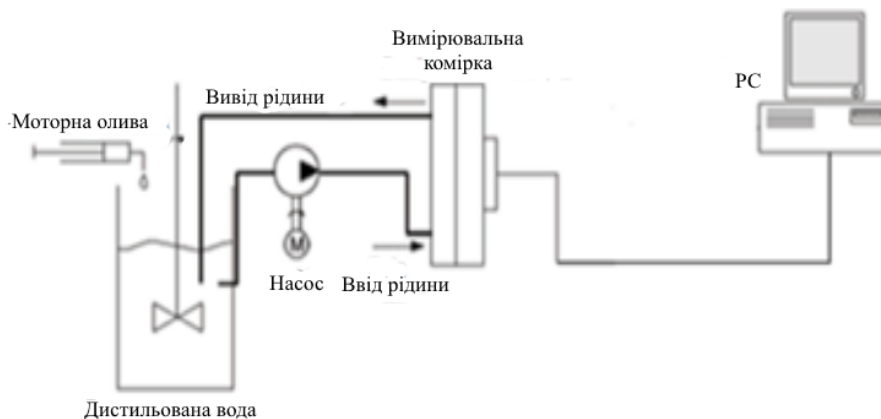


Рисунок 1. Схема експериментальної установки

В якості ультразвукових перетворювачів застосовувались циліндричні перетворювачі з матеріалу ЦТС-19. Частота ультразвукових коливань складала 1,2 МГц. В дистильовану воду додавалась моторна олива MOBIL ULTRA 10w-40 з щільністю 0,866 кг/м³ та в'язкістю 0,7 Па·с.

Отримані попередні експериментальні результати показали, що додавання 0,4 – 1,5 % моторної оливи зменшує амплітуду відбитої ультразвукової хвилі на 2,8 – 11 %, що обумовлює доцільність застосування цього методу для контролю забруднення води.

ВИСНОВКИ

Метод визначення зміни амплітуди відбиття ультразвукових зсувних хвиль на межі поділу «тверде тіло - рідина» може бути застосований для виявлення масляних забруднень у воді. Дослідження з використанням ультразвуку для контролю поверхневого забруднення води має потенціал як більш точний та ефективний метод. Для практичного застосування необхідно проведення додаткових експериментальних досліджень: необхідно визначити діапазон частот ультразвукових хвиль, які можуть бути застосовані для підвищення чутливості методу; доцільно провести дослідження по впливу наявності впливу забруднень води на фазовий зсув ультразвукової хвилі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Jakoby, B. and Villekoop, M. J., Physical sensor for water-in-oil emulsions, Sensors and Actuators A, 110, 2004, pp. 28-32.
- [2]Основи ультразвукового неруйнівного контролю: Підручник/ В.К.Цапенко, Ю.В. Куц. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. - 439 с.
- [3]Дідковській В.С. Електроакустичні п'єзокерамічні перетворювачі (розрахунок, проектування, конструювання): навч. посіб./ В.С. Дідковський, О.Г. Лейко, В.Г. Савін. – Кіровоград, «Імекс ЛТД», 2006. – 448 с.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Здоренко В.Г.

УДК 621.396

М.О. Яцюк, студ., гр. МТ-21-1 К, к.т.н., доц. Чуйко М.М.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

СИСТЕМА ОХОРОНИ АВТОМОБІЛЯ З БЛОКУВАННЯМ ДВИГУНА

Анотація. У статті наведено основні переваги використання GSM-каналів для виконання систем охорони автомобілів, що дозволяють крім основних протиугінних функцій (активації протиударної сигналізації, блокування двигуна при взломі авто), здійснювати постійний моніторинг місця положення та несанкціонованого руху транспортного засобу, миттєво сповіщати про це автовласнику за допомогою повідомлень, чи дзвінків. Подано схему структурну електричну розробленої системи, алгоритм функціонування програмного забезпечення та макет практичної реалізації системи.

Ключові слова: автомобіль, система охорони, GSM-канал, давач, схема.

ВСТУП

Для забезпечення збереження майна, у тому числі й автомобіля, слід орієнтуватися на сучасні системи їх охорони. Вироблені із застосуванням передових технологій, вони можуть справитися з поставленою їм задачею захисту різноманітних об'єктів та завдань.

Безпека транспортного засобу зумовлена використовуваною протиугінною системою захисту автомобіля. На даний час широкого застосування набули системи охорони з використанням GSM-каналів, що дозволяють, завдяки використанню стільникових мереж, не тільки забезпечувати охорону авто від викрадення, а й визначати місце його положення, фіксувати зовнішні удари, кут нахилу чи руху.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Системи охорони з використанням GSM-каналів мають ряд переваг, в порівнянні із класичними протиугінними системами із спеціальними брелоками – пультами управління, які дозволяють дистанційно (по радіоканалу) керувати охоронною системою. Головною перевагою сигналізації, побудованої на мобільних технологіях, є можливість отримання інформації власником про стан системи та захищеність об'єкта, навіть перебуваючи на великій відстані, навіть у десятки кілометрів від транспортного засобу.

Охоронна система має можливість зв'язуватися з мережею Internet і телефоном власника по GSM-каналі. Відповідно, як управління охоронною системою, так і сповіщення господаря авто може бути виконано або за допомогою Internet і ПК, або за допомогою мобільного телефону з Internet через додаток, або, просто за допомогою SMS і дзвінків. Власник, отримавши сигнал від системи, сам вирішує, що робити. Використання пристрою в комплексі з обладнанням системи замків запалювання дозволяє заблокувати двигун автомобіля. Також до переваг можна віднести: менші розміри та вага комплектуючих апаратів системи; більший час роботи без зарядження; низький рівень завад на заданих частотах; великі території поширення сигналу; можливість використання роумінгу (здатність переміщатися з однієї мережі до іншої, не втрачаючи при цьому свого номера), що забезпечує велику площу передачі сигналу від авто до власника [1,2].

В основі бездротової GSM-сигналізації лежать комплекти, що складаються

з центрального блоку, що має входи для датчиків та виходи для виконавчих приладів (пультів дистанційного керування), а також модуль GSM для сигналізації, що дозволяє здійснювати взаємодію з стільниковим оператором.

Для системи охорони автомобіля з блокуванням двигуна по GSM-каналу було розроблено структурну електричну схему (див. рисунок 1) та програмне забезпечення на основі Arduino Uno R3.

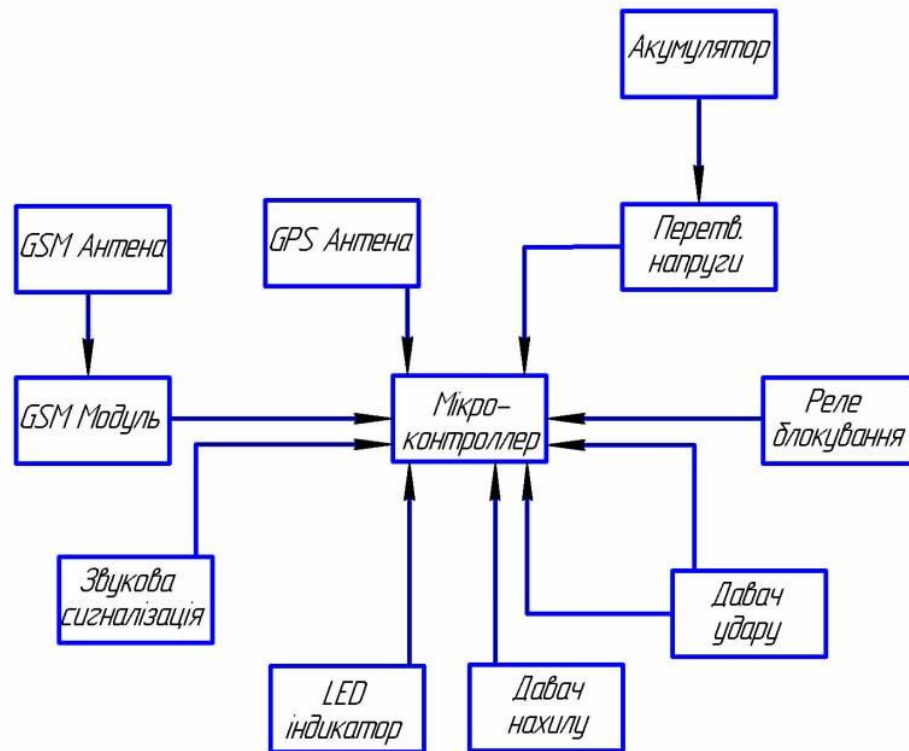


Рисунок 1. Схема системи охорони автомобіля. Схема структурна електрична.

Для живлення розробленого пристрою необхідно подати напругу 12 В. Під час роботи підключеного пристрою напруга автоматично регулюватиметься так, щоб пристрій споживав однаковий рівень струму протягом всієї роботи. Для зручності користування блоком сигналізації на передню панель автомобіля виведено цифровий індикатор стану системи. Плата Arduino обробляє отримані дані із сенсорів і GSM-модуля. Для її живлення використано понижуючий перетворювач напруги, котрий забезпечує плату стабільним живлення напругою у 5В. У блок керування також вбудовано зумер, котрий сигналізує про робочий режим пристрою трьома короткими сигналами [3].

Для практичної реалізації макету сигналізаційної системи використано:

– **GSM-модуль SIM800L.** Модуль стільникового зв'язку та дистанційного управління SIM800L використовується для управління та отримання від нього даних на великих відстанях за допомогою чотирьохдіапазоного GSM / GPRS сигналу на частотах 900/1800 МГц. Конструкція передбачає поверхневий монтаж SMT (Surface Mount Technology), що дозволяє використовувати всі переваги мініатюрних і ефективних рішень.

– **Arduino Uno R3.** Включає все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для програмування

всередині схеми (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю. Програмується контролер з інтегрованого середовища програмного забезпечення Arduino (IDE). Програмування відбувається під управлінням резидентного завантажувача по протоколу STK500.

– **Давач удару.** Дворівневий давач удару дозволяє фіксувати зовнішні впливи на автомобіль і миттєво передавати інформацію про них власнику. Він здатний розпізнати ступінь впливу. Давач удару розділяє сильні і слабкі впливи завдяки двом зонам контролю. При легкому ударі по корпусу або колесу автомобіля лунає застережливий короткий сигнал сирени. Сильний удар активує сигнал тривоги. Модель являє собою п'єзоелектричний дворівневий давач, який сумісний з більшістю систем сигналізації від різних виробників.

– **Давач нахилу.** Сенсорні давачі нахилу визначають кут нахилу або рух. Його можна прикріпити до будь-якого об'єкту, і він визначить, чи нахилений об'єкт чи ні. Давач реалізований з використанням високочутливого кутового перемикача SW-520D з цифровим виходом (0 і 1) та фіксованим отвором для гвинта для легкої установки, має маленькі розміри.

– **Реле.** Реле використовується для блокування двигуна автомобіля при спрацюванні та підтвердженні системи захисту. Воно встановлюється на провід живлення бензонасоса автомобіля. При активації виходу командою заглушки двигуна - реле спрацює і подача палива з бензонасоса припиняється, а автомобіль глухне. Завести його можна тільки після отримання команди розблокування автомобіля. Реле блокування можна встановити і на інші системи автомобіля, наприклад на стартер. Також можна використовувати кілька блокувань одночасно.

Алгоритм функціонування програмного забезпечення передбачає спочатку підключення всіх необхідних бібліотек, та ініціалізація кінцевих вимикачів, сирени та давача удару. На функцію loop() приходять сигнали, де найперше перевіряється чи натиснута кнопка. Якщо вона натиснута, то наступна йде функція перевірки «Режим під охороною?», де значення «ні» буде зберігати пристрій в «стані спокою», а значення «так» - переведе пристрій в режим «під охороною». Наступна перевірка знову йде на цей режим, де функція «так» буде робити наступні речі: блокувати двері автомобіля та увімкне сирену. Наступний крок буде перевірка, чи спрацювали кінцевики, якщо вони спрацювали то система прийме «аварійний режим», а якщо не спрацювали – то далі перевірятиметься чи спрацював давач удару. Якщо він все-таки спрацював, то буде «аварійний режим». Наступна перевірка встановлює чи включений «аварійний режим», якщо він буде включений, то на автомобілі буде включена сирена та двигун автомобіля успішно заблокується. Як середовище передачі даних використовується мережа оператора мобільного зв'язку стандарту GSM, для визначення координат використовується глобальна система позиціонування «NAVSTAR GPS». За допомогою вбудованого GPS приймача супутникової навігаційної системи в режимі реального часу визначаються параметри руху (час, географічні координати, швидкість, напрямок руху); забезпечується збір і

обробка інформації, що надходить від аналогових, дискретних і цифрових датчиків та її зберігання у внутрішній журнал. Даний журнал, із заданою періодичністю, або за потреби, передається на пульт диспетчера через GSM-мережу, або може бути отриманий через інтерфейс RS232/485 при підключенні до комп'ютера.

Для апаратної реалізації, налаштування та подальшої роботи було виготовлено спеціальний стенд, на якому всі елементи були прикріплені та підключенні для подальшої роботи з пристроєм, що зображено на рисунку 2.

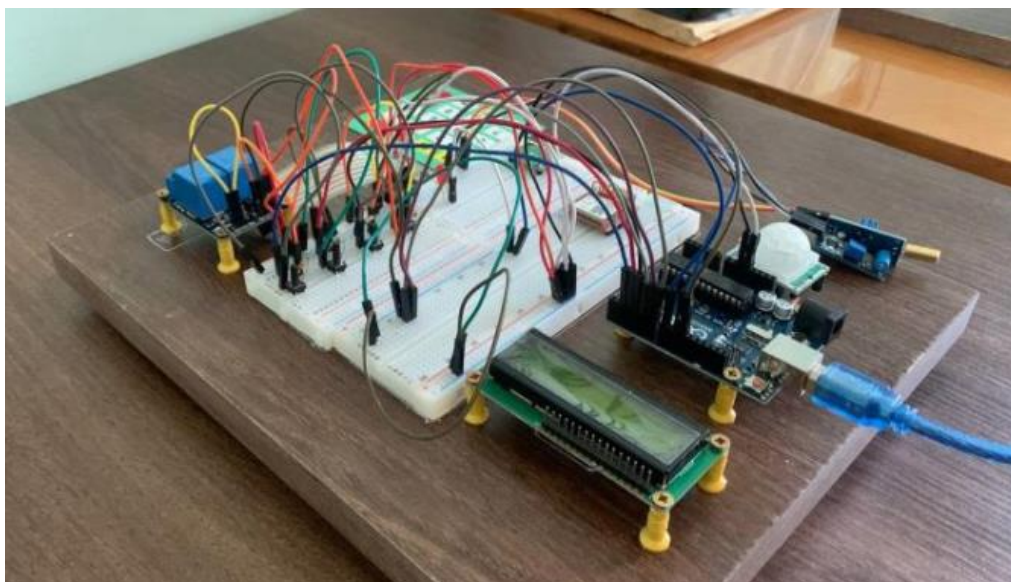


Рисунок 2. Стенд системи охорони автомобіля з робочими елементами

ВИСНОВКИ

Розроблена система охорони автомобіля з використанням GSM-каналу дозволяє здійснювати постійний моніторинг місця положення транспортного засобу, сигналізувати власнику про зовнішні пошкодження та переміщення, у випадку його евакуації, та блокування двигуна при несанкціонованому його використанні. Система не тільки виконує охоронні функції, але й багато в чому полегшує функціональність автомобіля та комфорт експлуатації для автовласника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Кір'янов О.Ф. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навч. посіб. / О.Ф. Кір'янов — Х.: «Друкарня МАДРИД», 2015. — 272 с.
- [2] Особливості GSM – моделей — Режим доступу : URL <http://moysignal.ru/gsm-signalizaciya/signalizacii-s-gsm-modulemhto-iz-sebya-predstavlyayut-i-kak-vybirat.html/> — 27.03.2023 р.
- [3] Шустов М.А. Цифрова схемотехніка. Практика застосування / М.А. Шустов — К.: «Наука і техніка», 2016. — 430 с.

Секція 6.

Неруйнівний контроль, технічна та медична діагностика

УДК 536.521.2, 681.3.08

О.С. Акуленко, студ. гр. ПК-91, к.т.н., ст. викл. Лисенко Ю.Ю.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКА MLX90614ESF У СКЛАДІ СМАРТ-ПІРОМЕТРА

Анотація. В статті розглянуто галузі де мають широке використання смарт-пірометри. Запропоновано у складі смарт-пірометра використовувати датчик MLX90614ESF. Проведений аналіз переваг та недоліків цього рішення. Також проведений аналіз існуючих пірометрів.

Ключові слова: пірометри, неруйнівний контроль, смарт-пірометр

ВСТУП

У сьогоднішній промисловості спостерігається великий попит на пірометри різного призначення. Це пов'язано також з пандемією коронавірусу у 2020 році, коли майже кожен з нас щодня стикався з процедурою швидкого вимірювання температури.

В кожній адмінбудівлі та в місцях де ймовірно могла знаходитись велика група людей облаштовували місця, де потрібно було пройти перевірку температури. Оскільки вимірювання ртутними градусниками не є достатньо швидким та ефективним для великої кількості людей, почали масово використовувати пірометра, а це призвело до зростання попиту на портативні версії такого приладу, які є швидшими та точними у визначенні температури тіла людини.

Пірометри є важливим інструментом для неруйнівного контролю об'єктів, виготовлених зі сталі та металів. Промислові лінії з використанням безконтактних пірометрів встановлюються на підприємствах для контролю якості продукції. В певних випадках контроль температури має вирішальне значення для якості кінцевого продукту.

Також існують смарт-пірометри, які можуть бути використані для моніторингу температури об'єктів в побутових та промислових цілях. Вони можуть попереджати про перевищення заданої температури, реєструвати дані та мати функцію бездротової передачі даних на великі відстані. Також вони можуть систематизувати виміряні дані та мати функцію візуалізації результатів, що робить їх більш універсальними та зручними в широкому спектрі сфер [1].

МЕТА РОБОТИ

Існує ще дуже багато галузей, де потрібне швидке та точне вимірювання температури. Від контролю температури тіла людини до об'єктів виробництва чи промисловості. До галузей, де широко використовують смарт-пірометри можна віднести харчову та хімічну промисловість, виробництво скла, використанням в системах автоматизації управління смарт-будинком, включаючи контроль температури котла для автономних систем тепла. На даний момент існує дуже багато різноманітних пірометрів, які відрізняються великою кількістю різних параметрів та характеристик. Але зазвичай готові моделі пірометрів мають вузький спектр застосувань на відміну від смарт-пірометрів, які мають більший спектр застосувань. Тому на даний момент є актуальним

розробка та дослідження оптимального інфрачервоного датчика, який можна використовувати в різних типах смарт-пірометрів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Готові пірометри дають нам можливість визначати температуру об'єкта контролю (ОК) в реальному часі. Проте, багато із них коштують непомірно дорого, що зумовлено багатьма факторами. Одними з таких факторів є те, що виробники використовують малосерійні датчики, через що збільшується ціна самого датчика. Також часто використовують спеціалізовані датчики [2], які здатні працювати в екстремальних умовах, або які мають нестандартну структуру, що збільшує ціну в рази.

В даній роботі пропонується застосовувати у складі смарт-пірометрів безконтактний інфрачервоний датчик температури під назвою MLX90614ESF, що виробляються компанією Melexis.



Рис.1. Зображення датчика MLX90614ESF

MLX90614ESF – інфрачервоний безконтактний датчик температури, який дає можливість вимірювати температуру ОК без фізичного дотику до нього.

Датчик використовує інфрачервоне випромінювання для визначення температури ОК. Він складається з двох термопанелей, які здатні уловлювати інфрачервоне випромінюване об'єктом і потім перетворюють його в сигнал напруги. Датчик використовує інтегральну схему для формування сигналу напруги в цифровому вигляді [3,4].

Датчик має форм-фактор - 3,6 мм x 3,3 мм x 0,95 мм, що робить його ідеальним для нашого портативного смарт-пірометра.

Також слід зазначити наявні характеристики цього датчику :

- має широкий температурний діапазон від -70°C до 380°C , що робить його придатним для різних застосувань;
- має точність $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, що є хорошим рівнем точності, для широкого спектру застосувань;
- компактний розмір.

Пропонується обмінюватися даними з датчиком MLX90614ESF через шину інтерфейсу I2C, яка являє собою дуже простий двопровідний послідовний інтерфейс, сумісний з мікроконтролером STM32. Після проведення розрахунків в самому контролері, дані будуть потрапляти на сервер через мережу інтернет і зберігатися там , а після користувач зможе отримувати до них доступ в будь-який

момент часу. Дана схема також дозволяє формувати великі бази даних температур з подальшою візуалізацією та структуруванням.

ВИСНОВКИ

В даній доповіді розглянуто запропонований інфрачервоний датчик MLX90614ESF та проаналізовано його переваги та особливості характеристик. Інфрачервоний датчик MLX90614ESF є досить ефективним і надійним датчиком для вимірювання температури в різних сферах використання. Такий датчик у смарт-пірометрах дозволяє розв'язати багато проблем, зокрема, зменшити розміри пристрою до мінімуму, забезпечити його роботу за низьких температур та знизити вартість. MLX90614ESF може бути дуже корисним для багатьох галузей, включаючи промисловість, медицину та побутове використання. У майбутньому можна очікувати ще більш широкого застосування інфрачервоних датчиків, зокрема MLX90614ESF, в різних галузях, що забезпечить більш точний і надійний контроль температури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Far infrared thermal sensor array – Режим доступу: <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/far-infrared-thermal-sensor>
- [2] Преображенский, В. П. Теплотехніческие вимірювання і прилади. / В. П. Преображенський - М.: Енергія, 1978. - С. 704
- [3] Протасов А.Г. Пирометр с FRAM- памятью / А.Г. Протасов, А.С. Корогот / Збірник доповідей 6-ї Міжнародної н-т конференції „Приборостроение 2013”, ISBN 978-985-550-757-5. Мінськ. 2013,.
- [4] Momot A. S. The Use of Backpropagation Artificial Neural Networks in Thermal Tomography / A. S. Momot, R.M. Galagan. // proc. 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC) Kiev, 8-12 October 2018 / IEEE. – 2018. – pp. 1–5.

УДК 004.89

В.В. Крецул, студ. гр. ПК-91, доктор філософії Момот А.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ДЕТЕКТУВАННЯ ДЕФЕКТІВ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

Анотація. Ця стаття присвячена аналізу архітектури нейронних мереж для детектування дефектів друкованих плат. Розглядається завдання автоматизації виявлення дефектів друкованих плат та ефективного використання нейронних мереж для розв'язання цієї проблеми. Робота описує різні підходи до створення нейронних мереж для детектування дефектів друкованих плат та їх характеристики. Дослідження включає аналіз різних архітектур нейронних мереж. В статті також розглядається важливість даних для навчання нейронних мереж та проблеми використання обмежених даних.

Ключові слова: нейронні мережі, детектування дефектів, друковані плати, згорткові мережі.

ВСТУП

Друковані плати є важливим компонентом електронних пристроїв, включаючи комп'ютери, мобільні телефони, телевізори тощо. Під час виробництва друкованих плат можуть виникати різні дефекти, такі як перекриття, коротке замикання та інші проблеми, що можуть призвести до несправності пристрою. Тому виявлення та класифікація дефектів друкованих плат є важливою задачею. За останні роки з'явилося багато різних методів для виявлення дефектів друкованих плат, включаючи методи, що використовують машинне навчання, зокрема нейронні мережі. Використання нейронних мереж для контролю друкованих плат має великий потенціал для автоматизації процесу виявлення дефектів та зниження кількості бракованих виробів.

Однак, вибір оптимальної архітектури нейронної мережі для детектування дефектів друкованих плат може бути складним завданням. Відправною точкою може бути порівняння ефективності різних архітектур на відкритому наборі даних, що містить зображення різноманітних дефектів друкованих плат.

У цій статті ми розглянемо різні підходи до виявлення дефектів друкованих плат та проведемо аналіз ефективності різних архітектур нейронних мереж, які можуть бути використані для вирішення поставленого завдання. Дані результати можуть бути корисними для вибору оптимальної архітектури нейронної мережі, що використовуватиметься у складі системи автоматизованого детектування дефектів друкованих плат оптичним методом.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Дослідження в галузі виявлення дефектів друкованих плат за допомогою нейронних мереж не є новим напрямком. В останні роки було запропоновано багато різних архітектур нейронних мереж для виявлення дефектів друкованих плат, але частіше всього використовуються наступні архітектури: You only look once (YOLO), Regions with convolution neural networks (R-CNN), Single shot multibox detector (SSD), RetinaNet. Кожна із них має свої переваги і недоліки, які описані у розглянутих далі роботах.

You Only Look Once (YOLO) – архітектурна, яка була вперше запропонована в роботі [1] у 2016 році. YOLO використовує один згортковий прошарок для передбачення областей з дефектами та визначення їх класів. Алгоритм швидкий

та дозволяє досягти високої точності детектування. Однак, він може бути непрацездатним, коли дефекти занадто маленькі або занадто близько розташовані один від одного.

Ще однією архітектурою для виявлення дефектів є Regions with Convolutional Neural Networks (R-CNN), яка була вперше запропонована в роботі [2] у 2014 році. R-CNN використовує регіони інтересу (ROI) та виявляє діагностичні ознаки для кожного ROI з відповідної області зображення. Ці ознаки передаються в класифікатор та регресійну частину мережі, які використовуються для передбачення класів та координат ROI відповідно. R-CNN досягає високої точності детектування, проте має повільну швидкість обробки зображення.

Single Shot MultiBox Detector (SSD) - це архітектура, яка була запропонована в роботі [3]. Цей метод є одним з найпопулярніших у сфері детектування об'єктів, оскільки він поєднує в собі швидкість та точність. SSD заснований на концепції MultiBox, що полягає в тому, щоб об'єкт визначався за допомогою bounding box'у, який описує його положення та розмір. Архітектура SSD використовує один захоплювач (об'єкт, що збирає інформацію про зображення) та множину класифікаторів, кожен з яких відповідає за конкретний клас об'єктів.

RetinaNet є однією з останніх архітектур нейронних мереж для детектування дефектів друкованих плат, яка була запропонована в 2018 році в роботі [4]. RetinaNet є одним з найефективніших методів, що забезпечує баланс між точністю та швидкодією для задач детектування об'єктів. Основною ідеєю RetinaNet є використання Feature Pyramid Network (FPN) для вирішення проблеми зниження якості детектування на різних масштабах.

Отже, у цьому розділі були описані чотири основні архітектури нейронних мереж для детектування дефектів друкованих плат: YOLO, R-CNN, SSD та RetinaNet. Кожна з цих архітектур має свої переваги та недоліки, тому перед вибором певного методу необхідно провести аналіз їх ефективності для конкретної задачі. В наступному розділі буде описано методику оцінювання ефективності навчальних моделей для детектування дефектів друкованих плат.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для отримання результатів експерименту використаємо набір даних, описаний в роботі [5]. Він включає у себе анотовані зображення друкованих плат з високою роздільною здатністю. За допомогою програмного пакету Photoshop на зображення були додані різні дефекти. Отриманий таким чином набір даних містить 800 зображень друкованих плат із роздільною здатністю $2,777 \times 2,138$ пікселів. Потім оригінальні зображення з високою роздільною здатністю обрізаються на 1981 підзображень розміром 640×640 пікселів. На кожному зображенні набору даних є від 2 до 6 класів дефектів, включаючи такі: відсутність отвору, «укус миші», розриви, короткі замикання та зайва мідь (рис. 1). Для розширення даних цього невеликого набору застосовуються різноманітні методи аугментації. Фінальний навчальний набір містить 11093 зображень, валідаційний набір – 2774 зображень.

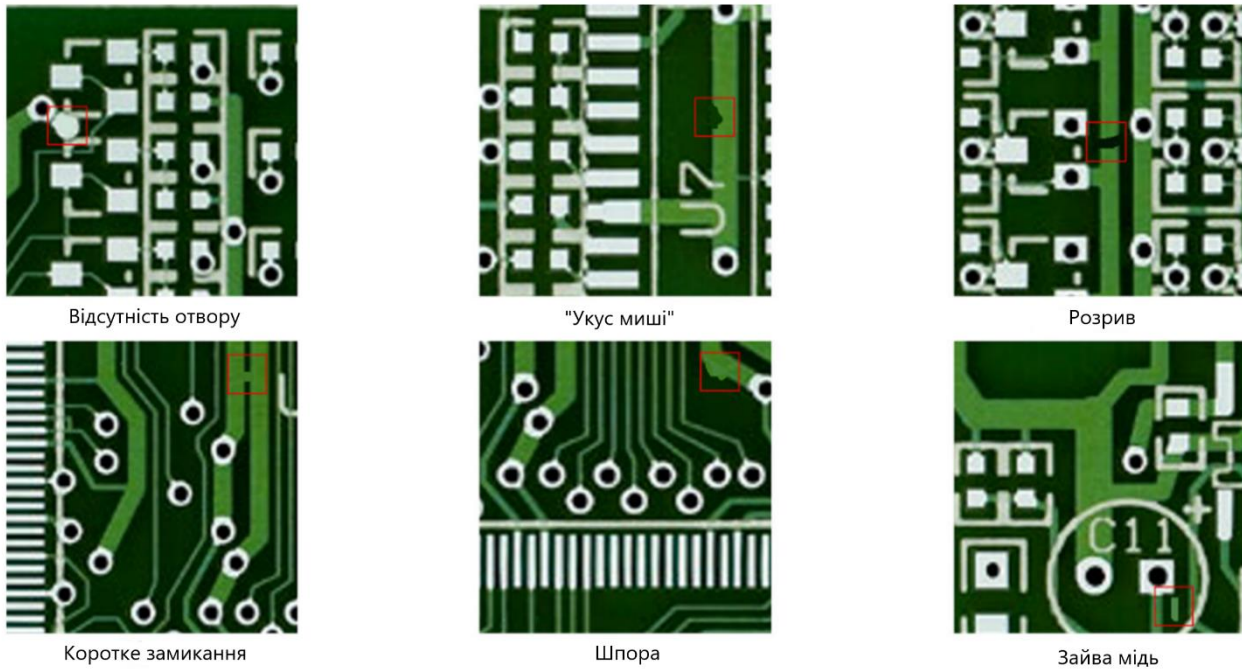


Рис. 1. Приклади дефектів друкованих плат

Результати навчання різних архітектур нейронних мереж наведено в таблиці 1. Навчання проводилось на звичайному комп'ютері з одним графічним процесором NVIDIA GeForce GTX 1660 Super GPU. Усі результати розпізнавання отримано за роздільної здатності вхідного зображення 2240×2240 пікселів. Кожна з цих архітектур має свої переваги та недоліки. YOLO забезпечує найвищу точність (99.4%), є швидшою і простішою, але може бути менш точною для детектування невеликих об'єктів. R-CNN має третє місце за показником mAP серед цих чотирьох моделей (90.1%), але є повільною та має складніший процес навчання. SSD є повільнішою та менш точною за R-CNN, особливо для малих об'єктів, але має простіший процес навчання. RetinaNet має високий показник mAP (96.2%) і показує гарні результати для об'єктів різних розмірів, але може бути повільнішою за SSD.

Таблиця 1. Порівняння ефективності нейромережевих моделей

Модель	Параметри	Розмір моделі в мегабайтах	mAP	Швидкість в кадрах за секунду
R-CNN	41.15	315	90.1%	2
SSD	24.41	186	86.7%	1.4
YOLO	8.68	16.6	99.4%	19
RetinaNet	55.2	422	96.2%	1.4

Оглянута архітектура під назвою YOLO послідовно досягає більшої точності та ефективності, ніж попередні типи нейронних мереж, при цьому враховуючи обмеження за обчислювальними ресурсами. Зокрема, YOLO досягає високої точності з меншою кількістю параметрів, ніж будь-яка з розглянутих архітектур. YOLO також має вищу швидкодію, ніж інші розглянуті мережі.

ВИСНОВКИ

У цій статті було проведено аналіз різних архітектур нейронних мереж для детектування дефектів друкованих плат. Такі мережі можуть бути використані для автоматизованого виявлення та класифікації поверхневих дефектів металевих виробів, що призведе до покращення ефективності контролю. Автоматизація процесу виявлення дефектів шляхом створення спеціальних програмних засобів дозволить знизити кількість помилок, пов'язаних з людським фактором, і підвищити швидкість виявлення дефектів.

Нейромережа RetinaNet мережа надто повільна під час роботи з ненавчальними даними. R-CNN та RetinaNet мають результати кращі, ніж у SSD, але оптимальним варіантом є YOLO. Ця мережа має більш оптимізовану архітектуру і використовує складний, але швидкодіючий метод масштабування.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розширення навчальної бази даних дефектів. Для цього можна використовувати техніки машинного навчання, такі як генерація синтетичних зображень, щоб підвищити різноманітність та репрезентативність різних типів дефектів. Іншим підходом до покращення якості роботи систем автоматизованого детектування дефектів друкованих плат є використання ансамблів нейронних мереж, що може забезпечити більш точне детектування дефектів, знижуючи при цьому ймовірність помилкових спрацювань. Ансамбль мереж може забезпечити більшу надійність, ніж окремі мережі, та забезпечити більш точне виявлення дефектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Redmon J. You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition / J.Redmon, S.Divvala, R.Girshick, A.Farhadi // Anchorage. 2016. pp. 779-788.
- [2] Girshick R. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition / R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik // Anchorage. 2014. pp. 580-587
- [3] Liu W. SSD: Single shot multibox detector. In European conference on computer vision / W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan C. Szegedy, S. Reed // Anchorage. 2016. pp. 21-37
- [4] Lin T. Focal loss for dense object detection. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision / T. Lin, P. Goyal, R. Girshick, K. He, P. Dollár // Anchorage. 2018. pp. 2980-2988
- [5] Qin, L. Printed Circuit Board Defect Detection Methods Based on Image Processing, Machine Learning and Deep Learning / L. Qin, N. Isa // Survey. 2021. pp. 449-458
- [6] Momot A., Skladchikov I. The use of EfficientNet models in infrared image classification / A. Momot, I. Skladchikov // XXI Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи», 17-18 травня 2022 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна: збірник матеріалів конференції. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. С. 204-207.

Наук. керівник – доктор філософії, ст. викл. Момот А.С.

УДК 621.19

В.П. Малько, студ. гр. ПК-11мн, д.т.н., проф. Куц Ю.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

УДОСКОНАЛЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ФАЗОВОГО МЕТОДУ КООРДИНАТНОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Розглянуто системи координатної реєстрації в дефектоскопії. Визначені переваги на недоліки різних методів визначення координат перетворювачів. Проаналізовано існуючі методи визначення координат перетворювачів. Запропоновано використання фазового методу з метою підвищення ефективності та точності визначення координат перетворювачів дефектоскопа.

Ключові слова: визначення координат, неруйнівний контроль, фазовий метод, автоматизовані системи.

ВСТУП

На сьогоднішній день автоматизація технологічного процесу неруйнівного контролю (НК) є одним з головних питань його розвитку. Автоматизація НК має на меті проведення контролю без участі оператора за рахунок чого усувається суб'єктивна складова похибки контролю. Крім усунення суб'єктивної похибки завданням автоматизації є отримання діагностичних даних в сукупності з координатами положення перетворювача. Це дає змогу будувати В- та С- скани, проводити моніторинг розвитку виявлених дефектів.

Одним з найпоширеніших методів визначення координат перетворювача дефектоскопу на виробі є ультразвуковий метод, який полягає у поширенні ультразвукових коливань у повітрі, їх реєстрації системою приймачів і визначенні часової затримки між прийнятим та випроміненим сигналами. На основі отриманої часової затримки, за використання методів трилатерації, триангуляції або полігонометрії, визначають координати датчика НК на виробі.

Визначення відстані в ультразвукових каналах відбувається за наявності шуму, тому актуальним є питання захищеності систем координатної реєстрації інформації для більш точного та достовірного визначення відстані. Для усунення впливу шумів використовують багаточастотний фазовий метод, який завдяки прецизійності та високій завадостійкості дає змогу отримувати значення вимірюваних відстаней з високою точністю та достовірністю.

ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ

Відома низка методів визначення координат первинних перетворювачів НК, які можна розділити на два типи: безконтактні та контактні методи.

В роботі [1] авторами представлено автоматизовану систему координатної реєстрації, що ґрунтується на механічному способі визначення координат. Система використовується для проведення ультразвукового контролю лопатей вітрогенераторів без їх демонтажу. Реєстратор координат складається з алюмінієвої рами, ультразвукового перетворювача встановленого в межах цієї рами та крокових двигунів. Точність системи визначається кроком двигунів.

В роботі [2] запропонована ультразвукова безконтактна система координатної реєстрації перетворювача НК. Система складається з суміщеного ненаправленого ультразвукового випромінювача та двох рознесених на відому відстань приймачів. Випромінювач поширює сигнал, який приймається кожним

приймачем. Часова затримка між випроміненим та прийнятими сигналами визначається амплітудним методом за обвідними сигналів. На основі вимірної часової затримки та швидкості акустичних коливань за методом трилатерації визначають координати датчика НК.

В роботі [3] запропоновано систему двокоординатної реєстрації, яка основана на використанні багаточастотного фазового методу з використанням системи залишкових класів як засобу вирішення проблеми неоднозначності фазових вимірів. Така система дає змогу визначати положення первинного перетворювача з похибкою до 0.7 мм, але лишається чутливою до дії шумів.

Отже, використання безконтактних методів координатної реєстрації дає змогу вимірювати координати положення датчика НК з високою, в порівнянні з механічними методами, точністю. Але наявність шумів в акустичних каналах приводить до появи грубих похибок, тому актуальною технічною задачею є удосконалення ультразвукового фазового методу за умови малого відношення сигнал/шум.

Мета роботи полягає в удосконаленні ультразвукового фазового методу визначення координат датчика НК за рахунок підвищення точності та достовірності отримуваних результатів за низького відношення сигнал/шум.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В запропонованому технічному рішенні [3] визначення координат відбувається на основі методу трилатерації. Цей метод полягає у визначенні координат точки за трьома сторонами a , b , c (Рис.1) трикутника ABC . В т. A розміщений випромінювач, а в т. B , C – приймачі ультразвукових коливань. Сторона між приймачами (BC) називається базою та пов'язана з декартовою системою координат xOy . За відомих довжин сторін, використовуючи теорему Піфагора, визначаються координати положення перетворювача (т. A).

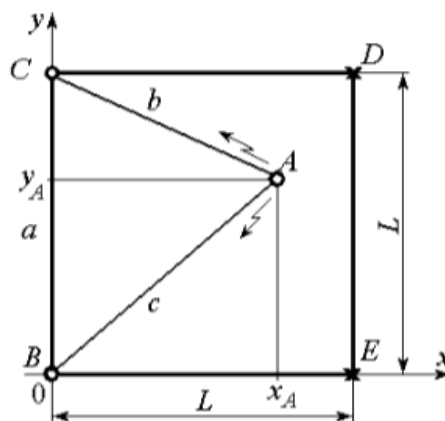


Рисунок 1. Метод визначення координат т. A за методом трилатерації

Оскільки відстані b , c значно перевищують довжину ультразвукової хвилі у повітрі, застосування ультразвукового фазового методу вимагає однозначного вимірювання фазових зсувів $\Phi > 2\pi$. Усунення неоднозначність визначення фазових зсувів сигналів виконується на основі багаточастотного методу з використанням числової системи залишкових класів (ЧСЗК). Ця система

основана на представленні цілих чисел множиною невід’ємних лишків від їх ділення на обрані заздалегідь модулі системи $(m_1 \dots m_i \dots m_n)$, [4].

Відстань розраховується за лишками g_i , обчисленими за результатами вимірювань фазових зсувів φ_i сигналів на n частотах, за формулою:

$$D = d_0 \cdot A(D) = d_0 \cdot \sum_{i=1}^n g_i(D) B_i \pmod{M}; \quad g_i(D) = \left[\frac{\varphi_i \cdot m_i}{2\pi} \right]^+ \quad (1)$$

де, d_0 – дискрет визначення відстані, B_i – ортонормовані базиси ЧСЗК.

Загальна структурно-логічна схема ультразвукової фазової системи координатної реєстрації зображена на Рис. 2.

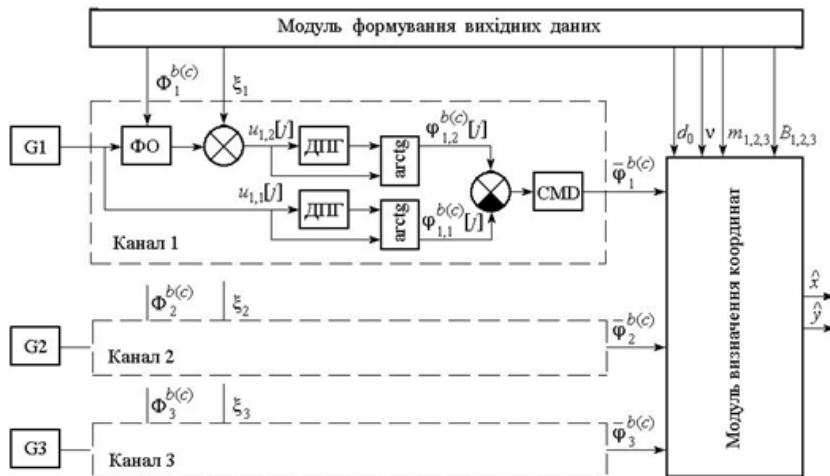


Рисунок 2. Структурно-логічна схема заводостійкої системи двокоординатної реєстрації інформації

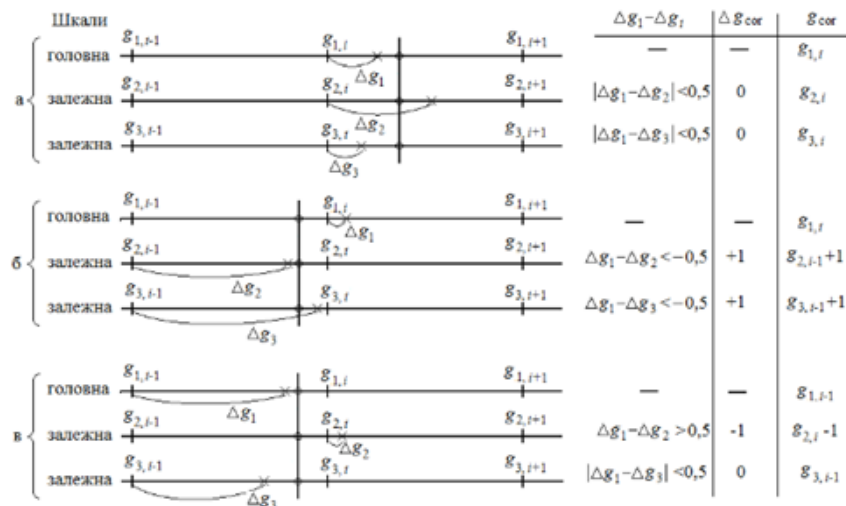


Рисунок 3. Узгодження лишків СЗК для коригування грубих похибок за результатами фазових вимірювань на трьох частотах

Запропонована система дозволяє отримати високу заводостійкість, яка досягається використанням в сукупності дискретного перетворення Гільберта, усереднення на колі фазових зсувів сигналів та узгодження лишків по трьом шкалам, утвореним вимірюваннями фазових зсувів на трьох частотах (Рис.3).

Головною вибирається найбільша частота (епюра а), отримані з неї лишки не коригуються, а лишки на двох інших шкалах (епюри б та в) коригуються згідно табл. на рис.3 за аналізом отриманої дробової частини лишків виду:

$$\Delta g_i(D) = \frac{\bar{\varphi}_i}{\varphi_i} - \left[\frac{\bar{\varphi}_i}{\varphi_i} \right]^+, \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

Напрямок округлення лишків g_i залежить від значення Δg_{cor} наведеного в другому стовпці таблиці, яке розраховується згідно формули вказаної в останньому стовпці та отриманої різниці між Δg_1 та Δg_i за умови $i = \overline{2, n}$.

Виконані в програмному середовищі MATLAB модельні експерименти засвідчили, що використання коригованих значень лишків дозволяє суттєво зменшити вплив шумів, в результаті чого система здатна достовірно та точно визначати координати положення датчика НК за відношення сигнал/шум більшим за 1.1 (прямокутна обвідна) та 2.5 (гауссова обвідна сигналу).

ВИСНОВКИ

Результати дослідження показали, що фазовий зсув між сигналами, визначений за допомогою дискретного перетворення Гільберта, з наступним усередненням на колі, дає змогу отримати значення фазового зсуву, за умови наявності шумів, з достатньо високою точністю. Виконані модельні експерименти показали, що система залишкових класів удосконалена методом узгодження лишків зберігає працездатність за відношення сигнал/шум не менше 1.1 та не менше 2.5 відповідно при використанні сигналів з прямокутною та гауссовою обвідними. Результати дослідження підтверджені модельними експериментами в програмному середовищі MATLAB.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]Guoliang Ye, Ben Neal, Alex Boot, Vassilios Kappatos, Cem Selcuk, Tat-Hean Gan. Development of an ultrasonic NDT system for automated insitu inspection of wind turbine blades, *7th European Workshop on Structural Health Monitoring*, July 8-11, 2014. La Cité, Nantes, France, p.826-833.
- [2]Куц Ю. В. Застосування модулярної арифметики у багатошкальних фазових вимірюваннях / Ю. В. Куц. // *Метрологія та прилади* – 2017.–№5.–С. 98–105
- [3]Малько В.П. Моделювання процесу відновлення повної фази сигналу при двокоординатній реєстрації інформації в системах автоматизованого неруйнівного контролю / В.П. Малько // *Зб. праць XVIII Всеукр. науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”*, 06-07. 12. 2022 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського.–2022.–С.210–213.
- [4]Куц Ю.В. Вимірювання кумулятивних фазових зсувів // Ю. Куц. – *Технічна електродинаміка* (Kuts Yu. V. Vymiryuvannya kumukyatyvnych phazovych zsuviv. – *Technichna elektrodynamika*). – 2001. –№5. –С/С. С. 67–72.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Куц Ю.В.

УДК 62-26, 62-293

Н.О. Півень, студ. гр. ПК-91, к.т.н., доц. Богдан Г.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ПОРТАТИВНИЙ РАДІОМЕТР

Анотація. Стаття присвячена розробці портативного вимірювального приладу для вимірювання дози опромінення. Проведено короткий аналіз основних типів детекторів іонізуючого випромінювання, їхніх переваг та недоліків. Розроблена система складається з 4 основних частин, що складаються із джерела живлення низької напруги, виявлення радіації, вимірювання радіації та частини відображення даних на телефоні Android.

Ключові слова: радіометр, неруйнівний контроль, Android, детектор, іонізуюче випромінювання.

ВСТУП

Радіаційне випромінювання навіть у невеликих дозах, але при постійному опромінюванні, може нанести велику шкоду біологічним об'єктам. Для людини такий тип випромінювання є невидимим й невідчутним. Слід відзначити, що при оцінці ефекту взаємодії з живими організмами випромінювання ділять на іонізуючі та неіонізуючі. Для біологічних об'єктів особливо небезпечним є іонізуюче випромінювання (ультрафіолетові та рентгенівські промені, гаммакванти) через його властивість проникати через матеріали різної товщини й іонізувати повітря [1]. Цей вид енергії, дуже легко поглинається людським організмом і наносить йому важкі ураження, які призводять до швидкої смерті.

В Україні відповідно до норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97), розроблено і впроваджено певно низку заходів радіоекологічного моніторингу, що направлені на збір первинної інформації з метою подальшої її обробки для контролю радіаційного стану навколишнього середовища [2]. В той же час, для персонального захисту людини, що перебуває або працює на території з підвищеним радіаційним фоном дієвим засобом є використання портативних приладів, що дозволяють проводити постійний моніторинг іонізуючого випромінювання у навколишньому середовищі.

У статті проведено аналіз основних типів детекторів іонізуючого випромінювання, їхніх переваг та недоліків. Розроблено портативний пристрій радіометричного контролю.

ОСНОВНІ ТИПИ ДЕТЕКТОРІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЕННЯ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Виділяють три види радіоактивного випромінювання, які підлягають обов'язковому контролю: α -, β - та γ -випромінювання [3].

γ -промені це електромагнітні хвилі, аналогічні рентгенівським. Вони здатні проникати через матеріали і представляють найбільшу небезпеку через свою здатність іонізувати клітини живого організму.

β -випромінювання являє собою потік електронів зі швидкістю руху, що іноді сягає швидкості світла. Здатність до проникнення у біологічні тканини значно менша ніж у γ -випромінювання, але іонізуюча дія в сотні разів більша.

α -випромінювання являє собою потік ядер гелію. Для цього типу випромінювання характерна висока іонізуюча дія. Дуже небезпечний для людини.

Для розробки портативних радіометрів найчастіше використовують три типи детекторів: сцинтиляційний, напівпровідниковий та газовий [4], тому що

вони дозволяють оперативне визначення інтенсивності чи експозиційної дози іонізуючого випромінювання. Інші методи реєстрації радіації — хімічний, термолюмінесцентний, калориметричний — використовуються для визначення дози іонізуючого потоку випромінювання за рахунок ефекту тривалого накопичення дії радіації [4].

В основі роботи сцинтиляційних детекторів лежить взаємодія випромінювання з матеріалом детектора, в результаті чого відбувається випромінювання світла. Можуть бути використані для вимірювання різних типів випромінювання, включаючи гамма-випромінювання та частки бета.

До переваг цих детекторів відносять: висока енергетична роздільна здатність; широка роздільна чутливості до різних типів випромінювання; невеликі габаритні розміри.

Недоліки: потребують високовольтного джерела живлення для підсилення сигналу сцинтиляції; вразливі до шумів; не можуть використовуватися при високих температурах.

Напівпровідникові детектори працюють на основі взаємодії випромінювання з напівпровідниковим матеріалом. При взаємодії іонізуючого випромінювання з напівпровідниковим матеріалом, останній змінює свої властивості.

Переваги напівпровідникових детекторів: висока енергетична роздільна здатність; широкий роздільна чутливості до різних типів випромінювання; швидкість відгуку та висока чутливість до радіації; можливість зменшення розмірів та ваги детектора.

Недоліки напівпровідникових детекторів: не можуть використовуватися при високих температурах; в порівнянні з іншими детекторами вища ціна.

У газових детекторах радіації при взаємодії іонізуючого випромінювання з газом, створюються електрони та іони, які можуть бути виміряні як електричний сигнал.

Переваги газових детекторів радіації: висока чутливість до іонізуючої радіації; великий діапазон вимірювання; можливість роботи при високих температурах.

Недоліки газових детекторів радіації: використовують газ, що може бути небезпечним.

З проведеного огляду, можна зробити висновок, що при побудові портативних радіометрів перспективним є використання напівпровідникових детекторів.

ПОРТАТИВНИЙ РАДІОМЕТР

Проведений аналіз літературних джерел [1, 5-6], дозволив виділити основні структурні елементи з яких складається портативний радіометр: детектор радіації; підсилювач, що посилює інформативний сигнал від детектора для подальшої обробки; фільтр, що дозволяє видалити шуми та інші зайві складові сигналу; АЦП; мікропроцесор, для обробки сигналу; дисплей та джерело живлення. В залежності від типу детектора та умов застосування можуть використовуватися інші елементи, наприклад, пристрій для охолодження

детектора у випадку використання криогенних детекторів або елементів для захисту від електромагнітних перешкод.

На Рис. 1 представлена узагальнена структурна схема портативного радіометра, що використовується для виявлення доз радіації, таких як альфа-бета- та гамма- промені, де не потрібна чутливість до енергії.

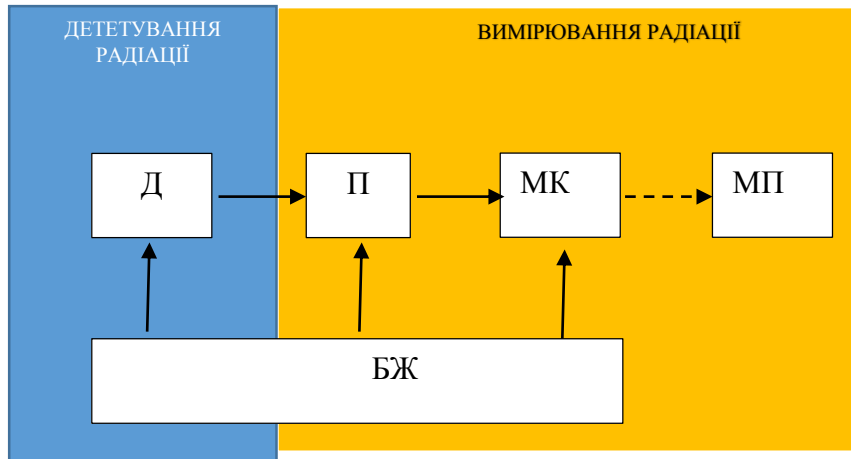


Рисунок 1. Структурна схема портативного радіометра:
Д – детектор радіації; П – підсилювач сигналу; МК – мікроконтролер;
БЖ – блок живлення; МП – мобільний пристрій

Прилад складається з блоків детектування та вимірювання радіаційного випромінювання. Блок детектування складається з детектора радіації, що живиться від блока живлення. В якості детектора використовується напівпровідниковий елемент. Блок вимірювання радіації включає в себе підсилювач прийнятого сигналу, мікроконтролер та пристрій відображення та обробки інформації, в якості якого використовують мобільний пристрій. В якості блока МК може бути використаний 32-бітний мікроконтролер STM32. Передача даних від мікроконтролеру до блоку МП може передаватися з використанням Wi-Fi або Bluetooth модулів.

Використання мобільного пристрою в структурі радіометра спрощує проведення обчислювальних операцій, дозволяє проводити моніторинг стану навколишнього середовища з послідуочим збереженням даних та значно спрощує формування звітів.

ВИСНОВКИ

У даній статті було проведено аналіз основних типів детекторів іонізуючого випромінювання, визначені їх переваги, недоліки можливості використання при певних параметрах навколишнього середовища. Проаналізовано основні структурні елементи радіометрів та визначення узагальнена структурна схема пристрою. Запропоновано використання мобільного пристрою в структурі радіометра. Визначено переваги такого підходу

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]. І. Ю. Чернявський Ч 25 Військова дозиметрія: навч. посіб. / І. Ю. Чернявський, В. В. Марущенко, І. М. Мартинюк. – Х.: ФВП НТУ «ХП», 2011. – 528 с.
- [2]. Гудков І.М. Радіоекологічний моніторинг [Електронний ресурс] : навчальний посібник / І.М. Гудков, В.О. Кашпаров, О.Ю. Паренюк. - Київ: НУБіП, 2019. - 188 с.- режим доступу: <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4421>
- [3]. Wondergem J. Radiation biology: a handbook for teachers and students // International atomic energy agency, Vienna, 2010. – 155 p.
- [4]. Двоенергетичний напівпровідниковий детектор рентгенівського та гамма-випромінювання / М.С. Бродин, В.Т. Весна, В.Я. Дегода, І.Л. Зайцевський, Б.В. Кожушко // Наука та інновації. — 2014. — Т. 10, № 2. — С. 49-54. — Бібліогр.: 5 назв. — укр.
- [5]. Holovaty, A.; Teslyuk, V.; Iwaniec, M.; Mashevska, M. «Development of Background Radiation Monitoring System Based on Arduino Platform. In Proceedings of the 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer S,» pp. 139-142, 2018.
- [6]. Новіков, С.Г.; Беринцев, А.В.; Алексеев, А.С.; Сомов, А.І.; Приходько, В.В.; Гуськов, П.А.; Светухін, В.В. «Розробка персонального переносного дозиметруа ефективної дози із каналом даних RFID» Радіопромисловість, С. 78-85, 2018.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Богдан Г.А.

УДК 62-26, 62-293

І.О. Пітух, студ. гр. ПК-91, к.т.н., доц. Богдан Г.А.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ТОВЩИНОМІР ІЗ МОЖЛИВІСТЮ СИНХРОНІЗАЦІЇ З ПРИСТРОЄМ НА БАЗІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ “ANDROID”

Анотація. Стаття присвячена аналізу ультразвукових товщиномірів з можливістю синхронізації з пристроєм на базі операційної системи Android. В статті виконано огляд уже існуючих рішень, перераховано їх переваги та недоліки, майбутні перспективи. Особлива увага приділена зручності та ефективності використання пристрою, завдяки можливості синхронізації з мобільним телефоном на базі Android.

Ключові слова: ультразвук, неруйнівний контроль, товщиномір, ОС Android.

ВСТУП

В наш час спостерігається широке використання ультразвукових товщиномірів в різних галузях промисловості та техніки. Дані пристрої дозволяють швидко і точно визначати товщину об'єктів контролю виготовлених з різноманітних матеріалів, як в процесі виготовлення виробу так і при його експлуатації.

В загальному випадку товщиномір складається з вимірювального перетворювача, з'єднувальних кабелів ті безпосередньо самого приладу, який здійснює обробку прийнятого сигналу і виведення на циферблат результатів вимірювання [1]. Але, на сьогоднішній день, ми спостерігаємо розвиток використання мобільних телефонів на базі операційної системи (ОС) Android, в якості блоку для обробки та зберігання інформації отриманої від ультразвукових датчиків [2], що значно спрощує пристрій і робить його більш бюджетним в порівнянні із стандартними приладами, крім того значно розширює його функціональні можливості. Прилади з можливістю синхронізації із мобільними пристроями мають багато переваг в порівнянні із традиційними приладами НК.

У статті поведено аналіз актуальності синхронізації, ультразвукових товщиномірів з пристроями на базі ОС Android. Розглянуто переваги та недоліки, можливості та майбутні перспективи такого підходу.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

Як вже було зазначено, ультразвукові товщиноміри інтегровані у мобільний телефон мають ряд переваг в порівнянні з традиційними рішеннями. А саме:

- такі пристрої можуть швидко та точно виміряти товщину матеріалів при цьому не потребуючі додаткового обладнання;
- синхронізація з телефоном дозволяє зручно зберігати та обробляти дані вимірювань. Користувачі можуть легко зберігати дані вимірювання на своєму смартфоні та обробляти їх у відповідних програмах, що дозволяє ефективніше використовувати отриману інформацію. Функціонал мобільних пристроїв значно ширший ніж у вузькопрофільних пристроїв, тому на них простіше автоматизувати обробку інформації і представлення підсумкових звітів у різних форматах;
- можливість бездротового з'єднання ультразвукових датчиків з телефоном без

використання додаткових модулів робить пристрій більш дешевим та дозволяє спростити збір первинної інформації у важкодоступних місцях;

- ультразвукові товщиноміри з можливою синхронізацією з телефоном можуть бути більш зручними для користувачів. Наприклад, користувачі можуть отримати інформацію про вимірювання на своєму смартфоні, що забезпечує зручність і доступність вимірювання в будь-який момент.
- такі пристрої дозволяють передавати та зберігати дані у хмарних сервісах, що значно спрощує доступ до них користувачів з будь якої точки світу;
- спрощується можливість передачі даних на комп'ютер для подальшої їх обробки;
- налаштування приладу прямо в мобільному додатку під потреби користувача;
- можливість довгостроково зберігати великі об'єми даних;
- автоматичний аналіз даних в режимі реального часу.

До недоліків можна віднести:

- потреба в додатковому захисті даних вимірювань;
- якість синхронізації може залежати від технічних показників мобільного пристрою, а також від якості підключення до Інтернету або мобільної мережі.

Розглянемо популярніші моделі ультразвукових товщиномірів з можливістю синхронізації, для того щоб зрозуміти, які переваги вона дає, та які рішення втілили виробники.

Першим представником є ультразвукові товщиноміри, виробництва компанії «DeFelsko», а саме моделі серії: «PosiTector UTG». Просунуті моделі цієї серії мають можливість синхронізації з мобільними пристроями на базі ОС Android за допомогою технології Bluetooth 4.0. Також необхідно встановити спеціальний додаток на мобільний пристрій, під назвою: «PosiSoft Mobile».

Головними функціями додатку є автоматизація процесу збору та обробки даних та побудова звітів. Додаток дає можливість створювати звіти із вимірних даних та експортувати їх у різних форматах, включаючи Portable Document Format (PDF) та Comma-Separated Values (CSV). Також в додатку можна налаштовувати сам товщиномір, наприклад є можливість провести калібрування приладу та налаштувати параметри вимірювання.

Пристрій також має ряд додаткових функцій, що збільшує його функціональні можливості, а саме: можливість зберігання даних в хмарних сервісах, а також можливо синхронізувати вимірні дані з додатком «PosiSoft Desktop» для подальшого аналізу та обробки даних на комп'ютері [3].

Інші популярні моделі ультразвукових товщиномірів із можливістю синхронізації з мобільними пристроями, мало чим відрізняються від моделей компанії «DeFelsko».

Наприклад в моделі ультразвукового товщиноміра від компанії «Cygnus Instruments» під назвою: «Cygnus 4+», присутній весь функціонал який був перерахований вище, а також свій власний додаток [4]. Така сама ситуація у товщиноміра «Elcometr 456 Bluetooth» від компанії «Elcometr». Єдина відмінність останніх двох перерахованих приладів, саме у функціоналі, який

надає синхронізація, так це наявність можливості відеозйомки та фотозйомки, для того щоб додавати зображення до вимірних значень товщини. Також в додатку «Cugnus App», є функція відображення даних у вигляді графіків та гістограм, що дозволяє операторам НК швидше аналізувати дані [5].

Можна дійти висновку, що різні виробники ультразвукових товщиномірів з можливістю синхронізації, використовують дуже схожі рішення і головним завданням такого підходу є автоматизувати процес збору та обробки даних,.

ПЕРСПЕКТИВИ СИНХРОНІЗАЦІЇ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ТОВЩИНОМІРІВ З ПРИСТРОЯМИ НА БАЗІ ОС ANDROID

Проведений аналіз, дозволяє зробити висновки, що на даний момент основне завдання цього підходу полягає у спрощенні роботи з вимірними даними, подальшою їх обробкою, та зберіганням, спрощення та пришвидшення процесу налаштування пристрою.

Але можливості синхронізації на цьому не закінчуються, в цілому виробники приладів НК, пропонують синхронізацію лише як додаткову функцію для своїх приладів, і як правило такі прилади коштують дорожче ніж традиційні. Дивлячись на те, що в наш час мобільні телефони знаходяться в кожного «під рукою», можна розглянути синхронізацію, не просто як додаткову функцію для приладів НК, а як їх повноцінну частину. Такий підхід дозволяє:

- значно зменшити ціну приладу, адже ми можемо використовувати потужності телефону, а не мікроконтролер приладу, для обробки даних з датчику;

- так само можна спростити інтерфейс приладу, або взагалі його прибрати, що зробить прилад компактним та мобільним, та дозволить операторам НК простіше проводити вимірювання об'єктів складного профілю;

- значно розширити функціонал пристрою.

Потрібно пам'ятати, що здебільшого для проведення синхронізації між приладом, та мобільним пристроєм, розробляють мобільний додаток, в якому можна реалізувати багато додаткових функцій, про які вже було сказано, також оператори НК часто стикаються з проблемою, що прилади мають складний та неінтуїтивний інтерфейс, в нашому випадку, можна створити простий, зрозумілий та практичний мобільний додаток, який вирішить дану проблему.

ВИСНОВКИ

Хоча на даний момент виробники приладів НК пропонують синхронізацію своїх приладів із пристроями на базі ОС Android лише як додаткову функцію, головною метою якої є автоматизація процесу збору та обробки даних, такі прилади мають багато переваг в порівнянні із традиційними приладами НК та вже показали свою ефективність і практичність.

Використання потужностей мобільного пристрою, та розробка власного мобільного додатку, дають виробникам можливість простіше втілювати нові ідеї в розробку приладів НК.

Провівши аналіз переваг та недоліків такого підходу, можна дійти висновку, що переваг в синхронізації ультразвукових товщиномірів з пристроями на базі

ОС Android, набагато більше ніж недоліків, та вона є перспективною для використання у неруйнівному контролі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Галаган Р.М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р.М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263 с
- [2] Petryk V.F., Protasov A.G., Galagan R.M., Muraviov A.V., Lysenko I.I. Smartphone-Based Automated Non-Destructive Testing Devices. Devices and Methods of Measurements. 2020; Vol. 11(4): pp. 272-278.
- [3] DeFelsko Inspection Instruments [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.defelsko.com/positector-utg>.
- [4] Cygnus 4+ General Purpose Brochure [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cygnus-instruments.com/wp-content/uploads/2023/03/Cygnus-4-High-Temp-Probe.pdf>
- [5] User Guide Elcometer 456 Coating Thickness Gauge [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://downloads.elcometer.com/PDFs/InstructionManuals/MultiLingual/456_user_guide.pdf.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Богдан Г.А.