

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

**V Міжнародна Конференція
ВИРОБНИЦТВО
&
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2021**



**V International Conference
MANUFACTURING
&
MECHATRONIC SYSTEMS 2021**

M&MS

2021

V International Conference

21-22 October

Kharkiv

M&MS 2021, 21-22 October, Kharkiv, UKRAINE

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V-ої Міжнародної конференції, Харків, 21-22 жовтня 2021 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2021. – 180 с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних CAD системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв, І.М. Бабак

Manufacturing & Mechatronic Systems 2021: Proceedings of Vst International Conference, Kharkiv, October 21-22, 2021: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2021. – 180 p.

The collection includes the theses of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Vladyslav.V. Yevsieiev, I. Babak

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), ХНУРЕ, 2021

M&MS 2021, 21-22 October, Kharkiv, UKRAINE

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості
Національний університет «Львівська політехніка»
Festo Didactic Україна
Jabil Circuit Ukraine Limited
ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»
Факультет автоматичних і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ),
Державне підприємство «Харківський науково-дослідний інститут технології
машинобудування»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та
науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

МАТЕРІАЛИ

V-ої Міжнародної Конференції

ВИРОБНИЦТВО & МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2021

(21-22 жовтня 2021)
Харків, Україна

ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство
освіти і науки
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
The Ministry of Education and Science of Ukraine



NURE
Kharkiv National University
of Radioelectronics

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES
- SGGW**

Варшавський університет сільського
господарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



Азербайджанський державний університет
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



ТОВ «Науково-виробниче підприємство
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет «Львівська
політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Харківський науково-
дослідний інститут технології машинобудуван-
ня», м. Харків, Україна

State Enterprise «Kharkiv Scientific-Research
Institute of Mechanical Engineering Technology»,
Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний
проектно-конструкторський та науково-
дослідний інститут авіаційної промисловості»,
м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research
Institute of Aerospace Industries», Kharkiv, Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Шакирович Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Олександр Іванович Филіпенко** заступник голови комітету конференції, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Мурад Анвер огли Омаров** доктор технічних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
- Владислав В'ячеславович Євсєєв** секретар, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Andrzej Chochowski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща
- Pawel Obstawski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща.
- Сергій Богомолів** лектор/доцент, доктор філософії (комп'ютерні науки), Дослідницька школа комп'ютерних наук, Коледж інженерії та комп'ютерних наук, Австралійський національний університет, Австралія.
- Микола Васильович Замірець** доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування, Україна
- Михайло Васильович Лобур** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка», Україна.
- Євген Сергійович Риженко** керівник відділу дидактики ДП «Фесто», Україна
- Сергій Володимирович Демченко** директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «УКРІНТЕХ», Україна.

- Самед Імамалі огли Юсіфов** кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та управління, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Фарід Гаджі огли Агаєв** кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри управління та системної інженерії, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування», Україна.
- Володимир Вікторович Козирський** доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматички та енергозбереження, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Віталій Пилипович Лисенко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматички та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Юрій Францевич Зіньковський** доктор технічних наук, професор кафедри радіоконструювання і виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Володимир Митрофанович Свищ** доктор технічних наук, професор, радник директора Державного науково-виробничого підприємства «Об'єднання Комунар», Україна.
- Віталій Євгенович Овчаренко** доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Державного підприємства «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування», Україна.
- Лариса Сергіївна Глоба** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційно-комунікаційних мереж, Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Анатолій Олександрович Андрусевич** доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу Національного авіаційного університету, Україна.
- Роман Володимирович Артюх** кандидат технічних наук, директор Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна.

- Glen Kurtwitz** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Шотландія.
- Liu Shan** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Китай.
- Володимир Андрійович Павлиш** кандидат технічних наук, професор, перший проректор Національного університету «Львівська політехніка», Україна
- Сергій Іванович Осадчий** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна.
- Анатолій Афанасійович Єфіменко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій, Одеський національний політехнічний університет, Україна
- Анатолій Петрович Ладанюк** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем, Національний університет харчових технологій, Україна.
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Ірина Миколаївна Бабак** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

РЕЦЕНЗЕНТИ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Юрій Володимирович Ромашов** доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Ірина Миколаївна Бабак** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

ЗМІСТ

Igor Nevliudov, Olena Chala, Iryna Botsman

Mathematical Model of Substrates Formation for
Functional Components of Microoptoelectromechanical Sensors 15

Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska

Researching Cyberattacks Methods in Industrial Internet of Things..... 18

*Svitlana Alyokhina, Igor Nevliudov, Yurii Romashov,
Kyryl Aleshko, Daniil Bakanov*

Mathematical Modelling of Electromechanical
Wheeled Robotic Platforms as Automation Objects..... 21

Yurii Romashov, Yevhenii Yartemyk, Kostiantyn Prikhodko

Automated Design of Mechanical Structures Used
in Robotic Systems with Existed Experience..... 24

Анастасія Гіль, Олена Чала, Олександр Філіпенко

Промислові інтерфейси та протоколи передачі даних інтегрованих
систем для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0..... 27

Igor Nevliudov, Yurii Romashov, Rauf Allakhveranov

Researching of the Motions' Smoothness for
Robotic Wheeled Platforms Using the Linear Models..... 31

Олександр Цимбал

Завдання взаємодії в системі людина-робот 34

Володимир Грицюк, Дмитро Перепелиця, Ілля Шевчук

Чисельний розрахунок електромеханічного дезінтегратора для
автоматизації подрібнення різноманітних матеріалів..... 36

*Володимир Грицюк, Ольга Тимофєєва, Микита Редюхін,
Ксенія Пільгуй*

Чисельний розрахунок характеристик асинхронного двигуна з
порожнистим ротором для систем автономного теплопостачання..... 39

Світлана Альохіна, Андрій Чугай

Методика теплового моніторингу сховища відпрацьованого ядерного палива..... 42

Илькин Аббасов, Эльчин Меликов

Концепция управления процессом производства пропиленгликоля в условиях неполноты информации..... 45

Магсуд Алиев, Тамелла Магеррамова

Оценка состояния энергоресурсов и пути их развития 47

Кямиль Аскеров, Эльчин Меликов

Исследование и разработка принципов управления каталитическими реакционными аппаратами..... 49

Тамелла Магеррамова, Махаммад Зейналлы

Концепция автоматизации системы водоснабжения города Горадиза... 53

Эльчин Меликов, Натига Магеррамова

Алгоритмизация оптимизации системы управления процессом первичной переработки нефти..... 55

Тамелла Магеррамова, Ширинназ Нуруллахова

Моделирование и оптимизации процесса нагрева гудрона..... 58

Эльчин Меликов, Кянан Рагимли

Задача оптимизации функционирования установки каталитического риформинга..... 61

Гюльхан Шихалиев, Эльчин Меликов

Математическая постановка задачи оптимизации функционирования одного класса технологических комплексов 63

*Олександр Малий, Наталія Фурманова, Олексій Фарафонов,
Ірина Поспєєва*

Система перетворення схем у САПР «Altium» у формат креслень САПР «КОМПАС»..... 67

Азер Мамедов

Тонкопленочные варисторы в устройствах микроэлектроники..... 69

<i>Алмаз Мехтієва, Дурдана Рустамова, Тунзала Іманова</i>	
Створення віртуального вимірювального пристрою система управління.....	72
<i>Анна Жгунова, Ірина Бабак</i>	
Дослідження виробничих ліній SMT монтажу.....	75
<i>Денис Волошин, Владислав Євсєєв</i>	
Розробка структурної схеми фрезерного верстата з ЧПК.....	78
<i>А. Сиротинський, А. Стеценко</i>	
Автоматизація процесів вакуумного сушіння деревини на ТОВ «ЕКО ДОК», с. Смига.....	81
<i>Б. Коптюх, А. Стеценко</i>	
Автоматизація процесу синтезу аміаку на ПрАТ «Рівнеазот», с. Городок.....	85
<i>Дмитро Карпенко</i>	
Розробка конструкції та електроніки муфельної печі.....	90
<i>Сергій Аксьонов, Дмитро Янушкевич</i>	
Автоматизація процесів управління ризиками ЗЕД підприємств	94
<i>Вадим Мижирицький, Дмитро Нікітін</i>	
Дослідження впливу технологічних параметрів фрезерної обробки на геометричні розміри виробу.....	98
<i>Лучанінова Олександра, Юрій Олександров</i>	
Аналіз розробки системи візуального моніторингу модульного робота на базі комп'ютерного зору.....	101
<i>Володимир Безкоровайний, Ольга Іванюк, Катерина Прінь</i>	
Технологія реінжинірингу розподілених баз даних систем керування виробництвом.....	104
<i>Олександр Кузьменко, Микола Стародубцев</i>	
Аналіз системи колективного прийняття рішення для мобільних робіт.....	107

Nikita Bobkov, Leonid Ivanov

The Role of Automated Workstations in the Process of Automation of Technological Operations Management..... 110

Дмитро Кухаренко, Кирило Вадурін

Робот-графопобудовник медичних зображень..... 113

Олександр Волошин, Інна Сидоренко, Людмила Головкіна

Застосування методу парних порівнянь в експертизі рез..... 117

Леонід Іванов, Федір Курпота

Переваги та недоліки в роботі існуючих автоматизованих теплових пунктів..... 119

Данило Коротєєв, Євгеній Разумов-Фризюк

Огляд і аналіз технологій 3D сканування. Фотограмметрія..... 121

Дмитро Корхов, Євгеній Разумов-Фризюк

Вибір приводу для багатофункціонального верстата з ЧПК..... 125

Костянтин Скрипник

Аналіз та перспективи застосування технології екструдерів для гранул 128

Денис Сокіркаєв

Бездротова передача енергії..... 130

Вероніка Руденко, Артем Бронніков

Аналіз та розробка дизайн-макету гуманоїдного робота..... 132

Vitalii Botuz, Irina Gruzdo

Major advances in robotics over the past 10 years..... 135

Олександр Чуб, Оксана Сичова

Дослідження пристроїв для швидкої заміни інструменту маніпулятора промислового робота..... 138

Владислав Євсєєв, Jakiw Radczenko

Metoda porównywania uzyskanej informacji, przykład logiki asocjacyjnej... 141

Сергій Новоселов, Богдан Івченков

Автоматизація аналізу та оптимізація часу виконання операцій в інженерії роботів..... 145

Дмитро Кухаренко, Олег Буленко

Діагностика вимірювально-моніторингових комплексів медичного призначення для біологічних об'єктів..... 148

Антон Большаков, Дмитро Гурін

Аналіз квадрокоптера зі запобіганням зіткнень..... 151

Владислава Головіна, Дмитро Гурін

Аналіз конструкції військового робота..... 154

Ілля Пругер, Вячеслав Криворучко, Віктор Махонін

Розробка систем автоматизації під управлінням штучного інтелекту.... 157

Кирило Редькін, Леонід Іванов

Впровадження системи управління якістю в галузі надання послуг населенню щодо забезпечення теплопостачання..... 159

Олександр Якименко, Єгор Зубов, Ольга Григор'єва

Використання мікроконтролерів для збору та обробки інформації з візуальною індикацією..... 161

Максим Наумов, Ілля Степанов, Віктор Махонін

Застосування термоелектричних перетворювачів у НВЧ-технологіях... 164

Олег Хмелик, Ростислав Бабін, Віктор Махонін

Використання технологій штучного інтелекту для управління підприємством..... 166

Євгеній Чешко, Олександр Валюженіч, Юрій Хорошайло

Про можливості використання вихрострумів методів для проведення неруйнівного контролю металів..... 169

Леонід Іванов, Ігор Ковальов

Якість надання послуг опалення населенню..... 171

Віталій Павленко, Артем Поліщук, Михайло Рогаткін

Метод дистанційного управління мобільним роботом на основі технології інтернету речей..... 175

Дмитро Янушкевич, Леонід Іванов

Роботизовані засоби спеціального призначення: аналіз міжнародних нормативних документів..... 176

Mathematical Model of Substrates Formation for Functional Components of Microoptoelectromechanical Sensors

Igor Nevliudov¹, Olena Chala¹, Iryna Botsman¹

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,
Kharkiv, Nauky Ave. 14., e-mail: igor.nevliudov@nure.ua; olena.chala@nure.ua; irina.botsman@nure.ua

Abstract: A method of technological modes determining for the process of substrates surfaces shaping for the functional components of microoptoelectromechanical systems is proposed, which allows to improve the quality of the substrates. A mathematical model is developed that describes the parameters influence degree of the technological process of the substrates functional surfaces shaping for the microoptoelectromechanical systems components on their roughness and allows to predict the parameters of finished optoelectronic products based on these components. The experimental researches results for obtaining the dependence of substrates surface quality for micromirrors of optical switches on processing modes during the grinding and polishing technological operations are presented.

Keywords: functional component, microoptoelectromechanical systems, technological process, roughness, substrates.

I. INTRODUCTION

Microoptoelectromechanical systems (MOEMS) are evolving rapidly, as electronic devices based on them have many significant advantages, including their size and mass parameters, high functionality and reliability, low power consumption and ease of integration compared to existing traditional telecommunication devices. This primarily applies to MOEMS actuators and switches, which are widely used for the optical networks construction [1-6].

The main parameter of the MOEMS switch is the reflection coefficient, i. e. the coefficient of optical power losses in the process of redirection of light fluxes in the optical-glass fiber. The requirements of these products quality are only increasing, and compliance with the specified characteristics and parameters of such components depends on the production technology of their functional components (FC) – mirrors, which consist of a single crystal substrate and applied, as general, metalized layer.

With numerous advantages, there is also a serious problem of ensuring the quality of MOEMS FC and modules based on them, as such products can be exposed to a large number of destabilizing factors at all stages of the life cycle [2].

Therefore, the actual task is to further improve the quality of MOEMS components. For this purpose there is a need to use promising implementation variants for the technological processes (TP) and operations of their production and to improve methods of assessing, forecasting and monitoring the characteristics of MOEMS structures at the stages of optoelectronic products production and operation.

II. EXPERIMENTAL DETAILS

Functional components of MOEMS are intended for performance of difficult operations with a light beam (reflection, diffraction, modulation, spatial orientation and redirection) [1]. The operational properties of transmission systems based on such components depend on their quality. The necessary quality parameters can be guaranteed only if strict adherence to the technological process conditions of their production and the use of high-precision equipment for testing and data processing [2-4], which can be predicted by the results of digital computer modeling.

One of the most important operations in the process of MOEMS components production is the shaping [5]. Finishing operations in such TP are grinding and polishing of the FC substrate surface. The need of grinding and polishing is conditioned by the fact that after almost every stage of MOEMS components substrates fabrication on their surface remain scratches, splits, cracks, swellings, oxidations and other defects. They lead to structure heterogeneity of the substrates surface layer and changes in its physical-technological parameters. Such layer is called damaged and to remove it the MOEMS component substrate surface is grinded, etched and polished [3].

In order to prevent the appearance of these defects during the technological process of MOEMS switches FC manufacturing, it is necessary to identify the factors that affect the substrates quality and analyze the defect formation mechanisms in them. This will allow to improve the existing methods of assessment, testing and forecasting of the surfaces characteristics of the FC substrates at the stages of their design, production operation, as well as as to develop technological support for their quality.

A full factorial experiment was performed to analyze the technological process parameters of silicon substrates shaping for the MOEMS functional components during polishing and grinding using different types of diamond grinding pastes (ACM 2/1, ACM1 4/10, ACM 0/28).

The most significant input factors of finishing technological operations of substrate shaping, which meet all the factorial experiment requirements, are the test sample processing time – t (min), the spindle rotation speed of the grinding-polishing machine – v (rpm) and the grains size of paste for surface polishing and grinding – z (μm) [4]. In all conducted experiments the pressure value was constant.

The ranges of factors change were as follows: the maximum material processing time $x_1 = 10 \dots 20$ min, the disk rotation speed

x_2 varied from 30 to 40 rpm, the minimum grain size of the paste x_3 was $2 \mu\text{m}$, and the maximum – $32 \mu\text{m}$.

According to the experiment results the regression equation was obtained in coded form:

$$y = 20,33 - 5,17x_1 + 2,25x_2 + 9,21x_3 + 1,98x_1 x_3.$$

After decoding it is the next:

$$y(t, v, z) = 20,33 + 5,17(0,2t - 3) + \\ + 2,25(0,2v - 7) + 9,21(0,05z - 1,13) + \\ + 1,98(0,2t - 3)(0,005z - 1,13).$$

After performing transformations and reductions, we obtain the equation:

$$y(t, v, z) = 8,7975t + 0,45v + 0,1635z + 0,0198tz - 14,6251.$$

$$y_{t=15}(v, z) = 0,45v + 0,4605z - 5,8273.$$

$$y_{v=35}(t, z) = 0,58652t + 0,1635z + 0,0198tz + 1,1249.$$

$$y_{z=17}(t, v) = 0,92312t + 0,45v - 1,1249.$$

Using the obtained equations of the response surfaces, the dependences of the silicon substrate material roughness on the duration of processing by different types of diamond grinding pastes are plotted, the results are presented in Fig. 1.

According to the graphs, the influence of each factor (or factors combination) of the grinding and polishing technological process on the functional surfaces shaping parameters of the MOEMS components silicon substrates was evaluated.

A combination of factors for obtaining the planned value of the prototype roughness was determined and recommendations were formulated to ensure the necessary modes of shaping TP for MOEMS FC.

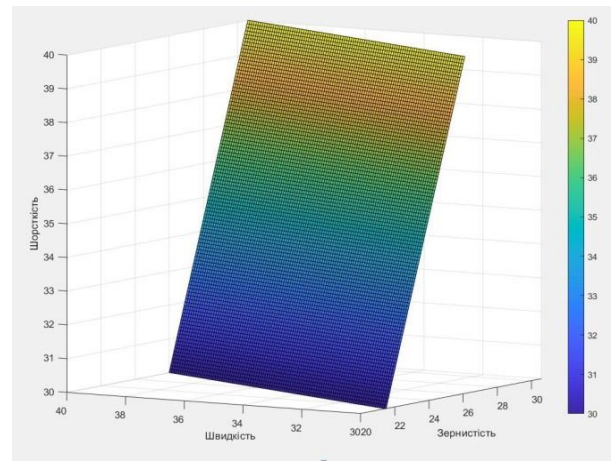
For example, to obtain the surface roughness of the FC substrate at the level of $15 \mu\text{m}$, it is necessary to process the sample with grinding paste ACM 0/28 for 7 min, with paste ACM1 4/10 for 12 min, and by using of paste ACM 2/1 during 17 min.

III. RESULTS AND DISCUSSION

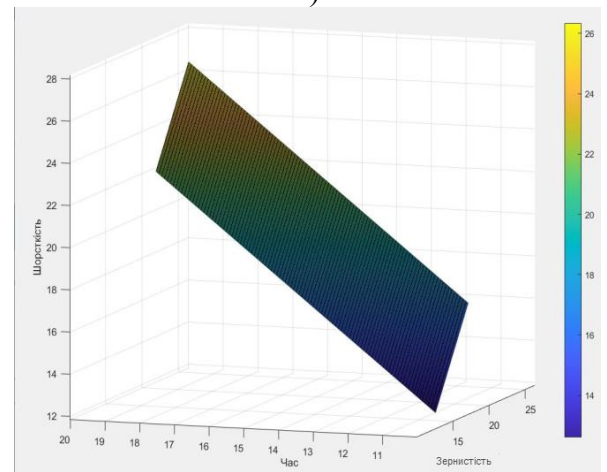
At the next researches stage on the basis of computer modeling results for shaping of MOEMS FC substrates surfaces the experimental silicon substrates samples were fabricated.

An experiment on practical approval of the obtained theoretical results was conducted on the basis of Research and production enterprise "Ukrintech" in an accredited testing laboratory. Processing of silicon FC substrates samples for optical actuators was performed on the FTP-1M grinding-polishing machine of the PreciPolish series.

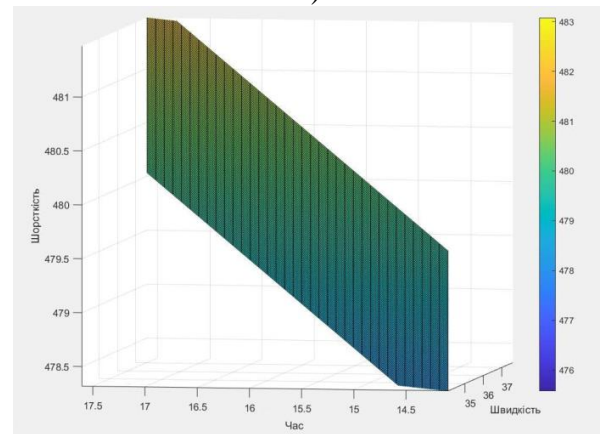
In Fig. 2 the photographs of substrates samples for micromirrors of optical switches are presented. There are the substrates samples before processing on images *a, c* and *e*; images *b, d* and *f* show the substrates samples after processing in accordance with the technological modes determined on the basis of computer simulation results (Fig. 1, *a, b, c* respectively) to obtain a roughness value of $15 \mu\text{m}$.



a)



b)



c)

Fig. 1. Response surfaces: a) at a fixed value of processing time; b) at a fixed value of the spindle rotation speed; c) at a fixed value of the diamond paste grains size

As can be seen from Fig. 2, after processing in the micromirror substrate structure the number and sizes of defects were decreased: e.g. of cracks, splits, scratches, shells, spots and pores. Thus, at the chosen processing modes the planned roughness value was obtained, which was inspected by the non-destructive testing method developed by the authors [16].

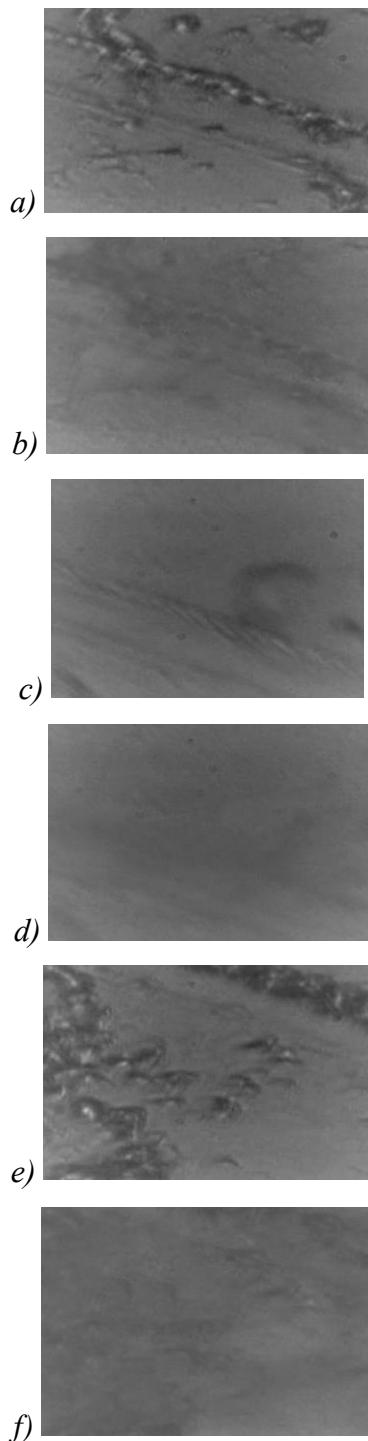


Fig. 2. Surfaces of silicon substrates for MOEMS switches mirrors:

a, c, e – before processing; *b, d, f* – after processing

Thus, the performed researches make it possible to substantiate the shaping TP parameters values for the silicon substrates of MOEMS micromirrors, which, in turn, will reduce the dislocations number and sizes of defective micronucleus in the substrates before the deposition of a reflective metallization layer.

The dependences between the roughness value of MOEMS FC substrates and the parameters of shaping process technological modes are obtained, in particular influence of spindle rotation speed, processing time, grains size of polishing paste and their combined action are analyzed, that allows to assess the surface shape parameters of MOEMS FC substrates and to improve their quality.

The obtained results should be used in the development and preparation of technological processes for fabrication the substrates of microoptoelectromechanical systems functional components.

V. THANKFULNESS

The authors express their gratitude for help and assistance in carrying out the research problem to the scientific research laboratory "MICROELECTROMECHANICAL and MICROPTOELECTROMECHANICAL SYSTEMS" (PRL MEMS AND MOEMS) of the Kharkiv National University of Radio Electronics and the team of the testing laboratory of LLC SPE «UKRINTECH».

REFERENCES

- [1] Osadchy, S., Demska, N., Oleksandrov, Y. and Nevliudova, V. (2021) "Research of Dikw and 5c Architectural Models for Creation of Cyber-Physical Production Systems Within the Concept of Industry 4.0", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, (1 (15)), pp. 132-140
- [2] Gunaratne, Tissa C., et al. "Effect of Pulse Shaping on Silicon Micromachining Monitored by Laser Induced Breakdown Spectroscopy and Surface Second Harmonic Generation." *Conference on Lasers and Electro-Optics*. Optical Society of America, 2007.
- [3] Filipenko, O., Chala, O., Bortnikova, V., Sychova, O., & Botsman, I. (2019, September). Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation. In *2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL)* (pp. 371-374). IEEE.
- [4] Филипченко О.І. Методи контролю структур топології поверхонь матеріалів виробів електронної техніки, МЕМС та МОЕМС / О.І. Филипченко, О.О. Чала, Ю.В. Бондаренко // *Технологія приборостроєння*. – 2018. – № 2. – с. 3–7.
- [5] Nevliudov, I.S., Chala, O.O., Botsman, I.V. Determination of technological process modes for surface formation of substrates for functional components of microoptoelectromechanical systems // *Functional Materials*, 2021, 28(2), P.. 381-385
- [6] Филипченко О.І. Технологічні дефекти виробництва кремнієвих підкладок для функціональних відбиваючих поверхонь мюемс-перемикачів / Филипченко О.І., Чала О.О., Видешун М.І. // *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. – Полтава: ПНТУ, 2017. – Т. 2 (42). – С. 61-63.

Researching Cyberattacks Methods in Industrial Internet of Things

Vladyslav Yevsieiev¹, Nataliia Demska¹

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,
Kharkiv, Nauky Ave. 14., e-mail: vladyslav.yevsieiv@nure.ua

Abstract: This work is devoted to the study of modern methods of protecting the access to corporate information in modern Smart Manufacturing built on the basis of IIoT. The authors conduct a comparative analysis of vulnerabilities in IIoT networks, consider the security issues of cyber-physical production systems in Industry 4.0.

Keywords: Industry 4.0, Smart Manufacturing, Industrial Internet of Things, cyberattacks, cybersecurity.

I. INTRODUCTION

Modern high-tech production is not possible without the use of Industry 4.0 concepts, which is based on the use of the Industrial Internet of Things (IIoT) to create Smart Manufacturing [1]. Which allows the development of a cyber-physical production system (CPPS) that automates the production process using Machine-to-Machine (M2M) technologies [2]. In a highly competitive environment, CPPS in Industry 4.0 are susceptible to cyberattacks [3]. There are various vulnerabilities in CPPS, and they exist at the levels of information exchange. Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) systems refer to industrial computer systems that control the flow of the technological process, the quality and stability of production depends on the reliability of the data received and the decisions made. Analyzing security vulnerabilities in SCADA systems, the following can be distinguished [4]: network and communication protocols; Program logic controllers (PLC); database or application servers; Remote terminal (RT); Human-machine interfaces (HMI).

As you can see from the dedicated list of vulnerabilities for cyberattacks, it is necessary to implement various protection mechanisms for the smooth functioning of production processes. Safe data transmission is the main aspect of CPPS, the problem of insecurity arises due to the leakage of account data, passwords, hacking of local networks, through poor-quality access passwords to them, the human factor, the introduction of keyloggers on both remote terminals and stationary PCs. As a result of such attacks, which lead to intruders gaining access to production information, and with some success, they can gain access to corporate information that is stored in the cloud server of the enterprise. All these actions can lead to distortion of current production information, to the loss of new technologies, which leads to large financial losses. As a result, research and development of new software and hardware methods for protecting access SCADA / HMI in CPPS is one of the key forms of protection against Cyberattacks.

II. ANALYSIS OF IIoT ARCHITECTURE AND VULNERABILITIES

IIoT is a real-time communication between sensors and a control system. In the IIoT architecture, which is built on the basis of the Internet of Things (IoT) architecture, it has 3 levels of architecture [5]. In work [6] these levels and risks and threats of cyberattacks on them are considered, the result is presented in table 1.

Table 1. Risks and threats of cyberattacks in IIoT

IIoT layer	Security Threats
Physical (Sensor,PLS)	Tampering, Denial of Service
Networking (M2M)	Passive Monitoring, Eavesdropping
Application (SCADA/HMI)	Integrity, Modification

At this point in time, more than 20-24 percent of the total number of IIoT devices in production work on the Internet. The use of IIoT devices is growing rapidly. The problem is that this growth leads to the emergence of various vulnerabilities that make these devices less secure [7].

The protection of the privacy and security of production data due to certain risks and vulnerabilities posed by cyberattacks, is called cybersecurity. The priority of cybersecurity is to protect the integrity, availability and confidentiality of data [8]. The purpose of cyberattacks is to block services, get unauthorized access to data, information disclosure, copying, sale, use and destruction, which leads to large financial losses. In [9] the following grouping of cyberattacks is proposed: Vulnerability and Penetration Test; Sniffing; Phishing; E-mail spam; Malicious software: Virus, Adware, Trojan, Worm, Spywar. [10-12]. Based on this, enterprises that implement the concept of Industry 4.0 in the form of CPPS should take into account the standards for information security management ISO / IEC 27001 [13], as well as in which measures to prevent and protect against cyberattacks are defined. Analyzing the standards, the following can be distinguished, that when implementing the information security policy, it is necessary to take into account the following aspects: environmental and physical safety; communication security; access control; use of cryptographic controls; protection from malicious software. Considering aspects such as access control, use of cryptographic controls, you can see that when using IoT technologies, you can use several communication protocols in control systems in various areas of the enterprise. But in the conditions of the IoT, they are divided into open and closed. For example, communication between vendor independent

devices is observed in open systems communication protocols, while communication between manufacturer's own devices is observed in closed systems communication protocols. In real production conditions, remote monitoring, as well as control of large-scale systems, is provided by SCADA / HMI. SCADA / HMI safety standards, API 1164 [11] describes Profinet, DNP3 and Modbus protocols. Cyberattacks for these protocols, inside IIoT are hardly possible. But it should be noted that end users, operators, can use the IoT for remote monitoring and control of technological processes via SCADA / HMI, which is located in the cloud storage. As a result, the user does not use the protected corporate network of the enterprise, but the global Internet networks. One of the biggest threats is that the user and the attacker are on the same network. As a result, it is possible to steal access passwords to the enterprise cloud, as well as direct access to SCADA / HMI, remote terminals, which can lead to irreparable damage to the production process at enterprises. There are two main methods of stealing access passwords:

Phishing Attack - a method of fake sites, an attacker fakes the site of organizations or institutions. The user is sent a link in an e-mail in the form of setting tasks or the occurrence of a production need and is prompted to follow it to solve the problem. In this case, the user in a hurry enters the forged site of the enterprise and enters his username and password. As a consequence, the attacker gains access to the corporate network of the enterprise and the files that are available to this account.

Social Engineering - in this case, an attacker deceives the user according to a certain scenario. In social engineering, an attacker uses his abilities to convince a user to enter the required data. In the study of social engineering attacks, different methods are used [12]. We list only the main ones: fake goods and services; mobile phones; Trojan's viruses.

The above methods of stealing data from the Application layer of IIoT are not a complete list, but are presented as the main ones. In the work of Mamoon Humayuna, NZ Jhanjhi [13], the following Cyber-attacks targeting Application layer of (SCADA / HMI) methods are considered which are presented in Figure 1.

Based on this, it can be concluded that the Application layer is very vulnerable to Cyberattacks due to the human factor, the form of loss or disclosure of Logins and passwords to access corporate information, which leads to the following negative results:

- decreased productivity, collisions in decision making in production control devices, loss of data, interruptions in their provision in real time.

- Industry 4.0 uses IoT devices that are vulnerable to cyber attacks, which makes the entire system vulnerable, and this negatively affects the coordination and exchange of data between devices and operators, data synchronization is disrupted.

- CPPS is not secure from risk and can face various challenges due to cyber attacks. This can cause an abrupt halt in the operation of the entire system, an interruption in the transfer of data from sensors through the PLC to the SCADA / HMI, which can lead to a halt in production.

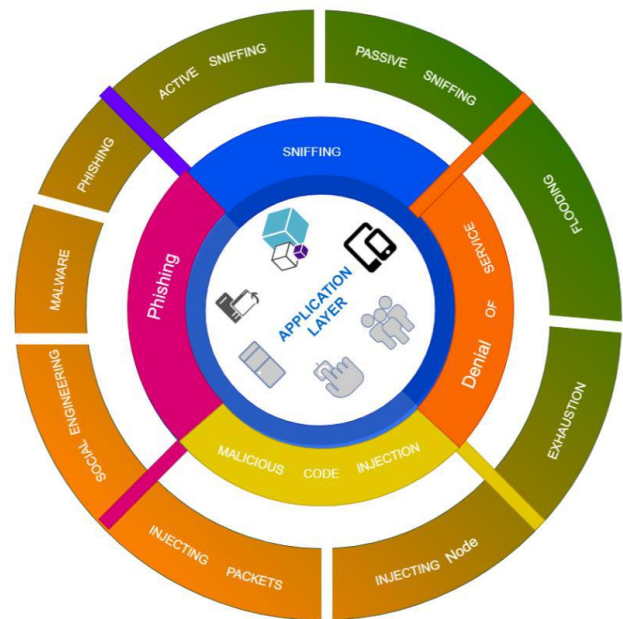


Fig.1. Cyber-attacks targeting Application layer of SCADA/HMI [14]

As a result, the authors propose a new strategy for protecting against theft of access passwords, which will allow Cyberattacks to be avoided using the following methods: Sniffing attack; Denial of Service (DDoS); Code Injection.

After analyzing the potential threats that can be carried out by the Application layer of (SCADA / HMI), it is necessary to develop new measures to protect users from data loss. To do this, the authors propose to implement the following main theses of protecting the user from disclosure and data loss for authorizations in IIoT via the Internet.

- restrict the user from knowing his password and login;
- complicate the password and not associate it with specific dates or associative concepts of the user, automatic generation of username and password;
- change of username and password less than once a week, automatically, without notifying the user;
- provide automatic login information without using a keyboard, thus avoiding the use of keyloggers and similar spyware;
- automatic check of the URL where the user enters, to ensure protection against Phishing Attack;
- implement two-factor user authentication.

Analyzing the proposed theses, it can be concluded that this will be a complex software and hardware protection based on the use of modern microcontrollers, which will provide reliable data storage even when trying to hack information, create a "dump" of firmware or loss of a device.

III. CONCLUSION

The study of methods of protecting access to information in IIoT networks showed a number of vulnerabilities to cyber attacks on the Application layer of SCADA / HMI. One of the critical vulnerabilities is a person who interacts with Smart Manufacturing through remote access to SCADA / HMI, enterprise cloud services, through standard identification

methods (login and password). The most common theft methods such as Phishing Attack, Social Engineering, and keyloggers were analyzed. The reasons for their operation are considered, which lie in the psychology and not attentiveness of the user, when entering data. To increase the level of data protection against such types of cyberattacks, the authors propose new theses for expanding protection, in the form of developing a hardware and software complex that automates site verification, entering a login and password, while eliminating the disclosure of data or determining them by associative prerequisites (dates of birth, names animals, nicknames, etc.) because the user himself will not know the passwords.

This research is a promising direction in the field of cybersecurity within the CPPS for Smart Manufacturing, as well as for other Industry 4.0 areas in which IIoT and IoT are used.

REFERENCES

- [1] Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Demska, N. and Novoselov, S. (2020) "DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE FOR OPERATIONAL DISPATCH CONTROL OF PRODUCTION BASED ON CYBER-PHYSICAL CONTROL SYSTEMS", INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES, (4 (14), pp. 155-168. doi: 10.30837/ITSSI.2020.14.155.
- [2] Ramjee Prasad, Vandana Rohokale. (2019). Internet of Things (IoT) and Machine to Machine (M2M) Communication. Cyber Security: The Lifeline of Information and Communication Technology pp 125-141. DOI: 10.1007/978-3-030-31703-4_9.
- [3] K. Zhou, T. Liu, and L. Zhou. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges, In Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 12th International Conference, p.2147-2152.
- [4] M. Lezzi, M. Lazoi, and A. Corallo. (2018). Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework, Computers in Industry, 103, 97-110
- [5] P. Varga, S. Plosz, G. Soos, C. Hegedus. (2017). Security Threats and Issues in Automation IoT, IEEE International Workshop on Factory Communication Systems conference, Trondheim, Norway, 6.
- [6] D. Pancaroğlu. (2018). An Analysis of the Current State of Security in the Internet of Things, International Conference on Cyber Security and Computer Science (ICONCS'18), Safranbolu, Turkey.
- [7] R. Von Solms, N. J. Van. (2013). From information security to cybersecurity, computers & security, 38, 97-102.
- [8] M. Akin, S. Sağıroğlu, Gelişmiş Sürekli Tehditler, Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi , 10 (1) , 1-10, 2017.
- [9] M. Yampolskiy, P. Horvath, X. D. Koutsoukos, Y. Xue, and J. Sztipanovits. (2012). Systematic analysis of cyberattacks on CPS-evaluating applicability of DFD- based approach, In Resilient Control Systems (ISRCS), 5th International Symposium, 55-62, 2012.
- [10] C. K. Chen, Z. K. Zhang, S. H. Lee, and S. Shieh, Penetration Testing in the IoT Age, Computer, 51(4), 82-85, 2018.
- [11] H. Çakır, H. Yaşar, Kurumsal Siber Güvenliğe Yönelik Tehditler ve Önlemleri, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (2), 488-507, 2015.
- [12] B. A. S. Al-rimy, M. A. Maarof, and S. Z. M. Shaid. (2018). Ransomware threat success factors, taxonomy, and countermeasures: a survey and research directions, Computers & Security, 74, p. 144-166.
- [13] ISO/IEC 27001 Information security management. [Electronic version]. <https://www.iso.org/isoiec-27001-information-security.html>. (Access date: 18.09.2021)
- [11] API Standard 1164, 3rd Edition. Pipeline Control Systems Cybersecurity. [Electronic version]. <https://www.api.org/products-and-services/standards/important-standards-announcements/1164>. (Access date: 18.09.2021).
- [12] Berger, S., O. Bürger, and M. Röglinger. (2020). ATTACKS ON THE INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS-DEVELOPMENT OF A MULTI-LAYER TAXONOMY. Computers & Security, p. 101790.
- [13] Humayun, Mamoona, N. Z. Jhanjhi, Bushra Hamid, and Ghufuran Ahmed. (2020). Emerging smart logistics and transportation using IoT and blockchain." IEEE Internet of Things Magazine 3, no. 2. P: 58-62.
- [14] Mamoona Humayun, NZ Jhanjhi, Muhammad Nabil Talib, M H Shahd, G. Sussendran. (2021). Industry 4.0 and Cyber Security Issues and Challenges. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education Vol.12 No.10. p. 2957-2971

Mathematical Modelling of Electromechanical Wheeled Robotic Platforms as Automation Objects

Svitlana Alyokhina¹, Igor Nevliudov¹, Yurii Romashov¹,
Kyryl Aleshko¹, Daniil Bakanov¹

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,
Kharkiv, Nauky Ave. 14., e-mail: svitlana.al yokhina@nure.ua, igor.nevliudov@nure.ua, yurii.romashov@nure.ua

Abstract: It is considered the mathematical modelling of electromechanical wheeled robotic platforms to represent them as the automation objects to designing structural elements of their automation systems. The proposed approach to the mathematical modelling is based on the Lagrange's equations of second kind and on the electromechanical analogies and it is lead to the representing the mathematical models in the form of ordinary differential equations with initial conditions. It is shown that measuring of wheeled platforms' interactions with the environment requires solving a correspondent identification problem, because of some parameters is involved as the coefficients of the mathematical model's differential equations and cannot be measured directly. It is also shown that choosing of correspondent supplied voltages on the drive electric motors allows providing the required motions of the wheeled platform and the controlling of these applied voltages can be automated on the basis of using the well-known kind's governors.

Keywords: robotics, wheeled electromechanical platforms, modelling, automation.

I. INTRODUCTION

Wide involving of the automated robotic systems to exclude as possible the more manual operations is the global principal trend in all areas of the modern industry [1-4]. It is naturally that the flexibility of the robotic systems is based on the correspondent properties which must be inherent for such systems, and mobility is one of these properties providing such flexibility; besides, mobility is naturally required for transportation purposes. It is naturally that the most of wheeled robotic platforms are used the electric motors for driving, so these platforms must be considered as the electromechanical and this must be considered in their mathematical models representing them as the automation objects. The purpose of this research is developing the generalised approaches for mathematical modelling of the robotic wheeled electromechanical platforms representing them as the automation objects and required for designing the automation systems structural elements.

II. GENERALIZED APPROACHES

One of the most general representations of automation objects' mathematical models is based on using of ordinary differential equations with corresponding initial conditions. Because of the wheeled robotic platforms are the generally electromechanical systems, it is naturally to use the mechanics' approaches and electromechanical analogies for their modelling.

It is well-known, that the Lagrange's equations of second kind are the most general approach for modelling the holonomic systems:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial H}{\partial q_k} + Q_k, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

where n is the number of freedom degrees; q_k and \dot{q}_k are the generalized coordinates and velocities; L is the Lagrange's functions also known as the kinetic potential; R is the Raleigh's functions; H is the potential of the gyroscope forces; Q_k are the generalized forces coupled with the corresponding generalized coordinates and involved all the forces and couples which are not potential, not linear viscous and not gyroscopic.

In the case of the electromechanical systems we will have the generalised coordinates q_k representing both the mechanical sense values such as coordinates and rotation angles both the electrical sense values like the electric charges:

$$s_k = s_k(q_1, q_2, \dots, q_n), \quad \varphi_k = \varphi_k(q_1, q_2, \dots, q_n), \quad (2)$$

$$\mu_k = \mu_k(q_1, q_2, \dots, q_n),$$

where x_k , φ_k and μ_k are the Cartesian orthogonal coordinates, the rotation angles and the electric charges defining the state of the considered electromechanical wheeled platform representing by the holonomic system.

To consider the electromechanical systems with the state parameters (2) it is necessary to use the electromechanical analogies:

$$L = \sum_k \frac{1}{2} m_k \dot{x}_k^2 + \sum_k \frac{1}{2} J_k \dot{\varphi}_k^2 + \sum_k \frac{1}{2} L_k \dot{\mu}_k^2 - \sum_k \frac{1}{2} (c_k x_k^2 - g_k x_k) - \sum_k \frac{1}{2} C_k^{-1} \mu_k^2, \quad (3)$$

$$R = \sum_k \frac{1}{2} b_k \dot{x}_k^2 + \sum_k \frac{1}{2} \beta_k \dot{\varphi}_k^2 + \sum_k \frac{1}{2} R_k \dot{\mu}_k^2, \quad (4)$$

$$H = \sum_k \frac{1}{2} h_k \dot{x}_k^2 + \sum_k \frac{1}{2} \gamma_k \dot{\varphi}_k^2, \quad (5)$$

$$\delta A = \sum_k F_k \cdot \delta x_k + \sum_k M_k \cdot \delta \varphi_k + \sum_k U_k \delta \mu_k, \quad (6)$$

where m_k are masses of translational motions elements; J_k are inertia moments the rotated elements; L_k and C_k are electrical inductances and capacities; c_k and g_k are parameters defining the potential mechanical forces; δA is the virtual work; F_k are the applied forces; M_k are the applied couples; U_k are the supplied voltages.

It is necessary to note, each of couple from the drive direct current electric motor are involved in the set of the couples \vec{M}_k and each of such electric couple proportional of the correspondent electric current:

$$M_k = B_k \dot{i}_k, \quad (7)$$

where B_k are the parameters of the correspondent drive direct current electric motors.

To represent the electromechanical wheeled platform as the automation object the mathematical model (1)–(7) must include all the mechanical and electrical parts representing the researched wheeled platform and their measurement systems and their drive electric motors as well as the automation devices.

III. EXAMPLE OF MODELLING

Let consider the electromechanical four-wheeled platform with drive direct current electric motors and measuring systems including the accelerometer and the tachometers as shown on the Fig. 1. Such platform (Fig. 1) represents the typical design of the wheeled platforms used for different purposes.

The mechanical parts (Fig. 1a) are presented by the translational absolute motion of the platform's housing and by the relative translational motion of the accelerometer's inertial element as well as by the planar motion of all four wheels, of all two electric motors' rotors and of one rotor of the tachometer. The translational motion of the platform's housing is defined by the s_1 coordinate; the planar motions are defined by the s_1 coordinate and by the ϕ_1 rotation angle, but the relative motion of the accelerometer's inertial element is defined by s_2 coordinate. We will assume that the motion of the wheeled platform is without sliding of the wheels and due to this we will have the follows relation:

$$\dot{s}_1 = r_w \dot{\phi}_1, \quad (8)$$

where r_w is the radius of the wheels (fig. 1a).

The rolling friction couples M_{rf} acting on each of wheels are opposites to the angular rotation velocity of these wheels (Fig. 1a). It will be assumed that the rolling friction couples of all wheels are equal and can be defined as follows:

$$|M_{rf}| \leq M_{rf}^{\max}, \quad M_{rf}^{\max} = \frac{1}{4} f_{rf} m_h g, \quad (9)$$

where M_{rf}^{\max} is the maximum rolling friction couple; f_{rf} is the rolling friction coefficient; m_h is the total mass of the considered wheeled platform and $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

The viscous damping force \vec{F}_v (fig. 1a) acts opposite to the velocity of the wheeled platform and it is proportional to the square of this platform's velocity:

$$|\vec{F}_v| = b \dot{s}_1^2, \quad (10)$$

The electrical part of the considered wheeled platform is represented by the circuit of the drive direct current electric motor (Fig. 1b), by the measurement circuit of the accelerometer (Fig. 1c) and by the measurement circuit of the

tachometer (Fig. 1d). The electric charges in these circuits (Fig. 1b, c, d) are represented by the values denoted as μ_1 , μ_2 and μ_3 respectively.

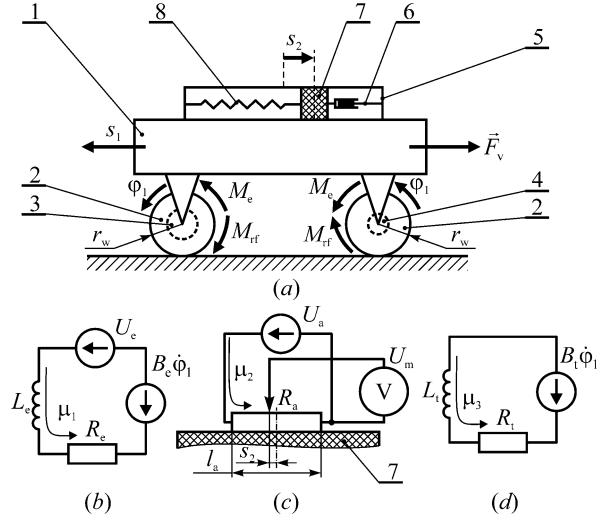


Fig.1. The mechanical parts of wheeled platform (a) including the housing (1), the wheels (2) the direct current electric motors (3), the tachometer (4), the accelerometer (5) with the damping (6), inertial (7) and elastic (8) elements, as well as the equivalent electric scheme of the direct current electric motor (b) and the accelerometer's measuring system (c) and the tachometer measuring system (d)

The assumed equivalent electric circuit of the drive direct current electric motors is represented by the L_e inductance, the R_e resistance as well as the U_e supplied voltage and the produced voltage proportional to the motor's rotor angular velocity (Fig. 1b). It will be assumed that the driving couple M_e acting from the direct current electric motor (Fig. 1a) is proportional to the electric current in the motor's rotor winding (Fig. 1b):

$$M_e = B_e \dot{i}_1, \quad B_e = \sqrt{\frac{R_e (J_w + J_e)}{\tau_e}}, \quad (11)$$

where B_e and τ_e are the electromechanical and time parameters of the direct current electric motor (Fig. 1b); J_w and J_e are the inertia moments of the single wheel and of the electric motor's rotor.

The U_a supplied voltage and the R_a variable resistance represent the equivalent electric measuring circuit of the accelerometer (Fig. 2c). Thus, the measured signal is represented by the U_m voltage which is depended on the displacement of the accelerometer's inertial element:

$$U_m = \dot{i}_2 R_a \left(\frac{1}{2} + \frac{s_2}{l_a} \right), \quad (12)$$

where R_a and l_a are the total resistance and the total length if the variable resistor.

The equivalent measuring circuit representing the tachometer device (Fig. 1d) includes the L_t inductance and the R_t resistance as well as the voltage source proportional to the angular velocity under the wheels' planar motion.

The Lagrange's function (3), the Raleigh's function (4), the gyroscopic potential (5) and the virtual work (6) of the considered wheeled platform (see Fig. 1) can be defined as follows:

$$L = \frac{1}{2}(m_h - m_a)\dot{s}_1^2 + \frac{1}{2}(4J_w + 2J_e + J_t)\dot{\phi}_1^2 + \frac{1}{2}m_a(\dot{s}_1 - \dot{s}_2)^2 + \frac{1}{2}2L_e\dot{\mu}_1^2 + \frac{1}{2}L_t\dot{\mu}_3^2 - \frac{1}{2}c_a s_2^2, \quad (13)$$

$$R = \frac{1}{2}\beta_a \dot{s}_2^2 + \frac{1}{2}2R_e\dot{\mu}_1^2 + \frac{1}{2}R_a\dot{\mu}_2^2 + \frac{1}{2}R_t\dot{\mu}_3^2, \quad (14)$$

$$H = 0, \quad (15)$$

$$\delta A = -b\dot{s}_1|\dot{s}_1|\delta s_1 + (2M_e - 4M_{rf}^{\max}\text{sign}(\dot{s}_1))\delta\phi_1 + +2(U_e - B_e\dot{\phi}_1)\delta\mu_1 + U_a\delta\mu_2 - B_t\dot{\phi}_1\delta\mu_3, \quad (16)$$

where m_a , c_a and β_a are the mass of the inertial element, the stiffness of the elastic element and the parameter of the damping element of the board accelerometer (see Fig. 1a); B_t is the electromechanical parameter of the tachometer.

Due to the relation (8) we can introduce five generalized coordinates to define the state of the considered wheeled platform similar to the general relations (2):

$$s_1 = q_1, \phi_1 = q_1/r_w, s_2 = q_2, \mu_1 = q_3, \mu_2 = q_4, \mu_3 = q_5, \quad (17)$$

where q_1, q_2, q_3, q_4, q_5 are the generalised coordinates of the considered four-wheeled platform (see Fig. 1).

The relations (9), (10), (11), (17) allow representing the Lagrange's function (13), the Raleigh's function (14), and the virtual work (16) of the considered wheeled platform (see Fig. 1) as follows:

$$L = \frac{1}{2}m_{wp}\dot{q}_1^2 - m_a\dot{q}_1\dot{q}_2 + \frac{1}{2}m_a\dot{q}_2^2 + \frac{1}{2}2L_e\dot{q}_3^2 + \frac{1}{2}L_t\dot{q}_5^2 - \frac{1}{2}c_a q_2^2, \quad (18)$$

$$R = \frac{1}{2}\beta_a\dot{q}_2^2 + \frac{1}{2}2R_e\dot{q}_3^2 + \frac{1}{2}R_a\dot{q}_4^2 + \frac{1}{2}R_t\dot{q}_5^2, \quad (19)$$

$$\delta A = \left(-b\dot{q}_1|\dot{q}_1| + \frac{2}{r_w}(B_e\dot{q}_3 - 2M_{rf}^{\max}\text{sign}(\dot{q}_1)) \right) \delta q_1 + +2\left(U_e - \frac{B_e}{r_w}\dot{q}_1 \right) \delta q_3 + U_a\delta q_4 - \frac{B_t}{r_w}\dot{q}_1\delta q_5, \quad (20)$$

where $m_{wp} = m_h + \frac{4J_w + 2J_e + J_t}{r_w^2}$ is the equivalent mass of the considered wheeled platform (see Fig. 1).

Taking into account the relations (15), (18)–(20) and using the Lagrange's equations of second kind (1), we will have the follows equations representing the mathematical model of the considered four-wheeled platform:

$$m_{wp}\ddot{q}_1 - m_a\ddot{q}_2 = -b\dot{q}_1|\dot{q}_1| + \frac{2B_e\dot{q}_3 - 4M_{rf}^{\max}\text{sign}(\dot{q}_1)}{r_w}, \quad (21)$$

$$-m_a\ddot{q}_1 + m_a\ddot{q}_2 = -c_a q_2 - \beta_a \dot{q}_2, \quad (22)$$

$$L_e\ddot{q}_3 = -R_e\dot{q}_3 - \frac{B_e}{r_w}\dot{q}_1 + U_e, \quad (23)$$

$$-R_a\dot{q}_4 + U_a = 0, \quad (24)$$

$$L_t\ddot{q}_5 = -R_t\dot{q}_5 - \frac{B_t}{r_w}\dot{q}_1. \quad (25)$$

The equations (21)–(25) must be supplemented by the relation (12) reformulated using the definitions (17) as follows:

$$U_m = \dot{q}_4 R_a \left(\frac{1}{2} + \frac{q_2}{l_a} \right). \quad (26)$$

Thus, the equations (21)–(25) and the relation (26) represent the mathematical model of the considered electromechanical four-wheeled platform (see Fig. 1) as the automation object because of all these allow defining the state of this platform for the given controls. Besides, the mathematical model (21)–(26) can be used for handling the measured data to provide the indirect measurements and for solving the identification problems. Possibilities of considering both the state of the wheeled platform and the signals in their board measurement system allow further considering the automation systems for controlling the supplied voltages on the drive electric motors to have the required motions of this platform. Due to the mathematical model (21)–(26), it is clearly understood that using the well-known kind's governors will allow intelligent controlling the wheeled platforms.

IV. CONCLUSIONS

It is proposed the approach is based on the Lagrange's equations of second kind and on the electromechanical analogies for mathematical modelling the electromechanical robotic wheeled platforms. It is shown that measuring of wheeled platforms' interactions with the environment requires solving a correspondent identification problem, because of some parameters is involved as the coefficients of the mathematical model's differential equations and cannot be measured directly. It is also shown that choosing of correspondent supplied voltages on the drive electric motors allows providing the required motions of the wheeled platform and the controlling of these applied voltages can be automated on the basis of using the well-known kind's governors.

REFERENCES

- [1] S. Alyokhina, I. Nevliudov, Yu. Romashov, "Safe Transportation of Nuclear Fuel Assemblies by Means of Wheeled Robotic Platforms", *Nuclear and Radiation Safety*, vol. 3(91), p. 43-50, 2021.
- [2] I. Tsitsimpelis, C.J. Taylor, B. Lennox, M.J. Joyce, "A review of ground-based robotic systems for the characterization of nuclear environments", *Progress in Nuclear Energy*, vol. 111, p. 109-124, 2019.
- [3] A. Roshanianfard, N. Noguchi, H. Okamoto, K. Ishii, "A review of autonomous agricultural vehicles (The experience of Hokkaido University)", *Journal of Terramechanics*, vol. 91, 155-183, 2020.
- [4] [Q.P. Ha, L. Yen, C. Balaguer, "Robotic autonomous systems for earthmoving in military applications", *Automation in Construction*, vol. 107, 102934, 2019.

Automated Design of Mechanical Structures Used in Robotic Systems with Existed Experience

Yurii Romashov¹, Yevhenii Yartemyk², Kostiantyn Prikhodko³

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,
Kharkiv, Nauky Ave. 14., e-mail: yurii.romashov@nure.ua, yevhenii.yartemyk@nure.ua, kostiantyn.prihodko@nure.ua

Abstract: It is considered the automation of designing the robotic systems' mechanical parts taking into account the existed experiences in such designing. The theoretical backgrounds and the existed experience of designing the mechanical parts of robotic systems is discussed and generalized. The possibilities of automated designing of the mechanical parts in the AutoCAD software are considered, and it is noted about the perspectives of using the AutoLISP programming language for developing the software for automation designing purposes. Designing of the shafts used in the mechanical drives of the robotic systems is considered as the example of application of the discussed theoretical backgrounds and possibilities of AutoCAD.

Keywords: robotics, mechanical structures, automated design, parts, shafts.

I. INTRODUCTION

Implementing the robotic systems is one of the trends in general developing the modern industry [1–5]. The existed experience of designing mechanical structures of robotic systems is very powerful and it provides having the sufficiently perfect designs even without using the CAD systems, which are intensively introduced and developed during last several decades. It is obviously the necessity of implementing of the existed experiences of designing the mechanical structures of robotic systems in corresponding CAD systems.

It is obviously the necessity of implementing of the existed experiences of designing the mechanical structures of robotic systems in corresponding CAD systems, because it can give the significant improvement of the designs' quality. The purpose of this research is in developing the automated design of mechanical structures of robotic systems taking into account the existed experiences of such structures designing.

II. THEORETICAL BACKGROUNDS

The traditional approaches to design the mechanical parts of the robotic systems are based on using the static strength restriction limiting the maximal internal mechanical stresses:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (1)$$

where σ is the maximal internal mechanical stress in the considered part due to the external operational loads, but $[\sigma]$ is the allowable stress for the structural material used to make the considered part.

It is obviously that the maximal internal mechanical stress in the statically defined systems is defined only by the external operational loads and by the characteristic size of this system representing the considered part:

$$\sigma = \sigma(p_1, p_2, \dots; d), \quad (2)$$

where p_1, p_2, \dots are the parameter defining the external

operational loads; d is the characteristic size of the considered part.

It is necessary to note, that considered part is having three characteristic sizes and a lot of other sizes defining the local geometry. Besides, the considered part in general case cannot be represented as the statically defined system. At the same time, primary defining of the parts' sizes to design the parts is traditionally based on the simplified schematizations of the parts reduced in the most cases to the statically defined systems with one characteristic size. The allowable stress $[\sigma]$ is the constant for each structural material defined by the yield stress or the ultimate strength and the reserve strength factor. Substituting the relation (2) to the inequality (1) and further resolving of this will allow defining the characteristic size by the follows inequality

$$d \geq d(p_1, p_2, \dots; [\sigma]), \quad (3)$$

where $d(p_1, p_2, \dots; [\sigma])$ is the function defined by resolving the inequality (1) after substituting the relation (2).

The direction in the inequality (3) is due to the meaning of the strength restrictions, because of to have the more strength it is necessary to use the more material for making the parts. It is necessary to note, the considered part can have several characteristic sizes, but each of them can be estimated from the correspondent inequality which will have the form similar to the inequality (3). So, the theoretical backgrounds for primary designing of the mechanical structures of the robotic systems can be represented by the inequality (3), defining from the strength condition (1) and from the internal stresses' simplest schematization (2) or in general case by the system of the inequalities which have the form close similar to the inequality (3).

Although, the strength conditions allow choosing any size of the part satisfying the inequality (3), but it is suitable to have the limit numbers of the typical sizes taking into account existing of the fixed typical sizes of the tools which can be used for further manufacturing. Let denote the set of the possible standardized sizes as follows:

$$D_1, D_2, \dots \quad (4)$$

So, the size of the part can be chosen from the set (4) of the standardized values satisfying the inequality (3) following from the strength condition and we can chose the minimal value (4) satisfying the inequality (3).

II. TOOLS FOR AUTOMATED DESIGNING

The different kinds of the CAD systems like the AutoCAD, the CATIA and others have wide using at present for

mechanical designing purposes with different applications in power, transport, agriculture, machines building and more others industries.

The history of wide industrial using the universal CAD systems was beginning in 1980-th, although some individual application must was before, because the principal theoretical backgrounds was researched actually from 1940-th. The most difficult principal problem of mechanical designing is about formal defining and ways for imaging on the plane of the surfaces with the complicated shape, and the most efforts in developing the CAD systems was in geometries defining and developing of corresponded computational algorithms [6]. As the result of these efforts, we have now the relatively perfect CAD systems suitable for the industrial designing purposes. At the same time, designing is not fully reduced to the formal defining the geometries of the parts, but it needs substantiating the principal sized taking into account the strength restrictions at least, as well as others possible restrictions. It is obviously, that the geometries formal definitions with the given sizes are similar for all kinds of parts, but defining the sizes has the significantly difference depending on the purposes of the parts, so that for example defining the permissible sizes of the pressure vessel's housing for nuclear reactors is significantly differ from defining the permissible sizes of the robotic manipulator's mechanisms. It is naturally, developing the universal CAD systems is more easily for automated making the plane drawings and imagining the spatial views of the parts with the given sizes, because it is similar for different parts as was discussed above. Thus, the program units for the geometry modelling of the parts with the given sizes including plane drawings and spatial imaging are the most developed in the modern CAD systems.

It is really difficult to have the universal CAD systems allow defining the permissible size of the designed parts, because the different approaches are existed to define the permissible sizes for the different kinds of the parts, and differences in these approaches can be significant. It is possible of course to have the specialized CAD systems for each separate kind of the parts, but such CAD systems will not be universal. Efforts in having the most universal CAD systems are based on realizing the common principles inherent for permissible sizes defining for the different kinds of the parts. These common principles are based on the strength condition (1), but instead the approximate defining the maximal stresses (2) by the specialized approaches based in general on the strength of materials it is propose to use the most general approaches based on the theory of elasticity and using the finite elements method [7].

At present, we have a lot of CAD systems realizing such approaches including the SolidWorks and others similar software. Such CAD systems are really universal, but some flaws are inherent. First of all, it is principally impossible in general to resolve the theory of elasticity problems to have the analytical relations similar to relation (2) and as the result of this it is impossible to have the analytically defined of the sizes restriction like (3). It seems that such flaw is not principal, because the permissible size can be defined by iterations with the numerical solving of the correspondent problems of the theory of elasticity. At the same time, it is well-known that

convergence of the iterations can be significantly depended on the chosen initial iteration, and it is really difficult to propose this initial iteration. Although, the generalized approaches based on solving the theory of elasticity problems by the finite elements method allow developing the universal CAD systems, but second flaw of this is in not considering of the existed experience in designing the particular kinds of the typical parts.

This existed experience can be useful for example to define the initial iteration in iteration defining of sizes of parts based on solving the theory of elasticity problem by the finite elements method. Thus, it is in current interests to have the specialized software to define sizes of the parts using the traditional approaches developed by engineers for manual designing purposes. It is understood that such software cannot be universal in principle, but the relative simplicity due to computing by finite formulas allows developing such software without principal difficulties, so it will be the standard programming problem. At the same time, the traditional engineering approaches for designing the parts use a lot of specialized notions and to create the corresponded software it is necessary to know perfectly the corresponded traditional approach.

It is more suitable to use the AutoCAD system's programming opportunities for creating the specialized software for designing the parts on the base of the traditional engineering approaches took into account the existed experience, because of these traditional approaches are developed with plane drawings representations of the designed parts, but AutoCAD system is one of the most suitable and widely used for creating the plane drawings. Besides, the AutoLISP programming language is initially implemented in the AutoCAD system and this makes possible developing of the perfect enough software.

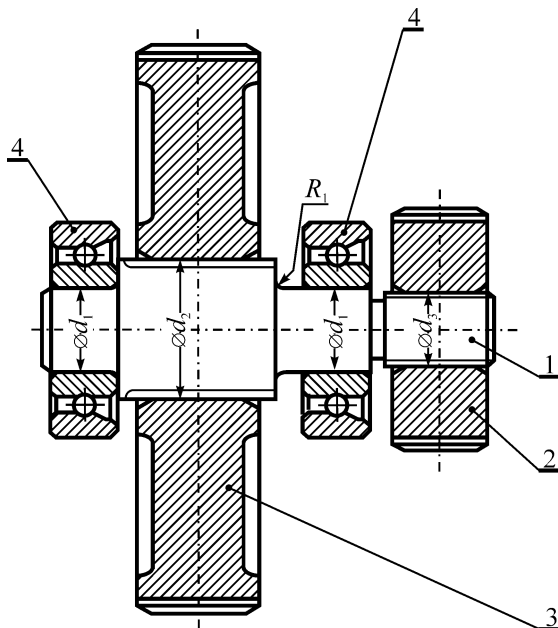
III. EXAMPLE OF AUTOMATED DESIGNING

It is understood that it is impossible to propose the generalized example of automated designing taking into account the existed experience, because any experience has the particular nature. So, it is possible giving the particular example only, and we will consider here the example of designing the shafts (Fig. 1) used in mechanical drives of the robotic systems.

The diameters of the profiles are the principal sizes of the profile shaft (Fig. 1). The minimum possible diameter of the shaft is limited by the correspondent strength condition. Taking into account the experience of designing the shafts for the robotic mechanisms, the minimum diameter of the shaft is defined by the bending moment and the torque [8]:

$$d \geq 2,17 \sqrt[3]{\frac{\sqrt{M_t^2 + M_b^2}}{[\sigma]}}, \quad (5)$$

where M_t is the torque and M_b is the bending moment in the cross-section with maximum equivalent value.



1 – shaft; 2 – drive gear; 3 – driven gear; 4 – thrust bearing
Fig.1. Typical design of the shaft for robotics mechanisms

The graphic scheme of the AutoLISP program defining the user AutoCAD command for automated designing of the shafts is presented on the Fig. 2. This program requires inputting the primary data needed for the minimal diameter computing by the formula (5). After defining this minimum diameter it is necessary to make choice of the principal sizes and the local sizes of the designed shaft taking into account the possible standardized sizes (4). The significant advantage of the AutoLISP programming language foresaw in the AutoCAD system is in possibilities of creating the perfect dialog systems allowing helping the user in choosing the design decisions on the basis of the previously computed data, the knowledge bases. Besides, the result of the designing process can be easy represented as the drawing suitable for further using.

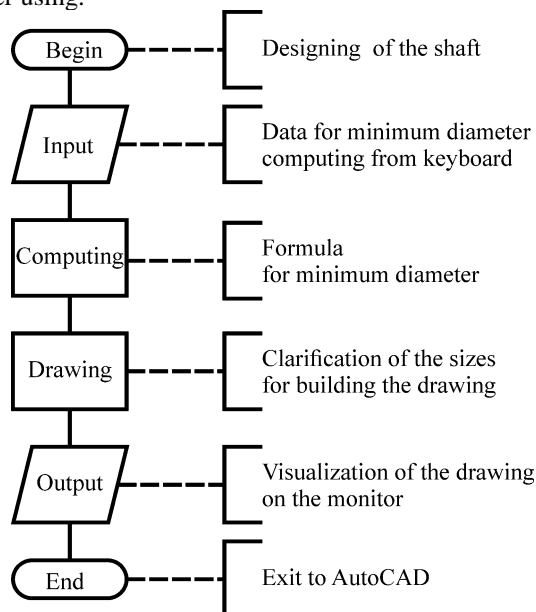


Fig.2. The graphical scheme of the program

It is necessary to note, the schemes of the programs for automated designing for different kinds of the parts are similar to the presented on the Fig.2, so the proposed approach can be used to design not only the shafts, but other parts like the gears and cord drives.

IV. CONCLUSIONS

The results was obtained above allow formulating the follows conclusions. Taking into account the known existed experience of designing the mechanical parts of the robotic systems is very helpful to define the initial iteration for further using of the generalized approaches of the modern CAD and CAE systems. The AutoCAD system is the most suitable for designing the parts of robotic systems taking into account the existed experience because this experience is based on the plane drawings and on the computing by the finite formulas. The AutoLISP programming language foresaw in the AutoCAD system for defining the user command allows creating the relatively perfect programs for the automated design purposes because of possibilities in creating the perfect dialog systems allowing to help the user in choosing the design decisions on the basis of the previously computed data and the knowledge bases. Besides, the result of the designing process realized by the AutoCAD systems can be easy represented as the drawing suitable for further using.

REFERENCES

- [1] Z. Chong, F. Xie, X.-J. Liu, J. Wang, H. Niu, "Design of the parallel mechanism for a hybrid mobile robot in wind turbine blades polishing", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 61, 101857, 2020.
- [2] B. Zhang, J. Wu, L. Wang, Z. Yu, "Accurate dynamic modeling and control parameters design of an industrial hybrid spray-painting robot", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 63, 101923, 2020.
- [3] F. Bader, S. Rahimifard, "A methodology for the selection of industrial robots in food handling", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 64, 102379, 2020.
- [4] J. Xu, Z. Liu, C. Zhang, C. Yang, Y. Pei, "Minimal distance calculation between the industrial robot and its workspace based on circle/polygon-slices representation", *Applied Mathematical Modelling*, vol. 87, p. 691-710, 2020.
- [5] I. Daniyan, K. Mpofu, B. Ramatsetse, A. Adeodu, Design and simulation of a robotic arm for manufacturing operations in the railcar industry, *Procedia Manufacturing*, vol. 51, p. 67-72, 2020.
- [6] I.D. Faux, M.J. Pratt, *Computational Geometry for Design and Manufacture*, Chichester: Ellis Horwood Ltd, 1980, 329 p.
- [7] J.C. Sabonnadiere, J.L. Coulomb, *La methode des elements finis: Du modele a la CAO*, Paris-Londres-Lausanne: Hermes, 1986, 210 p.
- [8] P.C. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский и др., *Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технология производства*, Киев: Вища школа, 1990, 343 с.

Промислові інтерфейси та протоколи передачі даних інтегрованих систем для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0

Анастасія Гіль¹, Олена Чала¹, Олександр Филипенко²

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: anastasiia.lezhenina@nure.ua

2. Деканат факультету АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14., email: oleksandr.filipenko@nure.ua

Анотація: В роботі проведено дослідження промислових інтерфейсів зв'язку, основних топологій та принципи побудови промислових мереж, рівні інтеграції промислових інтерфейсів, що доцільно використовувати у складі систем автоматизованого управління. Досліджено моделі OSI і протоколи обміну, виділено їх переваги та недоліки.

Ключові слова: Автоматизовані системи управління, промислові інтерфейси зв'язку, промислові протоколи обміну, модель OSI, Modbus.

I. ВСТУП

Процес автоматизації промислових виробництв розвивається все більше, також непинно збільшується кількість «інтелектуальних» кінцевих пристроїв, зростає число залучених в процеси контролю та управління технологічним процесом обчислювальних систем на базі мікроконтролерів. У цих умовах істотно зростає роль даних, зібраних на всіх рівнях АСУ ТП (автоматизованих систем управління технологічними процесами).

Вимоги, що пред'являються з боку споживачів, все більше спрямовуються на підвищення: обсягу, швидкості і надійності отримання даних, тому питання забезпечення комунікацій стають високо пріоритетними [1-5].

Зазвичай, системи обміну даними будувалися за традиційною централізованою схемою, в якій був один потужний обчислювальний пристрій і величезна кількість кабелів, за допомогою яких здійснювалося підключення кінцевих пристроїв (давачів і виконавчих механізмів). Така структура диктувалася високою ціною та відносно низьким рівнем автоматизації виробництва.

На сьогоднішній день, в умовах концепції Industry 4.0, у цього підходу практично не залишилося прихильників. Такі недоліки централізованих АСУ ТП, як великі витрати на кабельну мережу і допоміжне обладнання, складний монтаж, низька надійність і складна ре-конфігурація, зробили їх у багатьох випадках абсолютно неприйнятними як економічно, так і технологічно.

В умовах бурхливо зростаючого виробництва мікропроцесорних пристроїв альтернативним рішенням стали цифрові промислові мережі (ЦПС), що побудовані на основі багатьох складових, обмін між якими проводиться цифровим способом [5-11].

II. АНАЛІЗ ПРОМИСЛОВИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ТА ПРОТОКОЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

Промисловою мережею називають комплекс обладнання і програмного забезпечення, які забезпечують обмін інформацією між декількома пристроями. Промислова мережа є основою для побудови розподілених систем збору даних і управління.

Оскільки в промисловій автоматизації мережеві інтерфейси можуть бути невід'ємною частиною пристроїв, а мережеве програмне забезпечення прикладного рівня моделі OSI виповнюється на основному процесорі промислового контролера, то відокремити мережеву частину від пристроїв, що об'єднуються в мережу, іноді фізично неможливо.

З іншого боку, зміну однієї мережі на іншу часто можна виконати за допомогою заміни електричного кабелю, програмного забезпечення, мережевого адаптера або введенням до топології схеми перетворювача інтерфейсу, тому часто один і той же тип ПЛК може використовуватися в мережах різних типів.

З'єднання промислової мережі з її компонентами виконується за допомогою інтерфейсів. Мережевим інтерфейсом називають логічну або фізичну межу між пристроєм і середовищем передачі інформації. Зазвичай цією межею є набір електронних компонентів і пов'язаного з ними програмного забезпечення. При істотних модифікаціях внутрішньої структури пристрою або програмного забезпечення інтерфейс залишається без змін, що є одним з ознак, що дозволяють виділити інтерфейс в складі обладнання.

Найбільш важливими параметрами інтерфейсу є пропускна здатність і максимальна довжина кабелю, що підключається. Промислові інтерфейси зазвичай забезпечують гальванічну розв'язку між сполучаються пристроями. Найбільш поширені в промислової автоматизації послідовні інтерфейси RS-485, RS-232, RS-422, Ethernet, CAN, HART, AS-інтерфейс.

Для обміну інформацією взаємодіючі пристрої повинні мати однаковий протокол обміну. У простій формі протокол - це набір правил, які керують обміном інформацією. Він визначає синтаксис і семантику повідомлень, операції управління, синхронізацію і стану

при комунікації. Протокол може бути реалізований апаратно, програмно або програмно-апаратний.

Зазвичай мережа використовує кілька протоколів, що утворюють стек протоколів - набір пов'язаних комунікаційних протоколів, які функціонують спільно і використовують деякі або всі сім рівнів моделі OSI. Для більшості мереж стек протоколів реалізований за допомогою спеціалізованих мережесхем або вбудований в мікропроцесор [11].

Взаємодія пристроїв в промислових мережах виконується відповідно до моделей клієнт-сервер. Мережа може містити кілька серверів і кілька клієнтів. Кожен клієнт може посилати запити більш ніж одного сервера, кожен сервер може відповідати на запити декількох клієнтів. Ця модель зручна для передачі даних, які з'являються періодично або в заздалегідь певний час, як, наприклад, значення температури в періодичному технологічному процес. Промислові мережі від наділені:

- спеціальним конструктивним виконанням, що забезпечує захист від пилу, вологи, вібрації, ударів;
- широким температурним;
- підвищеною міцністю кабелю, ізоляції, роз'ємів, елементів кріплення;
- підвищеною стійкістю до дії електромагнітних променів;
- можливістю резервування для підвищення надійності; надійністю передачі даних;
- можливістю самовідновлення після збою;
- детермінованістю часу доставки повідомлень;
- можливістю роботи в реальному часі (з малою, постійною і відомою величиною затримки);
- роботою з довгими лініями зв'язку (від сотень метрів до кількох кілометрів).

Промислові мережі не виходять за межі одного підприємства. Однак, з появою Ethernet і Internet стали застосовувати класифікацію::

- LAN (Local Area Network) - мережі, розташовані на обмеженій території (в цеху, офісі, в межах заводу);
- MAN (Metropolitan Area Networks) - мережі міст;
- WAN (Wide Area Network) - глобальна мережа, що охоплює кілька міст або континентів. Зазвичай для цього використовують Internet-технологію.

В даний час налічується більше 50 типів промислових мереж (Modbus, Profibus, DeviceNet, CANopen, LonWorks, ControlNet, SDS, Seriplex, ArcNet, ASI, Ethernet, Fieldbus, Interbus, BitBus і ін.). Широко поширеними є тільки частина з них. У Європі переважна більшість АСУ ТП використовують мережі Modbus і Profibus. В останні роки зріс інтерес до мереж на основі CANopen і DeviceNet.

Оскільки основною функцією мережі є з'єднання між собою різного устаткування, проблема відкритості, зокрема, стандартизації, для мереж набуває особливого значення. У зв'язку з цим на початку 80-х років міжнародна організація по стандартизації ISO (International Standardization Organization) спільно з рядом інших організацій була сформульована і прийнята модель взаємодії відкритих систем OSI (Open System Interconnection) [4, 8, 12-15].

Такий підхід забезпечив можливість вирішення завдання взаємодії систем для кожного рівня окремо. Зокрема, для мережевої взаємодії пристроїв: електричні рівні сигналів, затримки і тривалості імпульсів, типи з'єднувачів, способи кодування, способи забезпечення достовірності передачі, формати адресації, даних, поділу даних на пакети і відновлення цілісності повідомлень. Модель OSI має сім рівнів:

1. Фізичний рівень: відбувається передача даних по таких лініях зв'язку, як кручена пара, коаксіальний кабель, оптоволоконний кабель або радіоканал. Основна функція фізичного рівня прийом і передача інформації, логічного нуля або одиниці;

2. Канальний рівень, функція якого розподілення даних на кадри, виявлення і корекції помилок за допомогою контрольної суми, що поміщається в початок або кінець кожного кадру.

3. Мережевий рівень, основною задачею є визначення маршрутів пересилки пакетів від джерела до приймача повідомлень. Маршрути можуть бути жорстко задані або змінюватися динамічно в залежності від поточної завантаженості мережі.

4. Транспортний рівень, забезпечує доставку повідомлень з заданим рівнем надійності, виконується розбивка повідомлень на пакети, їх нумерація, буферизація, упорядкування управління потоками.

5. Сеансовий рівень керує сеансом зв'язку, відстежує черговість передачі повідомлень учасниками мережі, вставляє мітки в довгі повідомлення, щоб в разі втрати зв'язку виконає повторну передачу тільки загубленої частини повідомлення, встановлює спосіб обміну.

6. Рівень представлення оперує з формою подання переданої по мережі інформації, не змінюючи її змісту. На цьому рівні може здаватися тип кодування символів (ASCII або ANSI), змінюватися синтаксис переданих повідомлень, тип шифрування і дешифрування даних для забезпечення їх секретності.

7. Прикладний рівень це набір протоколів, за допомогою яких здійснюється доступ до даних в мережі.

Інтерфейси RS-485 і RS-422 описані в стандартах ANSI EIA/TIA *-485-A і EIA/TIA-422. Інтерфейс RS-485 є найбільш затребуваним в промисловій автоматизації. Його використовують промислові мережі Modbus, Profibus, BitBus, WorldFip, Interbus і безліч нестандартних мереж. За всіма основними показниками даний інтерфейс є найкращим з усіх можливих при сучасному рівні розвитку технології. Основними його перевагами є:

- двосторонній обмін даними;
- робота з декількома трансиверами, підключеними до однієї і тієї ж лінії;
- велика довжина лінії зв'язку;
- висока швидкість передачі.

В основі побудови інтерфейсу RS-485 лежить диференційний спосіб передачі сигналу, коли напруга, що відповідає рівню логічної одиниці або нуля, відраховується не від «землі», а вимірюється як різниця потенціалів між двома передавальними лініями: Data + і Data- . При цьому напруга кожної лінії щодо «землі» може

бути довільним, але не повинно виходити за діапазон $-7 \dots +12$ В.

Топологія мереж на основі інтерфейсу RS-485 визначається необхідністю усунення відображень в лінії передачі. Оскільки відображення відбуваються від будь-якої неоднорідності, в тому числі відгалужень від лінії, то єдино правильною топологією мережі буде така, яка виглядає як єдина лінія без відводів, до якої не більше ніж в 32 точках підключені пристрої з інтерфейсом RS-485. Будь-які варіанти, в яких лінія має довгі відводи або з'єднання декількох кабелів в одній точці, призводять до віддзеркалень і зниження якості передачі.

Якщо існує необхідність розгалуження лінії, то це виконується за допомогою повторювачів інтерфейсу або концентратора (хаба). Повторювачі дозволяють розділити лінію на сегменти, в кожному з яких виконуються умови узгодження з допомогою двох термінальних резисторів і не виникають ефекти, пов'язані з відбиттям сигналу від кінців лінії. Для узгодження лінії використовують термінальні (кінцеві) резистори, на рис. 1 представлена топологія схеми з термінальними резисторами.

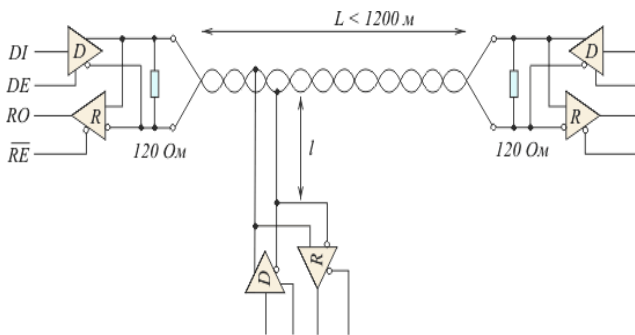


Рис. 1. Топологія мережі на базі інтерфейсу RS485

Величину резистора вибирають в залежності від хвильового опору використовуваного кабелю. Для систем промислової автоматики використовуються кабелі з хвильовим опором від 100 до 150 Ом (формула 1), однак кабелі, спроектовані спеціально для інтерфейсу RS-485, мають хвильовий опір 120 Ом. На таке ж опір зазвичай розраховані мікросхеми трансиверів інтерфейсу RS-485. Тому опір термінального резистора вибирається рівним 120 Ом з потужністю - 0,25 Вт.

При розрахунку опору узгоджувального резистора потрібно враховувати загальний опір всіх навантажень на кінці лінії. Наприклад, якщо до кінця лінії підключений шафа комплектної автоматики, в якому розташовані 30 модулів з портом RS-485, кожен з яких має вхідний опір 12 кОм, то загальний опір всіх модулів дорівнюватиме $12 \text{ кОм} / 30 = 400 \text{ Ом}$. Тому для отримання опору навантаження лінії 120 Ом опір термінального резистора має дорівнювати 171 Ом.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}} \quad (1)$$

де R_0 – опір;

L_0 – індуктивність;

G_0 – провідність;

C_0 – ємність кабелю;

$j\omega$ – комплексна кругова частота.

Але при використанні узгоджувальних резисторів є один важливий недолік. При довжині кабелю 1 км його омичний опір складе 97 Ом. При наявності узгоджувального резистора 120 Ом утворюється резистивний дільник, який приблизно в 2 рази послаблює сигнал, і погіршує відношення сигнал / шум на вході приймача.

Протокол Modbus і мережа Modbus є найпоширенішою в світі. Незважаючи на свій вік, Modbus не тільки не застарів, але, навпаки, істотно зросла кількість нових розробок і обсяг організаційної підтримки цього протоколу. Однією з переваг Modbus є відсутність необхідності в спеціальних інтерфейсних мікросхемах, на відміну від Profibus і CAN, простота програмної реалізації і елегантність принципів функціонування. Все це знижує витрати на освоєння стандарту як системними інтеграторами, так і розробниками обладнання.

Протокол Modbus має два режими передачі: RTU (Remote Terminal Unit - «віддалене термінальне пристрій») і ASCII. Стандарт передбачає, що режим RTU в протоколі Modbus повинен бути присутнім обов'язково, а режим ASCII є опціональним. Користувач може вибирати будь-який з них, але всі модулі, включені в мережу Modbus, повинні мати один і той же режим передачі.

Стандарт Modbus передбачає застосування фізичного інтерфейсу RS-485, RS-422 або RS-232. Найбільш поширеним для організації промислової мережі є 2-провідний інтерфейс RS-485. Для з'єднань точка-точка може бути використаний інтерфейс RS-232 або RS-422 [2].

Модель OSI протоколу Modbus містить три рівні: фізичний, каналний і прикладної. Протокол Modbus передбачає, що тільки одне провідне пристрій (контролер) і до 247 ведених (модулів введення-виведення) можуть бути об'єднані в промислову мережу. Обмін даними завжди ініціюється провідним. Ведені пристрої ніколи не починають передачу даних, поки не отримають запит від ведучого. Ведені пристрої також не можуть обмінюватися даними один з одним. Тому в будь-який момент часу в мережі Modbus може відбуватися тільки один акт обміну.

Адреси з 1 по 247 є адресами Modbus пристроїв в мережі, а з 248 по 255 зарезервовані. Провідний пристрій не повинен мати адреси і в мережі не повинно бути двох пристроїв з однаковими адресами. Провідний пристрій може посилати запити всіх пристроїв одночасно ("широкомовний режим") або тільки одному. Для широкомовного режиму зарезервовану адресу "0" при використанні в команді цієї адреси вона приймається всіма пристроями.

У протоколі Modbus RTU повідомлення починає сприйматися як нове після паузи (тиші) на шині тривалістю не менше 3,5 символів (14 біт). Формат кадру стандартизований і містить чотири поля:

1. Поле «Адреса» завжди містить тільки адресу відомого пристрою, навіть у відповідях на команду, надіслану провідним.

2. Поле «Код функції» говорить модулю про те, яку дію потрібно виконати.

3. Поле «Дані» може містити довільну кількість байт. У ньому може міститися інформація про параметри, які використовуються в запитах контролера або відповідях модуля.

4. Поле «Контрольна сума» містить контрольну суму CRC довжиною 2 байта.

III. ВИСНОВКИ

В роботі було досліджено типи промислових інтерфейсів зв'язку, їх основні переваги та недоліки, за основу взято інтерфейс RS485. Досліджено топології та принципи побудови промислових мереж, отримані залежності для розрахунку термінальних пристроїв. Досліджено модель OSI та протокол обміну Modbus, який доцільно використовувати з моделями та інтерфейсом обміну RS485 в комп'ютерно-інтегрованих системах для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Yevsieiev V. (2018), "Visual objects interaction mathematical presentation to solve the problem of software design automation for computer information systems of technological production preparation", *Zbirnyk Naukovykh prats Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya: "Obchysliuvalna tekhnika ta avtomatyzatsiia"*, No. 1 (31), P. 24–31. DOI: 10.31474/2075-4272-2018-1-31-24-31
- [2] Sony, M., Naik, S. (2019), "Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 27, No. 7, P. 2213–2232.
- [3] Osadchy, S., Demaska, N., Oleksandrov, Y. and Nevliudova, V. (2021) "RESEARCH OF DIKW AND 5C ARCHITECTURAL MODELS FOR CREATION OF CYBER-PHYSICAL PRODUCTION SYSTEMS WITHIN THE CONCEPT OF INDUSTRY 4.0", *INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES*, (1 (15)), pp. 132-140. doi: 10.30837/ITSSI.2021.15.132.
- [4] Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Demaska, N. and Novoselov, S. (2020) "DEVELOPMENT OF A SOFTWARE MODULE FOR OPERATIONAL DISPATCH CONTROL OF PRODUCTION BASED ON CYBER-PHYSICAL CONTROL SYSTEMS", *INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES*, (4 (14)), pp. 155–168. doi: 10.30837/ITSSI.2020.14.155.
- [5] Oztemel, E., Gursev, S. (2020), "Literature review of Industry 4.0 and related technologies", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 1(1), P. 127–182.
- [6] O. Filipenko, O. Chala and O. Sychova, "Some Issues of Dependencies of Loss from Technological Features of Optical Switches for Communication Systems," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 599-603, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632051.
- [7] Левченко Є. О. Machine-to-mobile (M2M) в автотранспортних мережах / Є. О. Левченко, О. О. Чала // Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XXXI Всеукраїнск. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 22–23 квітня 2021 р. – Одеса, 2021. – С. 162–163.
- [8] Невлюдов І.Ш., Филипенко О.І., Чала О.О., Боцман І.В. Метод контролю функціональних поверхонь компонентів мікрооптоелектромеханічних систем (engl.). *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2020. № 3(40). С. 114-23. <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.40.13>.
- [9] O. Filipenko, O. Sychova and O. Chala, "The Investigation of Depending the Dispersion from Changes of the Optical Fibers Refractive Index Profile," 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 2018, pp. 452-456, doi: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632154.
- [10] Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
- [11] Невлюдов І.Ш. Автоматичне управління технологічними об'єктами / І.Ш. Невлюдов, О.В. Токарева. – Київ: НАУ, 2018. – 200.
- [12] Wagner, T., Herrmann, C., Thiede, S. (2017), "Industry 4.0 impacts on production systems", *Procedia Cirp*, No. 63, P. 125–131.
- [13] Невлюдов І.Ш. Розробка синтаксичної та семантичної моделі мови визначення і опису даних предметної області / І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв, А.І. Демська // II Міжн. нук.-техн. конф. «Виробництво & Мехатронні системи» (M&MS-2018). – Харків, 2018. – 2018. – С. 48–53.
- [14] Visual monitoring of the break surface of the installation connection of electronic equipment / Nevliudov I., Starodubcev N., Demaska N., Omarov Sh. // Information system and innovative technologies in projekt management [Text]: Collective monograph edited byl. Linde, I. Chumachenko, V. Timofeyev. – Kharkiv : NURE, 2019. – p. 258-270
- [15] Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.2 С.: 604-608

Researching of the Motions' Smoothness for Robotic Wheeled Platforms Using the Linear Models

Igor Nevliudov¹, Yurii Romashov¹, Rauf Allakhveranov¹

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,
Kharkiv, Nauky Ave. 14., e-mail: igor.nevliudov@nure.ua, yurii.romashov@nure.ua, rauf.allakhveranov@nure.ua

Abstract: The linear mathematical models of robotic wheeled platforms are considered to research their motions' smoothness. It is shown that not smooth motions in the wheeled platforms are due to the existed generalized forces depending on the velocity, including the viscous damping and drive motors with the finite power like the direct current electric motors for example. It is researched the derivative of the acceleration estimating the motions' smoothness of the wheeled platform, and it is considered influencing of the viscous damping and the finite power of the drive direct current electric motors. To have the reliable analytical results, only linear models of the wheeled platforms are considered. Taking into account of the influence of the damping forces is reduced to solving the simple second ordered differential equation, but researching about the influence of the finite power of drive motors is reduced to solving the system of ordinal differential equations including the second ordered equation of the motion and the first ordered equation for the electric current in the equivalent electric circuit of the drive direct current electric motor.

Keywords: robotics, electro-mechanics, wheeled platform, motion, smoothness, modelling.

I. INTRODUCTION

One of the main general trends in the modern industry is in implementing of the robotic systems for maximal excluding the operational staff from the maximum possible operations, especially monotonous and dangerous operations [1-4]. The significant progress is in developing the industrial robotic systems in general, but some kinds of the particular problems are not principally solved at present.

Some kinds of the robotic systems must provide the extreme smoothness of their motions, first of all in operating with the delicate objects like the nuclear fuel assemblies, the brittle materials and others. Operations with such delicate objects are not fully automated due to difficulties in providing the required smoothness of the robotic systems. It is well-known [5, 6] that smoothness of the motion is defined by the higher ordered accelerations, but this theme is not fully researched from the XIX century, especially from the points of view of engineering applications, although similar problems are considered [7]. It is naturally due to the relatively short history of the robotic systems industrial applications. Really, the main attention firstly was to the principal industrial operations, but the most of the principal typical industrial operations like cutting or welding not significantly require the extreme smoothness of the motions or this problems can be solved easy due to especial designs. At the same time, developing the universal robotic system gives possibilities of automation of the wide kinds of the industrial operations, even the supplementary operations, and the extreme smoothness of the motions of robotic systems can be required to exclude the peoples from the operations

with the dangerous delicate objects. We will consider here the research about fundamentals of the motions' smoothness of the four-wheeled platform (Fig. 1) representing the wide kinds of typical robotic systems.

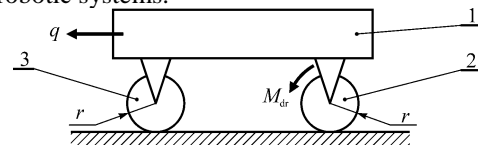


Fig.1. The general scheme of the four-wheeled platform including the housing (1), the driving wheels (2) and the driven wheels (3)

The researches of the considered wheeled platform (Fig. 1) will be from the simplest ideal case of the motions, to considering the linear damping forces and to final researching of influencing the finite power of the derive motor. The derivative of the acceleration of the wheeled platform (Fig. 1) will be is the object of researches because of this derivative defines the smoothness of the motions.

II. CONSIDERING THE IDEAL CASE OF MOTIONS

The ideal case of the motions of the wheeled platforms (Fig. 1) can be realized simultaneously due to the infinite friction between the wheels and the ground to exclude the sliding, due to the zero damping and due to the infinite power of the drive motors. Taking into account the assumptions of the ideal case of the motion, we will have the equation of the motion of the considered wheeled platform in the follows view:

$$m\ddot{q} = Q, \quad (1)$$

where q is the generalized coordinated defining the straight translational motion of the considered wheeled platform as was shown on the Fig. 1; m and Q are the equivalent mass and the generalized force of this platform.

The equation (1) can be easy obtained using the Lagrange equations of second kind for example, and we will have the follows results for the equivalent mass and for the generalized force:

$$m = M + 4\frac{J}{r}, \quad Q = \frac{M_{dr}}{r}, \quad (2)$$

where M and J are the total mass of the platform and the inertia moment of the single wheel; r is the radius of the whhel (see Fig. 1); M_{dr} is the drive couple from the motor (see Fig. 1). The state of the rest will be considered as the initial state of the considered wheeled platform (see Fig. 1) because of the not smooth motions are inherent during the acceleration modes. So, we have the follows initial conditions for the

differential equation (1):

$$q(0) = 0, \dot{q}(0) = 0. \quad (3)$$

Solving the ordinary differential equation (1) with the initial conditions (3) is very easy, so the final result for the solution can be represented in follows view:

$$q(t) = \frac{1}{2} \frac{Q}{m} t^2. \quad (4)$$

The solution (3) allows finding the acceleration's derivative:

$$\ddot{q}(t) = 0. \quad (5)$$

The result (5) shows that the ideal case of the motion has the ideal smoothness under the constant drive couple. So, the smoothness of the motions in the ideal case is predefined by only the drive couple.

III. INFLUENCING OF THE LINEAR DAMPING FORCES

The linear damping forces are the forces depending on the velocity. So, if damping forces act on the considered wheeled platform (see Fig. 1), the equation of motion in this case will have the follows view:

$$m\ddot{q} = Q - b\dot{q}, \quad (6)$$

where b is the parameter defining the damping forces.

The solution of the linear differential equation (6) can be represented in the follows analytical view:

$$q(t) = C_1 + C_2 e^{-\frac{b}{m}t} + \frac{Q}{b}t, \quad (7)$$

where C_1 and C_2 are the integrating constants which must be defined from the initial conditions.

Using the initial conditions (3), we can find the C_1 and C_2 integrating constants and we will have the solution (7) in the view:

$$q(t) = \frac{Q \cdot m}{b^2} \left(e^{-\frac{b}{m}t} - 1 \right) + \frac{Q}{b}t. \quad (8)$$

The solution (8) allows finding the acceleration's derivative:

$$\ddot{q}(t) = -\frac{Q \cdot b}{m^2} e^{-\frac{b}{m}t}. \quad (9)$$

The result (9) shows that the linear damping forces violate the smoothness of the motion and even for the constant drive couple we have the nonzero derivative of the acceleration (Fig. 2).

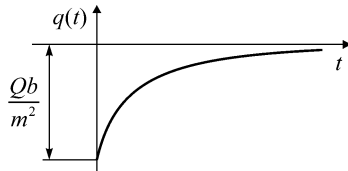


Fig.2. The derivative of the acceleration of the wheeled platform taking into account the viscous damping forces

The restriction on the smoothness of the motions can be formulated using the permissible value of the derivative of the acceleration:

$$\ddot{q}(t) \leq [\ddot{q}]. \quad (10)$$

where $[\ddot{q}]$ is the permissible value of the derivative of the acceleration.

The inequality (10), the result (9) and the last notion (2) will allow choosing the drive couple taking into account the restrictions on the smoothness of the motions of the considered wheeled platform (see Fig. 1):

$$M_{dr} \leq \frac{[\ddot{q}]m^2}{b}r. \quad (11)$$

The result (11) shows theoretically that the viscous damping really violate the smoothness of the motion because of due to the limit transition of the inequality (11) we will have:

$$b \rightarrow 0 \Rightarrow M_{dr} \leq \infty. \quad (12)$$

So, inequality (12) shows that zero damping not limits the drive couple from the motor due to the motions' smoothness restriction (10).

IV. INFLUENCING OF THE FINITE DRIVING POWER

Power of the drive motor is principally limited and it must have influencing on the smoothness of the motion of the wheeled platforms, and we will consider this here.

We will assume that the drive motor is the direct current electric motor and their equivalent electric circuit can be represented as shown on the Fig. 3. It is well-known that the rotating mechanical couple of the direct current electric motor is proportional to the electric current in the rotor's winding, and due to we can assume the follows:

$$M_{dr} = B_e r I_e, \quad (13)$$

where B_e is the electromechanical parameter of the direct current electric motor; I_e is the electric current in the rotor's winding (Fig. 3).

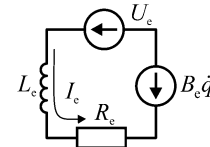


Fig.3. The equivalent electric circuit representing the direct current electric motor

The electric current in the rotor's winding (Fig. 3) can be found from the follows differential equation:

$$L_e \dot{I}_e = -R_e I_e - B_e \dot{q} + U_e, \quad (14)$$

where L_e and R_e are the inductance and the resistance of the rotor's winding; U_e is the supplied voltage.

Taking into account the zero initial conditions (3) was discussed before, we will consider the zero initial condition for the differential equation (14) too:

$$I_e(0) = 0. \quad (15)$$

Thus, we have the system of the differential equations including the second order ordinary differential equation (6) taking into account the last relation (2) and the relation (13), as well as the first order ordinary differential equation (14) with the correspondent initial conditions (3), (15) to represent the mathematical model of the electromechanical wheeled platform. To consider these equations, it is suitable to represent them in the normalized view as the system of the first order

differential equations. To do this circumstance, we will use further the follows notions of the phase space's coordinates:

$$x_1 = q, \quad x_2 = \dot{q}, \quad x_3 = I_e. \quad (16)$$

Using the notions (16), we can represent the second order ordinary differential equation (6) taking into account the last relation (2) and the relation (13), as well as the first order ordinary differential equation (14) as follows:

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = -\frac{b}{m}x_2 + \frac{B_e}{m}x_3, \quad \dot{x}_3 = -\frac{b}{L_e}x_2 - \frac{R_e}{L_e}x_3 + \frac{U_e}{L_e}. \quad (17)$$

The initial conditions for the system (17) of the ordinary differential equations must be obtained from the notions (16) and the initial conditions (3), (15), so we will have the follows:

$$x_1(0) = 0, \quad x_2(0) = 0, \quad x_3(0) = 0. \quad (18)$$

It is suitable to represent the differential equations (17) in the matrix notions for further researching. To do this, we will introduce the follows vectors and matrix:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -b/m & B_e/m \\ 0 & -b/L_e & -R_e/L_e \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ U_e/L_e \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Using the notions (19), the differential equations (17) and the initial conditions (18) can be represented in the view:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{u}, \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{0}. \quad (20)$$

The solution of the linear Cauchy problem (20) can be represented as follows:

$$\mathbf{x}(t) = (e^{\mathbf{A}t} - \mathbf{I}) \cdot (\mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{u}), \quad (21)$$

where \mathbf{I} is the unit matrix.

The analytical solution (21) allows finding the derivative of the acceleration, but to do this it is enough to find only the second derivative of the solution (21):

$$\ddot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}^2 e^{\mathbf{A}t} \mathbf{A}^{-1} \mathbf{u}. \quad (22)$$

To estimate the acceleration's derivative using the result (22), we will use the well-known relation

$$e^{\mathbf{A}t} = \mathbf{I} + \mathbf{A}t + \dots \quad (23)$$

Substituting the relation (23) into the solution (22) allows having follows result:

$$\ddot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{u} + (\mathbf{A}^2 \cdot \mathbf{u})t + \dots \quad (24)$$

Substituting the matrix from the notions (19) into the result (24) leads to the follows estimation for the acceleration's derivative:

$$\ddot{q}(t) = \frac{B_e U_e}{m L_e} + \dots \quad (25)$$

The inequality (10) and the result (25) will allow choosing approximately the supplied voltages on the direct current electric drive motors corresponded to the restrictions on the smoothness of the motions of the considered wheeled platform (see Fig. 1):

$$U_e \leq \frac{L_e}{B_e} m [\ddot{q}]. \quad (26)$$

It is normally that the inequality (26) not includes the parameter of the viscous damping because of neglecting the all items instead the first item in the result (24). At the same time, taking into account the second and other items in the result (24) will lead to the significant difficulties in obtaining the restriction on the supplied voltage.

IV. CONCLUSIONS

Results were obtained in this research allow formulating the follows conclusions.

The series of the linear mathematical models of robotic wheeled platforms are proposed to research the motions' smoothness problems and these models allow formulating some properties inherent to the motion's smoothness.

The ideal case of the motions of the wheeled platforms can be realized simultaneously due to the infinite friction between the wheels and the ground to exclude the sliding, due to the zero damping and due to the infinite power of the drive motors. The absolute smoothness of the wheeled platform's motion under the constant drive couple is in the ideal case of their motion under the infinite friction between the wheels and the ground to exclude the sliding, under the zero damping and under the infinite power of the drive motors.

The not smooth motions in the wheeled platforms will be necessarily in the cases of existing of the generalized linear damping viscous forces depending on the platforms' velocity. To have the required smoothness of the motion in this case it is necessary limiting the drive couple corresponding with the permissible acceleration's derivative.

To have the required smoothness in the case of the wheeled platforms with the drive direct current electric motor it is necessary limiting the value of the supplied voltage on the electric motors corresponding with the permissible acceleration's derivative.

REFERENCES

- [1] S. Alyokhina, I. Nevliudov, Yu. Romashov, "Safe Transportation of Nuclear Fuel Assemblies by Means of Wheeled Robotic Platforms", *Nuclear and Radiation Safety*, vol. 3(91), p. 43-50, 2021.
- [2] Q.P. Ha, L. Yen, C. Balaguer, "Robotic autonomous systems for earthmoving in military applications", *Automation in Construction*, vol. 107, 102934, 2019.
- [3] A. Roshanianfard, N. Noguchi, H. Okamoto, K. Ishii, "A review of autonomous agricultural vehicles (The experience of Hokkaido University)", *Journal of Terramechanics*, vol. 91, 155-183, 2020.
- [4] I. Tsitsimpelis, C.J. Taylor, B. Lennox, M.J. Joyce, "A review of ground-based robotic systems for the characterization of nuclear environments", *Progress in Nuclear Energy*, vol. 111, p. 109-124, 2019.
- [5] H. Resal, "Traité de cinématique pure", Paris: Mallet-Bachelier, 1862, 412 p.
- [6] J. Somoff, "Mémoire sur les accélérations de divers orders", *Mémoires de l'académie impériale des sciences de St.-Petersbourg*, VII série, tome VIII, N5, 54 p., 1864.
- [7] G. Klančar, M. Loknar, S. Blazic, "Towards Time-Optimal CACD Motion Primitives with Smooth Transitions", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53(2), p. 15544-15549, 2020.

Завдання взаємодії в системі людина-робот

Олександр Цимбал¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: oleksandr.tsymbal@nure.ua

Анотація: Представлено огляд основних завдань організації взаємодії з робототехнічними засобами на робочому місці. Розглянуто вимоги до моделей подання знань, особливості їх застосування у системах підтримки прийняття рішень сервісних роботів.

Ключові слова: Сервісна робототехніка, подання знань, прийняття рішень.

I. ВСТУП

Завдання організації взаємодії між людьми та роботами виникає в умовах зросту використання робототехнічних засобів у виробничих системах, складах, офісах, лікарнях, транспортних системах. Застосування роботів має бути не лише корисним, але і безпечним та зручним для людини.

Організація взаємодії (collaboration) між роботами та людьми в наш час сприймається як проблема, що має знаходити позитивне рішення в умовах сучасних виробничих та інших компаній і забезпечувати поєднанням людських навичок та можливостей роботів різного призначення. Її розв'язання, зокрема в плані проектування та розподілу завдань є критичним питанням для збільшення продуктивності виробничих систем та скорочення витрат робочого часу. Такі завдання стають особливо важливими в умовах впровадження нових технологічних процесів, нових технологічних та транспортних маршрутів.

При цьому ставиться мета розробки роботизованих засобів (маніпуляційних, спеціальних та мобільних роботів), які можуть вивчати, розуміти та виконувати завдання у інтроспективний спосіб, характерний для людини [1]: 1) функціонувати разом з людьми; 2) сприймати робочий простір (об'єкти, перешкоди та навігація); 3) виконувати дії відповідно до завдання; 4) розуміти, як найкраще реалізувати заплановані дії; 5) функціонувати в умовах непевної інформації.

Для досягнення цілей взаємодії між роботами та людським персоналом необхідні інтегровані рішення, що будуть поєднувати виявлення об'єктів робочого простору, їх розпізнавання, планування завдань / руху, локалізацію, представлення та пошук необхідних знань, виконання прийнятих рішень на основі безпечного та корисного для людини характеру взаємодії, із уникненням шкоди людям і об'єктам. Функції колаборації показано на рисунку 1.

II. ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ З РОБОТАМИ

Низка дослідників, зокрема [2] вважають, що одним з параметрів взаємодії роботів та людей є фактор довіри. Довіра необхідна для безперервної співпраці систем людина-робот та використання користувачами автономних систем, зокрема роботів-помічників. З одного боку, надмірна довіра до автономності робота може

привести до неправильного використання систем, коли люди надмірно покладаються на автоматизацію і не втручаються під час критичних збоїв. З іншої сторони, відсутність довіри призводить до невикористання автономних систем: користувачі ігнорують можливості систем, що негативно впливає на продуктивність.

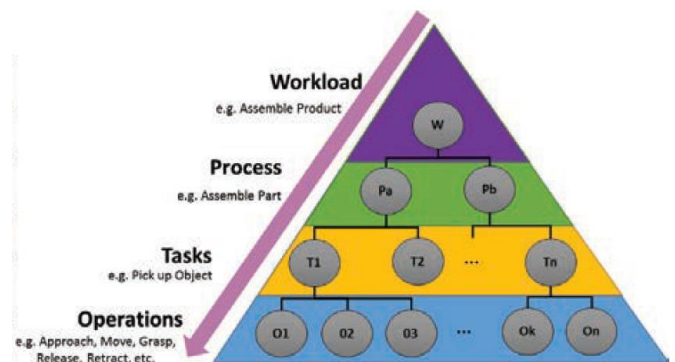


Рис. 1. Основні функції колаборації [1]

Прикладом в [2] є співпраця людини і робота на операції прибирання столу (рис. 2). Хоча робот був повністю здатний оперувати з усіма предметами на столі, спостерігачі не вірили, що робот може досягти успіху, і зупинили його на операції з бокалом вина, оскільки боялися, що келих може впасти і розбитися. Дослідження показало, що для досягнення співпраці у системі людина-робот, робот має відповідати людській довірі, діючи надійно і маючи досвід виконання операцій.



Рис. 2. Взаємодія робот-людина у функціях сервісу [1]

Також у [2] пропонуються обчислювальні моделі прийняття рішень роботом на основі довірчої функції. Оскільки остання не є повністю спостережуваною, її моделюють у вигляді прихованої змінної в частково

спостережуваному процесі прийняття рішень на основі Марківських ланцюгів (POMDP). Модель Trust-POMDP містить два ключових компоненти: 1 - модель динаміки довіри, яка фіксує еволюцію довіри людини до робота; 2 - модель прийняття людських рішень, яка пов'язує довіру з діями людини. Trust-POMDP дозволяє роботу систематично робити висновки та впливати на довіру співробітника-людини та використовувати довіру для покращення співпраці системи людина-робот та довгостроково виконувати поставлені завдання.

Модель командної взаємодії в системі людина-робот (рис. 3) може бути описана Марківським процесом прийняття із станами робочого простору $x \in X$, діями робота $a^R \in A^R$ та діями людини $a^H \in A^H$. Перетворення в системі відбуваються на основі імовірнісної функції переходу $p(x'|x, a^R, a^H)$, яка визначає імовірність переходу зі стану x у стан x' , де для стану x застосовуються дії робота a^R та людини a^H . Після здійснення переходу команда отримує відповідь (винагорода) $r(x, a^R, a^H)$, що забезпечує виявлення бажаної поведінки команди.

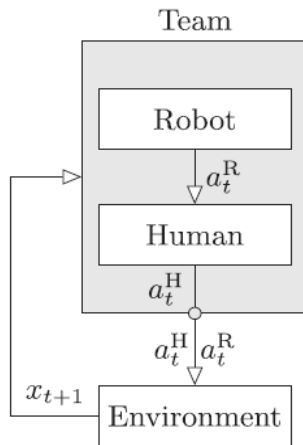


Рис. 3. Взаємодія в команді робот-людина [2]

Історія взаємодії між роботом та людиною може описуватися у вигляді:

$$h_t = [x_0, a_0^R, a_0^H, x_1, r_1, \dots, x_{t-1}, a_{t-1}^R, a_{t-1}^H, x_t, r_t] \in H_t$$

Передбачається, що людина спостерігає за поточними діями робота і після цього приймає рішення щодо власних дій, використовуючи повну історію взаємодії. Таким чином стратегія людини може бути описана, як

$$\pi^H(a_t^H | x_t, a_t^R, h_t),$$

яка отримує імовірність кожної дії людини a_t^H . Для заданої стратегії робота π^R очікувана винагорода становитиме:

$$v(x_0 | \pi^R, \pi^H) = E_{a_t^R \sim \pi^R, a_t^H \sim \pi^H} \sum_{t=0}^{\infty} \gamma^t r(x_t, a_t^R, a_t^H)$$

де x_t - стан, a_t^R - дія робота, a_t^H - дія людини у момент часу t , γ^t - дисконтний показник.

Оптимальна стратегія робота буде розраховуватися, як:

$$\pi_{\infty}^R = \operatorname{argmax}_{\pi^R} v(x_0 | \pi^R, \pi^H).$$

В нашому випадку, однак, робот не знає стратегію людини в її перспективі, тому оптимальна стратегія розраховується із врахуванням стратегії людини:

$$\pi_{\infty}^R = \operatorname{argmax}_{\pi^R} E_{\pi^H} v(x_0 | \pi^R, \pi^H)$$

Таким чином ключовим моментом розв'язання завдання робота стає моделювання стратегії людини, враховуючи всю історію h , що може виявитися досить складним завданням.

З іншого боку, стратегія людини описуватиметься, як:

$$\pi^H(a_t^H | x_t, a_t^R, h_t)$$

Потенційним недоліком моделі є статичність властивостей робота, хоча, в дійсності робочі якості робота модуль змінюються в часі (як позитивно, так і негативно).

III. ВИСНОВКИ

В даних тезах вказуються декілька напрямків подальших дослідження. Технологія прийняття рішень POMDP може бути використана у багатьох реальних робототехнічних завданнях. Прикладом застосування можуть бути рятувальні роботи в умовах надзвичайних ситуацій. В таких умовах роботи модуль швидко досліджувати місце події, хоча датчики робота мають вплив шумів і можуть вийти з ладу. Для успішного виконання завдання, людина та робот мають співпрацювати та співпрацювати. Моделювання людської довіри є важливим фактором виконання завдання порятунку. Якщо довіра людей до роботів буде низькою (недостатній рівень), рятувальні зусилля будуть неефективними, оскільки вважатиметься, що роботи функціонують погано. Якщо довіра людей буде надто високою (надмірний рівень), пошукові роботи можуть пропустити об'єкти порятунку з-за технічних збоїв. Завдяки використанню POMDP робота може активно модулювати довіру людини, щоб уникнути недостатньої залежності та надмірної незалежності [3-4].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Tsarouchi P., Spiliotopoulos J., Michalos G., Koukas S., Athanasatos A., Makris S., Chryssolouris G. A Decision Making Framework for Human Robot Collaborative Workplace Generation. *Procedia CIRP*. Volume 44, 2016, Pages 228-232.
- [2] M. Chen, S. Nikolaidis, H. Soh, D. Hsu, and S. Srinivasa. Trust-aware decision making for human-robot collaboration: Model learning and planning. *ACM Trans. on Human-Robot Interaction*, 9(2):1-23, 2020.
- [3] Wang, B., Rau, P.L.P. Influence of Embodiment and Substrate of Social Robots on Users' Decision-Making and Attitude. *Int J of Soc Robotics* 11, 411-421 (2019).
- [4] Wojtak, W., Ferreira, F., Vicente, P. et al. A neural integrator model for planning and value-based decision making of a robotics assistant. *Neural Comput & Applic* 33, 3737-3756 (2021).

Чисельний розрахунок електромеханічного дезінтегратора для автоматизації подрібнення різноманітних матеріалів

Володимир Грицюк¹, Дмитро Перепелиця¹, Ілля Шевчук¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки, 14, e-mail: volodymyr.hrystiuk@nure.ua

Анотація: У роботі отримано картини розподілу векторного магнітного потенціалу в активній зоні електромеханічного дезінтегратора. Представлено результати моделювання розподілу зусиль, що діють на феромагнітні тіла і робочу електропровідну камеру.

Ключові слова: електромеханічний дезінтегратор, робочі феромагнітні тіла, електромагнітні зусилля, скінченно-елементна модель.

I. ВСТУП

Одним із способів, що дозволяють здійснювати різні технологічні процеси тонкого і надтонкого подрібнення, гомогенного перемішування рідких і твердих порошкових речовин (приготування емульсій, суспензій тощо), прискорення деяких хімічних реакцій, є застосування принципово нового класу електромеханічних перетворювачів енергії – електромеханічних

дезінтеграторів (ЕМД) багатофакторної дії [1,2].

ЕМД складається з двох плоских індукторів з трифазними обмотками, які утворюють біжучі магнітні поля з протилежним порядком чергування фаз, і робочої камери з феромагнітними робочими тілами (ФРТ), розташованої в міжіндукторному зазорі. Зустрічні біжучі поля утворюють в межах кожного полюсного поділу індуктора локальні зони з інтенсивним вихровим рухом ФРТ (наприклад, голчастого типу), за допомогою яких і відбувається обробка вихідної речовини. Вихровий шар ФРТ може бути створений як при тиску, так і в вакуумі, в рідкому, газоподібному або гетерогенному середовищі [3].

ЕМД це багатофункціональний пристрій, як з точки зору реалізації різних технологічних процесів, так і з точки зору конкретних видів фізичного впливу на середовище, що піддається обробці (рис.1).

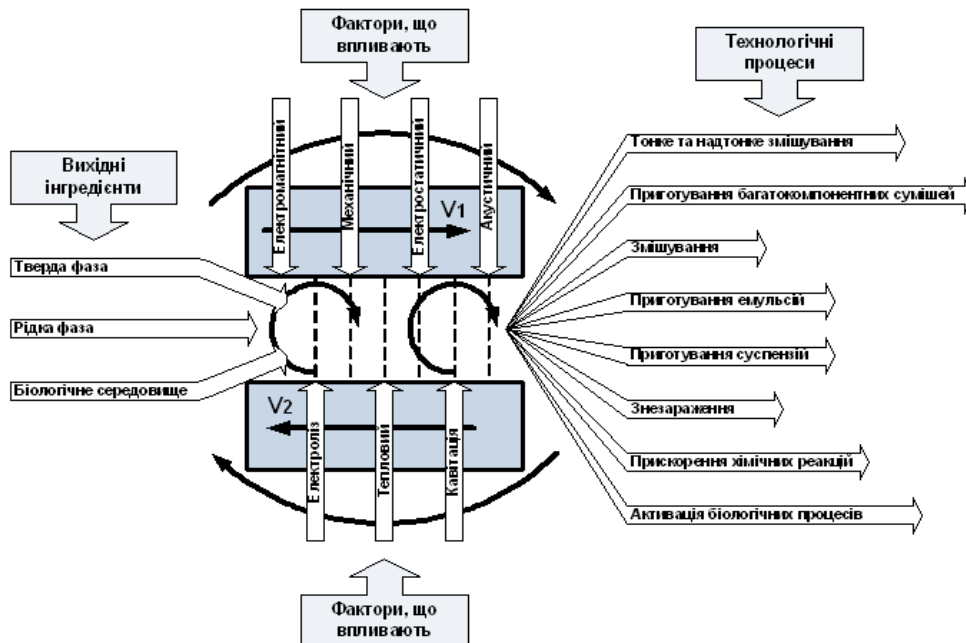


Рис.1. Комплекс факторів в ЕМД, що впливають на оброблювану речовину

Крім безпосередньої механічної дії ФРТ і самого електромагнітного поля, на оброблювану речовину впливає також ряд супутніх ефектів: нагрів, механоактивація, електризація, широкий спектр локальних акустичних тисків, а при певних умовах також

кавітація та електроліз (для рідких речовин). В результаті такої комплексної обробки багато процесів прискорюються в десятки й сотні разів, а деякі процеси можуть протікати тільки в ЕМД.

Безліч чинників, що дозволяють впливати на

оброблювану речовину з необхідною інтенсивністю і в потрібному напрямку, вимагає, перш за все, знання фізичної суті явищ, що відбуваються в вихровому шарі. Незважаючи на те, що апарати з вихровим шаром вже знайшли застосування в різних галузях промисловості, складні фізичні та механохімічні явища, що відбуваються в вихровому шарі, залишаються недостатньо вивченими. Крім того, існуючі роботи [4,5,6] присвячені розгляду зусиль і моментів, що виникають в пристроях, вихровий шар яких створюється обертним магнітним полем.

Завданням цієї роботи є моделювання та оцінка зусиль, що виникають в робочій зоні ЕМД багатофакторної дії.

II. ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ

Складний характер руху ФРТ, велика кількість чинників, що впливає на процес обробки матеріалу, ускладнюють теоретичний розгляд даного питання. Траєкторія немагнітної частинки, що рухається через вихровий шар, об'ємна і визначається сукупністю численних факторів. Поява, що впливає на ФРТ крутного моменту, пояснюється наступним чином. У неоднорідному магнітному полі на феромагнітне тіло невеликих розмірів діє сила, яку можна визначити за формулою [5]

$$\vec{F} = \vec{f} \cdot V_T = \frac{1}{2} V_r \mu_0 (\mu_r - 1) \text{grad} H^2 \quad (1)$$

де \vec{f} – густина пондеромоторних сил, які діють на феромагнетики в магнітному полі; V_T – область простору, зайнятого феромагнітним тілом; μ_0 – магнітна проникність вакууму; μ_r – відносна магнітна проникність; H – модуль напруженості магнітного поля.

Для визначення за формулою (1) сили, що діє на феромагнітне тіло, необхідно розрахувати магнітне поле в робочій зоні ЕМД. Величина H , що нас цікавить, визначалася шляхом чисельного рішення польової задачі з використанням методу скінченних елементів. Даний метод дозволяє точно описати конфігурацію активної частини ЕМД, а також врахувати нелінійність властивостей матеріалів.

На рис.2 показана розрахункова геометрична модель, побудована з урахуванням реальних лінійних розмірів активної зони експериментального зразка ЕМД.

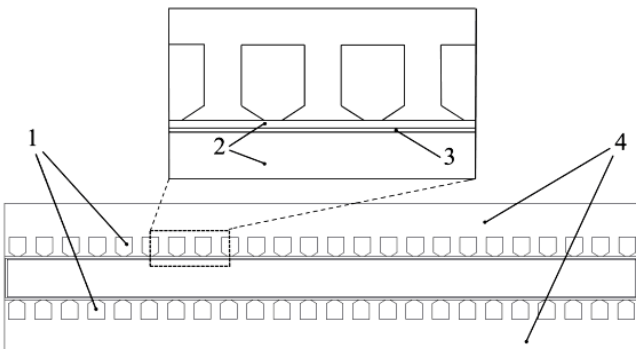


Рис.2. Розрахункова геометрична модель ЕМД

Основні властивості матеріалів, що задаються як вихідні дані для кожної розрахункової ділянки, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Властивості матеріалів розрахункових областей

Назва розрахункової ділянки	Відносна магнітна проникність, μ_r	Питома електрична провідність, γ , См/м
1. Обмотка індуктора	1	$5,8 \cdot 10^7$
2. Повітряна область	1	0
3. Робоча камера	1	$1,12 \cdot 10^7$
4. Магнітопровід індуктора	Крива намагнічування Ст. 2211	0

На зовнішніх межах розрахункової області задається нульове значення векторного магнітного потенціалу (умова Діріхле). На межі розділу середовищ з різними магнітними властивостями використовується умова рівності нормальних до межі складових вектора магнітної індукції і дотичних складових вектора напруженості магнітного поля (умова Неймана).

Результати розрахунку у вигляді картини розподілу векторного магнітного потенціалу в активній зоні ЕМД (в межах полюсного поділу) представлені на рис.3.

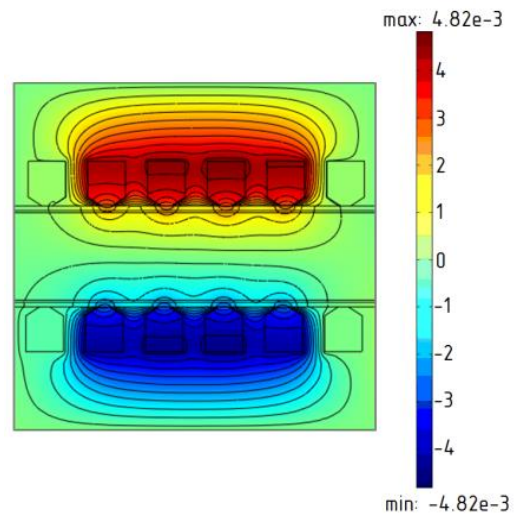


Рис.3. Розподіл векторного магнітного потенціалу в активній зоні ЕМД

На рис.4а представлений фрагмент картини розподілу векторного магнітного потенціалу в активній зоні ЕМД при наявності немагнітної електропровідної камери і одного феромагнітного тіла. Розподіл зусиль (у вигляді стрілок-векторів), що діють на ФРТ при деяких миттєвих положеннях показано на рис.4б. Важливою особливістю роботи ЕМД, виявленої в ході проведення експериментальних досліджень [1] є деформація робочої електропровідної камери. Наслідком взаємодії біжучих магнітних полів індукторів і вихрових струмів, що протікають в стінках робочої камери (прилеглих до індукторів), є поява характерних прогинів стінок робочої камери в межах кожного полюсного поділу.

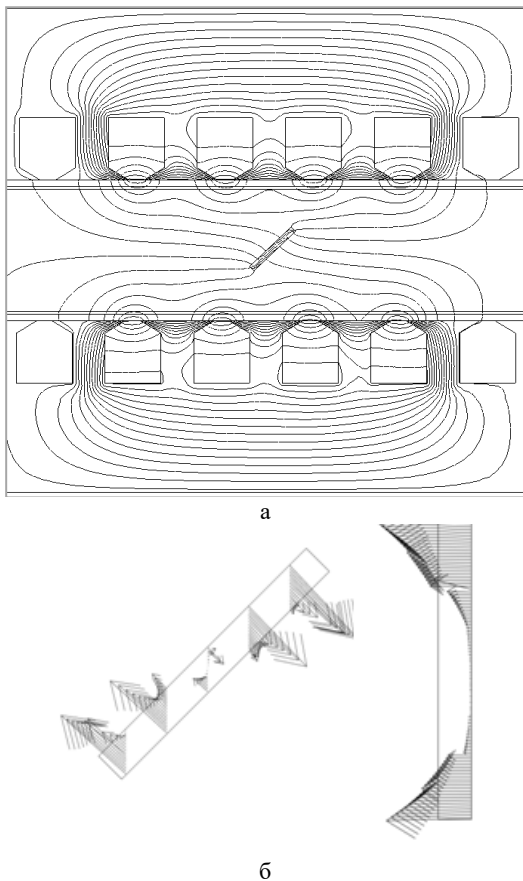


Рис.4. Розподіл векторного магнітного потенціалу в активній зоні ЕМД (а) і зусиль діючих на ФРТ (б)

На рис.5 представлені криві, що показують розподіл глибини прогину по довжині однієї зі стінок робочої камери після 10, 15, і 20 хвилин роботи ЕМД. З рисунка видно, що після 20 хвилин роботи дезінтегратора глибина прогину, при товщині стінки камери 0,8 мм, досягає 10 мм.

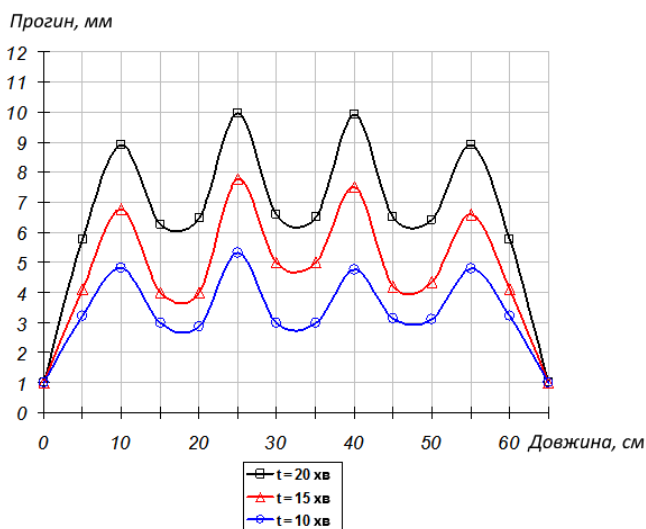


Рис.5. Криві розподілу глибини прогину по довжині стінки робочої камери

Розподіл електромагнітних зусиль в робочій електропровідній камері ЕМД (в межах полюсного

поділу), отримане за результатами кінцево-елементних розрахунків, представлено на рис.6.

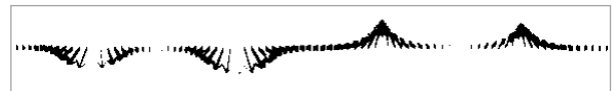


Рис.6. Розподіл електромагнітних зусиль в робочій електропровідній камері ЕМД

Розрахунок підтверджує наявність локалізації діючих електромагнітних зусиль на стінки електропровідної камери в межах полюсного поділу індукторів. Деформацію робочої камери ЕМД викликають, перш за все, зусилля які спрямовані нормально до поверхні стінки камери.

III. ВИСНОВКИ

В роботі отримані картини розподілу векторного магнітного потенціалу в активній зоні електромеханічного дезінтегратора. Представлені результати моделювання розподілу зусиль, що діють на феромагнітні тіла і робочу електропровідну камеру. Результати чисельного розрахунку можуть бути використані при виборі геометричних розмірів активної частини з метою отримання заданих робочих властивостей і характеристик.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Филатов М.А., Грицюк В.Ю., Лысак В.В. Оценка возможности использования электромеханического дезинтегратора в технологии приготовления водоугольного топлива / Сборник научных трудов ДонГТУ. – Алчевск: ДонГТУ. – 2012. – Вып. 37. – С. 325–329.
- [2] Заблудський М.М., Шинкаренко В.Ф., Грицюк В.Ю та ін. Пат. 87222 Україна, МПК H02K 41/025. Електромеханічний пристрій багатofакторної дії для обробки матеріалів; заявник і патентовласник Донбаський державний технічний університет. – № u201310641 ; заявл. 03.09.2013 ; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 2.
- [3] Логвиненко Д.Д., Шеляков О.П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем / Техніка, 1976. – 144 с.
- [4] Міліх В І., Шилкова Л.В. Експериментальне дослідження фізичної моделі трифазного індуктора магнітного поля в робочому режимі при обробці сипучого матеріалу / Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії». – 2020. – № 3 (1357). – С. 3-7.
- [5] Бахвалов А.Ю. Электромеханические устройства с дискретной вторичной частью: алгоритмы анализа и синтеза и усовершенствованные конструкции: диссертация канд. техн. наук: 05.09.01. Новочеркасск, 2007. – 136 с.
- [6] Вершинин И.Н., Вершинин Н.П. Аппараты с вращающимся электромагнитным полем / ООО «Передовые технологии XXI века», Сальск-Москва, 2007. – 368 с.

Чисельний розрахунок характеристик асинхронного двигуна з порожнистим ротором для систем автономного теплопостачання

Володимир Грицюк¹, Ольга Тимофєєва², Микита Редюхін¹, Ксенія Пільгуй¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки,
Харків, пр. Науки, 14, УКРАЇНА, e-mail: volodymyr.hrytsiuk@nure.ua

2. Кафедра хімії та охорони праці, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
Северодонецьк, пр. Центральний, 59-а, УКРАЇНА, e-mail: o.a.tymofieeva@gmail.com

Анотація: Розглянуто основні та додаткові джерела корисної теплової потужності теплогенератора на базі асинхронного двигуна з порожнистим перфорованим ротором, за рахунок яких досягається суттєве підвищення коефіцієнта корисної дії в порівнянні з теплогенератором класичної конструкції.

Ключові слова: перфорований ротор, дисипативна складова енергії, активний опір, вихрові струми.

I. ВСТУП

Поліфункціональні електромеханічні перетворювачі відносяться до нового класу електромеханічних пристроїв [1] і являють собою поєднану технічну систему з поліфункціональними властивостями, що об'єднує в собі електромеханічну, механічну, теплову і гідравлічну системи. На рис.1. представлена одна з модифікацій поліфункціональних перетворювачів – теплогенератор на базі асинхронного двигуна (АД), в якому використовується порожнистий перфорований ротор (ППР), що одночасно виконує функції ротора, виконавчого механізму, нагрівача та кавітаційної камери. При цьому ротор охолоджується робочою рідиною, яка за цикл проходження через теплогенератор підігрівається за рахунок кавітаційних процесів, основних електричних і магнітних втрат в роторі та статорі, а також внутрішнього тертя рідини при гідродинамічних переміщеннях в повітряному зазорі, в результаті чого досягається інтенсифікація процесу генерації тепла і підвищення коефіцієнта корисної дії теплогенератора.

При підключенні обмотки статора до трифазної мережі, утворюється обертове магнітне поле, під дією якого в масивному роторі протікають вихрові струми, створюється асинхронний момент і ротор обертається. При цьому, через поверхневий ефект, максимуми струмів і температури виникають на зовнішній поверхні феромагнітного циліндра. Рідина, яка переміщується в зазорі АД з ППР, активно взаємодіє зі струмопровідним шаром ротора, тому тепла потужність його втрат повністю витрачається на нагрів робочої рідини.

Мета роботи – визначення основних і додаткових джерел корисної теплової потужності теплогенератора на базі асинхронного двигуна з порожнистим перфорованим ротором. Дослідження проводилися з використанням теоретичних та експериментальних методів, зокрема, теорії електромагнітного поля, теорії узагальненого електромеханічного перетворювача енергії, чисельних методів розв'язання диференціальних рівнянь.

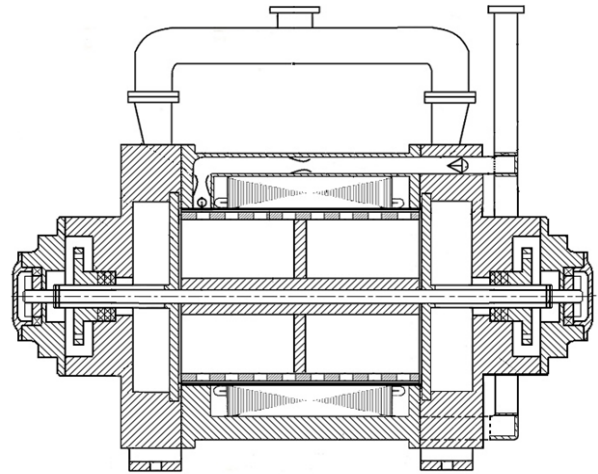


Рис.1. Конструкція теплогенератора на базі асинхронного двигуна з порожнистим перфорованим ротором

При аналізі електромагнітного поля та розрахунках активного хвильового опору асинхронного двигуна з порожнистим перфорованим ротором, використовувався кінцево-елементний метод розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь в приватних похідних в тривимірній постановці.

II. ВИКЛАДЕННЯ МАТЕРІАЛУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗРАХУНКУ

Потужність, яка дисипує в рідині за рахунок внутрішнього тертя при гідродинамічних переміщеннях в зазорі між перфорованим ротором і гладкою поверхнею немагнітної гільзи [2]:

$$N = \mu \left(D l - \frac{d^2 z}{4} \right) \pi \int_0^{\delta} \left(\frac{\partial V_{\omega R}}{\partial y} \right)^2 dy, \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості; D – зовнішній діаметр порожнистого ротора; l – довжина ротора; d – діаметр отворів ротора; z – кількість отворів ротора; $V_{\omega R}$ – швидкість потоку рідини в зазорі при обертанні ротора; y – координата уздовж радіальної осі по перетину зазору.

Електрична потужність ротора, яка дисипує в тепло:

$$P_2 = m_1 \cdot I_2'^2 \cdot r_2', \quad (2)$$

де m_1 – кількість фаз статора; I_2' – наведений струм ротора; r_2' – активний опір перфорованого ротора.

Втрати в масивному роторі в комплексі представляють втрати в «міді» і втрати в сталі. Втрати активної потужності в статорі, механічних вузлах і додаткові втрати, що дисипують в тепло й, в кінцевому рахунку, також беруть участь у формуванні потужності нагрівання теплогенератора.

Кінцеві розміри активної частини АД з ППР в аксіальному напрямку зумовлюють нерівномірність розподілу густини вихрових струмів і збільшення активного опору ротора. Визначення активного хвильового опору ППР з урахуванням кінцевої довжини та особливостей геометрії являє собою складну задачу, вирішення якої можливе за допомогою чисельних методів в тривимірній постановці.

Активний хвильовий опір різних конструктивних варіантів феромагнітних роторів може визначатися шляхом проведення додаткових постпроцесорних розрахунків тривимірної кінцево-елементної моделі, що

дозволяє аналізувати отримані результати за потрібними інтегральними величинами.

Приклад реалізації постпроцесорного розрахунку активного хвильового опору ППР при частоті 10 Гц ($s = 0,2$) показаний на рис.2. Значення опору для різних значень ковзання отримані за результатами рішення рівнянь квазістационарного електромагнітного поля, виходячи з величини потужності резистивних втрат Q_r і квадрату повного струму ротора I_Σ

$$r_e = \frac{Q_r}{I_\Sigma^2} = \frac{\int_V \left(\frac{J_\Sigma^2}{\gamma} \right) dV}{\left(\int_V J_\Sigma dV / l_a \right)^2}, \quad (3)$$

де J_Σ – повна густина вихрових струмів ротора; l_a – активна довжина ротора.

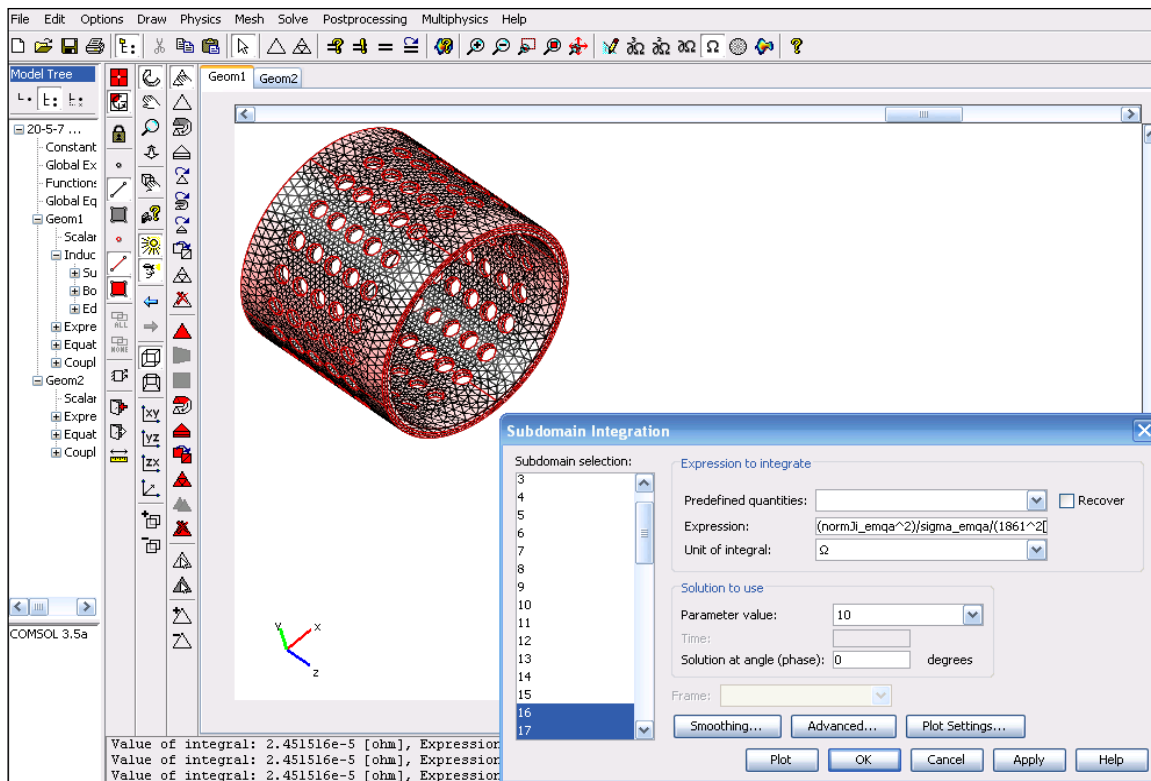


Рис.2. Визначення активного хвильового опору ППР з використанням тривимірної кінцево-елементної моделі

Результати розрахунку залежності $r_e = f(s)$ для суцільного ротора показали гарне узгодження з раніше встановленими залежностями [3,4]. Покладаючись на аналіз отриманих залежностей [5], для розрахунку активного хвильового опору ППР може бути рекомендовано такий вираз

$$r_{en} = r_{e2} \cdot (1 - k_{перф})^{-1}, \quad (4)$$

де r_{e2} – активний хвильовий опір порожнистого гладкого ротора; $k_{перф}$ – коефіцієнт перфорації ротора.

Активний опір порожнистого феромагнітного (гладкого) ротора з хорошою точністю визначається за виразом, наведеним в [6]. Формула (4) дає задовільні результати (розбіжність з отриманими залежностями до 4%) для різних типів схем перфорації з рівномірним розташуванням отворів в діапазоні зміни $k_{перф} = 0,02 \dots 0,4$.

Безпосередній вплив типу схеми перфорації ротора на активний опір ротора проявляється при явно нерівномірному розташуванні отворів і ускладнює використання формули (4).

Загальні втрати потужності, зумовлені тепловиділеннями в активних частинах АД з ППР:

$$P_{\Sigma} = P_{M1} + P_{C1} + P_2 + P_{\text{мех}} + P_{\text{доб}}, \quad (5)$$

де $P_{M1} = m_1 \cdot I_1^2 \cdot r_1$ – втрати в міді обмотки статора;

$P_{C1} = m_1 \cdot E_1 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi_0$ – втрати в сталі статора;

$P_{\text{мех}}$ – механічні втрати на тертя в підшипниках;
 $P_{\text{доб}}$ – додаткові втрати.

Дисипативна складова енергії, що формує корисну теплову потужність, визначається як сума теплових втрат в активних частинах і механічних вузлах АД з ППР, а також втрат потужності за рахунок сил в'язкого тертя рідини в повітряному зазорі.

На рис.3. представлена діаграма балансу потужності нагрівання теплогенератора на базі АД з ППР.

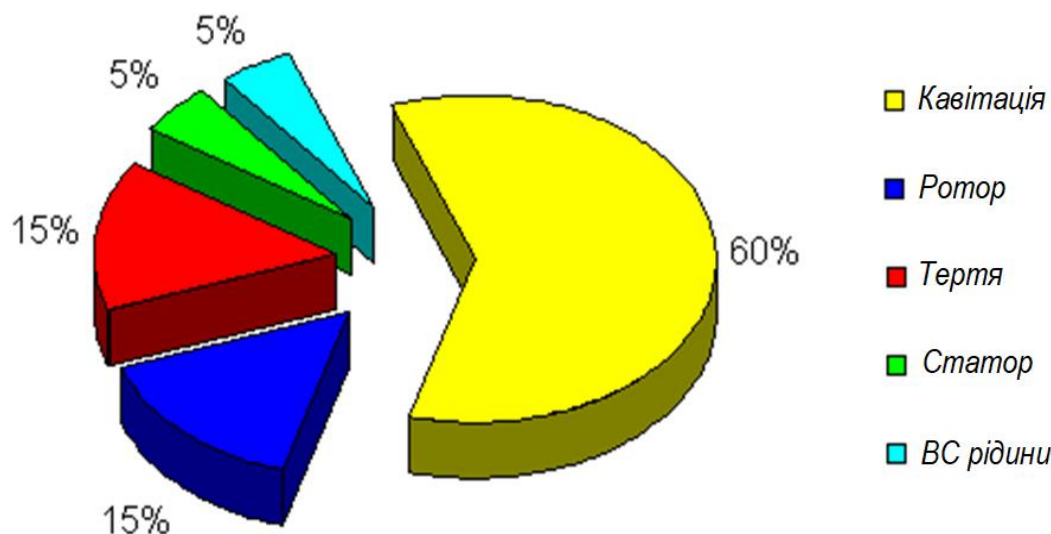


Рис.3. Баланс потужності нагрівання теплогенератора на базі асинхронного двигуна з порожнистим перфорованим ротором

З діаграми видно, що в порівнянні з теплогенератором класичної конструкції, в АД з ППР додається ще кілька джерел потужності нагрівання, такі як основні електричні втрати в роторі та статорі, 15% і 5% відповідно, а також втрати від вихрових струмів, що протікають в рідині.

III. ВИСНОВКИ

В роботі розглянуті основні і додаткові джерела корисної теплової потужності теплогенератора на базі АД з ППР, за рахунок яких досягається суттєве підвищення коефіцієнта корисної дії в порівнянні з теплогенератором класичної конструкції. Дисипативна складова енергії, що формує корисну теплову потужність, визначається як сума теплових втрат в активних частинах і механічних вузлах АД з ППР, а також втрат потужності за рахунок сил в'язкого тертя рідини в повітряному зазорі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Заблодский, Н.Н. Полифункциональные электро-механические преобразователи технологического

назначения / Н.Н. Заблодский // Монография. – Алчевск: ДонГТУ, 2008. – 295 с.

[2] Заблодский, Н.Н., Расчет диссипативной составляющей энергии полифункциональных электромеханических преобразователей / Н.Н. Заблодский, В.Ю. Грицюк // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2011 – № 33. – С. 132–142.

[3] Постников, И.М. Обобщенная теория и переходные процессы в электрических машинах / И.М. Постников – М.:Высшая школа, 1975. – 319 с.

[4] Куцевалов, В.И. Вопросы теории и расчета асинхронных машин с массивными роторами / В.И. Куцевалов – М. – Л.:Энергия, 1966. – 302 с.

[5] Заблодский, Н.Н., Особенности распределения вихревых токов в полом перфорированном роторе полифункционального электромеханического преобразователя / Н.Н. Заблодский, В.Ю. Грицюк, И.Н. Кулдыркаев // Электротехника и электромеханика. 2013 – №1. – С. 30–34.

[6] Лопухина, Е.М. Асинхронные микромашины с полым ротором / Е.М. Лопухина, Г.С. Сомихина. – М. : Энергия. – 1967. – 488 с.

Методика теплового моніторингу сховища відпрацьованого ядерного палива

Світлана Альохіна^{1, 2}, Андрій Чугай¹

1. Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, УКРАЇНА,
Харків, вул. Пожарського 2/10

2. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА
Харків, пр. Науки 14, e-mail: svitlana.alyokhina@nure.ua

Анотація: В роботі зазначено, що найбільш розповсюдженим способом поводження із відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) енергетичних реакторів є його тимчасове довгострокове зберігання сухим способом. У той же час при експлуатації сухих сховищ ВЯП майже не використовуються сучасні можливості інформаційних систем при контролі безпеки та зборі інформації для подальших досліджень в рамках реалізації програм управління старінням. Запропонована структура інформаційної системи, яка може бути реалізована на сухому сховищі ВЯП з вентильованими контейнерами зберігання, до якої входять програмні та апаратні засоби, а також система керування базою даних. Для контролю теплової складової безпеки зберігання ВЯП розроблено структуру бази даних, яка містить у собі 5 таблиць. Для запропонованої інформаційної системи створено алгоритм моніторингу теплового стану ВЯП, який базується на порівнянні виміряних та прогнозованих значень критерію безпеки, у якості якого було вибрано рівень нагріву температури вентиляційного повітря. Прогнозні значення критерію безпеки отримуються на основі попередніх опублікованих досліджень. Запропонований алгоритм є реалізацією інформаційної функції системи. У разі реалізації запропонованої інформаційної системи її можна використовувати для ефективного теплового моніторингу та зборі інформації для подальших досліджень при реалізації програм управління старінням обладнання зберігання ВЯП, перманентному контролю безпеки зберігання ВЯП, навчанні персоналу, тощо.

Ключові слова: відпрацьоване ядерне паливо, тепловий моніторинг, інформаційна система, база даних, безпека.

I. ВСТУП

У сучасному світі для підтримки сталого функціонування різних сфер життєдіяльності людини все більшого значення набувають інформаційні системи. Не є виключенням і ядерна енергетична галузь, в якій досить широко розповсюджені інформаційно-керуючі [1] та інформаційні системи. Останні застосовуються на усіх етапах ядерного паливного циклу, та мають велике значення при формуванні стратегій розвитку ядерної енергетичної галузі, стратегій поводження з радіоактивними відходами, управління старінням енергогенеруючого та іншого обладнання [2 - 5], тощо.

Особливу важливість інформаційні системи мають для систем зберігання відпрацьованого ядерного палива, оскільки ця технологія є досить новою, а тривалість їх експлуатації зазвичай близька, а у деяких випадках перевищує 100 років. Саме для таких систем тривалої експлуатації розуміння процесів, що в них відбуваються, зокрема процесу старіння конструкції або її елементу, потребує аналізу великої кількості інформації та збору

достатньої кількості даних із застосуванням сучасних інформаційних систем, що є ключем до розробки ефективних стратегій управління їх старінням.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Моніторинг теплового стану ВЯП є однією з ключових проблем безпеки функціонування сухого сховища. Саме цьому питанню присвячено ряд науково-дослідних робіт авторів [6 - 8].

Так, у роботі [6] показано, що суттєвий вплив на тепловий стан палива здійснює вітер і при певних його напрямках та швидкості можуть порушуватись критерії безпеки зберігання (досягаються температури оболонки твела понад 350 °C). Одночасно у роботі [7] показано, що шляхом виміру температури повітря на виході з вентиляційних каналів контейнера не можливо отримати дані про реальний тепловий стан палива в контейнері зберігання. Отже, постає питання про підвищення якості теплового моніторингу ВЯП протягом усього терміну його зберігання у відкритому сховищі.

Ще одним важливим фактором впливу на тепловий стан ВЯП протягом його зберігання є добові коливання температур. Це питання було досліджено авторами у роботі [8]. Так, було показано що коливання температури оболонки твела при певних умовах експлуатації можуть сягати кілька градусів, що у масштабі багаторічного зберігання може суттєво позначитись на властивостях конструкційного матеріалу оболонки твела. У той же час подібного роду досліджень щодо довгострокового впливу коливань температури на властивості матеріалів палива проведено не було, отже існує необхідність збору експериментальних даних (тобто даних щодо зміни температурних режимів зберігання).

Метою створення інформаційної системи моніторингу стану ВЯП протягом його сухого зберігання повинно бути підвищення якості контролю теплового стану ВЯП протягом терміну зберігання, збереження «теплової історії» експлуатації обладнання та зберігання ВЯП для розробки ефективної стратегії управління старінням, а також автоматизація процесу конструювання нового обладнання зберігання та застосування сучасних комп'ютерних технологій при навчанні персоналу.

Однак, слід зазначити, що при створенні інформаційної системи моніторингу стану ВЯП необхідно враховувати і параметри, що важливі при оцінці ядерної та радіаційної безпеки об'єкта, проте у цій роботі дані питання не висвітлюються.

III. РЕЗУЛЬТАТИ

З точки зору наповнення компонентами інформаційна система матиме наступний вигляд (рис. 1).

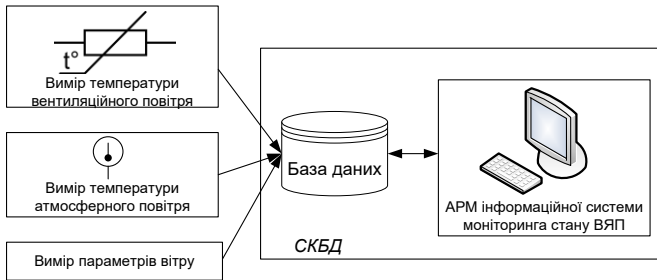


Рис. 1. Структурна схема інформаційної системи

Отже, до складу інформаційної системи входять зовнішні апаратні засоби, до яких слід віднести засоби виміру температури вентиляційного повітря, температури та швидкості вітру тощо. Інформація, що отримана за допомогою зовнішніх апаратних засобів передається до системи керування базою даних (СКБД), яка, у свою чергу, складається із програмних та апаратних засобів. До програмних засобів можна віднести автоматизоване робоче місце (АРМ) користувача, програмні модулі, що перетворюють аналогову інформацію у цифрову та забезпечують її збереження у базі даних, тощо. До апаратних засобів СКБД відносяться сервери, монітори й т.інш., що забезпечують функціонування програмних засобів та робочого місця користувача.

З наведених схем видно, що одним із важливих елементів запропонованої інформаційної системи є база даних. Структура бази даних для інформаційної системи моніторингу стану ВЯП наведена на рис. 2.

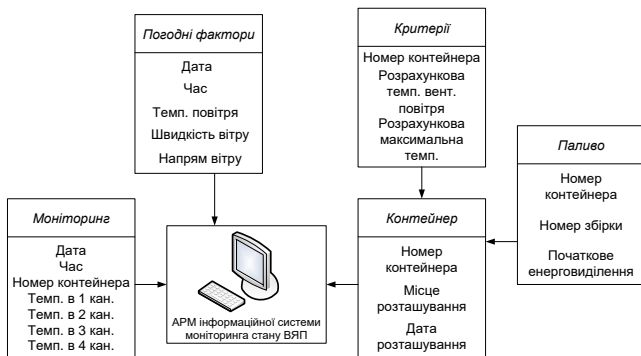


Рис. 2. Структурна схема СКБД із деталізацією по базі даних

Зазвичай контроль теплового стану ВЯП в контейнерах зберігання ведеться шляхом заміру температури вентиляційного повітря на виході з вентиляційних каналів контейнера. Якщо нагрів вентиляційного повітря не перевищує певну встановлену норму, тепловий стан ВЯП в контейнері зберігання вважається задовільним та продовжується нормальна експлуатація обладнання, в іншому випадку – висувається гіпотеза про виникнення аварійної ситуації. До таких аварійних ситуацій може

відноситись, наприклад, порушення тепловідводу від корзини зберігання ВЯП внаслідок блокування одного або декількох вентиляційних каналів.

Як зазначалось вище, тепловий стан ВЯП суттєво залежить від рівня його залишкового тепловиділення, яке з часом зберігання зменшується. Після зберігання ВЯП у сухому сховищі протягом, наприклад, 20 років його тепловиділення зменшується вдвічі. У такому випадку у разі розгерметизації одного або декількох твелів [9], що буде супроводжуватись додатковим тепловиділенням, загальне тепловиділення корзини дещо підвищиться, але, скоріш за все, не перевищить припустимого. Рівень температури у такому гіпотетичному випадку в корзині зберігання дещо підвищиться, що відповідним чином відобразиться і на температурі вентиляційного повітря, але, скоріш за все, його нагрів не перевищить встановлений ліміт. Отже, аварійна ситуація в контейнері не може бути зафіксована.

Для своєчасного виявлення подібного роду ситуації та більш ефективного теплового моніторингу необхідно удосконалювати систему контролю температур вентиляційного повітря.

Знайдені залежності температури вентиляційного повітря та максимальної температури в корзині зберігання від строку зберігання ВЯП [10] дозволяють створити новий алгоритм контролю теплового стану ВЯП у вентиляційних контейнерах зберігання (рис. 3).

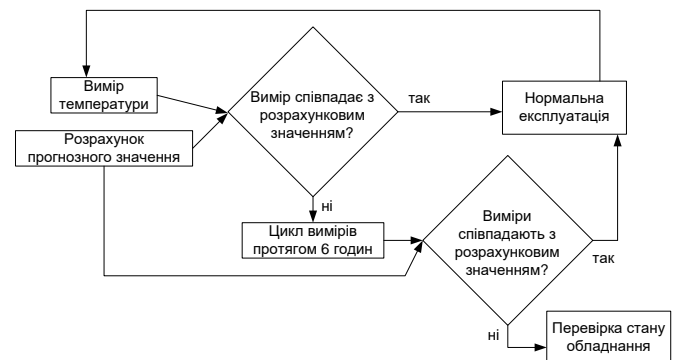


Рис. 3. Алгоритм контролю теплового стану вентиляційних контейнерів з ВЯП

Новий алгоритм моніторингу полягає в наступному. Температури, що отримуються під час онлайн моніторингу порівнюються із тими, що отримуються розрахунковим шляхом за залежністю із [10]. У випадку, коли значення співпадають з достатньою точністю, продовжується нормальна експлуатація та моніторинг теплового стану ВЯП. У випадку, коли результати обчислення та вимірів не співпадають, проводять серію вимірів температури вентиляційного повітря протягом 6 годин для того, щоб забезпечити достатню кількість даних для статистичної обробки та повторного порівняння з розрахунковими даними. Відсутність співпадіння даних у цьому випадку буде слугувати причиною для висунення гіпотези про збій в роботі обладнання та необхідності його перевірки, співпадіння – про можливість подальшої

нормальної експлуатації основного обладнання сховища.

Запропонований вище алгоритм є реалізацією розрахункової функції інформаційної системи. Інші функції, такі як редагування даних, функції безпеки, тощо, реалізовуватимуться на програмному рівні при створенні програмних модулів АРМ користувача інформаційної системи, або при організації зв'язку між таблицями бази даних.

При певній модифікації запропонована інформаційна система може бути використана і при навчанні персоналу. Однак, у такому випадку повинно бути забезпечене розділення певних функціональних елементів, щоб не створювати передумов для виникнення аварійних ситуацій. Так, наприклад, дані теплового моніторингу частково можуть бути скопійовані на окремий носій та використані при науковому аналізі теплового стану контейнерів з ВЯП.

Запропонована структура та функції інформаційної системи можуть бути введені, наприклад, до вже існуючих інформаційних систем виміру температури, або інтегровані до систем моніторингу, що визначають максимальну температуру в контейнері зберігання за допомогою нейронних мереж. Згадані та інші подібні інформаційні системи зазвичай не реалізують функцію прогнозування параметрів моніторингу (наприклад, температуру нагріву вентиляційного повітря контейнера зберігання), отже доповнення їх розробленими авторами роботи підходом до теплового моніторингу ВЯП є перспективним.

IV. ВИСНОВКИ

Зазначена необхідність розробки та застосування інформаційної системи моніторингу при контролі теплового стану ВЯП на етапі довгострокового тимчасового зберігання ВЯП з метою завчасної ідентифікації можливих аварійних ситуацій та збору даних для подальших детальних досліджень фізичних процесів, що мають місце при сухому зберіганні ВЯП.

Запропонована структура інформаційної системи та алгоритм проведення моніторингу теплового стану вентиляційних контейнерів з ВЯП із використанням прогнозних значень ключових параметрів моніторингу, що дозволить більш якісно контролювати тепловий стан палива протягом усього терміну експлуатації сухого сховища.

Робота виконана за часткової підтримки Національної академії наук України в рамках програмно-цільової та конкурсної тематики «Гранти НАН України дослідницьким лабораторіям/групам молодих вчених НАН України для проведення досліджень за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки 2020-2021 рр.» та в рамках цільової програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічні проблеми

моніторингу стану, оцінювання і подовження ресурсу конструкцій, обладнання та споруд тривалої експлуатації».

ПОСИЛАННЯ

- [1] Дуэль М.А. Автоматизированное управление объектами и техническими процессами ТЭС и АЭС/ М.А. Дуэль. – Харьков.: ЧП «КИК», 2010.– 448с.
- [2] Агейкина Е. С., Зарицкий Н. С., Коврижкин Ю. Л., Скалозубов В. И. Основные положения по управлению старением элементов АЭС Украины. Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля, Вип. 2007. – С. 12-14
- [3] Костенко С. П., Ключко В. В., Казимирская О. И. Управление старением и долгосрочная эксплуатация элементов и конструкций энергоблоков АЭС. Ядерная та радіаційна безпека, № 3(67), 2015. – С. 31-35
- [4] Tipping P. G. Understanding and mitigating ageing in nuclear power plants: Materials and operational aspects of plant life management (PLIM). – Elsevier, 2010. – 914 p.
- [5] Chopra, O. K., Diercks, D. R., Fabian, R. R., Han, Z. H., & Liu, Y. Y. (2014). Managing aging effects on dry cask storage systems for extended long-term storage and transportation of used fuel (REV. 2) (No. ANL-13/15). Argonne National Lab.(ANL), Argonne, IL (United States).
- [6] Alyokhina, S. V., Goloshchapov, V. N., Kostikov, A. O., & Matsevity, Y. M. (2009). Thermal state of ventilated concrete cask with spent nuclear fuel in the conditions of exterior airflow leaking. Nuclear Physics and Atomic Energy, 10(2), 57-63.
- [7] Альохіна С. В. Аналіз умов зберігання відпрацьованого ядерного палива на майданчику сухого сховища / С. В. Альохіна, В. М. Голошапов, А. О. Костіков, С. П. Клімов, Г. Є. Лучна, В. А. Мороз // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чернобиля – 2010, вип. 13 – С. 76-83
- [8] Alyokhina S. Unsteady heat exchange at the dry spent nuclear fuel storage / S.Alyokhina, A.Kostikov // Nuclear Engineering and Technology. – 2017. – V.49, Iss.7, Oct. – P. 1457-1462, DOI: 10.1016/j.net.2017.07.029
- [9] Rudychev, V. G., Azarenkov, N. A., Girka, I. O., & Rudychev, Y. V. (2021). Change in radiation characteristics outside the SNF storage container as an indicator of fuel rod cladding destruction. Nuclear Engineering and Technology, doi:10.1016/j.net.2021.05.029
- [10] Alyokhina, S., Dybach, O., Kostikov, A., & Dimitrieva, D. (2018). Prediction of the maximum temperature inside container with spent nuclear fuel. Nuclear and Radiation Safety, 2(78), 31-35. doi:10.32918/nrs.2018.2(78).05

Концепция управления процессом производства пропиленгликоля в условиях неполноты информации

Илькин Аббасов¹, Эльчин Меликов¹

1. Кафедра “Электроника и автоматика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: elchin03@mail.ru

Аннотация. Исследования в области современной нефтепереработки, нефтехимии и химии, а также анализ существующих научно-исследовательских работ в этих областях показывают, что существует огромное количество технологических систем, требующих соответствующего информационного и технического обеспечения при решении задач моделирования, а также оптимального управления аналогичными сложными системами. Использование в таких случаях традиционных, классических методов и подходов не всегда позволяет получить благоприятные и достаточно адекватные результаты. Это обусловлено прежде всего многосвязностью и многомерностью элементарных процессов, протекающих в этих системах, что, в свою очередь, приводит к усложнению текущей идентификации скорости протекания рассматриваемых технологических процессов. Из вышесказанного следует, что здесь целесообразнее использовать нечеткие модели и алгоритмы, основанные на качественной информации об исследуемых процессах.

Ключевые слова: технологическая установка, производство пропиленгликоля, алгоритм управления, нечеткая модель, гидраторный блок, лингвистическая переменная, текущая ситуация, таблица правил, задача оптимизации, синтез регулятора, управляющие воздействия, лингвистические правила.

I. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что пропиленгликоль широко применяется в качестве основного продукта для получения жидкого антифриза, рабочей жидкости в гидравлических системах, полужидких смол, а также может быть использован в производстве лаков и красок, косметики, средств личной гигиены, фармацевтической продукции и продуктов питания в связи с его низкой токсичностью, отсутствием цвета и запаха, отличными свойствами растворителя и хорошими смягчающими и увлажняющими свойствами. Он широко применяется в пищевой и пивобезалкогольной промышленности, где его используют как растворитель в производстве безалкогольных напитков, сиропов, ароматизаторов и пищевых красителей, является эффективным увлажнителем, добавляемым при выпечке хлебобулочных изделий.

Кроме того, пропиленгликоль поставляется на предприятия, производящие табачные изделия и моющие средства. В связи с этим, получение пропиленгликоля низкой токсичности в косметике, фармацевтике, пищевой промышленности, агропромышленности, бытовой химии и других отраслях промышленности является важной и актуальной задачей.

Проведенные исследования на установке получения пропиленгликоля показывают, что в зависимости от объема априорной информации, она может быть рассмотрена как детерминированная и неполностью определенная система. Если система будет рассмотрена как детерминированная, тогда, зная ее состояние в некоторый момент времени t_0 и значения ее входных переменных в интервале $[t_0, t_k]$, то можно точно определить ее элементы в момент времени t_k .

Как известно, в промышленных условиях все производственные технологические системы, в том числе и производство получения товарного пропиленгликоля функционируют при наличии широкого спектра случайных возмущающих факторов. Кроме того, для такого класса сложных химико-технологических систем характерен ряд других особенностей. К ним, например, относятся: изменение технологических параметров систем в широких пределах, ошибки измерений режимных параметров, неконтролируемые изменения параметров и характеристик состояния технологического процесса и т. д.

Следует отметить, что в химической и нефтехимической промышленности имеется ряд технологических процессов, в которых в процессе управления ими основные факторы, определяющие состояние этих систем, задаются нечеткими понятиями. Например, к их числу относятся нечеткие определения критериев управления, отсутствие достаточного объема априорной информации для моделирования интересующих нас состояний технологического процесса, трудоемкость их оценки и нечеткое задание области изменения управляющих и входных множеств.

В связи с этим, при моделировании сложных ХТС из-за сложности и невозможности учета неформализуемых или трудноформализуемых факторов и необходимости принимать решения для управления технологическими процессами в ХТС в условиях неполной информации о состоянии объектов, результаты решения задачи оптимизации нередко получаются неадекватными текущим состояниям рассматриваемых технологических систем [1].

Одно из направлений преодоления указанных трудностей в проблеме повышения эффективности процессов химической и нефтехимической технологий состоит в исследовании качественной информации для

целей моделирования, оптимизации и синтеза систем управления технологическими процессами. Поэтому, нередко текущее состояние технологического процесса, которое легко выражается через перечисленные выше трудноизмеряемые параметры, оценивается частично через количественные показатели, и с помощью качественной информации, сбор которой осуществляется при непосредственном наблюдении за поведением рассматриваемого технологического процесса, при опросе специалистов, из литературных научных источников, в которых отражен существующий накопленный опыт по управлению соответствующим технологическим процессом.

В настоящее время перспективный способ формализации качественной информации представляет собой подход нечетких множеств, предложенный американским ученым Лютфи Заде [2], который основывается на обобщении понятия характеристической функции множества.

В соответствии с данной теорией, если X - множество состояний, то его нечеткое подмножество есть функция следующего вида (характеристическая функция):

$$\mu: X \rightarrow [0,1].$$

Эта форма записи означает, что элементы множества в разной степени принадлежат нечеткому множеству.

Следует отметить, что существующие традиционные методы анализа систем и их моделирование недостаточно пригодны для анализа сложных технологических систем именно потому, что они не в состоянии формализовать математически нечеткость человеческого мышления.

Преимущество применения понятия нечеткого множества для представления состояний и разработки алгоритмов управления сложными химико-технологическими системами на их базе заключается в его простоте, общности, наглядности, возможности использования качественной информации при переходе от смысловой к математической постановке задач, и формализации более “гибких” связей между технологическими параметрами, что в большей степени соответствует природе изучаемых явлений и описанию взаимосвязей на формальном естественном языке.

Кроме того, рассматриваемый подход позволяет формирование стратегий управления различными технологическими процессами формализацией действий, значений и наблюдений оператора-технолога при нечеткой исходной информации и в нечетко определенных ситуациях. И важно отметить, что нечеткая система не сложнее детерминированной, но первый подход к представлению дает намного больше.

Рассмотрим концепцию управления процессом производства товарного пропиленгликоля в условиях неполноты информации.

II. КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ

Исследование рассматриваемой технологической установки получения товарного пропиленгликоля как

объекта управления и анализ состояния решения задачи оптимального управления этой установкой показывает, что одним из самых наиболее сложных и важных задач управления рассматриваемой установкой является задача автоматизации управления реакторным блоком производства получения пропиленгликоля.

Таким образом, исследуемый реактор производства получения пропиленгликоля представляет собой сложную физико-химическую систему. При этом, следует отметить, что оптимальное ведение технологического процесса получения товарного пропиленгликоля позволяет значительно уменьшить потери целевого продукта, то есть при эксплуатации рассматриваемого реакционного аппарата количество полученного товарного пропиленгликоля на выходе реактора может рассматриваться как один из основных критериев управления данным аппаратом.

С учетом вышеизложенного, задачу оптимального управления данным технологическим процессом в условиях неполноты информации можно сформулировать в следующем виде:

$$\tilde{y}_2 = \tilde{f}(\tilde{P}, \tilde{T}, \tilde{F}_2/\tilde{F}_1) \rightarrow \overline{max}$$

$$0,981 \leq \tilde{y}_1 \leq 1,036$$

при этом должны соблюдаться ограничения на режимные переменные:

$$11 \leq \tilde{P} \leq 15$$

$$160 \leq \tilde{T} \leq 180$$

$$500 \leq \tilde{F}_1 \leq 1000$$

$$3500 \leq \tilde{F}_2 \leq 6500,$$

здесь \tilde{y}_1 - вязкость товарного пропиленгликоля на выходе из реактора (нечеткая переменная), \tilde{y}_2 - выход товарного пропиленгликоля (нечеткая переменная), T - температура в реакторе, P - давление в реакционном аппарате, F_1 - расход оксипропилена, подаваемого в реактор в качестве сырья (четкая переменная), \tilde{F}_2 - расход воды в рассматриваемый реактор (нечеткая переменная).

С другой стороны, оптимальное ведение процесса получения пропиленгликоля позволяет получить товарный пропиленгликоль требуемого качества. Поэтому, с учетом всего вышеизложенного задача управления процессом получения пропиленгликоля сводится к стабилизации качества товарного пропиленгликоля, которая заключается в поддержании плотности пропиленгликоля на выходе рассматриваемого реакторного блока в заданном регламентом диапазоне ($0,981 \div 1,036 \text{ г/см}^3$), то есть к выбору таких управляющих воздействий, чтобы качество товарного пропиленгликоля удовлетворяло бы имеющимся регламентным ограничениям:

$$\tilde{u}_{1,t} = \tilde{R}_1(F_1, \tilde{F}_2, \tilde{u}_{1,t-1})$$

$$\tilde{u}_{2,t} = \tilde{R}_2(F_1, \tilde{F}_2, \tilde{u}_{2,t-1})$$

$$\tilde{u}_{3,t} = \tilde{R}_3(F_1, \tilde{F}_2, \tilde{u}_{3,t-1})$$

$$\tilde{u}_{1,t} \leq \tilde{u}_{1,t} \leq \tilde{u}_{1,t}$$

$$\tilde{u}_{2,t} \leq \tilde{u}_{2,t} \leq \tilde{u}_{2,t}$$

$$\tilde{u}_{3,t} \leq \tilde{u}_{3,t} \leq \tilde{u}_{3,t},$$

где $\tilde{u}_{1,t}$, $\tilde{u}_{2,t}$ и $\tilde{u}_{3,t}$ - нечеткие переменные соответственно температуры, давления в реакторе производства

получения товарного пропиленгликоля и отношения расхода воды к расходу оксипропилена на входе рассматриваемого аппарата в момент времени t .

Как и отмечалось выше, в связи со сложностью управления процессом получения пропиленгликоля в реальном масштабе времени с использованием традиционных математических моделей и методов, связанных с интегрированием системы дифференциальных уравнений в частных производных с краевыми условиями, характеризующихся нелинейностями и требующих больших затрат машинного времени, с изменением количественных и качественных характеристик сырья и режимных параметров в широком диапазоне, обуславливающих невозможность использования универсальных регрессионных моделей, а также с необходимостью учета характера решений задачи управления в виде задачи стабилизации качества выходного товарного продукта приводит к необходимости описания рассматриваемого реакторного блока производства получения товарного пропиленгликоля с использованием качественной информации, представляющей собой опыт и интуицию экспертов-специалистов.

Таким образом, все вышеизложенное приводит к необходимости включения в систему управления реактором производства получения пропиленгликоля нечеткого логического регулятора, строящегося на основе более простых и надежных в практической реализации нечетких моделей и алгоритмов управления, в которых описание функционирования рассматриваемого технологического объекта осуществляется с

использованием как качественной, так и количественной информации [3].

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, следует отметить, что вышеприведенная концепция, принципы и математическая постановка задачи оптимального управления рассматриваемым реактором (гидраторным блоком), всесторонне характеризует функционирование исследуемой технологической установки в общей структуре производства и обеспечивает в реалии оптимальные режимы работы рассматриваемого объекта управления в целом.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Ибрагимов И.А., Эфендиев И.Р., Копысицкий В.Т., Меликов Э. А. Принципы построения самообучающихся систем автоматического управления сложными технологическими процессами в условиях дефицита информации. ДАН АН СССР, 1991, том 320, №6, с. 1424-1427.
- [2] Беллман Р., Заде Л. Принятие решения в расплывчатых условиях. В сборнике "Вопросы анализа и процедуры принятия решения". М., Мир, 1976.
- [3] Melikov E.A. Principles of optimizing the control of propylene purification process from acetylene derivatives. Proceedings of the 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications, 26-28 August, 2020, Baku, Azerbaijan, vol.2, pp. 272-275/

Оценка состояния энергоресурсов и пути их развития

Магсуд Алиев¹, Тамелла Магеррамова¹

1. Кафедра "Электроника и автоматика", Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: tamellatm@gmail.com

Аннотация. На основе всестороннего исследования и анализа особенностей потребления различных форм энергии человеком, дается общая и экспертная оценка состояния в прошлом и настоящем существующих различных видов энергоресурсов, а также пути их развития и преимущественного использования в том или ином случае.

На протяжении всей истории человеческого существования формирование и развитие человечества было тесно связано с приобретением и использованием энергии. Энергетические ресурсы являются основой для получения энергии любым способом.

Однако растущий мировой спрос на энергию, преобладание и истощение традиционных источников энергии показывают, что человечество должно искать альтернативные источники энергии для удовлетворения будущих потребностей в энергии и развитии источников энергии, которые оно использует.

Ключевые слова: состояние энергоресурсов, использование энергии, источник энергии, альтернативные источники, геотермальная энергия, спрос на энергию, энергетические

ресурсы, растущий спрос, система концентрирования, солнечные панели.

I. ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всей истории человеческого существования формирование и развитие человечества было тесно связано с приобретением и использованием энергии. Первый скачок в энергии произошел, когда человек приобрел, использовал и научился удерживать огонь. В этом случае основным источником энергии была собственная мускульная сила человека над древесиной и другими растительными материалами.

К средневековью люди научились использовать рабочий скот, ветер, воду, дрова, уголь и другие природные минеральные топливные ресурсы (нефть, сланец, торф). За этот период потребление энергии увеличилось примерно в 10 раз по сравнению с периодом

первобытнообщинного строя.

Современное человечество в индустриальном обществе использует в четыре раза больше энергии и живет в несравненно комфортных условиях, используя в 100 раз больше энергии, чем первобытные люди.

Промышленная революция, начавшаяся в Англии в 18 веке, а затем в Германии, Франции, Бельгии и США, привела к значительному увеличению спроса на энергию. Хотя спрос на использование энергии меняется от периода к периоду, в принципе, в общем случае, спрос на энергию постоянно растет. Увеличение потребления энергии на душу населения в мире привело к дальнейшему увеличению спроса на энергию. Одним из факторов, влияющих на эту статистику, является увеличение числа людей, живущих в мире.

В недалеком прошлом, численность была 2,5 миллиарда, а сегодня эта цифра составляет более 7 миллиардов людей. Человеческие потребности могут быть удовлетворены только в контексте доступа к энергии: чем более доступный и легкий доступ к энергии, тем выше качество человеческой жизни и долголетие.

Энергетические ресурсы являются основой для получения энергии любым способом. Источники энергии Земли делятся на две основные группы: возобновляемые и невозобновляемые.

Возобновляемые источники энергии включают все виды энергии, которые постоянно работают в биосфере Земли, такие как солнечная, ветровая, океанская и речная гидроэнергетика.

Невозобновляемые источники энергии включают ископаемое топливо, ядерную и ядерную тепловую энергию.

Энергия, основанная на невозобновляемых источниках, вызывает дополнительное потепление окружающей среды, что, в свою очередь, приводит к экологическим проблемам и загрязнению воздуха в целом [1-4].

Таблица 1. Периодический рост спроса на энергию в %

Годы	Рост спроса на энергию %
1900-1910	58
1911-1920	17
1921-1930	20
1931-1940	23
1941-1950	29
1951-1960	154
1961-1970	13
1971-1980	29
1981-1990	29
1990-2000	29
2001-2010	30

Сегодня 80% мировой энергии производится из ископаемого топлива. Однако, насколько нам известно, предполагается, что запасы угля, которые обеспечивают значительную часть мировых потребностей в энергии, будут исчерпаны в течение 150 лет, а запасы нефти и газа - в течение 60 лет. Конечно, эти расчетные цифры не

совсем точны, но они не меняют того факта, что эти ресурсы будут сокращены и однажды закончатся.

Однако растущий мировой спрос на энергию, преобладание и истощение традиционных источников энергии показывают, что мы должны искать альтернативные источники энергии для удовлетворения будущих потребностей в энергии и развития источников энергии, которые мы используем. Вероятно, поэтому глобальный нефтяной кризис 1970-х и 1980-х годов усилил наше внимание к альтернативным источникам энергии.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Из альтернативных источников энергии, используемых сегодня, наиболее известными источниками энергии являются вода, ветер, солнце и геотермальная энергия. Одним из крупнейших источников энергии является энергия ветра. Изменение скорости ветра от 3 до 25 м/с достаточно для выработки энергии. Хотя энергию ветра использовали с 19 века, основное развитие произошло с 20 века. Использование энергии ветра увеличилось до 2000 МВт в 2000 году, 18000 МВт в 2010 году и 240 000 МВт в 2011 году. Если посмотрим на эти постоянно увеличивающиеся цифры, увидим, что использование энергии ветра в мире удваивается каждые три года. Несмотря на глобальный потенциал энергии ветра в 50 000 тераватт-часов (ТВт-ч/ год), он по-прежнему покрывает очень небольшой объем потенциального спроса на энергию.

Геотермальная энергия - еще один возобновляемый источник энергии, используемый для удовлетворения растущих мировых потребностей в энергии. Геотермальная энергия основана на добыче и использовании горячей воды из глубин земной коры различными способами. Источники воды с температурой выше 20°C считаются возобновляемыми источниками энергии. Хотя потенциал геотермальной энергии в мире довольно высок, сполна эффективно использовать этот источник энергии пока не удалось. Одним из его преимуществ по сравнению с другими источниками энергии является то, что его можно использовать в качестве термического тепла в сочетании с электричеством. Если 1% геотермальных источников энергии будет преобразован в энергию, это будет означать в 500 раз больше энергии, чем существующие запасы нефти и газа. Страны, которые больше всего используют этот альтернативный источник энергии - США и восточные страны.

Солнечная энергия является одним из крупнейших источников энергии в мире. Хотя солнце является наиболее важным источником энергии для живых существ, оно прямо или косвенно влияет на производство других видов энергии. Это основа того, что является источником энергии. Это энергия, производимая реакциями, которые происходят в центре Солнца и достигают Земли, которая находится на расстоянии 150 миллионов километров.

Количество энергии, которое достигает нашу

Вселенную, в 7500 раз превышает наши текущие потребности в энергии. Это количество энергии зависит от места, времени и климата и составляет в среднем 170 Вт/м². Количество солнечной энергии на Земле равно 1 баррелю нефти, 200 кг угля и 143 м³ газа на 1 м². Если бы 0,1% количества солнечной энергии, поставляемой в мире в год, можно было бы преобразовать в энергию с эффективностью 10%, то это в 4 раза превысило бы мировой спрос на энергию.

Для удовлетворения растущего спроса на энергию в мире необходим прогресс в различных областях. Это развитие проявляется в различных недостатках в каждой области. Я думаю, что наиболее важным из этих направлений должно быть развитие потенциала солнечной энергии. Чрезвычайно высокий потенциал солнечной энергии и потенциал энергии для личного использования увеличивает важность этой области. Для достижения этой цели можно оценить две основные области. Одна из этих групп предназначена для производства электричества путем концентрации солнечных лучей, а другая - для преобразования солнечных лучей непосредственно в электричество через солнечные лучи. Это фотоэлектрические системы, которые преобразуют солнечную энергию напрямую в электричество.

Однако, несмотря на рост использования солнечных элементов на сегодняшний день, сложность и высокая стоимость технологии показали, что ее недостаточно для производства желаемого количества электроэнергии. Второй - производство электричества обычными методами из перегретого пара, полученного путем концентрации солнечной энергии с использованием систем концентрирования.

III. ВЫВОДЫ

Необходимо провести большое количество исследований для улучшения технологий и повышения эффективности преобразования энергии, чтобы в

будущем электричество, вырабатываемое с использованием солнечной энергии, могло конкурировать с традиционными источниками электроэнергии, такими как уголь, нефть и природный газ. Преимущество состоит в том, что его легко использовать в частных домах и жилых постройках. Главный результат, который нам нужно достичь здесь, - это полное использование солнечной энергии. Повышая эффективность панелей, можно еще больше увеличить использование этой энергии. Эффективность монокристаллических панелей, используемых сегодня, оценивается в 15÷18 %.

Мощность солнечных панелей (PV), размещенных на крыше или поверхности зданий, колеблется в пределах 1÷50 кВт, и статистика показывает, что использование солнечных панелей увеличивается на 20÷35% каждый год. По оценкам, с 1980 года затраты снизились примерно на 30%. Однако стоимость киловаттного солнечного элемента колеблется в пределах 3500÷6000 долларов США. Однако стоимость одной и той же электростанции колеблется от 680 долларов для ТЭС, работающих на природном газе, 1450 долларов для угольных электростанций, 1200 долларов для гидроэлектростанций и 1800÷2700 долларов для атомных электростанций. Тот факт, что этот энергетический сектор настолько дорогой, делает его использование еще более трудным, но перспективным.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Андрижевский А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент: Учебное пособие/ Андрижевский А. А., Володин В. И., Минск: Высшая школа, 2005, 240 с.
- [2] Лаврус В.С. Источники энергии К: НиТ, 1997.
- [3] Берман Э. Геотермальная энергия, Москва: Изд. Мир, 1978 г.
- [4] Юдасин Л. С. Энергетика: проблемы и надежды. М: ЮНИТИ.

Исследование и разработка принципов управления каталитическими реакционными аппаратами

Кямилль Аскеров¹, Эльчин Меликов¹

1. Кафедра "Электроника и автоматика", Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: elchin03@mail.ru

Аннотация. На основе всестороннего исследования и анализа особенностей функционирования каталитических реакционных аппаратов, в частности, каталитических реакторов, рассматриваются концептуальные принципы и методы к алгоритмизации, моделированию и оптимальному управлению различными классами нестационарных реакционных аппаратов. При этом в зависимости от имеющейся априорной информации

применимы различные подходы, как детерминированные, стохастические, так и нечеткие.

Ключевые слова: каталитический аппарат, алгоритм оптимизации, нестационарный реактор, управляющие воздействия, технологический процесс, объект управления, критерий управления, активность катализатора, оптимальное управление.

I. ВВЕДЕНИЕ

Тщательный анализ научных и научно-исследовательских публикаций в области исследования производств и технологических установок, содержащими сложные каталитические реакционные аппараты показал, что каталитические реакционные процессы в современной химической и нефтехимической промышленности характеризуются режимами функционирования, при которых, как известно, большое разнообразие протекающих реакций в них сопровождается различной степенью интенсивности отложением веществ на катализаторе, что, естественно, приводит к быстрому и преждевременному падению его активности и избирательности [1].

Следует отметить, что характер изменения активности катализатора (его дезактивация) обычно является случайной величиной и, что весьма существенно и важно, определяется определяющими технологическими параметрами протекающего реакционного процесса. А, именно выбором данных технологических параметров и формируются выходы целевого и промежуточных продуктов.

Из вышеизложенного следует, что в таком случае, очень важным является формулирование математической постановки и решение задачи поиска таких режимных параметров функционирования рассматриваемых каталитических реакционных процессов и желаемой траектории изменения активности используемого катализатора, при котором обеспечивается оптимальное значение выбранного критерия управления (целевой функции) на протяжении определенного периода T и, в то же время, удовлетворяются имеющимся функциональным ограничениям, накладываемым в соответствии с требованиями и заводским регламентом на рабочие режимы работы исследуемых каталитических аппаратов. Вышеуказанные характерные особенности и условия, в свою очередь, и определяют специфику формулируемой постановки задачи и разработанных моделей и алгоритма оптимизации аналогичного класса реакционных процессов в химической и нефтехимической промышленности [2, 3].

II. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Следует отметить, что всестороннее исследование и анализ данной проблемы показал, что задаче поиска оптимальных управлений каталитическими реакторами посвящен целый ряд научных публикаций, в которых рассматривается класс реакционных процессов в нефтехимической промышленности, описываемых многомерной системой нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений:

$$x_i(t) = b_{0i} + \sum_{q=1}^m (b_{iq}U_q + b_{iqq}U_q^2) + \sum_{q=1}^m \sum_{p=1}^{q-1} b_{iqp}U_q U_p \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & + \sum_{k=1}^n (c_{ik}f_k + c_{ik}f_k^2) + \sum_{k=1}^n \sum_{v=0}^{r-1} c_{ikv} f_k f_v + \sum_{k=0}^n \sum_{q=1}^m z_{ikq} U_q f_k \\ \frac{dx_0}{dt} = & \left[b_{0l} + \sum_{q=1}^m (b_{lq}U_q + b_{lqq}U_q^2) \right] + \sum_{q=2}^m \sum_{p=1}^{q-1} b_{lqp}U_q U_p + \\ & + \sum_{k=0}^n (c_{lk}f_k + c_{lk}f_k^2) + \sum_{k=1}^n \sum_{v=1}^{r-1} c_{lkv} f_k f_v + \\ & + \sum_{k=1}^n \sum_{q=0}^m z_{lkq} U_q f_k] z(x_0). \end{aligned} \quad (2)$$

здесь a , b и c – постоянные коэффициенты, x_i – i -ый выход исследуемого каталитического аппарата ($i = 1, 2, \dots, l$), U_q – управляющие воздействия на данный аппарат ($q = 1, m$), f_k – контролируемые возмущения ($k = 1, n$), x_0 – активность катализатора.

Отметим, что уравнение (1) описывает количественную взаимосвязь между выходными переменными каталитического аппарата и его рабочими режимными параметрами. В свою очередь, уравнение (2) воспроизводит взаимосвязь между скоростью падения активности используемого катализатора (скорость дезактивации) и рабочими режимными параметрами исследуемого реакционного аппарата.

Отметим, что обычно процесс оптимального управления рассматривается на интервале (промежутке) времени $(0, T)$, где T – в общем случае является переменной, но в некоторых случаях – постоянной величиной (заданной фиксированной величиной окончания процесса управления технологическим процессом).

Также, на управляющие воздействия в соответствии с технологическим регламентом накладываются ограничения:

$$u_q(t) \in U, q = \overline{1, m}, 0 < t < T, \quad (3)$$

где U – заданная замкнутая область в m -мерном пространстве.

Таким образом, исходя из математической постановки задачи необходимо нахождение такого допустимого вектор-функции управляющих воздействий $u_q(t)$, которая обеспечивает максимум нижевыбранному функционалу:

$$J_1 = \int_0^T x_1(u, x_0, f_k) dt \quad (4)$$

и, в то же время, удовлетворяет соответствующим функциональным ограничениям:

$$J_i = \int_0^T x_i(u, x_0, f_k) dt \leq A \quad (i = 2, 3, \dots, l) \quad (5)$$

Кроме того, конечное условие имеет вид:

$$X_0(T) = X_0T, \quad (6)$$

где J_1 – выход целевого товарного продукта за установленный период времени T , J_i – выход i -го промежуточного (побочного) продукта ($i = 2, 3, \dots, l$), X_{0T} – активность используемого катализатора в момент окончания рассматриваемого технологического процесса T .

Исходя из вышесказанного, для решения задачи оптимального управления одним классом аналогичных нестационарных каталитических реакторов (1) - (6) применим нелинейный метод - принцип максимума Понтрягина.

Но во многих случаях, в химической и нефтехимической технологии широко применяются реакционные аппараты, специфическими особенностями которых являются невозможность контроля физико-химических превращений сырья в каталитическом реакторе, громоздкость кинетических и смешанных моделей, описывающих технологический процесс, связанная со сложным характером распределения скоростей элементарных реакций внутри рассматриваемого аппарата.

Объекты управления такого класса являются многосвязными и многомерными, скорость изменения характеристик процессов затрудняет их текущую идентификацию, и, даже, если это возможно, решение задачи управления таким технологическим объектом в реальном масштабе времени на основе классических и традиционных моделей и методов приводит к резкому усложнению построенной системы управления из-за статической ошибки идентификации. К таким объектам, к примеру, и относится каталитический реактор селективного гидрирования ацетиленпроизводных в пропан-пропиленовой фракции на крупнотоннажном производстве ЭП-300.

Следует отметить, что рассматриваемый каталитический реакционный аппарат представляет собой сложную физико-химическую систему, в которой многофазная, многокомпонентная, в общем случае, неоднородная сплошная среда распределена в пространстве (в пределах рабочего объема контактного аппарата) и меняется во времени, в каждой точке которой и на границе раздела фаз имеет место перенос массы, импульса и энергии. При этом в зависимости от протекающих в данном технологическом аппарате физико-химических превращений из исходного сырья получают необходимые целевые продукты и происходит очистка фракций от микропримесей.

На вход реактора селективного гидрирования ацетиленпроизводных подается пропан-пропиленовая фракция, поступающая из ректификационной колонны, служащей для выделения данной фракции и водород из отделения компремирования, полученный в процессе деметанизации пирогаза. В реакционном пространстве протекают реакция превращения метилацетилена и пропандиена в пропилен и вторичная реакция получения

пропана из пропилена под воздействием водорода.

Выходным продуктом каталитического реактора селективного гидрирования метилацетилена и пропандиена является очищенная ППФ и смесь непрореагировавших реагентов, а именно, водород, сера, окись углерода, метилацетилен и т.д.

Оптимальное ведение рассматриваемого процесса позволяет с одной стороны, значительно уменьшить потери товарного пропилена, с другой стороны оно дает возможность получить на следующих за каталитическим реактором аппаратах товарный пропилен требуемого качества.

Поэтому, с учетом вышеизложенного, задача оптимального управления реактором сводится к стабилизации качества пропан-пропиленовой фракции, которая заключается в поддержании содержания метилацетилена и пропандиена на выходе аппарата $Q_{C_3H_4}^{BXX}$ в заданном согласно технологическому регламенту диапазоне, то есть выбору таких управляющих воздействий, чтобы качество очистки ППФ от микропримеси ацетиленпроизводных удовлетворяло имеющимся регламентным ограничениям:

$$\begin{aligned} \tilde{u}_{1,t} &= \tilde{R}_1(x_1, x_2, \tilde{u}_{1,t-1}) \\ \tilde{u}_{2,t} &= \tilde{R}_2(x_1, x_2, \tilde{u}_{2,t-1}) \\ \underline{\tilde{u}}_{1,t} &\leq \tilde{u}_{1,t} \leq \bar{\tilde{u}}_{1,t} \\ \underline{\tilde{u}}_{2,t} &\leq \tilde{u}_{2,t} \leq \bar{\tilde{u}}_{2,t}, \end{aligned}$$

где $\tilde{u}_{1,t}$ и $\tilde{u}_{2,t}$ – соответственно нечеткие переменные температуры в реакторе селективного гидрирования и отношения содержания водорода к содержанию метилацетилена и пропандиена перед входом в реакционный аппарат в момент времени t , x_1 – расход пропан-пропиленовой фракции на входе, x_2 – содержание ацетиленпроизводных в пропан-пропиленовой фракции на входе в реактор.

Тогда математическую постановку задачи оптимального управления рассматриваемым каталитическим реакционным аппаратом, функционирующим в условиях дефицита информации можно сформулировать в следующем виде:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_1 &= f_1\left(\frac{Q_{H_2}^{BXX}}{Q_{C_3H_4}^{BXX}}, T_{ППФ}^{BXX}\right) \rightarrow \overline{max} \\ 0 \text{ ppm} &\leq y_2 \leq 10 \text{ ppm}, \end{aligned}$$

при этом должны соблюдаться ограничения на режимные переменные

$$\begin{aligned} 114 \text{ }^\circ\text{C} &\leq T_{ППФ}^{BXX} \leq 138 \text{ }^\circ\text{C}, \\ 2 &\leq Q_{H_2}^{BXX}/Q_{C_3H_4}^{BXX} \leq 4,5, \end{aligned}$$

здесь \tilde{y}_1 – содержание пропилена в пропан-пропиленовой фракции (нечеткая переменная), y_2 – содержание ацетиленпроизводных в пропан-пропиленовой фракции, $T_{ППФ}^{BXX}$ – температура пропан-пропиленовой фракции на выходе исследуемого реактора, $Q_{H_2}^{BXX}/Q_{C_3H_4}^{BXX}$ – соответственно содержание водорода и ацетиленпроизводных на входе рассматриваемого

каталитического аппарата.

Таким образом, что из-за неоднородного состава поступающей фракции и неконтролируемых возмущений химический состав выходного продукта, состояние активной поверхности катализатора и температура внутри реактора селективного гидрирования ацетиленпроизводных изменяются во времени, что обуславливает функционирование реакционного аппарата в нестационарном режиме. Ход протекания контактно-каталитического процесса в нестационарных условиях резко усложняется по сравнению с таковым в стационарных условиях. Так, из-за инерционных свойств исследуемого технологического процесса в нестационарном режиме имеют место большие, чем в стационарном режиме, градиенты температур и концентраций на зерне и в слое катализатора, то данное обстоятельство, в свою очередь, приводит к отсутствию пропорциональной зависимости между температурой в реакционном пространстве каталитического аппарата и степенью превращения поступающего сырья, непродолжительному, но большому перегреву у поверхности зерна катализатора с наилучшими условиями обмена; перепады температур между входом и выходом из слоя могут быть в несколько раз больше адиабатического разогрева при полной степени превращения сырья. В результате этого происходит временный дрейф выходных параметров рассматриваемого реактора.

Следует отметить, что оптимальное управление реакционными процессами, происходящими в реакторе селективного гидрирования ацетиленпроизводных в пропан-пропиленовой фракции, позволяет существенно увеличить продолжительность цикла работы катализатора, о чем можно косвенно судить по приращению изменения температуры в каталитическом аппарате.

На основе всестороннего исследования установлено, что для идентификации процесса селективного гидрирования метилацетилена и пропадиена в существующих исследованиях ранее предпочтение отдавалось математическим моделям, основанным на кинетических представлениях каталитических превращений и смешанным моделям, так как для решения задачи оптимального управления реакционным аппаратом осуществлялся поиск надежной модели, описывающей рабочую область в целом и учитывающей падение активности катализатора. Но, в то же время, недостатками вышеизложенного подхода является сложность текущей идентификации уравнений, описывающих физико-химические превращения, затрудняющейся малым временем контакта и неоднородностью распределения основных характеристик состояния в реакционной зоне аппарата (в частности, температуры процесса гидрирования ацетиленпроизводных и активной поверхности катализатора в реакционном аппарате), высокая стоимость, а в некоторых случаях и

невозможность проведения активного эксперимента, трудоемкость построения оптимальных траекторий управления этим процессом и т.д.

В связи со сложностью управления рассматриваемым каталитическим процессом в реальном масштабе времени с использованием классических и традиционных математических моделей и методов, связанной с интегрированием системы дифференциальных уравнений в частных производных с крайними условиями, характеризующихся нелинейностями и требующих достаточно больших затрат машинного времени, с изменением количественных и качественных характеристик сырья и режимных параметров в широком диапазоне, обуславливающих невозможность использования универсальных регрессионных моделей, а также с необходимостью учета характера решения сформулированной задачи оптимального управления в виде задачи стабилизации качества выходного продукта (товарного пропилена и пропана) приводит к необходимости описания исследуемого каталитического реакторного блока технологического комплекса получения товарного пропилена с использованием качественной информации, обобщающей собой опыт, знания и интуицию экспертов-специалистов.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе тщательного исследования особенностей различного класса исследуемых каталитических реакционных аппаратов разработаны концептуальные принципы и подходы к управлению каталитическими реакторами, построенных как на основе традиционных, так и более простых, надежных и универсальных в практической реализации нечетких моделей и алгоритмов управления, в которых математическое описание функционирования рассматриваемых аппаратов осуществляется с использованием как количественной, так и качественной

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Панченков Г.М. Каталитические и радиационно-химические процессы нефтепереработки и нефтехимии. М.: Химия, 1982, 152 с.
- [2] Ancheyta J. Modelling and Simulation of catalytic reactors for petroleum refining. Hoboken: Wiley, 2011, 528 p.
- [3] Валиева Ю.А., Мустафина С.А., Спивак С.И. Оптимизация каталитических процессов на основе принципа максимума Понтрягина. Вестник Башкирского Университета, 2004, №4, с. 3-6.

Концепция автоматизации системы водоснабжения города Горадиза

Тамелла Магеррамова¹, Махаммад Зейналлы¹

1. Кафедра “Электроника и автоматика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: tamellatm@gmail.com

Аннотация. Обеспечение водой жилых или нежилых строений - вопрос чрезвычайно сложный, но очень важный. В то же время, если система водоснабжения неисправная, то это, в свою очередь, источник дискомфорта и немалых дополнительных затрат. Несомненно, современные системы водоснабжения стали более надежными и эффективными в результате применения электронных технических средств. Однако это, в свою очередь, требует более чуткого и профессионального подхода к системе. Основная цель автоматизации системы водоснабжения – это обеспечить население города Горадиз бесперебойной питьевой водой. Для достижения этой глобальной цели, необходимо обеспечить выполнение следующих подцелей: контроль уровня воды в резервуарах, обеспечение оптимальной работы насосов, электрических клапанов, пультов управления и устройств связи.

Ключевые слова: автоматизированные системы, SCADA, научные инновации, системное программирование, база данных, система водоснабжения, технические средства, автоматическое управление.

I. ВВЕДЕНИЕ

Как известно, в настоящее время системы SCADA широко используются в промышленности, коммунальном хозяйстве, производстве и т. д. Это одна из самых распространенных и развивающихся систем в различных областях экономики. В то время, все сводится к развитию электроники, автоматизации и виртуализации, такие же быстрые темпы роста наблюдаются и в промышленном менеджменте.

Установка систем SCADA осуществляется в 7 этапов: выбор стандартов (SCADA System Standarts), проектирование (Design), системное программирование (System Development), обеспечение сборки оборудования (Hardware Build Fabrication), установка (Installation), проверка и ввод в эксплуатацию (Comissioning) и управление (Operate). Последовательность установки SCADA-систем, обнаружение и устранение возникающих конфликтов, обеспечение удобного управления для операторов стали возможны на основе последовательного внедрения научных инноваций [1-3].

Способность взаимодействовать с системами машинного обучения - одна из самых актуальных и малоизученных областей систем диспетчерского управления и сбора данных. Поскольку знания, полученные с помощью системы SCADA централизованы в виде базы данных, она позволяет выполнять различные операции над этими данными. Из-за повторяющихся процессов, на основе зависимости одного параметра от другого, возможна также стохастическая аппроксимация остальных параметров.

Возникает вопрос: “Почему именно SCADA или

автоматизированная система?” Известно, что аббревиатура SCADA означает по-английски Supervisory Control and Data Acquisition, что по-русски расшифровывается как диспетчерское управление (управление оператором) и сбор данных. Как следует из названия, система SCADA, в основном, осуществляет свою деятельность в двух направлениях: управление и сбор данных. Чтобы прояснить важность и необходимость систем SCADA для всего человеческого общества, рассмотрим, как осуществлялись две вышеперечисленные функции до того, как были созданы данные системы. Рассмотрим на примере исследуемой области - системы водоснабжения.

II. ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Государственные отделы водоснабжения контролируют правильное распределение воды, а также счетчики в основных магистральных трубопроводах, входы и выходы резервуаров, входы и выходы водораспределительных и насосных станций, давление в трубопроводе и барометры для предотвращения утечек воды в некоторых местах. Для определения уровня в резервуарах устанавливаются уровнемеры, а анализаторы используются для измерения качества воды, остатков хлора и мутности воды.

Следует отметить, что до появления рассматриваемых систем SCADA весь процесс был следующим: нанимались операторы и метрологи на резервуары, водораспределительные и насосные станции, и эти рабочие записывали инструкции всех полевых устройств в течение определенного периода времени и отправляли их в центральный офис по радио или телефону. В центральном офисе проверялась и подтверждалась вся информация. Операторы управляли исполнительными механизмами (клапанами, водяными насосами, различные устройства и т. д.) в соответствии с имеющимися на производстве инструкциями этих устройств.

После создания SCADA-систем процесс сбора данных и управления всевозможными процессами выглядел следующим образом: устройства с механическими инструкциями были заменены электро-аналоговыми и цифровыми устройствами вывода, что повысило точность измерений и значительно снизило количество случайных ошибок, что позволяло осуществлять контроль в реальном времени. Человеческий труд был минимизирован за счет замены механических клапанов на электрические моторные клапаны. Поскольку данные обрабатывались

автоматически, это позволяло в короткие сроки фиксировать естественные или искусственные утечки воды в трубопроводах. Сравнивая вышеперечисленное и учитывая, что здесь отражены лишь некоторые из его преимуществ, можно быть уверенным в том, насколько удобны и одновременно надежны данные системы.

Как известно, город Горадиз снабжается питьевой водой из артезианских скважин. Артезианские воды различаются в зависимости от ее глубины бурения. Поскольку глубина разработки этих артезианских скважин находится в пределах 80-120 м, считается целесообразным использовать их в качестве питьевой воды в повседневной жизни. Чтобы обеспечить город постоянной водой, конечно, необходимо пробурить не одну, а несколько артезианских скважин. Оптимальное распределение насосов на глубине 100 метров, контроль уровня в промежуточном резервуаре, организация попеременной работы насосов в зависимости от количества воды, необходимого на насосной станции, контроль уровня в основном резервуаре, контроль состава воды являются основными задачами SCADA для Горадизского водопровода.

Система снабжения города Горадиза питьевой водой состоит из 5-ти артезианских насосов и 2-х резервуаров. Вода, закачанная из 5-ти артезианских скважин в первый (вспомогательный) резервуар, после достижения определенного уровня перекачивается в основной резервуар. Здесь вода, накопленная на заданном уровне, обрабатывается и передается в город. На 5-м артезианском участке расположены 5 артезианских скважин на расстоянии 350 метров друг от друга, а также промежуточный резервуар и насосная станция.

Логично, что основные склады расположены на самой высокой точке города. Например, поскольку Баку - относительно равнинный район, здесь имеется более 20 насосных станций, чтобы обеспечить город постоянной водой. Благодаря общей высокой точке в городе Горадиз, удалось снизить затраты на электроэнергию, разместив там склад. Это центральные панели управления поставкой оборудования, предназначенные для поддержания стабильного уровня на складе. Панель управления подключается ко всем устройствам в системе, питая их и управляя ими. Панели управления размещены в панельных рамах из различных материалов с учетом условий окружающей среды. Для установки системы SCADA собрано 6 управляющих панелей, в том числе одна в клапанной камере для управления поступлением и отводом воды из основного резервуара, одна в насосной станции для управления насосами, промежуточным резервуаром и 5-м артезианским участком, а для управления остальными 4-мя артезианскими скважинами соответственно установлены четыре панели. Основное назначение панелей - обеспечить как удаленное, так и локальное управление, оптимальную работу устройств и безопасность всей системы в целом. При создании автоматизированного управления этой системой будут учтены следующие особенности:

- система водоснабжения должна состоять из двух частей; в первой части следует откачивать воду из

артезианских скважин, во второй - воду из артезианских скважин собирать в общий резервуар;

- уровень воды в хранилище должен поддерживаться в соответствии с заданным значением. Таким образом, в зависимости от того, насколько уровень воды ниже заданного значения, необходимо определить количество артезианских скважин, которые будут эксплуатироваться;

- при запуске от пяти артезианских насосов должен запускаться насос с наименьшим временем работы;

- необходимо создание единой системы управления всеми артезианскими насосами и резервуарами;

- должна быть обеспечена отправка ежедневных, еженедельных и ежемесячных отчетов в заранее определенное место с использованием расходомеров на линии выхода из водохранилища в город;

- уровень воды в резервуарах должен контролироваться, должны быть определены операции, выполняемые на нижнем и верхнем пределах уровня;

- состав подаваемой в город воды должен быть проверен, очищен от вредных для человеческого организма веществ.

Следует отметить, что в рассматриваемом технологическом процессе водоснабжения города Горадиз выделяем 4 основных параметра: уровень, давление, расход и плотность.

При этом, при выборе соответствующего и эффективного комплекса технических средств для исследуемого технологического процесса следует обратить внимание на некоторые важные параметры. Это, прежде всего, пределы измерений используемых технических средств, классы точности, выносливость, работоспособность в опасных условиях и т. д. При этом, следует обратить внимание, что в перспективе будут затронуты вопросы, которые необходимо учитывать при выборе комплекса технических средств в проекте по сборке автоматизированной системы снабжения питьевой водой города Горадиза и обеспечения создания надежной системы.

Следовательно, концепцию и сущность предлагаемого подхода можно отразить в нижеследующих принципах:

- предлагаемая система управления имеет возможность функционировать в 3-х основных режимах: прямое локальное управление (классическая модель), ручное компьютерное управление (управление осуществляется из одного центра, но весь процесс контролируется оператором) и автоматическое управление;

- организация оптимального функционирования установок: обеспечение попеременной работы артезианских насосов и насосов, перекачивающих воду из промежуточного резервуара в основной резервуар, что удалось достичь большей долговечности установок;

- удобное управление: если операторам ранее приходилось управлять системой, преодолевая в среднем 3-4 километра в день, теперь они достигли более удобного и надежного управления с помощью единого централизованного управления;

- экономия: если до установок предлагаемой системы водоснабжения вода сбрасывалась в линию отвода с определенной интенсивностью, то теперь потери воды

предотвращены за счет более гибкого управления.

III. ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе всестороннего исследования и анализа состояния существующей системы водоснабжения города Горадиза и с учетом ее характерных особенностей предложены концепция и основные принципы автоматизации системы управления исследуемым технологическим процессом с учетом современных требований. Кроме того, выбраны и обоснованы соответствующие современные технические средства для рассматриваемого технологического процесса, в том числе, интеллектуальные и современные электронные технические приборы, показаны ряд преимуществ этих приборов, области применения, пределы их измерений и т. д. В настоящее время процесс водоснабжения в городе Горадиз полностью автоматически управляется посредством системы

SCADA, которая поддерживая уровень воды в резервуарах на заданном уровне (в заданных пределах), круглосуточно обеспечивает население города питьевой водой.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Рульнов А.А., Евстафьев К.Ю. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. Учебник. Издательство “ИНФРА-М”, 2019, 192 с.
- [2] Зуев К.И. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения, г. Владимир, Издательство Владимирского Государственного Университета, 2016, 224 с.
- [3] Bruchanov V.A. Methods of improving the accuracy of measurements in industry. M.: Publishing House of Standards, 1999. 108 p.

Алгоритмизация оптимизации системы управления процессом первичной переработки нефти

Эльчин Меликов¹, Натига Магеррамова¹

1. Кафедра “Электроника и автоматика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: elchin03@mail.ru

Аннотация. На основе всестороннего исследования и анализа особенностей функционирования установки первичной переработки нефти рассмотрены принципы алгоритмизации оптимального управления процессами, протекающими на данной технологической установке. При этом, исходя из знаний, опыта, интуиции экспертов и исследования технологии сложного процесса, выявлены внутренние связи между входными, режимными и выходными параметрами исследуемого объекта управления, позволяющими построить алгоритм нечеткой оптимизации управления исследуемым процессом.

Ключевые слова: алгоритм оптимизации, технологическая установка, первичная переработка, технологический процесс, объект управления, лингвистическая переменная, функция принадлежности, нечеткая оптимизация, матрица отношений, цель управления.

I. ВВЕДЕНИЕ

Исходя из опыта исследования аналогичных технологических установок, управление которой осуществлялось как на основе нелинейных моделей, так и различных декомпозиционных подходов, обеспечивающих недостаточную эффективность в управлении исследуемыми технологическими процессами, становится актуальной разработка принципов алгоритмизации оптимизации систем

управления подобными комплексами, учитывающих ряд неформализуемых или трудноформализуемых требований, таких, например, как технологичность последующих процессов, состояние технологических агрегатов и т.д. [1-3].

Таким образом, для повышения точности, надежности и эффективности поставленной цели управления, учитывая достаточно высокий уровень сложности описания технологического комплекса, решается задача алгоритмизации оптимального функционирования системы управления комплексом на основе разработки его нечеткой модели.

Для разработки принципов алгоритмизации оптимизации системы управления установкой первичной переработки нефти с нечеткой моделью, в первую очередь определяются так называемые “горячие точки”, содержащие наиболее емкую информацию о состоянии рассматриваемого объекта управления, позволяющими управлять по ним всем технологическим комплексом в целом.

При разработке нечеткой автоматизированной системы управления, последняя представляется как комбинированный регулятор, работающая как по возмущению, так и по отклонению. Тогда, очевидно, стратегия управления исследуемым технологическим

комплексом, реализованная в регуляторе, формализуется в виде таблицы лингвистических решающих правил управления, на основе формального опыта и знаний экспертов.

Следует отметить, что одним из важных особенностей при решении задач подобного рода, является обязательный учет необходимости коррекции, точнее адаптации системы управления в условиях широкого диапазона изменения внешних и внутренних ситуаций на технологической установке.

Именно, с учетом вышеупомянутых характерных особенностей аналогичного класса задач, рассмотрим ниже основные принципы построения размытой (логико-лингвистической) модели и этапы разработанного алгоритма нечеткой оптимизации функционирования технологического комплекса, включающего в себя также этапы вычисления влияния управляющих переменных на процесс модификации построенных решающих правил.

II. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

На предварительном, первом этапе алгоритма формируются и описываются текущие ситуации, возникающие на рассматриваемом технологическом объекте управления. С этой целью устанавливаются основные и значимые входные и выходные переменные исследуемого объекта управления. При этом, здесь под значимостью выбранных переменных следует понимать обеспечение системы необходимым количеством информации для оптимального управления данным объектом и наиболее сильно влияющими и зависящими друг от друга.

Далее, для каждого выбранного параметра необходимо формирование лингвистической переменной и соответственно этому, так называемое терм-множество состояний этих переменных.

Для построения требующихся терм-множеств состояний переменных необходимо произвести квантование области изменения соответствующих параметров на определенные уровни, каждому из которых соответствует определенный терм. В свою очередь, каждому такому терму соответствует нечеткое множество, которое определяется соответствующей функцией принадлежности на соответствующем ей уровне квантования.

Таким образом, в результате тщательного исследования и анализа функционирования исследуемой установки первичной переработки нефти типа ЭЛОУ-АВТ, установлены, что наиболее информативными и значимыми технологическими переменными, необходимыми для достаточно эффективного управления данным сложным комплексом являются:

- расход нефти на установку;
- начальная температура исходной нефти;
- удельный вес исходной нефти;
- температура верха колонны К-1;
- температура верха колонны К-2;
- температура начала кипения бензина;

- температура конца кипения бензина;
- температура начала кипения керосина;
- температура выкипания 50% керосина;
- температура конца кипения керосина.

Тогда, в соответствии с выбранными выше наиболее значимыми технологическими параметрами рассматриваемого объекта управления, сформируем лингвистические переменные и соответствующие им терм-множества, необходимые при построении его логико-лингвистической модели. Обозначим лингвистические переменные следующим образом: $F_{неф}^{вх}$ (расход нефти на установку), $T_{исх.неф}^{нач}$ (начальная температура исходной нефти), $\gamma_{исх.неф}$ (удельный вес исходной нефти), $T_{К-1}^{верха}$ (температура верха колонны К-1), $T_{К-2}^{верха}$ (температура верха колонны К-2), $T_{бенз}^{нк}$ (температура начала кипения бензина), $T_{бенз}^{кк}$ (температура конца кипения бензина), $T_{кер}^{нк}$ (температура начала кипения керосина), $T_{бенз}^{вык.50\%}$ (температура выкипания 50% керосина), $T_{бенз}^{нк}$ (температура конца кипения керосина).

На втором этапе алгоритма, на основе имеющейся информации и в соответствии с поступающей с объекта управления текущей информацией, используя сформированные терм-множества выбранных лингвистических переменных, для входных и выходных параметров, необходимо дать как можно более полное описание всех возможных ситуаций в виде логических правил вида: if A then B (A и B – соответственно входная и выходная лингвистические переменные), то есть построить так называемую лингвистическую таблицу правил для нашего случая. При этом, каждое логическое правило вывода в построенной лингвистической таблице правил определяет одно из состояний рассматриваемого объекта управления. Такое соответствие можно представить в виде нечеткого отображения: $\tilde{f}: A \rightarrow B$, причем это отображение должно быть взаимно однозначно определено, в противном случае принятое решение может оказаться неоднозначно определенным.

Таким образом, в результате тщательного изучения и анализа особенностей исследуемого технологического процесса построена логико-лингвистическая модель процесса, в основу которой положен так называемый принцип обратной связи. Тогда, за входные параметры принимаются: $T_{бенз}^{нк}$, $T_{бенз}^{кк}$, $T_{кер}^{нк}$, $T_{бенз}^{вык.50\%}$, $T_{бенз}^{нк}$, а за выходные параметры - $F_{неф}^{вх}$, $T_{исх.неф}^{нач}$, $\gamma_{исх.неф}$, $T_{К-1}^{верха}$, $T_{К-2}^{верха}$.

Построенная логико-лингвистическая модель рассматриваемого процесса основывается на задании лингвистических правил или нечеткого отображения:

$$\tilde{f}_j: T_{бенз}^{нк} \times T_{бенз}^{кк} \times T_{кер}^{нк} \times T_{бенз}^{вык.50\%} \times T_{бенз}^{нк} \rightarrow F_{неф}^{вх} \times T_{исх.неф}^{нач} \times \gamma_{исх.неф} \times T_{К-1}^{верха} \times T_{К-2}^{верха}$$

Известно, что при реализации алгоритма нечетких множеств в случае большого количества параметров возникают серьезные трудности, связанные с многомерностью матрицы нечетких отношений. Именно, поэтому при исследовании исследуемого процесса большое внимание уделялось выявлению внутренних

связей между входными и выходными параметрами. Вследствие этого удалось добиться декомпозиции с необходимой точностью одного многомерного нечеткого отображения в несколько эквивалентных ему одномерных нечетких отображений, что, в свою очередь, значительно упростило реализацию алгоритма нечеткой оптимизации, сводя его к нескольким более простым алгоритмам.

В результате найденных соответствий внутри построенной системы между входными и выходными параметрами стало возможным декомпонировать имеющееся многомерное нечеткое отображение в одномерные нечеткие отображения.

Следует отметить, что, в свою очередь, декомпозиция нечеткого отображения позволяет заменить, в данном случае, построение одной пятимерной матрицы нечетких отношений пятью двумерными матрицами отношений, что облегчает реализацию предлагаемого алгоритма оптимального управления рассматриваемым процессом первичной переработки нефти.

На третьем этапе алгоритма строятся нечеткие матрицы отношений, учитывая, что каждое из нечетких отображений \tilde{f}_j , задающееся матрицей нечетких отношений \tilde{M}_i^l определяется тремя нечеткими матрицами, каждая из которых соответствует определенному правилу в построенной лингвистической таблице правил.

Эти нечеткие матрицы отношений строятся по следующей зависимости:

$$\tilde{M}_i^l = \int (\mu^j(x) \wedge \eta^i(y)), i = \overline{1,5}, j = \overline{1,3}$$

Далее для определения подмножества нечетких решений на основе полученных нечетких матриц отношений строится:

$$\tilde{M}^i = \bigcup_{l=1}^3 \tilde{M}_i^l \quad i = \overline{1,5}$$

Здесь используется композиционное правило вывода вида:

$$\eta(y) = \vee (\mu^j(x) \wedge \tilde{f}(x, y)),$$

где $\tilde{f}(x, y)$ – произвольное нечеткое отображение.

На четвертом шаге предлагаемого алгоритма оптимизации производится выбор из нечеткого множества конкретных числовых значений, которые принимаются за решения и подаются на исследуемый объект управления в качестве оптимальных управляющих воздействий. С этой целью из множества значений y_i необходимо выбрать те оптимальные значения y_i^* , для

которых имеет место выражение вида:

$$y_i^* = \arg \sup_{y_i} \eta_i^*(y_i), \overline{1,5}.$$

На последнем этапе разработанного алгоритма, учитывая, что математические модели и системы управления сложными объектами подвергаются всевозможным изменениям, поэтому необходимо на базе поступающей с объекта управления информации корректировать описание состояния рассматриваемого объекта при изменении текущей ситуации или же технологические параметры разработанной математической модели объекта. Причем, следует отметить, что эта коррекция (адаптация) происходит до тех пор, пока разработанная математическая модель не станет адекватной исследуемому объекту управления.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение алгоритма нечеткой оптимизации для системы управления сложным комплексом первичной переработки нефти и анализ ее эксплуатации показали, что с его помощью достигаются более надежные и оптимальные режимы функционирования установки. Полученная нечеткая система управления по сравнению с существующей системой оптимального управления дает более реальные и надежные технологические режимы.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Efendiev I. R., Khanbutaeva N. A., Melikov E. A., Guseinov I. A. Models and Algorithms for a Multilevel Control Systems of Primary Oil Refinery Installations. Journal of Computer and Systems Sciences International, Pleiades Publishing, 2012, Vol. 51, No. 1, pp. 138-146.
- [2] Меликов Э. А., Ханбутаева Н. А. Разработка оптимальной автоматической системы управления установкой ЭЛОУ-АВТ-6. Материалы Международной научно-практической конференции «НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКА-2011», Уфа, с. 262-263.
- [3] Эфендиев И. Р., Гусейнов И. А., Меликов Э. А., Ханбутаева Н. А. Моделирование и алгоритмизация оптимального управления технологическими процессами первичной переработки нефти. Украинский научно-технический журнал «Вопросы химии и химической технологии», Днепропетровск-2011, №2, с. 188-194.

Моделирование и оптимизации процесса нагрева гудрона

Тамелла Магеррамова¹, Ширинназ Нуруллахова¹

1. Кафедра “Электроника и автоматика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: tamellatm@gmail.com

Аннотация. На основе всестороннего исследования и анализа особенностей функционирования технологического процесса нагрева гудрона рассмотрены основная концепция моделирования и оптимального управления ректификационной колонной с целью получения легкого газойля на выходе аппарата. Для этого, выявлены существенные внутренние связи между входными, режимными и выходными параметрами исследуемого объекта управления, позволяющими построить эффективную математическую модель объекта управления и оптимальные режимные параметры исследуемого технологического процесса.

Ключевые слова: технологический процесс, объект управления, нагрев гудрона, экспериментально-статистическое моделирование, ректификационная колонна, оптимальное управление, переработка нефти, задача оптимизации, легкий газойль.

I. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что для достижения поставленных определенных целей в повседневной жизни приходится сталкиваться с необходимостью выполнять различные действия и операции. Банки, образовательные и научные учреждения, а также большое разнообразие различных технологических объектов не могут эффективно и нормально функционировать без использования соответствующих автоматических систем управления [1].

Управление такими сложными объектами заключается, прежде всего в том, чтобы осуществлять эффективный переход их из одного состояния в другое. Этим и занимается наука кибернетика, представляющая собой, как известно, совокупность научных принципов, положений и законов, осуществляющих управление различными типами объектов.

В свою очередь, объект управления – это, как известно, объект, на котором осуществляется процесс управления. Для выполнения этого процесса необходим элемент управления и он основан на обмене между управляющей частью и объектом управления. Именно, данный объект управления с управляющей частью образует систему управления.

Ниже рассмотрим принципы моделирования и управления на примере процесса нагрева гудрона и получения легкого газойля на выходе ректификационной колонны установки первичной переработки нефти.

Известно, что моделирование – это исследование различных объектов познания на их моделях, а также построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания

явлений, интересующих исследователей.

Современная промышленность на сегодняшний день не могут существовать вне компьютерного моделирования, особенно когда окончательное решение не может быть достигнуто путем физического эксперимента по причине значительных финансовых и временных затрат.

Наиболее эффективным и наиболее часто используемым средством при решении конкретных задач оказалось экспериментально-статистическое моделирование – совокупность представлений, методов и алгоритмов, которая связывает математическое планирование эксперимента, регрессионный анализ и другие средства прикладной статистики с содержательным анализом получаемых экспериментально-статистических моделей.

Это обусловлено прежде всего тем, что статистические методы позволяют как на стадии разработки процессов, так и при эксплуатации получить даже при низком уровне теоретических знаний о механизме процесса его математическую модель, включающую все существенные переменные.

Но следует понимать, что успех экспериментального моделирования с моделью системы существенным образом зависит от правильного решения вопросов обработки и последующего анализа и интерпретации результатов моделирования. Особенно важно решить проблему текущей обработки экспериментальной информации при использовании модели для целей автоматизации проектирования аналогичных систем управления [2, 3].

II. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Прежде всего, рассмотрим исследуемую ректификационную колонну как объект моделирования, выделив в нем основные наблюдаемые и фиксируемые входные переменные (X_1, X_2, X_3 и X_4), являющиеся независимыми переменными, но наиболее сильно влияющие и тесно связанные с выбранной выходной переменной Y , являющейся, в свою очередь, зависимой переменной (рис. 1).

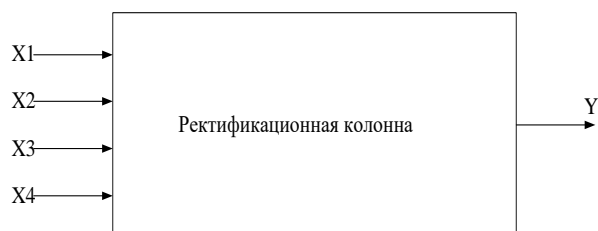


Рис. 1. Ректификационная колонна как объект моделирования

На основе всестороннего и тщательного исследования и анализа характерных особенностей исследуемого технологического, проекающего в ректификационной колонне на установке первичной переработки нефти и собранного в результате пассивного эксперимента первичных статистических данных, представляющих собой численные значения основных входов и выхода, наиболее сильно влияющих друг на друга (таблица 1.)

Таблица 1. Первичные статистические данные

X_1	X_2	X_3	X_4	Y
1060	3,8	220	30	550
1061	3,81	222	55	553
1065	3,9	235	43	555
1066	3,85	226	35	553
1068	4,1	245	46	555
1069	3,92	247	47	563
1068	3,83	237	33	573
1069	4,18	250	48	577
1068	3,98	245	58	561
1067	3,82	244	59	563
1066	3,88	237	70	566
1070	4,1	239	67	551
1069	4,15	224	65	558
1068	4,18	228	38	569
1066	4,17	246	39	560
1066	3,8	247	40	578
1065	3,9	248	67	556
1061	4,19	229	66	577
1070	4,2	250	70	578

Здесь X_1 – расход сырья, поступающей в ректификационную колонну, X_2 – давление в колонне, X_3 – температура в тарелке, где получают легкий газойль, X_4 – уровень тарелки, Y – выход легкого газойля.

В соответствии с заводским регламентом сформулируем ограничительные неравенства для управляющих и входных параметров математической модели следующим образом:

$$\begin{aligned}
 1060 \leq X_1 \leq 1070 \\
 3,8 \leq X_2 \leq 4,2 \\
 220 \leq X_3 \leq 250 \\
 30 \leq X_4 \leq 70 \\
 550 \leq Y \leq 578
 \end{aligned} \quad (1)$$

Математическую модель рассматриваемой ректификационной колонны представим в форме уравнения линейной регрессии нижеследующего вида:

$$Y = S_0 + S_1X_1 + S_2X_2 + S_3X_3 + S_4X_4 = \sum_{i=1}^4 S_iX_i \quad (2)$$

В представленном уравнении неизвестны коэффициенты уравнения регрессии (2), поиск которых осуществляем, используя программу Excel. Применяв программу Excel получаем распечатку, где вычисленные коэффициенты уравнения линейной регрессии располагаются в нижней части таблицы 2.

Таблица 2. Нахождение коэффициентов модели

X_1	X_2	X_3	X_4	Y
1060	3,8	220	30	550
1061	3,81	222	55	553
1065	3,9	235	43	555
1066	3,85	226	35	553
1068	4,1	245	46	555
1069	3,92	247	47	563
1068	3,83	237	33	573
1069	4,18	250	48	577
1068	3,98	245	58	561
1067	3,82	244	59	563
1066	3,88	237	70	566
1070	4,1	239	67	551
1069	4,15	224	65	558
1068	4,18	228	38	569
1066	4,17	246	39	560
1066	3,8	247	40	578
1065	3,9	248	67	556
1061	4,19	229	66	577
1070	4,2	250	70	578
-0,04143	0,383625	23,60828	0,017558	362,3879
0,161202	0,203662	13,4707	0,0101161	66,73372
0,426739	8,500651	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
2,605421	14	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

Как видно из данной таблицы, найденные коэффициенты уравнения (2):

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 379,9 \\
 S_1 &= 0,01 \\
 S_2 &= 22,36 \\
 S_3 &= 0,33 \\
 S_4 &= -0,06
 \end{aligned}$$

Далее полученные числовые значения этих коэффициентов подставляем в уравнение (1) и, окончательно, выводим линейную математическую модель рассматриваемой ректификационной колонны в виде:

$$Y = 379,9 + 0,01X_1 + 22,36 X_2 + 0,33X_3 - 0,06X_4 \quad (3)$$

Поскольку построена математическая модель ректификационной колонны (3), используя ее и ограничительные уравнения (1) на выбранные параметры в сформулированной постановке задачи оптимизации исследуемым объектом управления найдем ее оптимальные базисные значения параметров и оптимальное значение функции цели.

Поэтому основным условием успешной реализации задачи оптимизации исследуемым объектом управления является точное определение функции цели и ограничений задачи на данном этапе. Для этого воспользуемся программой Mathcad. Распечатка и результаты решения задачи оптимизации приведены на рис.2.

s0:=379.9
s1:=0.01
s2:=22.36
s3:=0.33
s4:=-0.06

$f(x_1, x_2, x_3, x_4) := s_0 + s_1 \cdot x_1 + s_2 \cdot x_2 + s_3 \cdot x_3 + s_4 \cdot x_4$

x1:=1066
x2:=0.01
x3:=246
x4:=-0.06

Given

$1060 \leq x_1 \leq 1070$
 $3.8 \leq x_2 \leq 4.2$
 $220 \leq x_3 \leq 250$
 $30 \leq x_4 \leq 70$

p:=Maximize(f, x1, x2, x3, x4)

$$p = \begin{pmatrix} 1.07 \times 10^3 \\ 4.2 \\ 250 \\ 30 \end{pmatrix}$$

$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = 562.64$

Рис. 2. Распечатка решения задачи оптимизации на Mathcad

Ниже представлена таблица 3, где приведены как реальные значения входных и выходных параметров исследуемого технологического процесса, так и,

полученные в результате решения задачи оптимизации рассматриваемого процесса, их оптимальные значения.

Таблица 3. Сравнение результатов реальных и оптимальных значений параметров

№	Технологические параметры	Реальные значения параметров	Оптимальные значения параметров
1	Расход сырья	1069	1070
2	Давление в колонне	4.28	4.2
3	Температура в тарелке, где получают легкий газойль	250	250
4	Уровень тарелки, где получают легкий газойль	48	30
5	Выход легкого газойля	557	562.641

III. ВЫВОДЫ

Исходя из таблицы 3, следует, что практически при аналогичных значениях входных параметров ректификационной колонны, выход легкого газойля при решении задачи оптимизации получается больше, чем в реальной ситуации эксплуатации исследуемого технологического аппарата.

Следовательно, предлагаемая вышеприведенная концепция и принципы моделирования и оптимального управления рассматриваемой ректификационной колонной всесторонне характеризует эффективность функционирования исследуемого технологического аппарата в общей структуре установки первичной переработки нефти и обеспечивает в реалии оптимальные режимы работы рассматриваемого объекта управления в целом.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Ибрагимов И. А., Эфендиев И. Р. Методы оптимального управления нефтехимическими технологическими процессами. Теория и применения. Баку, 1977, "ЭЛИМ", 287 с.
- [2] Richard C. Dorf and Robert H. Bishop "Modern Control Systems" 10th Edition, 2018, 256 p.
- [3] Эфендиев И. Р., Гусейнов И. А., Меликов Э. А., Ханбутаева Н. А. Моделирование и алгоритмизация оптимального управления технологическими процессами первичной переработки нефти. Украинский научно-технический журнал "Вопросы химии и химической технологии", Днепропетровск – 2011, №2, с. 188-194.

Задача оптимизации функционирования установки каталитического риформинга

Эльчин Меликов¹, Кянан Рагимли¹

1. Кафедра “Электроника и автоматика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: elchin03@mail.ru

Аннотация. Всесторонне исследованы технологические процессы, протекающие в технологической установке каталитического риформинга.

В процессе исследования выявлено, что при решении поставленной задачи управления рассматриваемой установкой главным является выбор критерия оптимальности. Причем выбор критерия оптимизации функционирования данной установки должен рассматриваться как с технологической, так и с экономической точек зрения. Для решения исследуемой задачи предлагается метод определения идеальной точки в нормированном критериальном пространстве, то есть Парето-оптимальное решение, которое обеспечит максимальную близость выбранных критериев к их наилучшим значениям.

Ключевые слова: технологическая установка, каталитический риформинг, задача оптимизации, критерий управления, алгоритм решения, математическая модель, принцип оптимальности, целевая функция, критериальное пространство.

I. ВВЕДЕНИЕ

Существует множество научных исследований, связанных с разработками различных методов и подходов к моделированию, алгоритмизации и управлению сложными технологическими процессами, протекающими на установке каталитического риформинга [1-3].

Известно, что управление любым технологическим объектом связано с выбором допустимых управлений и, в соответствии с целью управления, для формулировки задачи оптимального управления данным исследуемым объектом необходимо определить критерий качества управления. Одним словом, необходимо определить некоторый функционал $J(u)$, ставящий в соответствие любому допустимому управлению некоторое число, характеризующее качество этого управления, относительно выбранного функционала. Функционал J , в свою очередь, есть отображение множества допустимых управлений на действительную прямую:

$$J: W \rightarrow E_i$$

где W - функциональное множество допустимых управлений.

Критериями качества оптимального управления для рассматриваемой технологической установки каталитического риформинга на основе всестороннего исследования выбраны: максимизация выхода целевого продукта с заданным октановым числом (платформата) и минимизация расхода энергетических затрат.

Выбор этих критериев основан на исследовании

процесса с технологической и экономической точек зрения. Увеличение выхода платформата вполне естественно, так как это является целью работы установки. Исследования показали, что более всего этот критерий определяет: расход сырья, его удельный вес, температуры реакционных зон. Но преследование этой цели приведет к увеличению расхода топлива, причем не в пропорциональных количествах. Поэтому возникает необходимость минимизации расхода жидкого топлива - как дорогостоящего компонента в сумме экономических затрат.

Таким образом, встает задача управления по двум критериям, что, как видно из сказанного выше, наиболее отвечает реальности, чем управление по одному критерию.

Имеются следующие подходы к решению задачи векторной оптимизации: оптимизация в соответствии с иерархической последовательностью критериев качества, определение множества не улучшаемых точек, определение решения, основанного на том или ином виде компромисса.

Чтобы выбрать тот или иной метод, необходимо решить три принципиальные проблемы:

выбор принципа оптимальности, определяющего правило оптимального решения с учетом оценки его качества по всем рассматриваемым критериям;

выбор принципа нормализации единому масштабу измерения и позволяющего отдавать предпочтение более важным критериям;

выбор принципа учета приоритета, позволяющего отдавать предпочтение более важным критериям.

Учитывая природу выбранных критериев качества и специфику объектов управления, видно, что критерии невозможно расположить в один ряд по степени важности. Затруднительно и определение весовых коэффициентов. Этим объясняется и то, что критерии невозможно объединить в один глобальный критерий для решения задачи оптимального управления.

Исходя из вышесказанного, необходимо поставленную задачу оптимального управления решать методом определения идеальной точки в нормированном критериальном пространстве.

Рассмотрим сущность предлагаемого метода решения поставленной задачи.

II. СУЩНОСТЬ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

С помощью предлагаемого метода имеется

возможность получить Парето-оптимальное решение, которое обеспечит максимальную близость выбранных критериев к их наилучшим значениям.

Рассмотрим сущность данного метода, которая заключается в следующем.

Для выбранных критериев $F_i(x)$, при имеющихся $Y_{\bar{x}} \leq H$ (если имеются функциональные ограничения, то они должны быть выпуклыми функциями) определяются решения \bar{Y}_i , которые обеспечивают целевым функциям супремумы:

$$F_i(\bar{y}_j) = Q_i \quad (1)$$

Следующий этап - нормирование критериального пространства:

$$S_i(\bar{x}) = \frac{Q_i - F_i}{Q_i} = 1 - \frac{F_i(x)}{Q_i} \quad (2)$$

Очевидно, что координаты несуществующей идеальной точки, в которой функции цели одновременно достигают своих наилучших значений, можно определить из нижеследующего условия:

$$S_i(x) = 0 \quad (3)$$

Таким образом, необходимо найти точку, которая будет максимально приближена по координатам к несовместимой системе (3). Для этого можно представить совокупность отклонений вектора $S_i(x)$ в виде вектора S и потребовать его минимизации:

$$\min_x S^2(x) \quad (4)$$

Решаемая задача будет выпуклой задачей нелинейного программирования. Для определения наилучших значений критериев и при определении (4) в нормированном пространстве целевых функций используется комплекс-метод, алгоритм которого состоит из нижеследующих шагов:

1 шаг. С исследуемой установки осуществляется ввод исходных данных и имеющихся ограничений: $F_1(x)$ и $F_2(x)$.

2 шаг. Определяется $\sup(F_1(x), F_2(x))$ комплекс-методом.

3 шаг. Осуществляется нормирование критериального пространства: $S_1(x), S_2(x)$.

4 шаг. Определяется $\min S^2$ комплекс-методом и далее на основе этого определяются значения требуемых управляющих воздействий, направляющиеся обратно на рассматриваемую установку.

Далее рассмотрим решение задачи оптимального управления установкой каталитического риформинга.

Исходными данными для решения представленной задачи оптимизации установки каталитического риформинга, в первую очередь, являются математические модели процесса, описывающие количественную и качественную взаимосвязь между выходами, возмущениями и режимными переменными имеющие следующий вид:

$$\begin{aligned} y_{\text{пл}} = & -364898,44 + 2489,01x_1 + 1,02x_2 + 6,9x_3 + \\ & + 0,53x_4 + 0,24x_5 - 775,54x_6 + 0,05x_7 + 0,001x_3^2 - \\ & - 0,05x_5x_4 + 0,0003x_5^2 + 0,31x_6x_1 + 0,3x_6x_2 + \\ & + 0,57x_6x_4 + 0,2x_6x_5 - 569,17x_6^2 + 0,002x_7x_5 + \\ & + 0,11x_7x_6 + 0,0004x_7^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{\text{ж.т.}} = & 72601,1 - 495,28x_1 - 0,2x_2 - 1,41x_3 - 0,11x_4 - \\ & - 0,03x_5 + 194,31x_6 - 0,04x_7 - 0,0002x_3^2 + \\ & + 0,01x_4x_5 - 0,0006x_5^2 - 0,06x_6x_1 - 0,05x_6x_2 - \\ & - 0,11x_6x_4 - 0,02x_6x_5 + 151,88x_6^2 - 0,0004x_7x_5 - \\ & - 0,06x_7x_6 - 0,0003x_7^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{\text{о.ч.}} = & -264,4 - 0,06x_1 + 0,25x_2 + 0,32x_3 + 0,29x_4 + \\ & + 0,21x_5 - 161,62x_6 - 0,45x_7, \end{aligned}$$

здесь $y_{\text{пл}}$ - выход платформата, $y_{\text{ж.т.}}$ - расход жидкого топлива, $y_{\text{о.ч.}}$ - значение октанового числа, x_1 - загрузка сырья в блок платформинга, x_2 - температура на входе первого реактора, x_3 - температура на входе второго реактора, x_4 - температура на входе третьего реактора, x_5 - температура на входе четвертого реактора, x_6 - удельный вес сырья, x_7 - температура верха отпарной колонны рассматриваемой установки.

Как уже отмечалось выше, принцип оптимальности заключается в приближении к "идеальной" несуществующей точке в нормированном критериальном пространстве, в которой выбранные критерии (F_1 и F_2) достигали бы своих наилучших значений (Q_1 и Q_2) при соблюдении нижеследующих позиционных ограничениях:

$$\begin{aligned} 111 & \leq x_1 \leq 167 \\ 480 & \leq x_2 \leq 509 \\ 480 & \leq x_3 \leq 499 \\ 480 & \leq x_4 \leq 505 \\ 480 & \leq x_5 \leq 514 \\ 0,7401 & \leq x_6 \leq 0,7511 \\ 66 & \leq x_7 \leq 100 \end{aligned}$$

и при функциональном ограничении на октановое число:

$$y_{\text{о.ч.}}^{\min} \leq y_{\text{о.ч.}} \leq y_{\text{о.ч.}}^{\max}.$$

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенность рассматриваемой задачи оптимального управления установкой каталитического риформинга заключается в том, что выбранные переменные x_1 и x_6 являются возмущениями по отношению к построенной системе управления. В реальных условиях поставленная задача оптимального управления технологической установкой решается при фиксированных значениях этих параметров. При изменении имеющихся возмущений задача будет решаться вновь. Контрольный пример решался по данным эксперимента для нескольких комбинаций параметров-возмущений, что показало достаточную эффективность разработанного метода решения задачи.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Эфендиев И. Р. Методы оптимального управления нефтехимическими технологическими процессами. Теория и применение. Баку: Издательство “Элм”, 2004, 287 с.
- [2] Матвейкин В.Г., Дмитриевский Б.С., Кокуев А.Г., Джанбеков А.М. Задача управления процессом каталитического риформинга и метод ее решения. Известия Томского политехнического университета, том 330, №6, 2019, с. 59-67.
- [3] Меликов Э.А. Концепция разработки логико-лингвистического описания установки каталитического риформинга. Вестник Российского Нового Университета. Серия “Сложные системы: модели, анализ и управление”, Москва, выпуск 1, 2019, с. 64-68.

Математическая постановка задачи оптимизации функционирования одного класса технологических КОМПЛЕКСОВ

Гюльхан Шихалиев¹, Эльчин Меликов¹

1. Кафедра “Электроника и автоматика”, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, пр. Азадлыг 20, e-mail: elchin03@mail.ru

Аннотация. Здесь рассматривается формулирование физически обоснованной математической постановки задачи оптимизации процессов, протекающих в одном классе химико-технологических комплексов с последовательной структурой, работающих в условиях отсутствия полной информации об объекте. Прежде всего, в результате комплексного исследования и анализа выделяются отличительные черты рассматриваемого класса технологических комплексов. К этим отличительным особенностям относятся, в первую очередь: множественность и сложность технологических процессов, протекающих внутри реакционно-контактного аппарата, сложность оценки состояния катализатора, сложность определения температурного профиля реакционной зоны каталитического аппарата, многомерность и нелинейность таких сложных технологических объектов

Ключевые слова: технологический аппарат, математическая постановка, химико-технологический комплекс, последовательная структура, каталитический аппарат, объект управления, задача оптимизации, реакционно-контактный аппарат.

I. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что при исследовании различных технологических процессов, наряду с изучением характеристик составляющих его технологических аппаратов, для решения задачи оптимизации или оптимального управления таким технологическим комплексом с целью поиска оптимальных режимов функционирования аппаратов, необходимо разработать физически обоснованную математическую постановку этой задачи и математические модели аппаратов. Здесь основная цель - на основе исследования и анализа характеристик выделенного класса технологических комплексов с последовательной структурой, содержащих каталитический аппарат, разработка универсальной математической постановки и подхода к моделированию

и решению задачи оптимизации для этого класса.

Отсутствие информации о физико-химических превращениях в каталитическом аппарате, сложность оценки активности катализатора, большое количество переменных его состояния и наличие сложных взаимосвязей между ними, параметрами режима и нагрузок, сложность оценки элементарных реакций в каталитическом реакторе приводит к необходимости использования аппарата теории нечетких множеств для идентификации режимов технологических комплексов этого класса.

Здесь составлена физически обоснованная универсальная математическая постановка задачи оптимизации химико-технологических комплексов с последовательной структурой, работающих в условиях дефицита информации [1].

Поскольку рассматриваемая задача является нечеткой - это проблема нелинейного программирования с нечеткими параметрами и для решения этой задачи получаем задачу четкой оптимизации, реализовав переход к четкому аналогу системы нечетких ограничений. Затем решаем эту проблему, применив один из существующих методов оптимизации.

Исследование технологического комплекса как объекта управления и анализ ситуации решения задачи оптимального управления показывает, что наиболее важным и сложным в управлении этим классом комплексов является управление каталитическим аппаратом и построение системы автоматического управления им.

Как упоминалось выше, в связи с отсутствием полной и достоверной информации о каталитическом аппарате, строится адекватная математическая модель, то есть

логико-лингвистическая модель, которая позволяет синтезировать интеллектуальные системы управления. Синтезированная система автоматического управления основана на нечетком алгоритме, который реализован в виде регулятора нечеткой логики.

Современные технологические комплексы в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности характеризуются большим количеством различных типов сложных взаимосвязанных технологических единиц. Однако, как известно, технологические отношения между элементами делятся на следующие типы:

- последовательная структура - выходы предыдущих элементов являются входами следующих элементов, где все потоки проходят через каждый элемент только один раз;

- параллельная структура - на входы отдельных элементов поступает однородный поток, а выходы представлены в смешанном виде;

- структура с обратной связью (с рециклами) характеризуется переносом выхода одного из элементов на вход предшествующих ему элементов;

- поперечная структура - обычно используется для полного использования энергии, циркулирующей в технологической сети.

Отметим, что дальнейшее развитие и управление технологическими процессами нефтепереработки и нефтехимии, создание и внедрение современных систем автоматического управления, использование современных методов оптимизации и управления позволяют получать нефтехимическую продукцию требуемого качества.

В процессах нефтепереработки и нефтехимии смешанные контуры, состоящие из оборудования различного типа, такого как реакторы и ректификационные колонны, часто широко используются для увеличения глубины переработки и обеспечения производства продукции требуемого качества.

Здесь решается проблема разработки универсального подхода к математическим моделям, моделированию, оптимизации и управлению алгоритмами управления и современными технологическими системами, относящимися к этому классу. Однако оптимизация функционирования любого технологического комплекса в отдельности может привести к неоптимальной работе химико-технологической системы в целом без учета ее взаимосвязи с другими элементами.

Существует два подхода к оптимизации режимов работы технологических комплексов: при первом подходе комплексная система рассматривается как единое целое, а при втором подходе используются методы декомпозиции.

В связи с этим применение подходов декомпозиции, использование этих методов, важность учета всех специфических свойств для управления нестационарными реакционными устройствами в динамических режимах из-за известных трудностей при решении задачи управления требует больших усилий. Подобные трудности, в свою очередь, ставят вопрос об оптимизации функционирования такого класса объектов с

последовательной структурой в целом, где учитывается взаимодействие составляющих его аппаратов.

Как и в случае оптимизации системы в целом, здесь также важно разработать математические модели системы, выбрать критерии и переменные оптимизации.

Таким образом, на основе комплексного исследования характеристик исследуемого класса технологических процессов необходимо определить пути решения этих проблем. Это возможно на основе детального анализа контактно-каталитических систем, и, как следствие этого, систематического анализа с использованием новых современных интеллектуальных методов моделирования, оптимизации и принципов системы автоматического управления таким комплексом.

Отличительными особенностями указанного класса являются его чрезвычайная сложность, пространственное распределение и изменение параметров во времени из-за нелинейности и многомерности рассматриваемых объектов, наличие неконтролируемых возбуждений, снижение активности катализатора в процессе реакции, нарушение структуры и характера технологического процесса, большое количество стационарных режимов, нестабильность температуры и концентрации [2].

Следует отметить, что многие важные вопросы оптимизации технологических процессов в теории автоматического управления подробно рассмотрены и изучены. В частности, большое внимание уделяется разработке математических постановок различных задач оптимизации, разработке высокоэффективных моделей и разработке современных эффективных методов и алгоритмов их решения.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ОДНОГО КЛАССА ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Известно, что математические модели, основанные на кинетическом описании каталитических превращений в контактном аппарате, широко используются при описании каталитических процессов.

Конечно, более точная модель означает, что она ближе к реальности, но попытка полностью учесть сложный характер физико-химических реакций в технологическом аппарате, механизм взаимодействия событий разного происхождения приводит к более сложным уравнениям. При этом модель теряет практическую ценность.

Для оптимального управления каталитическим аппаратом ранее использовались кинетические модели, которые привели к системе специальных производных дифференциальных уравнений, учитывающих скорость потока реакции, тепловой эффект реакции, плотность и теплоемкость газовой смеси и площадь поверхности катализатора, покрытая коксом и серой.

Специфические трудности построения кинетических моделей каталитических аппаратов, отсутствие достоверной и полной информации о сложных законах физико-химических превращений, важность специальных лабораторных испытаний для оценки параметров кинетических уравнений и т.д. требует использования формальных, более упрощенных методов идентификации

технологических процессов, особенно регрессионного анализа. Поэтому из-за недостатка информации при идентификации моделей, оптимизации и разработки алгоритмов и принципов управления в аналогичных комплексах, недостатка информации при оценке физико-химических характеристик реакционно-контактного аппарата и доля активной поверхности катализатора возникает необходимость использования аппарата теории нечетких множеств при его непосредственном управлении.

Примерами этого класса каталитических процессов являются: процесс селективного гидрирования ацетилена в этан-этиленовой фракции в технологической ветви производства этилена, процесс очистки пропан-пропиленовой фракции от метилацетилена и пропадиена в ветви производства пропилена и т. д.

Системы с последовательно соединенными технологическими аппаратами, включающие также каталитические аппараты являются сложными объектами управления, характеризующимися неполнотой информации при оценке физико-химических характеристик реакционного аппарата, это прежде всего, невозможность контроля физико-химических превращений сырья в реакторе, громоздкость кинетических и смешанных моделей, описывающих процесс, связанная со сложным характером распределения скоростей элементарных реакций внутри аппарата. Объекты управления рассматриваемого класса являются многосвязными и многомерными, скорость изменения характеристик процесса затрудняет их текущую идентификацию, и, даже, если это возможно, решение задачи управления в реальном масштабе времени на основе традиционных моделей и методов приводит к резкому усложнению системы управления из-за статической ошибки идентификации. В связи с этим возникает задача описания работы каталитического реактора с использованием качественной информации, путем построения на ее основе нечетких моделей и алгоритмов управления [3].

Так как модели, описывающие каталитический аппарат нечеткие, при построении математической постановки задачи оптимизации функционирования исследуемого класса технологических комплексов следует учитывать, что и возмущающие воздействия в последующем за реактором аппарате также будут нечеткими.

Рассмотрим обобщенную структурную схему технологического комплекса, представленную на рис. 1, и формализуем математическую постановку задачи оптимизации технологического комплекса последовательной структуры, функционирующего в условиях неопределенности. Критерием оптимизации может быть выход целевых продуктов производства (например, этилена, пропилена, этана, пропана, бутилена, дивинила и др.).

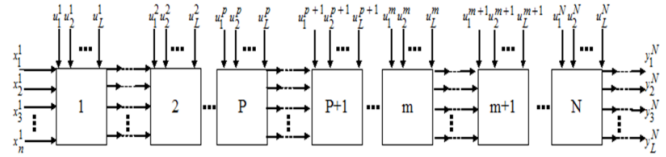


Рис. 1. Обобщенная структурная схема химико-технологической системы последовательной структуры

$$\bar{F} = \sum_{j=1}^N \sum_{v=1}^V c_v^j \odot \tilde{y}_v^j \rightarrow \max \quad (1)$$

где \tilde{y}_v^j – нечеткая переменная v -го продукта j -го аппарата, c_v^j – цена v -го продукта j -го аппарата.

Уравнения, описывающие детерминированные состояния аппаратов связывают нагрузки и режимные параметры с выходными потоками:

$$y_v^j = f^j(x_i^j, u_l^j), \quad \forall i = \overline{1, M}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, P}, \\ v = \overline{1, W} \quad (2)$$

Здесь x_i^j – расход i -го сырья j -го аппарата, u_l^j – управляющие воздействия j -го аппарата.

Учитывая нечеткий характер состояния реакционного аппарата, нижеследующие модели описываются в виде уравнений с нечеткими параметрами:

$$\tilde{y}_v^j = \tilde{f}^j(x_i^j, \tilde{u}_{l,t-1}^j), \\ \forall i = \overline{1, M}, l = \overline{1, L}, j = \overline{p+1, m}, v = \overline{w+1, h} \quad (3)$$

Здесь $\tilde{u}_{l,t-1}^j$ – нечеткая переменная l управлений j -го аппарата в момент времени $t-1$.

Поскольку выходные потоки m -аппарата являются нечеткими числами, то и последующие $m+1, N$ -аппараты также будут нечеткими.

$$\tilde{y}_v^j = \tilde{f}^j(\tilde{x}_i^j, u_l^j), \quad \forall i = \overline{1, M}, l = \overline{1, L}, \\ j = \overline{m+1, N}, v = \overline{h+1, V} \quad (4)$$

Здесь \tilde{x}_i^j – нечеткая переменная i -го входного потока j -го аппарата.

(1)-(4) - математические модели включают линейные, нелинейные и нечеткие функции, входные нагрузки и нечеткие функции, входные нагрузки и режимные параметры исследуемого аппарата.

Ограничения на области допустимых значений режимных параметров:

$$u_l^j \in U_l^j, \quad \forall l = \overline{1, L}, j = \overline{1, N} \quad (5)$$

Уравнения, характеризующие зависимости расхода различных аппаратов, записывается следующим образом:

$$\sum_{i=1}^M x_i^j - \sum_{k=1}^K \sum_{v=1}^V H_v^{kj} y_v^j = 0, \forall j = \overline{1, N} \quad (6)$$

Здесь H_v^{kj} матрица блоков с k - выходом и j - входом рассматриваемого технологического комплекса.

В соответствии с регламентом для соответствия требованиям качества накладываются дополнительные ограничения:

$$\begin{aligned} y_g^j &\leq y_g^j(x_i^j, u_l^j) \leq \bar{y}_g^j, \forall j = \overline{1, N}, \\ g &= \overline{1, G}, l = \overline{1, L}, i = \overline{1, M} \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь \underline{y}_g^j и \bar{y}_g^j - соответственно известные верхние и нижние пределы g -го выходного потока j -го аппарата.

Ограничения по нагрузкам для нормальной работы технологического приведены ниже:

$$\underline{x}_d^j \leq x_d^j \leq \bar{x}_d^j \quad (8)$$

где \underline{x}_d^j и \bar{x}_d^j - соответственно ограничения на нижние и верхние пределы, наложенные на d -нагрузки j -го аппарата.

Количественные оценки входных и выходных потоков аппаратов подчиняются нижеследующим требованиям неотрицательности:

$$x_i^j \geq 0, \forall j = \overline{1, N}, i = \overline{1, M} \quad (9)$$

$$y_v^j \geq 0, \forall j = \overline{1, N}, v = \overline{1, V} \quad (10)$$

Таким образом, физически обоснованная математическая постановка задачи оптимизации функционирования рассматриваемой химико-технологической системы представляется в виде (1)-(10).

Тогда, окончательно, в общем виде математическая постановка задачи оптимизации для выделенного одного класса выглядит следующим образом:

$$\tilde{F} = \sum_{j=1}^N \sum_{v=1}^V c_v^j \odot \tilde{y}_v^j \rightarrow \max$$

$$y_v^j = f^j(x_i^j, u_l^j), \forall i = \overline{1, M}, l = \overline{1, L}, j = \overline{1, P}, v = \overline{1, W}$$

$$\tilde{y}_v^j = \tilde{f}^j(x_i^j, \tilde{u}_{l,t-1}^j), \forall i = \overline{1, M}, l = \overline{1, L}, j = \overline{p+1, m}, v = \overline{w+1, h}$$

$$\tilde{y}_v^j = \tilde{f}^j(\tilde{x}_i^j, u_{l,t-1}^j), \forall i = \overline{1, M}, l = \overline{1, L}, j = \overline{m+1, N}, v = \overline{h+1, V}$$

$$\sum_{i=1}^M x_i^j - \sum_{k=1}^K \sum_{v=1}^V H_v^{kj} y_v^j = 0, \forall j = \overline{1, N}$$

$$y_g^j \leq y_g^j(x_i^j, u_l^j) \leq \bar{y}_g^j, \forall j = \overline{1, N}, g = \overline{1, G}, l = \overline{1, L}, i = \overline{1, M}$$

$$\underline{x}_d^j \leq x_d^j \leq \bar{x}_d^j, \forall j = \overline{1, N}, g = \overline{1, G}, l = \overline{1, L}, i = \overline{1, M}$$

$$u_l^j \in U_l^j, \forall l = \overline{1, L}, j = \overline{1, N}$$

$$x_i^j \geq 0, \forall j = \overline{1, N}, i = \overline{1, M}$$

Следовательно, рассмотрен подход и принципы физически обоснованного математического описания одного выбранного класса сложных химико-технологических систем, содержащих технологические аппараты (в частности, каталитические реакторы), функционирующие в условиях неопределенности.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, следует отметить, что предложенные принципы к разработке универсальной математической постановки задачи оптимального управления рассматриваемым одним классом, характеризует эффективное функционирование исследуемой химико-технологической системы в общей структуре производства и обеспечивает в реалити оптимальные режимы работы рассматриваемого технологического комплекса в целом.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Ибрагимов И.А., Эфендиев И.Р., Копысицкий В.Т., Меликов Э. А. Принципы построения самообучающихся систем автоматического управления сложными технологическими процессами в условиях дефицита информации. ДАН АН СССР, 1991, том 320, №6, с. 1424-1427.
- [2] Абдуллаев Ф. М. Моделирование и оптимизация реакционных процессов нефтехимического синтеза в нестационарных условиях: Автореферат диссертации доктора технических наук, Баку, 1987.
- [3] Меликов Э. А. Концепция разработки логико-лингвистического описания установки каталитического риформинга. Вестник Российского Нового Университета. Серия "Сложные системы: модели, анализ и управление", Москва, выпуск 1/2019, с. 64-68.

Система перетворення схем у САПР «Altium» у формат креслень САПР «КОМПАС»

Олександр Малий¹, Наталія Фурманова¹, Олексій Фарафонов¹, Ірина Поспєєва¹

1. Кафедра інформаційних технологій електронних засобів, Національний університет «Запорізька політехніка», УКРАЇНА, Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, email: docsasha1@gmail.com, nfulmanova@gmail.com, farafon@zntu.edu.ua, iris191259@zntu.edu.ua

Анотація: В даному матеріалі наведено результати проведення дослідження, задачами якого було провести аналіз структур файлів даних електронних схем САПР «Altium», провести аналіз структур файлів зберігання креслень САПР «КОМПАС», розробити блок-схему алгоритму і написати програму перетворення файлів схем в форматі креслень з урахуванням стандартів ЄСКД.

Ключові слова: ЄСКД, перетворення, алгоритм, «Altium», «КОМПАС».

I. ВСТУП

При оформленні документації на виробництві існують єдині правила, яких повинні дотримуватися всі учасники процесу розробки з метою забезпечення однозначного розуміння даної документації всіма виконавцями і користувачами.

Єдина система конструкторської документації (ЄСКД) - це комплекс національних стандартів, що встановлює взаємопов'язані єдині вимоги і правила щодо порядку розробки, оформлення та обігу конструкторської документації. Зазначені правила встановлені на всі види конструкторських документів, на нормативну та технологічну документацію, а також на науково-технічну та навчальну літературу [1]. ЄСКД забезпечує взаємообмін конструкторської документації без її переоформлення між галузями промисловості чи окремими підприємствами. Вона дозволяє забезпечити розширення уніфікації при розробці конструкторських проектів промислових виробів, спрощення форми документів і скорочення їхньої номенклатури, автоматизоване створення документації та організацію виробництва будь-якого виробу на підприємстві в найкоротші терміни.

При оформленні схем електричних принципів найчастіше застосовують ГОСТ 2.701-2008. Велике розмаїття стандартів оформлення конструкторської документації вимагає від інженерів високого знання в цій галузі, а отже, потрібно максимально використовувати САПР, в яких існують стандартні бібліотеки оформлення документів відповідно до ЄСКД.

Різноманіття існуючих САПР, що застосовуються для створення креслень схем електричних принципів, говорить про неможливість їх загального освоєння. Однак варто відмітити явного сучасного лідера серед електронних САПР - це програмна оболонка "Altium", яка дозволяє проводити наскрізне моделювання електронних приладів від схеми до випробування конструкції зібраної плати на різні види впливів, а також дозволяє

обмінюватися інформацією з іншими лідерами в сфері моделювання, такими як Solid Edge, Unigraphics і т.д.

Однак слід зазначити, що дана САПР не дає можливості оформлення креслень схем електричних принципів з урахуванням вітчизняних стандартів СКД, що дозволило б прискорити процес випуску виробу після моделювання за рахунок прискорення процесу оформлення конструкторської документації. Схеми, створені в САПР "Altium", виконуються за американськими стандартами. У свою чергу, безліч вітчизняних підприємств активно використовують графічну САПР «КОМПАС», яка дозволяє виконувати побудову схем електричних принципів згідно з сучасними вітчизняними стандартами СКД, але САПР «КОМПАС», в свою чергу, не дозволяє моделювати роботу схем.

II. ОСОБЛИВОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ У РІЗНИХ САПР

У процесі проведення наукового дослідження були вивчені особливості зберігання даних про розташування і взаємозв'язок елементів на схемах електричних в САПР "Altium", а також структура файлів зберігання креслень в САПР «КОМПАС».

В САПР "Altium" схеми електричні принципів, що використовуються для тестування їхньої роботи, зберігаються в файлах з розширенням *.Sch.

У файлах креслень САПР «КОМПАС» зображення зберігаються у вигляді векторів, що мають початкові та кінцеві координати з точністю до четвертого знаку після коми, зсувів початкових точок і кривих, що виконуються у вигляді набору векторів. Координатна сітка маркується в міліметрах.

Опис деяких основних елементів схеми електричної принципової наведений на рис.1. Тут зазначене буквенне, умовне графічне позначення електрорадіоелементів і їхнє векторне подання в блоці опису зображення файлів даних САПР «КОМПАС». Команди draw, arc, set в файлах даних наведені у вигляді посилань на них.

Тип елемента	Позначення елемента	Зображення згідно з ГОСТ 2.701-2008	Вектори з координатами зміщення
Динамік	BF		draw(0,-6); draw(4,0); draw(0,6); draw(-4,0); set(-4,0)
Конденсатор	C		draw(5,0); set(5,4); draw(0,-8); set(6,5,4); draw(0,-8); set(6,5,0); draw(5,0)
Мікросхема аналогова	DA		draw(5,0); set(5,5); draw(30,0); draw(0,-10); draw(-30,0); draw(0,20); set(15,5); draw(0,-20); set(25,5); draw(0,-20); set(10,-10); draw(5,0); set(5,-5); draw(10,0); set(25,-5); draw(10,0); set(15,0); draw(5,0); set(15,-10); draw(5,0)
Запобіжник	FU		draw(20,0); set(5,2); draw(10,0); draw(0,-4); draw(-10,0); draw(0,4)
Гальванічний елемент	GB		draw(5,0); set(5,2); draw(0,-4); set(7,4); draw(0,-8); set(7,0); draw(5,0)
Світлодіод	HL		draw(14,0); set(5,2); draw(4,-2); draw(-4,-2); draw(0,4)
Реле	K		draw(5,0); set(5,6); draw(6,0); draw(0,-12); draw(-6,0); draw(12,0)
Котушка індуктивності	L		draw(0,5); set(2,5); arc(-180,0,2); set(6,5); arc(-180,0,2); set(10,5); arc(-180,0,2); set(14,5); arc(-180,0,2); set(18,5); arc(-180,0,2); draw(0,-5)
Резистор	R		draw(5,0); set(5,2); draw(10,0); draw(0,-4); draw(-10,0); draw(0,4); set(15,0); draw(5,0)
Діод	VD		draw(14,0); set(5,2); draw(4,-2); draw(-4,-2); draw(0,4)
Транзистор	VT		draw(5,0); set(5,3); draw(0,-6); set(5,2); draw(5,6); draw(0,5); set(5,-2); draw(5,-6); draw(0,-5)
Кварцевий резонатор	ZQ		draw(5,0); set(5,3); draw(0,-6); set(6,3); draw(2,0); draw(0,-6); draw(-2,0); draw(0,6)

Рис. 1. Опис деяких основних елементів схеми електричної принципової у векторному виді в блоці Image Seeker САПР «КОМПАС»

II. НАПИСАННЯ ПРОГРАМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ СХЕМ

На основі проведеного аналізу структур файлів даних і самих САПР «Altium» та «КОМПАС» була виконана розробка програми транслятора форматів файлів з однієї САПР в іншу з паралельним перетворенням зображення елементів за стандартами ЄСКД.

Програма написана на об'єктно-орієнтованій мові програмування Delphi з використанням системи візуальної розробки Borland Delphi7.

Особливу увагу в програмному комплексі приділено довідниковій системі. Довідникова система являє собою стандартний *.hlp-файл, який читається за допомогою програми WinHelp, яка входить до складу Microsoft Windows. До складу Delphi7, на якому виконується розробка, входить утиліта Borland Help Workshop, яка дозволяє компілювати hlp-файли з підготовлених спеціальним чином файлів.

Принципи, покладені в основу роботи програми, були запропоновані у зв'язку з високим рівнем коефіцієнта якість / ціна, але це не означає, що даний тип є єдиним можливим [2-6]. Надалі планується розширення бази підтримуваних електрорадіоелементів для забезпечення роботи з великою кількістю компонентів. Це буде можливим завдяки гнучкій структурі способу завдання елементів і опису розмірів.

На рис. 2 наведено алгоритм процедури створення зображення цифрової мікросхеми.

Схематичне зображення цифрової мікросхеми, сформованого процедурою креслення, наведено на рис. 3.

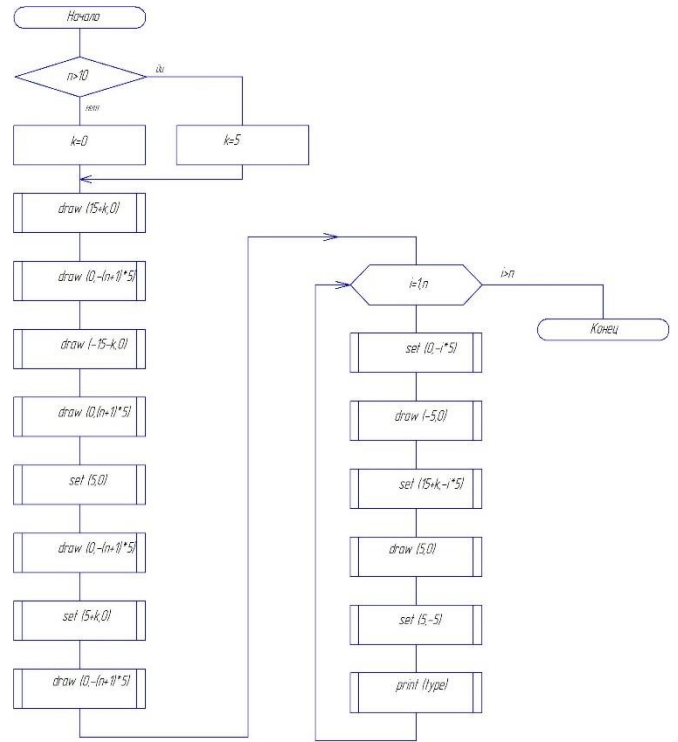


Рис. 2. Алгоритм процедури виконання зображення цифрової мікросхеми

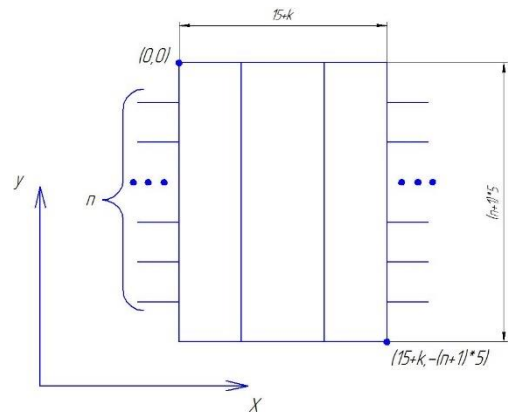


Рис. 3. Схематичне зображення цифрової мікросхеми, сформованого процедурою креслення

Деякі елементи інтерфейсу наведені на рис. 4-7.

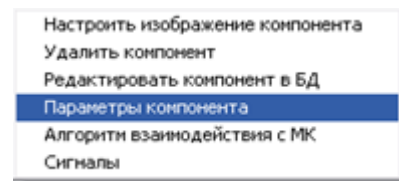


Рис. 4. Виклик контекстного меню компонента

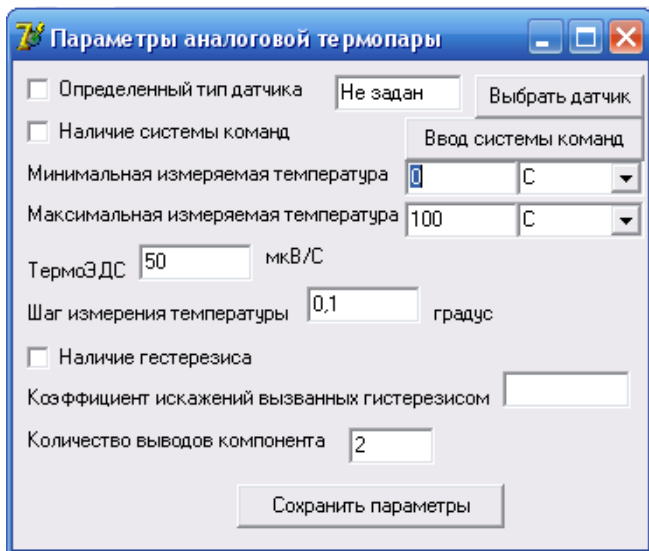


Рис.5. Зміна параметрів компонента «аналогова термопара»

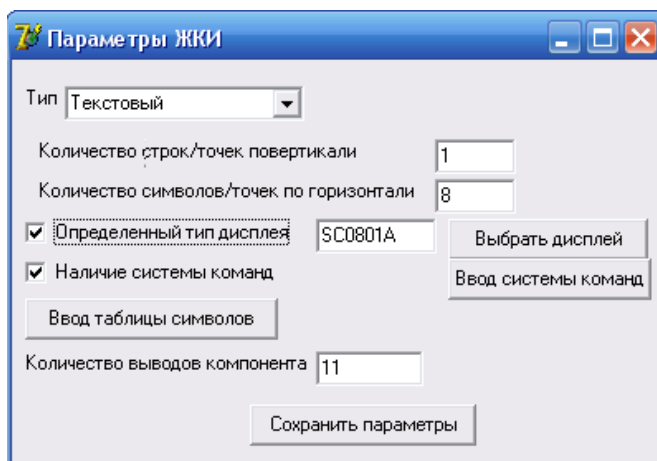


Рис.6. Зміна параметрів компонента «Рідкокристалічний індикатор»

III. ВИСНОВКИ

В даній роботі проведена розробка програми, що дозволяє проводити перетворення файлів форматів схем САПР «Altium» в креслення САПР «КОМПАС». З використанням Software Development Kit в САПР "Altium" відредаговано базу даних електрорадіоелементів з точки зору їх зовнішнього відображення згідно ЄСКД, досліджено формат зберігання бази даних електрорадіоелементів САПР "Altium" та формат зберігання даних в файлах, які спеціалізуються на роботі з схемами в САПР "Altium". Був розроблений алгоритм і написана програма, яка дозволяє конвертувати файли схем в форматі САПР "Altium" в креслення САПР «КОМПАС».

Отримані результати можуть бути використані при розробці конструкторської документації на проектних підприємствах і в конструкторських відділах підприємств, які займаються виробництвом радіоелектронної апаратури.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Оформлення конструкторської документації: навч. посіб. / [В. В. Ванін](#), А. В. Блюк, Г. О. Гнітецька. - 2-ге вид., випр. - К.: Каравела, 2003. - 160 с.
- [2] Бабенко Л. П., Лавріщева К. М. Основи програмної інженерії: Навч. посібник. - К.: Знання, 2001. – 269 с.
- [3] Лавров С. С. Программирование. Математические основы, средства, теория: Уч. пособие. – СПб.: БХВ – Петербург, 2001. – 320 с.
- [4] Заковряшин А. И. Алгоритмизация и программирование вычислительных задач: Учеб. Пособие. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002. – 80 с.
- [5] Приходько П. П. О термальном аспекте автоматизации программирования. *Проблеми програмування*, №1, 2006. – с. 3-16.
- [6] Сценко О. А. Середовище алгоритмічних знань та інструментарій синтезу програм *Проблеми програмування*, №2-3, 2006. – с. 349-358

Тонкопленочные варисторы в устройствах микроэлектроники

Азер Мамедов¹

1. Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, АЗЕРБАЙДЖАН, Баку, Пр.Азадлыг 20, e-mail: azer.mammadov@asoju.edu.az

Аннотация: Разработаны устройство точной балансировки мостовой схемы, схемы ограничителя и формирователя напряжения прямоугольной формы, а также устройство экспоненциального преобразователя, в которых использованы тонкопленочные варисторы на основе органической пленки из фталоцианина. Обсужден принцип их работы и показано, что в

этих устройствах достигаются более высокие технические показатели по сравнению с известными аналогами.

Ключевые слова: мостовая схема, тонкопленочный варистор, ограничитель, преобразователь, формирователь, органическая пленка, гибридная интегральная схема, операционный усилитель.

I. ВВЕДЕНИЕ

Варисторы находят достаточно широкое применение в микроэлектронике. В основном эти применения связаны со стабилизирующими свойствами варисторов. В частности, они широко используются в радиотехнической и телевизионной аппаратуре для защиты дискретных приборов от перенапряжений. При этом известные промышленные варисторы имеют классификационное напряжение десятки-сотни вольт и выпускаются в виде дискретных приборов. Разработчики интегральных схем при необходимости защиты от перенапряжений большого числа индивидуальных компонентов пользуются дискретными варисторами. При этом в схеме возникает большое число межсоединений, а надежность интегральной схемы и процент выхода годных изделий резко снижаются.

Использование тонкопленочных варисторов на фталоцианине [1-3] позволяет решить проблему межсоединений и повысить надежность и процент выхода годных изделий. Основными факторами, способствующими эффективному использованию предлагаемых пленочных варисторов и определяющими актуальность работы, являются:

- совместимость с технологией изготовления гибридных интегральных схем;
- низкое классификационное напряжение - единицы вольт;
- возможность регулировки классификационного напряжения за счет изменения толщины органической пленки;
- малые габариты варисторов.

Целью работы является разработка оригинальных схем на основе тонкопленочных варисторов с органической пленкой из фталоцианина с улучшенными параметрами.

II. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Пленочные варисторы являются незаменимыми при создании гибридных интегральных операционных усилителей (ОУ) и других нелинейных схем с активными компонентами для стабилизации напряжений и защиты от перенапряжений. Ниже предложен ряд оригинальных схем, в которых указанные варисторы использованы весьма эффективно. На рис.1 представлено практическое устройство точной балансировки мостовой схемы.

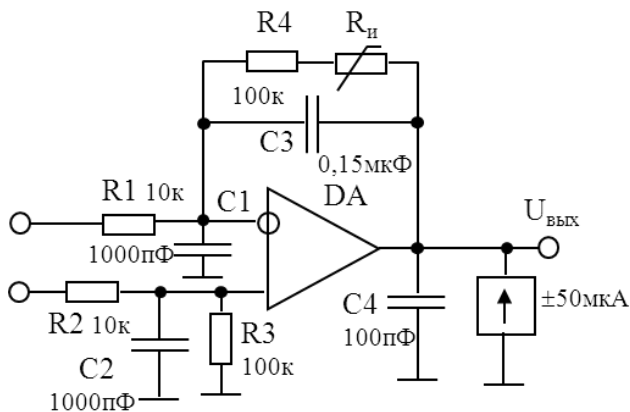


Рис.1. Устройство точной балансировки мостовой схемы

Мостовые схемы используются во многих точных приборах электроники и радиотехники для измерения сопротивления, емкости, индуктивности полного сопротивления и параметров других электрических и электронных компонентов. При этом точность измерений зависит от того, насколько точно детектор нуля может определить точку окончательной балансировки моста.

Электронная схема нуля-детектора на ОУ имеет чувствительность около 2мкВ/дел. В схеме можно использовать любой ОУ общего назначения с небольшим смещением нуля и дрейфом - типа К140УД10. Принцип работы схемы заключается в следующем. Дифференциальный сигнал с выхода мостовой схемы (на рисунке не изображена) поступает на усилитель, который управляет простым стрелочным прибором со шкалой ± 50 мкА. В окрестности точки балансировки уровень сигнала от мостовой схемы резко уменьшается и для получения высокого разрешения необходимо достичь очень высокого усиления. Однако в таком случае трудно сохранить стабильность усилителя. Для того, чтобы обеспечить регулировку усиления в цепи обратной связи включен варистор РИ, динамическое сопротивление которого увеличивается при уменьшении входного сигнала.

В работе [4] представлен вариант схемы, в котором в цепи обратной связи используются два встречно-параллельно включенных диода. В таком устройстве при балансировке наблюдаются частые перескоки, а точность балансировки довольно низкая.

В рассмотренном устройстве за счет увеличения чувствительности схемы нуля-детектора достигается повышение точности балансировки и уменьшение скачков при регулировке, а схема может быть выполнена в виде ГИС с большой надежностью и высоким процентом выхода годных изделий.

Варисторы в качестве стабилизирующих элементов широко могут быть использованы в импульсных устройствах: в ограничителях и формирователях напряжения прямоугольной формы, релаксационных и управляемых генераторах, одновибраторах на основе ОУ.

На рис.2 приведена схема ограничителя сигнала, а на рис.3 - схемные варианты формирователей напряжения прямоугольной формы на основе ОУ.

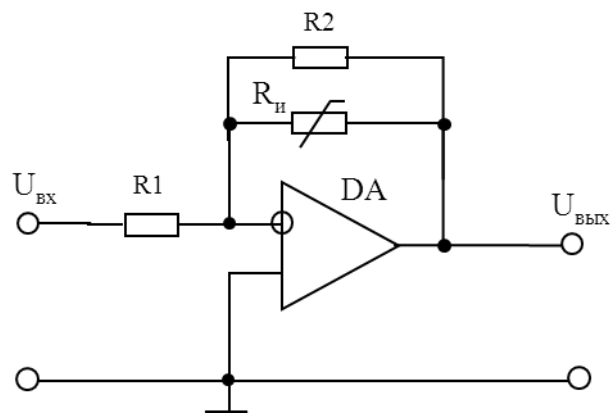


Рис.2. Схема ограничителя сигнала

Особенностью схемы формирователя является широкий частотный диапазон входного сигнала, обусловленный весьма малой внутренней емкостью варисторов на фталоцианине. Ограничение выходного напряжения обусловлено варистором R_{II} , включенным в цепь, обратной связи. Отметим, что схемный вариант формирователя напряжения на полупроводниковых стабилитронах имеет узкий частотный диапазон входного сигнала, обусловленный большой внутренней емкостью полупроводниковых стабилитронов.

На рис.4 представлена схема генерирующего нуля-органа на основе варистора.

Необходимо отметить, что за счет использования нелинейной характеристики пленочных варисторов можно на их основе строить функциональные преобразователи, воспроизводящие определенную функциональную зависимость между выходным и входным сигналами.

На рис. 5 представлена схема экспоненциального преобразователя на основе разработанных варисторов. Такой преобразователь использует экспоненциальную зависимость тока I_{BX} через варистор, включенного на входе ОУ, от напряжения U_{BX} на нем, описываемую выражением

$$I_{BX} = KU_{BX} \cdot \exp(\beta U_{BX}^{1/2}). \quad (1)$$

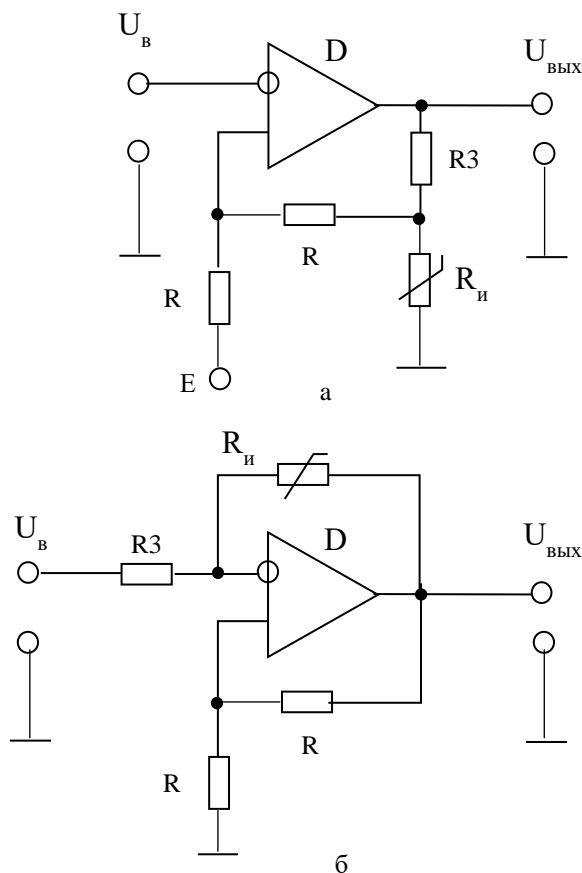


Рис.3. Формирователи сигнала прямоугольной формы

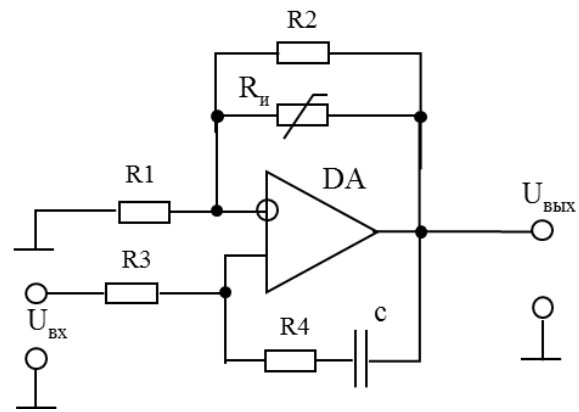


Рис. 4. Схема генерирующего нуля-органа

Если учесть, что ток в цепи обратной связи ОУ приблизительно равен току через варистор R_{II} , то выходное напряжение схемы, равное напряжению на сопротивлении R_1 , будет изменяться пропорционально экспоненте входного напряжения преобразователя и определяется соотношением

$$U_{ВЫХ} = K \cdot R_1 \cdot U_{ВХ} \cdot \exp(\beta U_{ВХ}^{1/2}). \quad (2)$$

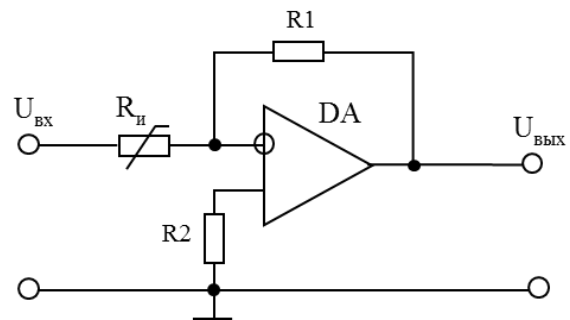


Рис.5. Схема экспоненциального преобразователя

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработаны устройство балансировки мостовой схемы, схемы ограничителя и формирователя напряжения прямоугольной формы, а также устройство экспоненциального преобразователя на основе тонкопленочных варисторов с органической пленкой из фталоцианина, в которых достигается повышение точности балансировки и уменьшение скачков при регулировке, расширение частотного диапазона входного сигнала и обеспечивается возможность изготовления в гибридном исполнении.

Представленные результаты показывают, что пленочные варисторы на органической пленке из фталоцианина являются весьма перспективными для использования в микроэлектронике. Устройства, реализованные на их основе, могут успешно конкурировать с известными аналогами традиционной микроэлектроники. Предложенные разработки рекомендуются для применения в устройствах балансировки мостовых схем, в импульсных устройствах, а также в функциональных преобразователях.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] В.Ю.Алиев, Б.Г.Грибов, А.К.Мамедов. Низковольтные пленочные варисторы нового класса // Электронная техника. Сер.6. Материалы. - 1991, вып.10 (264). с.72-73.
- [2] А.с.1210594, СССР. Пленочный варистор /В.Ю.Алиев, А.К.Мамедов, С.А.Садрадинов. БИ №18, 1988.
- [3] Мамедов А.К. Тонкопленочные варисторы для гибридных интегральных схем// Третья Всесоюзная научно-техническая конференция. “Состояние и перспективы развития гибридной технологии и гибридных интегральных схем в приборостроении”. Ярославль, 4-6 июня 1991. с.245-246.
- [4] К.Джейн. Точная балансировка схемы регулировки усиления// Электроника - 1989, N4. с.100.

Створення віртуального вимірювального пристрою системи управління

Алмаз Мехтієва¹, Дурдана Рустамова¹, Тунзала Іманова¹

1. Західно-Каспійський Університет, Вулиця Істіглалійят 31, Баку, АЗЕРБАЙДЖАН,
e-mail: almazmehdiyeva@yahoo.com

Анотація: Розглядається створення віртуальних вимірювальних пристроїв, який є актуальною темою. Основним кроком у сфері управління є проведення вимірювань. Віртуальні пристрої були вивчені, враховуючи, що ці пристрої широко використовуються в промислових областях. Системи управління є ідеальним інструментом для отримання високоякісної продукції і на виробництві та в промисловості. Використовувані системи управління поступають місцем цифровим системам управління з високою точністю. З огляду на це, було проведено імітаційне моделювання процесу.

Ключові слова: система управління, віртуальний вимірювальний прилад, технологічний процес, імітаційне моделювання, датчик інформації.

I. ВСТУП

Розглядається створення віртуальних вимірювальних пристроїв, який є актуальною темою. Основним кроком у сфері управління є проведення вимірювань. Віртуальні пристрої були вивчені, враховуючи, що ці пристрої широко використовуються в промислових областях. Системи управління є ідеальним інструментом для отримання високоякісної продукції і на виробництві та в промисловості. Використовувані системи управління поступають місцем цифровим системам управління з високою точністю. З огляду на це, було проведено імітаційне моделювання процесу.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Відомо, що автоматизація технологічних процесів складається з ряду інструментів і методів. Ці інструменти і методи призначені для управління різними процесами без використання лабораторії. Оновлення технологічного обладнання і методів дуже впливають на розвиток промисловості. Автоматизація виробничих процесів є мало не основою для розвитку різних галузей промисловості. Системи управління є ідеальним інструментом для отримання високоякісної продукції в промисловості і на виробництві (наприклад, процес збору

продуктів або сировини в резервуарі або його передача з резервуара в конкретний резервуар). У цьому процесі потрібно використовувати автоматичний контроль рівня продукту в резервуарі. Пристрої вимірювання рівня підтримують стабільний рівень продукту в резервуарі. Впровадження систем автоматичного управління - найкраще рішення для підвищення ефективності виробництва.

Вимірювачі рівня використовуються для вимірювання рівня рідини у закритих та відкритих місткостях та пристроях технологічного процесу. Ці датчики призначені для забезпечення автоматизованого контролю рівня рідких та зернистих продуктів, а також для передачі попереджувальних світлових та звукових сигналів при зміні рівня контрольованого середовища. Вимірники рівня виготовляються як єдиний пристрій або частина технологічного пристрою [1]. За допомогою систем, розроблених спільно з сучасними інтелектуальними пристроями, можна проводити точні вимірювання навіть у дуже складних та небезпечних умовах. Цистерни поділяються на дві групи відповідно до положення використання: цистерни, що використовуються у виробництві, та цистерни для наповнення. Речовини з інших цистерн заливаються в резервуари, що використовуються у виробництві. Тому рівень речовини в цих резервуарах постійно зростає. Датчик попереджає про зниження рівня речовини. У наповнювальних баках, навпаки, рівень речовини завжди знижується. У цьому випадку індикатор рівня попереджає, якщо відбувається збільшення рівня речовини в баку. Датчики рівня радіолокатора, які є безконтактними датчиками рівня, є ідеальним інструментом для вирішення вищезгаданої проблеми.

Вимірювання-дослідження визначає кількісні співвідношення передбачуваних подій, що дозволяє порівнювати кінцеві результати різних досліджень. Вимірювальні прилади (МВ) - технологічні пристрої, що

використовуються при вимірюванні та містять точні метрологічні характеристики вимірюваної величини. Перевірка засобів вимірювань - це визначення офіційним метрологічним органом придатності для вимірювання даних метрологічних характеристик використовуваних технічних засобів та підтвердження відповідності вимогам. Точність вимірювань - це ступінь, до якої похибка невимірюваного значення фізичної величини близька до нуля. Похибка вимірювання - це сума принципів і засобів, за допомогою яких використовується метод вимірювання. Вимірювальний прилад - це технічний вимірювальний прилад, який отримує значення величини, вимірюваної через заздалегідь визначений інтервал. Ці пристрої є аналоговими та цифровими через те, що вони передають прийнятну інформацію у вигляді безперервних або дискретних сигналів. Однією з нових тенденцій у сфері автоматизації вимірювальних процесів є впровадження віртуальних обчислень для збору та обробки даних заздалегідь. Ця тенденція тісно пов'язана з бурхливим розвитком сучасної інформаційної та комп'ютерної техніки.

Віртуальне середовище - це програмний модуль для запису даних, тобто для створення віртуальних пристроїв, які використовуються паралельно з реальними пристроями в процесі вимірювання. Програма LabVIEW була створена американською компанією National Instruments [2-4]. LabVIEW - середовище було створено тридцять років тому і все ще розвивається. Ця програма спочатку була розроблена для дослідницьких лабораторій. Сьогодні Lab VIEW - це безцінна мова графічного програмування для мільйонів вчених, інженерів та дослідників. Призначений для тестування, різних процесів вимірювання, генерації та моніторингу даних, LabVIEW використовується для поєднання функцій автоматизації на екрані та вимірювань, які складають його композицію. Мова, що використовується у LabVIEW, - це мова G. За допомогою графічної мови програмування LabVIEW можна багаторазово підвищити продуктивність процесу автоматизації. Процес створення програми простими мовами програмування займає багато часу. Однак у пакеті програмного забезпечення LabVIEW цей процес займає лише кілька годин. Розроблена в LabVIEW система вимірювань є більш ефективною, ніж лабораторний пристрій, оскільки вона використовує різні можливості сучасного програмування [5-7]. LabVIEW - це віртуальний пристрій, який виконує завдання. Він має бібліотеку функцій, які вирішують багато проблем програмування, вільних від щоденної роботи, пов'язаної з розподілом показників, а також готових до використання підпрограм.

III. РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Потік даних та мова графічного програмування. В об'єктоорієнтованих середовищах алгоритмічного програмування процес створення програми базується на написанні інтерфейсу програми шляхом послідовного введення програмного коду, тоді як LabVIEW використовує графічну мову програмування. У цьому програмному середовищі алгоритм дозволяє усунути велику кількість синтаксичних помилок, використовуючи

графічний значок при формуванні блок-схеми. Використання цього методу вимагає уваги при програмуванні єдиного потоку даних.

Робочий алгоритм програми розробляється, потім залишається намалювати наочний опис цього алгоритму - блок-схему, використовуючи графічну мову програмування. У цьому випадку нема потреби думати про пам'ять комірки, порти доступу, адреси та інші атрибути. Дані будуть передаватися від блоку до блоку через дроти, дані будуть оброблятися за алгоритмами, зображення буде отримано та збережено в пам'яті. Віртуальний пристрій. Якщо ми обладнаємо будь-який персональний комп'ютер кількома аналоговими входами, то ми зможемо перетворити його на дуже потужну систему вимірювання. Комп'ютерна клавіатура та монітор є більш корисними, ніж осцилограф і мультиметр, і дозволяють користуватися багатьма сервісами.

Дискові пристрої та флеш-карти відіграють важливу роль у зберіганні даних. Принтер підходить для запису трудомістких процесів. Також обчислювальна потужність та система управління персональними комп'ютерами дозволяють обробляти дані різного типу складності. Коли попередні версії персонального комп'ютера були перетворені на віртуальні пристрої, необхідно було встановити на комп'ютер кілька дорогих і складних плат. Сьогодні цей метод все ще використовується в автоматизації великих промислових процесів та великих науково-дослідних лабораторій.

Однак досягти бажаного результату можна, під'єднавши невеликий аналого-цифровий перетворювач до паралельного або послідовного порту на персональному комп'ютері. Віртуальні інструменти - це комп'ютерні програми, які взаємодіють із виконавчими механізмами, датчиками та реальними об'єктами [8]. Ці інструменти виконують набір функцій уявних та реальних інструментів. Датчик - це простий пристрій, який отримує інформацію від об'єкта, перетворює цю інформацію в електричні сигнали, а потім передає її на комп'ютер для обробки. Віртуальні вимірювальні прилади збирають і аналізують одну частину даних, тоді як дуже складні віртуальні прилади взаємодіють з об'єктами в обох напрямках. Тут вихідні сигнали контролюються виконавчими механізмами (рис. 1).

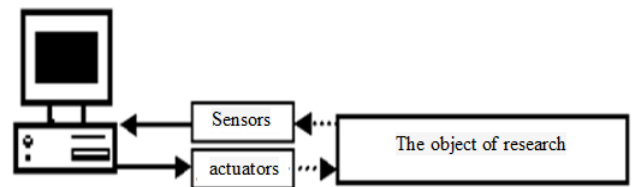


Рис. 1. Опис віртуального пристрою

Отримані комп'ютером сигнали є цифровими, тоді як реальні сигнали мають аналоговий характер. З цієї причини перетворювачі потрібні для переходу від аналогового до цифрового та від цифрового до аналогового сигналу, щоб комп'ютер міг спілкуватися з

об'єктом, що шукається. Щоб вирішити цю проблему, плати аналогового цифрового перетворювача (АЦП) та цифрового аналогового перетворювача (ЦАП) у системах розміщуються всередині комп'ютера. Прилад записує необхідну інформацію, контролює набір показників. Покази всіх передавачів вводяться в комп'ютер, який обробляє ці показники. Потім результати відображаються на моніторі та зберігаються у зовнішній пам'яті комп'ютера. Комп'ютер, на якому написано LabVIEW, використовує віртуальний інструмент, який працює з реальними показниками передавачів пристрою та відстежує реальні зміни параметрів. Усі результати, отримані в цій програмі, відображаються на екрані віртуальної передньої панелі. Віртуальну систему вимірювання можна зібрати з різних типів обладнання та програмного забезпечення. Різні вимірювальні прилади можна використовувати для моніторингу будь-якого процесу або випробування будь-якого пристрою.

LabVIEW - це зручне програмне середовище, призначене в першу чергу для потреб інженерів. Середовище LabVIEW - це широкий набір інструментів для збору, аналізу, обробки та зберігання даних. Програми, створені в середовищі LabVIEW, складаються з трьох частин:

- блок-схема;
- фронтальна панель;
- піктограма.

Рішення проблеми можна графічно показати за допомогою блок-схеми. З одного боку, коли користувач керує передньою панеллю, з іншого боку, віртуальні інструменти працюють у блок-діаграмі. Блок-схема також керує реальними системами за допомогою обладнання, розробленого компанією NI. Блок-схема використовується для написання коду об'єктноорієнтованою мовою програмування, для реагування на форми, попередньо підготовлені для інтерфейсу користувача на передній панелі.

У середовищі LabVIEW передня панель - це інтерфейс користувача, який відображає графічний опис віртуального ключа, ключа, елементів управління та інших елементів індикації. Піктограма - це графічне зображення віртуального пристрою на блок-схемі. Піктограма також дозволяє вам функціонально перетворити віртуальний пристрій на об'єкт, який буде використовуватися на блок-схемі іншого віртуального пристрою. Програмне забезпечення, зібране в середовищі LabVIEW віртуального пристрою, призначеного для контролю рівня рідини в резервуарі, наповненому маслом. Якщо рівень бака перевищує верхню межу або, навпаки, досягає нижньої межі, користувач попереджається світловим сигналом. Крім того, подається сигнал тривоги, коли рівень масла в баку досягає верхньої межі, тобто якщо є ризик переливання масла. Тут рівень масла візуально відображається на баку.

Команда "стоп" використовується для зупинки програми. Діаграма тривоги також надається під час спорожнення та заповнення бака. Таким чином, запропонованим методом було створено віртуальний вимірювальний пристрій та вивчено питання підвищення

точності вимірювань. Відмінності в результатах наприкінці численних досліджень вимірювань вказували на наявність похибок. Ми запропонували корекційну фільтрацію для усунення помилок вимірювання.

В результаті дослідження було отримано задовільний результат, а помилки значно зменшені. Результат показаний на рис. 2.

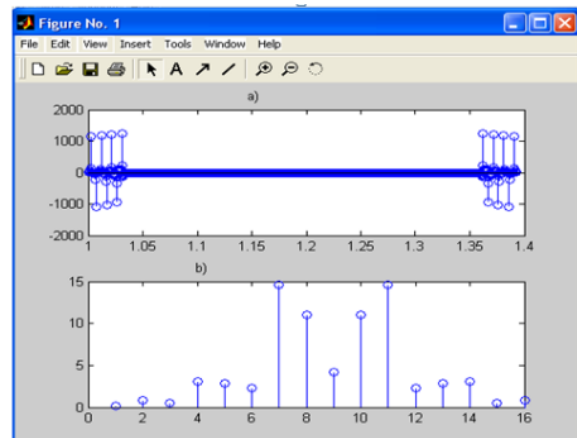


Рис. 2. Спектр вхідного сигналу та спектр після корекційної фільтрації

IV. ВИСНОВКИ

Вивчено принцип дії та структуру засобів вимірювань, що використовуються при вимірюванні рівня, вибрано відповідні засоби вимірювання для використання в різних умовах. Пропонується використовувати датчик рівня радіолокаційного типу, який нещодавно був розроблений і вважається найкращим у вимірюванні рівня. Розроблено віртуальний пристрій для вимірювання та моніторингу рівня рідини в резервуарі за допомогою програми LabVIEW. Запропонована корекційна фільтрація для усунення помилок вимірювання. В результаті дослідження було отримано задовільний результат, а похибки значно зменшено.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Devine P. Вимірювання рівня радіолокації - посібник користувача. Burgess Hill: VEGA Controls, 2004. 116 с.
- [2] Джером Дж. Віртуальні прилади з використанням LabVIEW. 2010. 54 с.
- [3] LabVIEW, Вводний курс - NCSA HDF5 (Ієрархічний формат даних. Бібліотека програмного забезпечення та утиліти Авторське право, 2003. 27 с.
- [4] Посібник із сенсорних технологій. 2005, 173 с.
- [5] Виноградова Н.А., Лістратов Я.І., Свиридов С.В. Розробка прикладного програмного забезпечення в середу LabVIEW-2007.-30 с.
- [6] Друзьякін І.Г., Ликов А.Н. Технічні вимірювання і прилади. 2008. 412 с.
- [7] Кулаков М. В., Технологічні вимірювання та прилади для хімічних виробництв, 3 вид., М., 2003. 184 с.
- [8] Вильніна А.В. Сучасні методи та засоби вимірювання рівня в хімічній промисловості: навчальне посібник /А.В.Вильніна, А.Д.Вильнін, Е.В.Сфремов.Томськ: Изд-во ТПУ, 2011. 84 с.

Дослідження виробничих ліній SMT монтажу

Анна Жгунова¹, Ірина Бабак¹

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: tempstrong@gmail.com

Анотація: В даному матеріалі розглянуто розробку кіберфізичної моделі на базі Індустрії 4.0 для виробничої лінії на основі конструкції та підбору компонентів виробничої лінії SMT монтажу. Дослідження по кіберфізифікації виробництва виконуються в рамках розробки і впровадження в промисловість ідей і рішень, спрямованих на створення «розумних підприємств», що володіють новими виробничими технологіями.

Ключові слова: Індустрія 4.0, кіберфізичні системи, виробнича лінія.

I. ВСТУП

Тенденції розвитку сучасного світу ведуть до збільшення обсягів інформації, підвищення вимог до її точності і своєчасного подання для аналізу і ухвалення рішень в режимах реального часу, вимагають перегляду підходів до використання високих технологій та їх ролі в різних сферах діяльності людини, що, своєю чергою, потребує змінити підходи до промислових технологій.

Діяльність сучасних виробничих підприємств реалізується сьогодні в відповідно до технологічних процесів Індустрії 3.0. В проектно-виробничу діяльність впроваджуються нові технічні та програмні засоби й системи автоматизації, що підвищують продуктивність праці проєктувальників і знижують час виконання окремих етапів життєвого циклу виробів [1-2].

Аналіз шляхів модернізації виробничих потужностей підприємств показує, що основні напрямки розвитку, які підтримують організації, орієнтовані не тільки на зниження витрат, автоматизацію технологічних процесів і т.д., але і на цифровізацію проєктних процедур, процесів постачання, виробництва, логістики, підтримки виробу в експлуатації й т.д. в загальному життєвому циклі виробів.

Необхідність оптимізації етапів життєвого циклу виробів призводить до вирішення ряду супутніх завдань, орієнтованих на розробку нових підходів до створення виробничих комплексів підприємств майбутнього на базі Індустрії 4.0, що підтримують інтеграцію технологічних, технічних, програмних та інших засобів і систем, що автоматизують етапи розробки та виготовлення виробів приладобудування. Такими системами, призначеними для роботи на підприємствах майбутнього, є кіберфізичні системи [3].

II. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В КОНЦЕПЦІЇ ІНДУСТРІЇ 4.0

Кіберфізичні системи можуть поліпшити виробничі процеси, забезпечуючи обмін інформацією реального часу між промисловим обладнанням, виробничим ланцюгом постачання, постачальниками, системами управління бізнесом і клієнтами. Крім того, кіберфізичні системи можуть підвищувати ефективність цих процесів завдяки

автоматичному моніторингу і контролю всього виробничого процесу та адаптації виробництва для задоволення переваг клієнтів. Вони підвищують прозорість і керованість ланцюгів постачання, покращуючи відстеження та безпеку товарів [4].

Четверта промислова революція пов'язана не тільки з розумними і взаємопов'язаними машинами і системами. Її спектр дії значно ширше. Саме синтез цих технологій і їх взаємодію в фізичних, цифрових і біологічних доменах складають фундаментальна відмінність четвертої промислової революції від всіх попередніх революцій.

Класичне визначення кіберфізичних виробничих систем – людська праця, «розумні» машини і транспорт, інтегровані в єдиному цифровому просторі за допомогою мереж, «розумних» пристроїв, сенсорних систем, аналітичних платформ і хмарних обчислень. Ключовими відмінностями кіберфізичних виробничих систем від традиційних виробничих систем є децентралізація, висока стійкість, абсолютна гнучкість і здатність до безперервної й нескінченної самооптимізації [5].

Обов'язкова ознака кіберфізичних виробничих систем – наявність в їх складі автономних «розумних» пристроїв, машин і розумного транспорту, розподіленої системи інтелектуальних сенсорів, з'єднаних між собою з платформами хмарних обчислень і аналітики [6]. Основні принципи концепції Індустрії 4.0: функціональна сумісність людини і машини; можливість контактувати безпосередньо через інтернет; прозорість інформації та здатність систем створювати віртуальну копію фізичного світу (рис. 1).



Рис.1. Технологічна еволюція

В останні роки кіберфізичні системи отримали великий поштовх до розвитку, який пов'язаний з ростом кількості «розумних» пристроїв і сенсорних мереж і об'єднанням їх у все більш великі системи, наприклад, інтернет речей.

Кіберфізичні системи, що є рушійною силою інновацій, охоплюють безліч різних дисциплін [7]. Наприклад, однією з цих дисциплін є імітаційне моделювання систем масового обслуговування.

Системою масового обслуговування (СМО) називається система, процес функціонування якої є, по суті, процесом обслуговування, який складається в наданні тієї чи іншої послуги, яка визначається з функціонального призначення системи (рис. 2). Об'єкт обслуговування в СМО називається вимогою або заявкою.

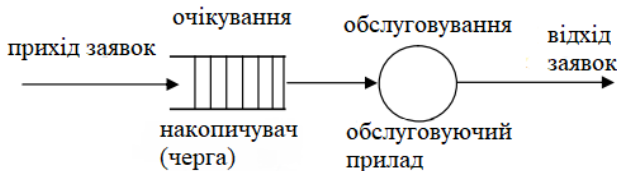


Рис. 2. Графічний вигляд найпростішої СМО

Процес функціонування СМО включає в загальному випадку наступні етапи:

- 1) прихід (надходження) вимоги;
- 2) очікування (при необхідності) в черзі;
- 3) обслуговування в приладі;
- 4) догляд вимоги з системи.

Метод імітаційного моделювання, коли модель імітує роботу реальної системи, тобто модель відтворює процес функціонування реальної системи в часі.

Будь-яка система, як відомо, являє собою сукупність взаємопов'язаних елементів і, отже, побудова її адекватної імітаційної моделі передбачає імітацію процесу функціонування кожного окремого елемента системи з обов'язковим збереженням логіки і правил взаємодії та розвитку складових систем елементів, як в часі, так і в просторі.

Основна перевага імітаційного моделювання перед іншими видами моделювання (наприклад, аналітичним) складається в універсальності в сенсі можливості дослідження будь-яких досить складних систем, з урахуванням таких факторів і умов, які важко або взагалі неможливо врахувати при аналітичному моделюванні. Тому в багатьох випадках імітаційне моделювання стає найбільш ефективним, а часто і практично єдиною доступним методом дослідження систем [8].

В імітаційній моделі повинні бути передбачені засоби збору і засоби подальшої статистичної обробки даних, отриманих в ході моделювання з потрібних характеристик системи.

Імітаційне моделювання, як правило, проводиться з використанням засобів обчислювальної техніки відповідно до програми, що реалізує послідовність утворюваних в системі основних подій, тобто відповідний процес функціонування системи. При цьому кілька годин, діб, років роботи реальної системи моделюється за кілька секунд, хвилин, годин роботи комп'ютера.

При імітаційному моделюванні розрізняють три види часу:

- час реальної системи – це час, в якому "живе", функціонує модельована система;
- модельний час – це "штучний" час, в якому "живе" модель або іншими словами це час, який є імітацією, прообразом (моделлю) часу реальної системи;
- реальний час – це час, в якому живе дослідник, комп'ютер або іншими словами це час, необхідний для моделювання (витратний час).

При побудові імітаційної моделі і її реалізації передбачається використання засобів обчислювальної техніки і програмування.

III. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ЛІНІЇ SMT МОНТАЖУ

Як вже було сказано раніше, дослідження деяких систем буває досить складним завданням, тому як систему масового обслуговування було обрано виробничу лінію SMT монтажу, над якою за допомогою кіберфізичної системи буде розроблена імітаційна модель.

Як приклад, обрана виробничу лінію компанії Jabil (рис. 3).

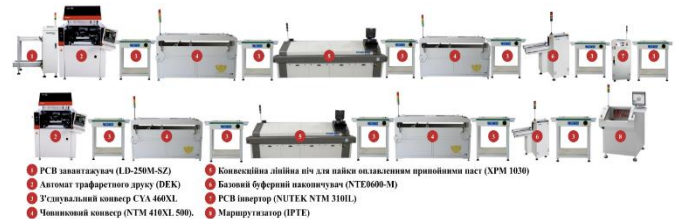


Рис. 3. Виробничу лінію SMT монтажу

Лінійка поверхневого монтажу для виробництва містить в собі три основні технологічні процеси: нанесення паяльної пасти, установка електронних компонентів на друковану плату, оплавлення паяльної пасти в печі. Кожен процес виконується в автоматичному режимі і все обладнання зв'язано в лінійку через конвеєри. Нанесення паяльної пасти здійснюється на автоматичному пристрої трафаретного друку з автоматичним суміщенням трафарету і друкованої плати. Установка електронних компонентів на плату проводиться в автоматичному режимі на установнику SMT конвеєрного типу. Оплавлення припою відбувається в конвеєрній конвекційній печі з системою моніторингу температури. Для підвищення продуктивності лінійка доповнюється пристроями автоматичного завантаження / розвантаження друкованих плат. Для підвищення якості, лінійка поверхневого монтажу комплектується пристроями автоматичного оптичного контролю монтажу (AOI) і автоматичною оптичною системою контролю нанесення паяльної пасти (SPI) [9].

У складі автоматичної лінійки поверхневого монтажу нанесення паяльної пасти проводиться за допомогою автомата трафаретного друку DEK, автомат оснащений рамою для трафаретів з пневматичним натягненням трафаретів. Устаткування дозволяє виконувати нанесення

паяльної пасти в автоматичному режимі з високими показниками швидкості, точності і повторюваності.

Установка поверхневих компонентів (SMD-резистори, SMD-конденсатори, транзистори, мікросхеми та інші) здійснюється за допомогою автоматичного установника компонентів NTM.

Для завантаження/вивантаження, а також для транспортування друкованого вузла по автоматизованій лінії використовується транспортне обладнання.

Оплавлення паяльної пасти проводиться в 10-ти зонній печі конвекційного оплавлення XPM.

Далі використовується блок NTE як буфер між SMD-машинами або тестерами. Буферні накопичувачі магазинного типу призначені для проміжного зберігання друкованих плат. В цьому випадку одним із завдань оптичних датчиків є контроль виступів. Вони своєчасно розпізнають невідповідність фактичного і заданого положення друкованої плати при зберіганні.

PCB інвертор використовується для перевертання друкованих плат (180 °) для «двостороннього» процесу.

Якість виробу і виробнича потужність напряму залежить від обраного обладнання. Дана автоматизована технологічна лінія слідує концепції «Індустрія 4.0», чий функціонал регулярно розширюється за послідовним введенням елементів «розумного» виробництва.

Поширення на виробництвах інформаційних технологій, впровадження кіберфізичних систем в конструкцію окремих установок, складальних ліній і підприємств роблять завдання грамотної експлуатації виробничих потужностей власними силами все більш важкою. Особливо це справедливо для виробництва електронних виробів, компонентів, складання друкованих плат і вузлів. Причина цього – постійно зростаюча складність обладнання і складність пов'язаних з його експлуатацією технічних і технологічних операцій, які відносяться як до апаратної, так і до програмної складових. Тому так гостро необхідні моделі, над якими будуть відбуватися експерименти для отримання інформації за допомогою обчислювальної техніки, замість реальних фізичних систем.

IV ВИСНОВКИ

В ході аналізу кіберфізичних систем Індустрії 4.0 було обрано конструкцію виробничої лінії, над якою будуть проводитися дослідження і експерименти завдяки імітаційному моделюванню цієї ж лінії. На базі конструкції визначили склад та функціонал автоматичної лінії, яка включає наступні комплектуючі: PCB завантажувач, автомат трафаретного друку, з'єднувальний конвеєр, човниковий конвеєр, конвекційну

лінійну піч для пайки оплавленням припайними пастами, базовий буферний накопичувач, PCB інвертор, маршрутизатор. На базі конструкції даної автоматичної лінії проаналізовано процес виготовлення друкованих плат. А також усвідомлено складність цього процесу та неможливість розгляду детально функціонування "розумної лінії". Надалі по даній автоматизованій лінії буде розроблена імітаційна модель, яка дозволить імітувати роботу реальної системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Schwab K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. NY: Crown Business, pp. 192.
- [2] Meissner H., Ilsen R., Aurich J.C. (2016). Analysis of control architectures in the context of Industry 4.0. *Procedia CIRP*. V. 62. P. 165–169. doi: 10.1016/j.procir.2016.06.113
- [3] Nevludov, I., Yevsieiev, V., Demska, N. and Novoselov, S. (2020) "Development of a Software Module for Operational Dispatch Control of Production Based on Cyber-Physical Control Systems", *Innovative Technologies And Scientific Solutions For Industries*, (4 (14), pp. 155-168. doi: 10.30837/ITSSI.2020.14.155.
- [4] Vladyslav Yevsieiev, Nataliia Demska. (2021). Study of the Structure of Cyber-Physical Production Systems in Industry 4.0. The I International scientific-practical conference "Problems of modern science and practice", September 21-24, 2021, Boston, USA p. 431-434. DOI: 10.46299/ISG.2021.II.I
- [5] Wang L., Haghghi A. (2016). Combined strength of holons, agents and function blocks in cyber-physical systems. *Journal of Manufacturing Systems*. V. 40. P. 25–34. doi: 10.1016/j.jmsy.2016.05.002
- [6] Liao Y., Deschamps S., Loures E.F.R., Ramos L.F.P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 – a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*. V. 55. N 12. P. 3609–3629, 2017. doi: 10.1080/00207543.2017.1308576
- [7] Lee E.A. (2015). The past, present and future of cyber-physical systems: a focus on models. *Sensors*, vol. 15, no. 3, pp. 4837–4869. doi: 10.4218/etrij.15.0114.0863
- [8] Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978.
- [9] Поверхностный монтаж печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.imp.lg.ua/index.php/ru/contract-manufacturing/contract-manufacturing-2>. – Загол. з екрану.

Розробка структурної схеми фрезерного верстата з ЧПК

Денис Волошин¹, Владислав Євсєєв¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: denys.voloshyn@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі розглянуто розробку структурної схеми для фрезерного верстата з ЧПК на основі конструкції та підбору компонентів верстата з ЧПК.

Ключові слова: фрезерний верстат з ЧПК, структурна схема.

I. ВСТУП

Верстат з числовим програмним керування (ЧПК) – це складна програмно-апаратна система, яка може перетворити блок сировинного (вихідного) матеріалу в складну деталь для подальшого використання в механізмі або машині [1-2].

На сьогоднішній день універсальним засобом для обробки поверхонь є фрезерні верстати з ЧПК. Фрезерні верстати з ЧПК дозволяють виготовити деталі зі складними криволінійними поверхнями. Вони можуть використовуватися як для серійного випуску деталей, так і для одиночних партій. Використання підприємством сучасних фрезерних верстатів дозволяє підвищити ефективність праці і знизити витрати, внаслідок чого зросте дохід підприємства [3].

Щоб побудувати сучасний фрезерний верстат з ЧПК треба розробити структурну схему в якій визначимо основні функціональні частини виробу їх взаємозв'язки та призначення. Визначимо склад верстату на базі якого зможемо розробити структурну схему майбутнього фрезерного верстату з ЧПК.

Структурна схема дозволяє розглянути принцип роботи пристрою або виробу в найзагальнішому вигляді. На структурній схемі зображують основні функціональні частини (блоки) виробу, їх призначення та лінії зв'язку між ними.

Завдяки розробці структурної схеми фрезерного верстату з ЧПК вдасться на ранньому етапі виявити помилки проектування, перерозподіляти вимоги до вузлів пристрою, після чого здійснити моделювання усіх вузлів верстату. В результаті значно скорочуються зусилля по розробці верстату.

II. КОНСТРУКЦІЯ ТА СКЛАД ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК

Конструкцію верстату з ЧПК обрано порталного типу. Портальна конструкція ЧПК верстатів має на увазі наявність П-образного порталу. Його переміщення уздовж робочої площини, забезпечує обробку деталі по осі Y. По осі X деталь обробляється за допомогою переміщення шпинделя уздовж балки порталу [4].

Переваги конструкції верстату з ЧПК порталного типу наступні:

1) Економія часу на одному циклі виготовлення продукту;

2) Зменшення витрат на робочу силу, оскільки один оператор може обслужити кілька верстатів відразу;

3) Швидкість обробки деталей і якість кінцевої продукції значно збільшується;

4) В середньому один верстат з ЧПК для підприємства обходиться дешевше, ніж покупка декількох звичайних верстатів.

Недоліком такої конструкції верстату з ЧПК є збільшення комплектуючих під вісь Y удвічі, що призводить до збільшення вартості побудови верстату, та складності побудови.

Для фрезера з ЧПК обов'язково мати мінімум 3 осі. Дві з них необхідні для позиціонування заготовки в площині, а третя – для переміщення шпинделя з ріжучим робочим інструментом по вертикалі.

Визначивши тип конструкції фрезерного верстату з ЧПК потрібно здійснити підбір елементів. В основному фрезерні верстати з ЧПК складаються з наступних основних компонентів:

- 1) Пристрій для введення даних;
- 2) Пристрій керування верстатом;
- 3) Механізми приводу;
- 4) Виконавчі механізми;
- 5) Система зворотного зв'язку (давачі).

Пристрій для введення даних є засобом введення програми обробки деталі в систему управління ЧПК. За допомогою комп'ютера і стандартного інтерфейсу послідовної передачі даних здійснюється введення початкових даних для обробки (виготовлення) деталі.

Пристрій (плата) керування верстатом – це блок управління верстатом є серцем системи ЧПК. Він використовується для виконання наступних функцій [5]:

- 1) Читання закодованих інструкцій;
- 2) Розшифровка закодованих інструкцій;
- 3) Реалізація інтерполяцій (лінійних, кругових і спіральних) для генерації команд переміщення по осях;
- 4) Передача команд руху осі в схеми підсилювача для управління механізмами осі;

5) Отримання сигналів зворотного зв'язку положення і швидкості для кожного приводу осі;

6) Реалізація допоміжних функцій управління, таких як аварійна зупинка верстату, зміна інструменту і т. д.

У якості приводів для верстатів з ЧПК в основному використовуються гібридні крокові двигуни (КД). КД дають змогу робити переміщення інструменту по всій робочій зоні верстата з ЧПК. Інструмент є однією з основних частин верстата, завдяки ньому здійснюється

головна операція, саме те для чого призначений ЧПК, обробка поверхні заготовки (виготовлення деталей).

У гібридного двигуна ротор розділений на дві частини, між якими розташований циліндричний постійний магніт (рис.1). Статор гібридного двигуна має зубці, що забезпечують велику кількість еквівалентних полюсів, на відміну від основних полюсів, на яких розташовані обмотки. Залежність між числом полюсів ротора, числом еквівалентних полюсів статора і числом фаз визначає кут кроку двигуна [6].

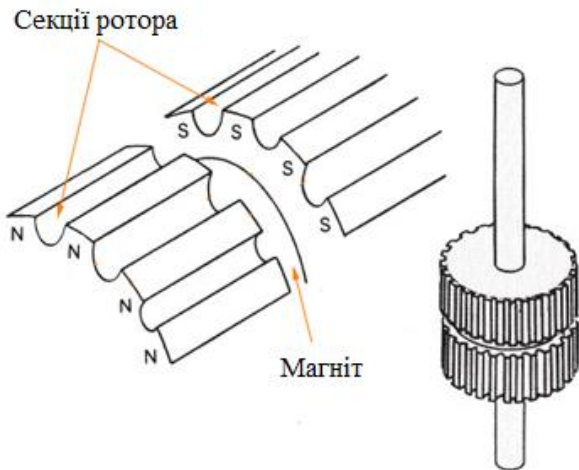


Рис.1. Будова ротора гібридного КД

Керувати КД набагато складніше ніж звичайним колекторним двигуном, потрібно в певній послідовності переключати напруги в обмотках з одночасним контролем струму. Тому для управління КД розроблені спеціальні пристрої – драйвери КД. Драйвер КД дозволяє управляти обертанням ротора КД відповідно до сигналів управління і електронним чином ділити фізичний крок КД на більш дрібні дискретні.

Робота практично всіх верстатів заснована на використанні ріжучих інструментів. Досить великого поширення набуло поняття шпинделя. Шпиндель верстата встановлюється для фіксації інструментів. За рахунок застосування сучасних матеріалів і налагоджених технологій виробництва, шпинделі верстатів з ЧПК запросто справляються з тривалою, напруженою роботою при частотах обертання понад 20-30 тис. об/хв.

Шпиндель є асинхронним електродвигуном змінного струму, вал якого встановлюється в опорних підшипниках для компенсації осьового і радіального навантаження від руху ріжучого інструменту уздовж площини оброблюваної заготовки. Надлишки тепла, що виділяються електродвигуном при роботі, відводяться вбудованою повітряною або водяною системою охолодження шпинделя. А для гнучкого управління електродвигуном шпинделя служить спеціальний пристрій – частотний перетворювач (інвертор).

Інвертор представляє собою спеціальний електричний пристрій-перетворювач для гнучкого управління електродвигуном змінного струму. За рахунок зміни

частоти живлячої напруги, інвертор дозволяє змінювати швидкість обертання електродвигуна шпинделя в потрібних межах. Так частота змінного струму 50 Гц (для побутової або промислової напруги в 220 В / 380 В) може бути перетворена до значення 0-400 Гц і більше. Відповідно до цього і швидкість обертання шпинделя може змінюватися від 0 до номінального значення. Крім цього, інвертор повинен забезпечувати сталість електричних параметрів «на виході», незважаючи на швидкозмінний характер навантаження на шпиндель.

Щодо виконавчих механізмів практично будь-який верстат з ЧПК містить в собі кульково-гвинтову передачу (КГП) або трапецеїдальний гвинт, так як вони є одним з його найбільш важливих компонентів. Якщо існує необхідність сконструювати верстат, який витримає би високі навантаження, був би надійним в роботі і виконував свої завдання з високою точністю, то краще вибрати саме кульково-гвинтову передачу. Тому у якості виконавчих механізмів будемо використовувати КГП.

КГП – це система перетворення обертальних переміщень в поступальні. такий метод переміщення високо затребуваний де необхідна надзвичайна точність, плавне позиціонування обладнання при роботі. Практично повна відсутність похибки, надійність конструкції і безшумність в роботі дає значну перевагу при виборі обладнання такого роду [7].

Виконавчий механізм КГП представлено гвинтом і гайкою, між якими, в спеціальних порожнинах різьблення знаходяться кульки. В конструкції гайки передбачені технологічні канали для рециркуляції кульок, для їх постійного, безперешкодного руху. Конструкція даного методу переміщення знижує коефіцієнт тертя до мінімуму, ККД при цьому зростає понад 90%.

Система зворотного зв'язку також називається вимірювальною системою. Вона використовує датчі положення і швидкості для постійного моніторингу стану, в якому знаходиться ріжучий інструмент в конкретний момент обробки. Головний блок управління використовує різницю між вихідними сигналами і сигналами зворотного зв'язку для генерації керуючих сигналів, щоб виправити помилки положення і швидкості. Оскільки фрезерний верстат з ЧПК буде зроблений із металевих виробів та при роботі шпинделя зайвий матеріал може потрапити на давач то у якості давачів будуть використовуватися індуктивні давачі наближення (положення). Принцип їх дії полягає в виявленні металевих об'єктів поблизу чутливого елемента. До інших матеріалів вони не чутливі. За допомогою високочастотного генератора в обмотці чутливого елемента наводиться електромагнітне поле. При піднесенні до давача металевого предмета відбувається зміна параметрів цього поля, що надалі фіксується тригерною схемою. Вихід тригера керує ключовим елементом, який може комутувати невелике навантаження у вигляді реле і т.п. Також на більшості датчиків встановлено індикатор спрацювання у вигляді світлодіода. Такий підхід дозволяє оцінити справність давача і виконати його калібрування під час монтажу. На рис.2 наведено один з варіантів схемного виконання індуктивного давача наближення.

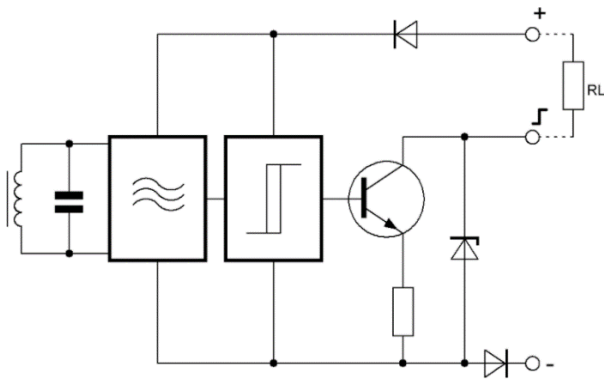


Рис.2. Схема індуктивного давача

III. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

На базі конструкції та складу фрезерного верстату з ЧПК що привели вище будуюмо структурну схему. Структурну схему наведено на рис.3.

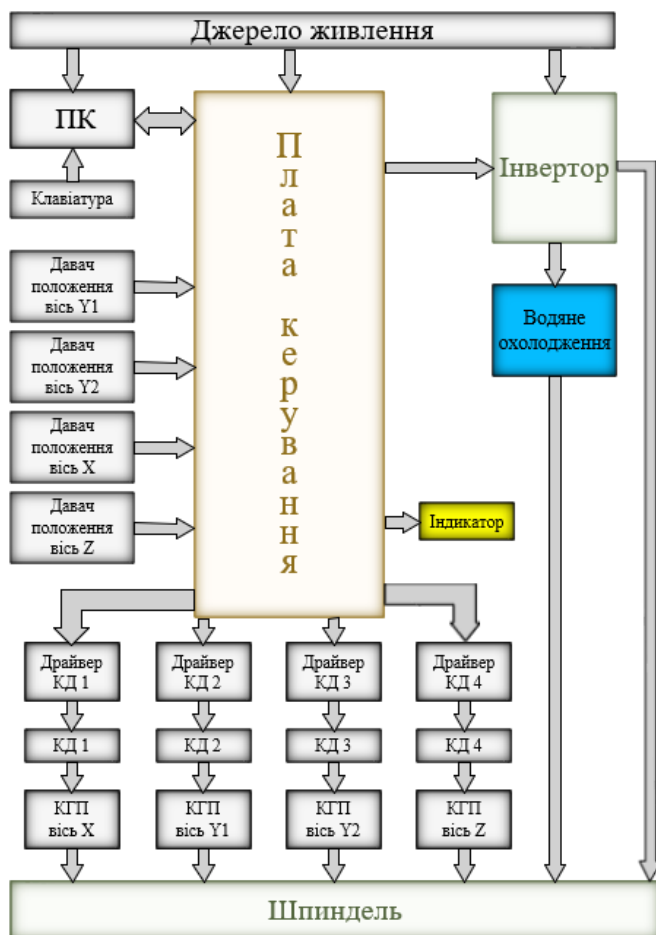


Рис.3. Структурна схема фрезерного верстату з ЧПК

За допомогою клавіатури вводимо початкові данні після чого ПК через порт передає команди (інструкції) на плату керування де відбувається весь процес обробки даних, готуються всі команди руху і відправляються у драйвери КД та інвертор, звідси драйвер контролює рух та швидкість КД, що призводить до руху КГП і відбувається

рух осей верстату зі шпинделем, а на інверторі через плату керування задається частота обертів двигуна (включення і виключення шпинделя та подача водяного охолодження).

Система зворотного зв'язку (давачі) фіксує дані про положення і швидкість руху осей і відправляє сигнал в плату керування верстатом. У платі керування сигнали зворотного зв'язку порівнюються з вихідними, якщо є помилки – він виправляє їх і відправляє в виконавчий механізм нові сигнали для коригування процесу.

Джерелом живлення є змінний струм 220 В що живить ПК, інвертор і через блок живлення постійного струму плату керування. Також на платі наявний індикатор що свідчить про нормальну роботу верстату.

IV. ВИСНОВКИ

В ході розробки структурної схеми фрезерного верстату з ЧПК було обрано конструкцію верстату порталного типу. На базі конструкції визначили склад та функціонал фрезерного верстату який включає наступні комплектуючі: блок живлення, ПК, плату керування, драйвери КД, крокові двигуни, КГП, інвертор, шпиндель, водяне охолодження, давачі. На базі конструкції та складу фрезерного верстату з ЧПК побудували структурну схему верстату та розглянули взаємозв'язок елементів структурної схеми. В подальшому по структурній схемі буде здійснене моделювання механічної та електронної частини фрезерного верстату з ЧПК вже з конкретними характеристиками комплектуючих верстату.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Yevsieiev Vladyslav, Nataliia Demaska. (2021). Analysis of Methods of Control of CNC Machines in Cyber-Physical Production Systems. In The II International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 1), September 17, 2021. Athens, Hellenic Republic: European Scientific Platform. P:102-104. DOI:10.36074/scientia-17.09.2021. ISBN: 978-1-68524-915-1
- [2] Yulong Wang, "Open architecture for CNC controller and their developing prospect", CNC & Software, pp. 75-76, Apr 2004.
- [3] Актуальность использования фрезерных станков на производстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.skladtehkompakt.ru/jp_147.php – 12.09.2021 р. – Загол. з екрану.
- [4] Gomez-Acedo, E., Olarra, A. & Lopez de la Calle, L.N. A method for thermal characterization and modeling of large gantry-type machine tools. Int J Adv Manuf Technol 62, pp. 875–886, 2012.
- [5] M. Scarpino, (2015). A Guide to Steppers Servos and Other Electrical Machines, pp. 59-61.
- [6] B. Li, Y.-F. Zhou and X.-Q. Tang, (2004). A research on open CNC system based on architecture/component software reuse technology, Comput. Industry, vol. 55, pp. 73-85.
- [7] K. Minoda, (2018). Switching Control and Strain Suppression Using Ball Screw Drive Devices. Proceedings of International Conference on Technology and Social Science.

Автоматизація процесів вакуумного сушіння деревини на ТОВ «ЕКО ДОК», с. Смига

А. Сиротинський¹, А. Стеценко¹

1. Кафедра Автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет водного господарства та природокористування, УКРАЇНА,
Рівне, вул. Соборна, 11, e-mail: syrotynskiy_ak16@nuwm.edu.ua, a.m.stetsenko@nuwm.edu.ua

Анотація: В матеріалах наведено рішення по автоматизації процесів вакуумного сушіння деревини контактним методом.

Ключові слова: автоматизована система управління, вакуум, камера, сушіння, деревина.

I. Вступ

В результаті сушки деревина з натуральної сировини перетворюється в промисловий матеріал, який відповідає певним вимогам, що пред'являється до нього у різних побутових і промислових умовах. При зниженні вологості в деревині поліпшуються її експлуатаційні та фізико-механічні властивості. Відомо, що при зміні вмісту вологи в деревині змінюється розмір і форма деревини. У випадках, коли для роботи з дерев'яними виробами потрібна сталість форми і розмірів деталей, їх вологість має бути заздалегідь доведена до певного рівня, який відповідає умовам експлуатації для цих виробів, тобто робочої вологості. Деревина, у якій великий відсоток вологості, легко уражається грибками, викликаючи гниття. Суха ж деревина дуже стійка. Зниження вмісту вологи в деревині призводить до зменшення її ваги і одночасного збільшення міцності. Тому суха деревина, на відміну від необробленої, легко склеюється, легко обробляється. Контроль кінцевого показника вологості є основним фактором в процесі сушіння.

Таким чином, деревина висушується з метою: запобігання зміни розмірів і форми деталей; запобігання псуванню і гниття; збільшення питомої міцності; поліпшення якості обробки та склеювання.

II. ЕТАПИ СУШІННЯ

Процедура сушки відбувається за наступним алгоритмом: 1 - завантаження пиломатеріалу; 2 - вимірювання початкової вологості деревини; 3 - прогрів; 4 - створення розрідження; 5 - сушіння; 6 - скидання вакууму; 7 - охолодження; 8 - вимірювання кінцевої вологості деревини; 9 - розвантаження.

Завантажують матеріал на вагонетку, чергуючи шар матеріалу та нагрівальну панель. Для максимального завантаження, в залежності від товщини матеріалу, чергують 2 шари деревини та нагрівальну панель. При завантаженні важливо дотримуватися рівномірного розподілу деревини, тобто щоб товщина матеріалу у

шарі була приблизно однаковою.

Після завантаження здійснюють вимірювання вологості деревини. У відповідності до вихідної вологості та виду деревини за таблицями потрібно визначити режим та тривалість сушіння.

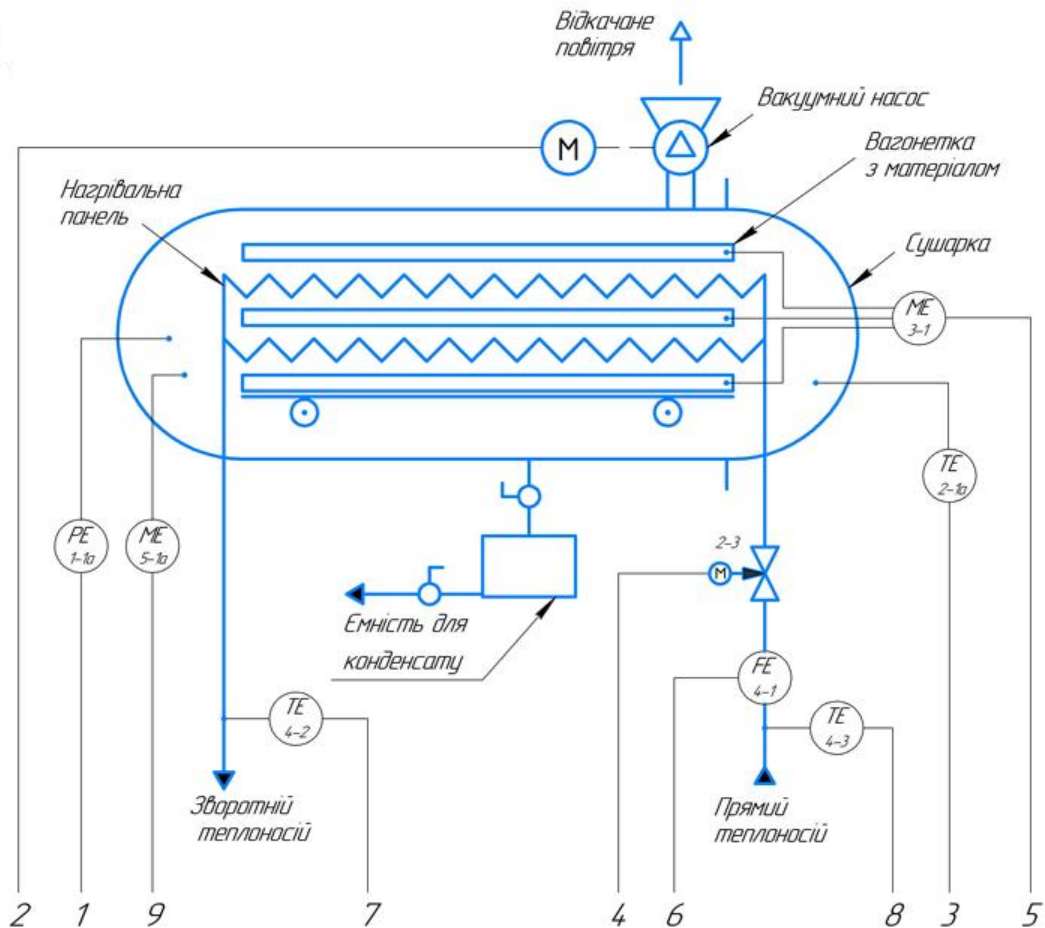
Потім проводиться попереднє нагрівання матеріалу при нормальному атмосферному тиску. Під час попереднього нагрівання відбувається нагрів деревини через контакт із нагрівальними панелями а також за рахунок циркуляції нагрітого повітря крізь пакети деревини. Нагрівання проводиться до тих пір, поки середина деревини не досягне необхідної температури.

Після цього починається нагнітання вакууму: активується вакуумний насос, і в камері створюється вакуум. З фізики відомо, що між вологістю деревини, температурою пари усередині камери та величиною вакууму існує однозначна залежність. Чим більше розрідження і температура в камері, тим швидше волога видалиться із матеріалу.

Коли закінчиться час сушіння, машина автоматично переходить до наступної операції - охолодження. Під час цієї операції відновлюється нормальний атмосферний тиск, нагрів припиняється, і відбувається охолодження всієї деревини до атмосферної температури. Через деякий час пульт управління повністю відключає всі функції і очікує, поки сушильна камера буде розвантажена.

III. Функціональна схема автоматизації

На основі вимог до системи автоматизації, визначених функціональних ознак та аналізу структури контурів регулювання температурою деревини та тиском у камері було спроектовано функціональну схему автоматизації рис.1. На функціональній схемі наявні два контури регулювання. Перший контур - контур регулювання тиску в камері, який працює наступним чином: з давача 1-1 уніфікований сигнал поточного тиску в камері надходить на контролер, де порівнюється отримане значення тиску із заданим, при наявності різниці значень контролер подає сигнал на частотний перетворювач 1-3, який керує двигуном вакуумного насоса. Другий контур – контур регулювання температури в камері, який складається з давача температури 2-1, ПІ-регулятора 2-2 і клапана 2-3. На регулятор приходить уніфікований сигнал від давача температури. В залежності від отриманого значення температури регулятор подає керуючий сигнал на клапан. Регулювання параметрів припиняється тоді, коли закінчиться час сушіння.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Прилади на місці	PU 1-10		TU 2-10	NS 2-3		FQIR 4-4			MY 5-10
Прилади на щиті	PICA 1-2	NS 1-3	TICA 2-2		MIA 3-2				MI 5-2
МКК-51	AI								
	DI								
	AO								
	DO								
Вимірювання									
Регулювання									
Сигналізація									
Індикація									
Реєстрація									

Рис.1. Функціональна схема автоматизації процесів вакуумного сушіння деревини

Також у даній системі є індикатори, які потрібні для здійснення моніторингу вологості повітря в камері та вологості деревини. Значення вологості деревини отримується з голкових давачів вологості 3-1, і виводиться на індикатор вологості 3-2. Вологість повітря у камері вимірюється ємнісним давачем вологості ME5-1.

Для вимірювання кількості витраченого тепла є наявний лічильник тепла FQIR 4-4 з функціями індикації та реєстрації, який здійснює обрахунок кількості тепла за допомогою двох давачів температури TE 4-2 та TE 4-3, які стоять на вході та виході теплоносія з системи, та

ультразвукового витратоміра FE 4-1. Блокування та сигналізація здійснюється коли значення розрідження в камері буде вище мінімального (0,1 МПа) або коли температура сушильного агента буде вищою за максимальну (95°C).

IV. СХЕМА КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

За схемою автоматизації технологічного процесу вакуумного сушіння деревини було розроблено схему комплексу технічних засобів (рис.2). На нижньому рівні знаходяться давачі та виконавчі механізми.

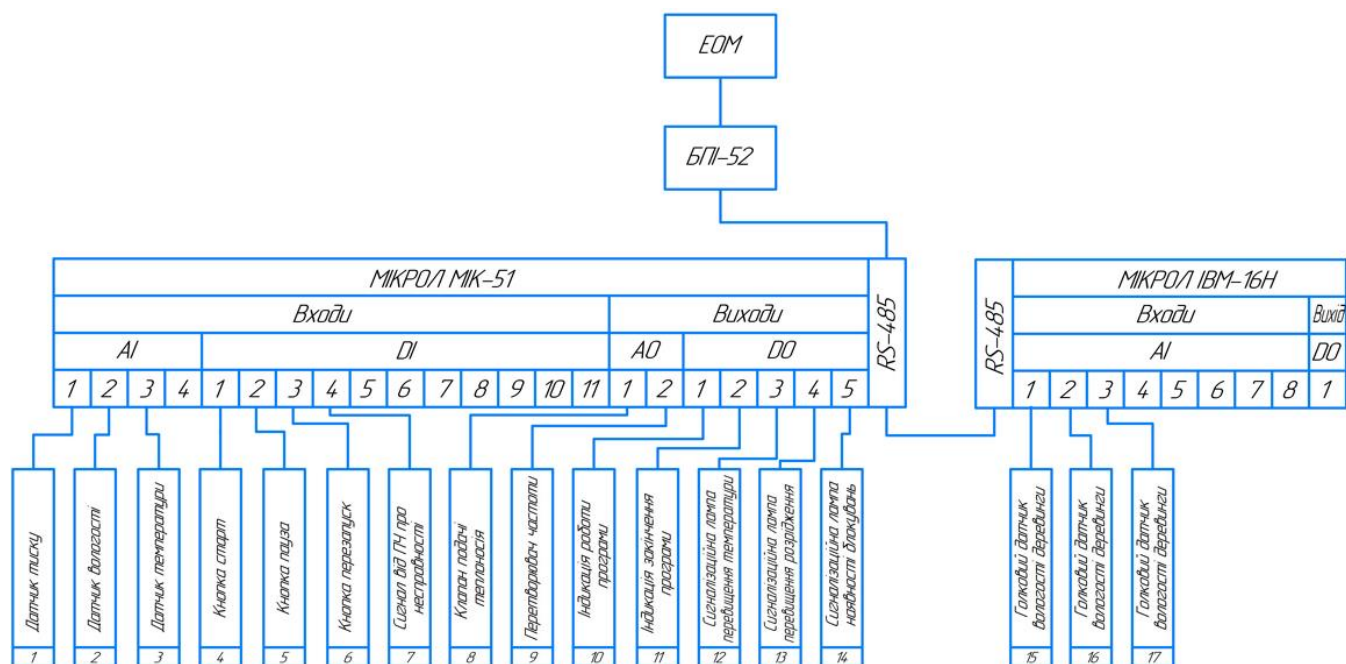


Рис.2. Схема комплексу технічних засобів автоматизації

З давачів використовуються: давач температури, давач тиску, давач вологості у камері та голковий давач вологості деревини. З виконавчих механізмів є наявними: частотний перетворювач, призначений для керування електродвигунами потужністю до 11 кВт, та двоходовий клапан із сервоприводом, призначений для керування подачею теплоносія в нагрівальні панелі.

Управління устаткуванням здійснюється програмованим логічним контролером МІК-51, який виконує функції програмного і дискретного управління. Контролер з мікропроцесорним індикатором вологості сполучений по інтерфейсу RS-485.

На верхньому рівні управління використовується ЕОМ. ЕОМ виконує функції індикації і реєстрації параметрів процесу, а також операторського управління ТЗА, завантаження програми керування у програмований логічний контролер (ПЛК). Зв'язок ПЛК із ЕОМ здійснюється через блок перетворення інтерфейсів БПІ-52.

V. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЛК

Для розробки програмного забезпечення було використано безкоштовний редактор FBD-програм АЛЬФА 2 компанії Мікрол, спеціалізований на розробці програм керування для мікропроцесорних контролерів МІК-51, МІК-51Н, МІК-52 та МІК-52Н.

У розробленій програмі (рис. 3) є такі основні складові: регулятор температури, регулятор розрідження, часова програма, індикація, сигналізація та блокування.

Регулятор температури реалізований за допомогою аналогового давача температури, ПІД-регулятора і аналогового виходу з уніфікованим сигналом 4 ... 20 мА. Сигнал від давача температури АІН 3 надходить на ПІД – регулятор PID 6 де, у залежності від розузгодження між

вхідним і заданим значенням температури, формується відповідний керуючий сигнал на аналоговий вихід АОТ 7. Запуск та зупинка регулятора здійснюється за допомогою подачі дискретного сигналу на його вхід (07) при цьому встановлюється безпечне значення на виході, яке заздалегідь вказують за допомогою задавача SP 5. Блок DSET 1 призначений для формування логічної "1" на вході (01) блоку логічного І AND 8, який, у свою чергу, формує логічні "1" або "0", в залежності від сигналу на вході (02), на вхід (01) блоку множинного АБО OR_M 9. Блок OR_M 9 зупиняє роботу ПІД-регулятора при наявності сигналу зупинки, паузи чи закінчення програми.

Регулятор розрідження працює аналогічно регулятору температури: сигнал від давача тиску АІН 10 надходить на ПІД – регулятор PID 11 де, у залежності від розузгодження між вхідним і заданим значенням розрідження, формується відповідний керуючий сигнал на аналоговий вихід АОТ 12. Запуск та зупинка регулятора здійснюється за допомогою подачі дискретного сигналу на його вхід (07) через блок множинного АБО OR_M 13. При цьому встановлюється безпечне значення на виході регулятора, яке вказують за допомогою задавача SP 5.

Часова програма складається з блоку STEP 14 та кнопок керування програмою: СТАРТ DIN 35, ПАУЗА DIN 34 та ПЕРЕЗАПУСК DIN 37. Блок STEP 14 призначений для часового або умовного перемикання кроків програми, у якому є можливість використовувати до 8 кроків, у нашому випадку необхідно 3: прогрів матеріалу, нагнітання розрідження і безпосереднє сушіння та охолодження деревини. На щиті управління здійснюється індикація про роботу програми та завершення програми за допомогою блоків DOT 22 та DOT 23 відповідно. Також є індикація вологості деревини та вологості повітря в камері.

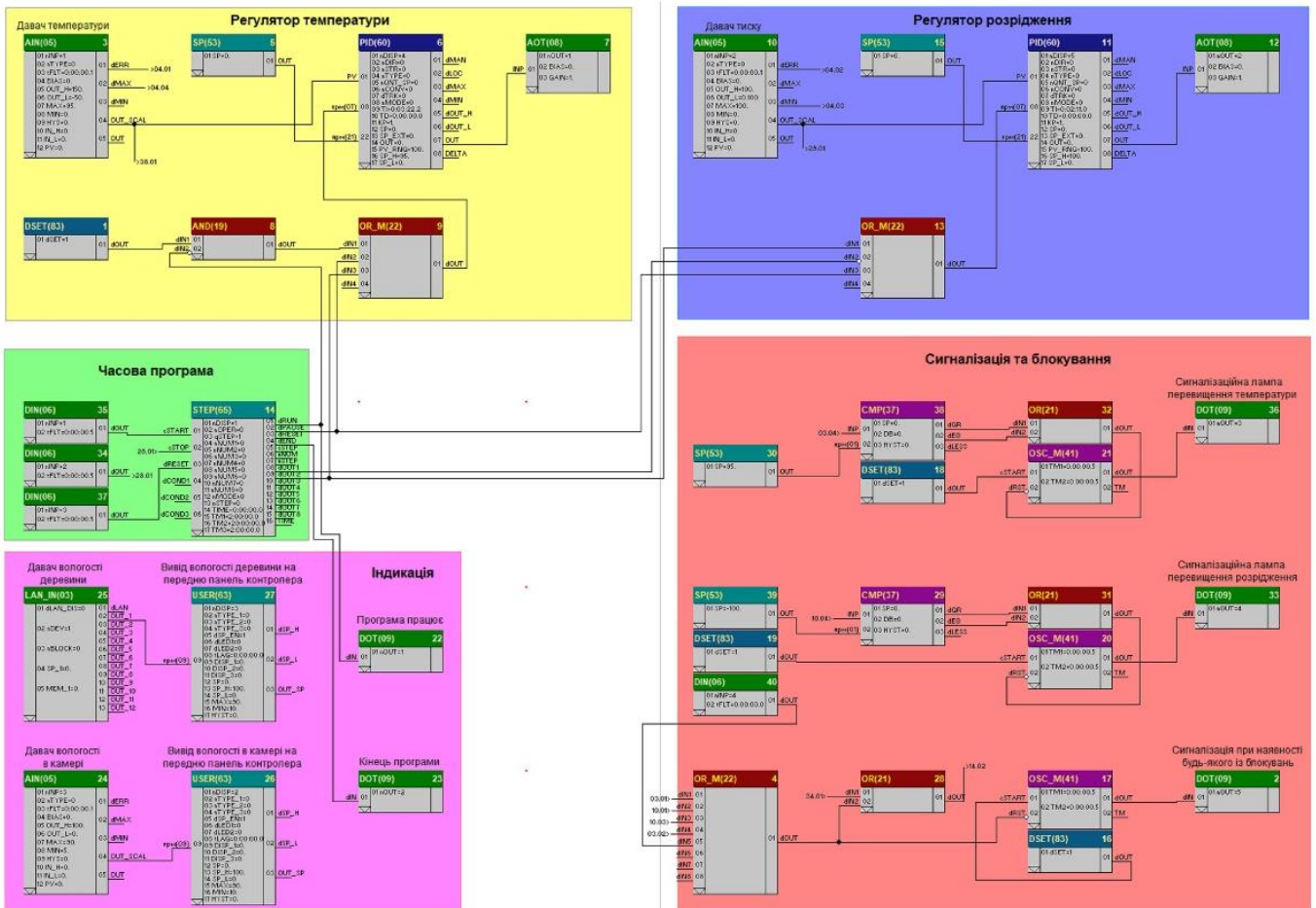


Рис. 3. Програмна реалізація функцій АСУ

Значення вологості деревини від IBM-16H через мережу по інтерфейсу RS-485 надходить на контролер, для цього є блок LAN_IN 25, звідки сигнал надходить на блок USER 27, за допомогою якого значення вологості деревини виводиться на передню панель контролера (канал 3). Значення вологості в камері надходить від давача вологості AIN 24 на блок USER 26, за допомогою якого значення вологості в камері виводиться на передню панель контролера (канал 2).

Сигналізація та блокування здійснюється при перевищенні температури чи розрідження в камері або несправностей двигуна вакуумного насоса. Блок CMP 38 призначений для порівняння значення температури з давача температури із заданим значенням у блоці SP 30, при перевищенні значення, через блок логічного АБО OR 32, сигнал надходить на генератор імпульсів OSC_M 21, який через дискретний вихід DOT 36 керує миготінням сигналізаційної лампи. Блок DSET 18 подає сигнал запуску генератора імпульсів OSC_M 21 при надходженні логічної "1" з блоку OR 32. Аналогічно працює сигналізація про перевищення розрідження в камері: блок CMP 29 порівнює значення розрідження з давача тиску AIN 10 із заданим значенням у блоці SP 39. При перевищенні значення, через блок логічного АБО OR 31, сигнал надходить на генератор імпульсів OSC_M 20, який через дискретний вихід DOT 33 керує миготінням сигналізаційної лампи. Блок DSET 19 використовується

для запуску генератора імпульсів OSC_M 20 при надходженні логічної "1" з блоку OR 31. Сигналізація при наявності будь-яких інших блокувань здійснюється за допомогою блоку OR_M 4, у якому враховуються сигнали про помилки від давачів, перевищення параметрів, сигнал про несправності двигуна (блок DIN 40). Сигнал від цього блоку надходить на генератор імпульсів OSC_M 17, який через дискретний вихід DOT 2 керує миготінням сигналізаційної лампи. Блок DSET 16 використовується для запуску генератора імпульсів OSC_M 17 при надходженні логічної "1" з блоку OR 31. Блок OR 28 призначений для подання сигналу на паузу процесу сушіння при наявності будь-якого блокування.

V. ВИСНОВКИ

Використання сучасних технічних засобів автоматизації дозволить покращити точність та швидкість керування процесом сушіння деревини. Також є можливість змінювати програму керування у відповідності до вимог для сушіння даного типу матеріалу.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

[1] А.О. Бобух. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Навчальний посібник. – Харків, ХНАМГ, 2006. -186 с. Masik24521011223

Автоматизація процесу синтезу аміаку на ПрАТ «Рівнеазот», с. Городок

Б.Коптюх¹, А. Стеценко¹

Кафедра Автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет водного господарства та природокористування, УКРАЇНА,

Рівне, вул. Соборна, 11, e-mail: koptiukh_ak18@nuwm.edu.ua, a.m.stetsenko@nuwm.edu.ua

Анотація: В матеріалах наведено рішення по автоматизації процесу синтезу аміаку, у якості об'єкта керування розглянута колона синтезу аміаку.

Ключові слова: автоматизована система управління, аміак, колона синтезу, сепаратор, тиск.

I. ВСТУП

Аміак є одним із важливих сполук азоту, який відіграє дуже велику роль у житті на Землі. Азот входить у білки живих організмів, а його сполуки широко використовуються в усіх областях діяльності людини і, в першу чергу, у виробництві мінеральних добрив. Тому виготовлення аміаку є важливим.

Головним етапом синтезу аміаку є реакція синтезу аміаку в колоні синтезу. Для даного етапу необхідно, щоб циркуляційний газ потрапив у колону трьома потоками, попередньо очистився від масла, домішок, охолодився/нагрівся до необхідних температур та під відповідним тиском, але не вище 35 МПа, направився у колону.

Для того, щоб повітря набуло такого тиску, необхідно використовувати повітряні компресори, які мають бути досить потужні; сепаратори для відокремлення різних домішок, залишків аміаку, що може серйозно повпливати на процес у цілому; для охолодження/нагрівання газу необхідно застосовувати "холодні" та "гарячі" теплообмінники.

II. ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ АМІАКУ

На рис 1 наведено технологічну схему процесу синтезу аміаку. Процес синтезу аміаку складається з наступних стадій: 1 – очищення азотоводневої суміші від залишків масла та води, відокремлення конденсату; 2 – підготовка циркуляційного газу для колони синтезу; 3 – реакція синтезу в колоні синтезу аміаку; 4 – охолодження циркуляційного газу; 5 – збирання і видача рідкого аміаку споживачам.

Очищення азотоводневої суміші від залишків масла і води, відокремлення конденсату.

Стиснута азотоводнева суміш під тиском 32 МПа (320,0 кгс/см²) надходить на установку синтезу аміаку в лінію циркуляційного газу перед аміачним випарником (11). Для додаткового очищення азотоводневої суміші від масла і води, тобто покращення якості одержуваного аміаку, суміш проходить через аміачний випарник (11), в якому газ охолоджується до температури -5...+10°C і сепаратор (14), в якому проходить відокремлення сконденсованих масла і води.

Далі очищена азотоводнева суміш змішується з

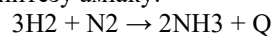
циркуляційним газом на вході у випарник (5). У випарнику суміш свіжого і циркуляційного газу охолоджується до температури -5...+10°C, аміак, що міститься в циркуляційному газі, частково конденсується. Відокремлення конденсату від газу проходить в сепараторі первинної конденсації (8).

Підготовка циркуляційного газу для колони синтезу

Циркуляційний газ з об'ємною часткою аміаку не більше 5% проходить "холодний" теплообмінник (15), де підігрівається до температури не вище 20 С. Підігрітий газ подається на всмоктування відцентрових циркуляційних компресорів(19), які стискають циркуляційний газ до тиску не вище 35,0 Мпа (350,0 кгс/см²). Циркуляційний газ далі проходить міжтрубний простір "гарячого" теплообмінника(6), підігрівається до температури не вище 200°C.

Реакція синтезу в колоні синтезу аміаку

Підігрітий газ надходить в колону синтезу (3), де під тиском не вище 35,0 МПа (350,0 кгс/см²) з температурою 360...550°C на залізному каталізаторію проходить реакція синтезу аміаку:



В колону синтезу (3) газ надходить трьома потоками: основним, верхнім і нижнім холодними байпасами. На каталізаторну тарілку насадки колони синтезу аміаку циркуляційний газ поступає радіально. Основний потік газу подається в колону зверху, проходить по кільцевій щілині між корпусом колони і кожухом насадки і надходить в міжтрубний простір нижнього теплообмінника, де підігрівається зворотнім потоком газу після другої тарілки. На виході з теплообмінника підігрітий газ змішується з холодним потоком, що подається по нижньому холодному байпасу. Після змішування газ надходить в трубний простір верхнього теплообмінника, де підігрівається за рахунок теплоти реакції першого шару каталізатора.

Після теплообмінника газ надходить в центральну трубу, де розташований пусковий електропідігрівник (потужність 500 кВт), який служить для розігрівання каталізатора під час його відновлення і пуску агрегата. На виході із центральної труби газ змішується із холодним потоком, який подається верхнім холодним байпасом. Потім газ направляється в перший шар каталізатора і далі надходить в міжтрубний простір верхнього теплообмінника. Після теплообмінника циркуляційний газ надходить в другий шар каталізатора. Пройшовши другий шар каталізатора, циркуляційний газ з об'ємною часткою аміаку не більше 21,39% надходить в трубний простір нижнього теплообмінника, де охолоджується до температури не вище 400°C і виходить із колони синтезу, де проходить ряд охолоджень.

Охолодження циркуляційного газу

Після колони синтезу реакційний газ з температурою не вище 400°C надходить у вхідний колектор котла-утилізатора (4) і далі направляється в секції котла, в

яких утворюється пара під тиском 3,8 МПа (38,0 кгс/см²). Вода для живлення котла-утилізатора подається з температурою не вище 70°C насосом.

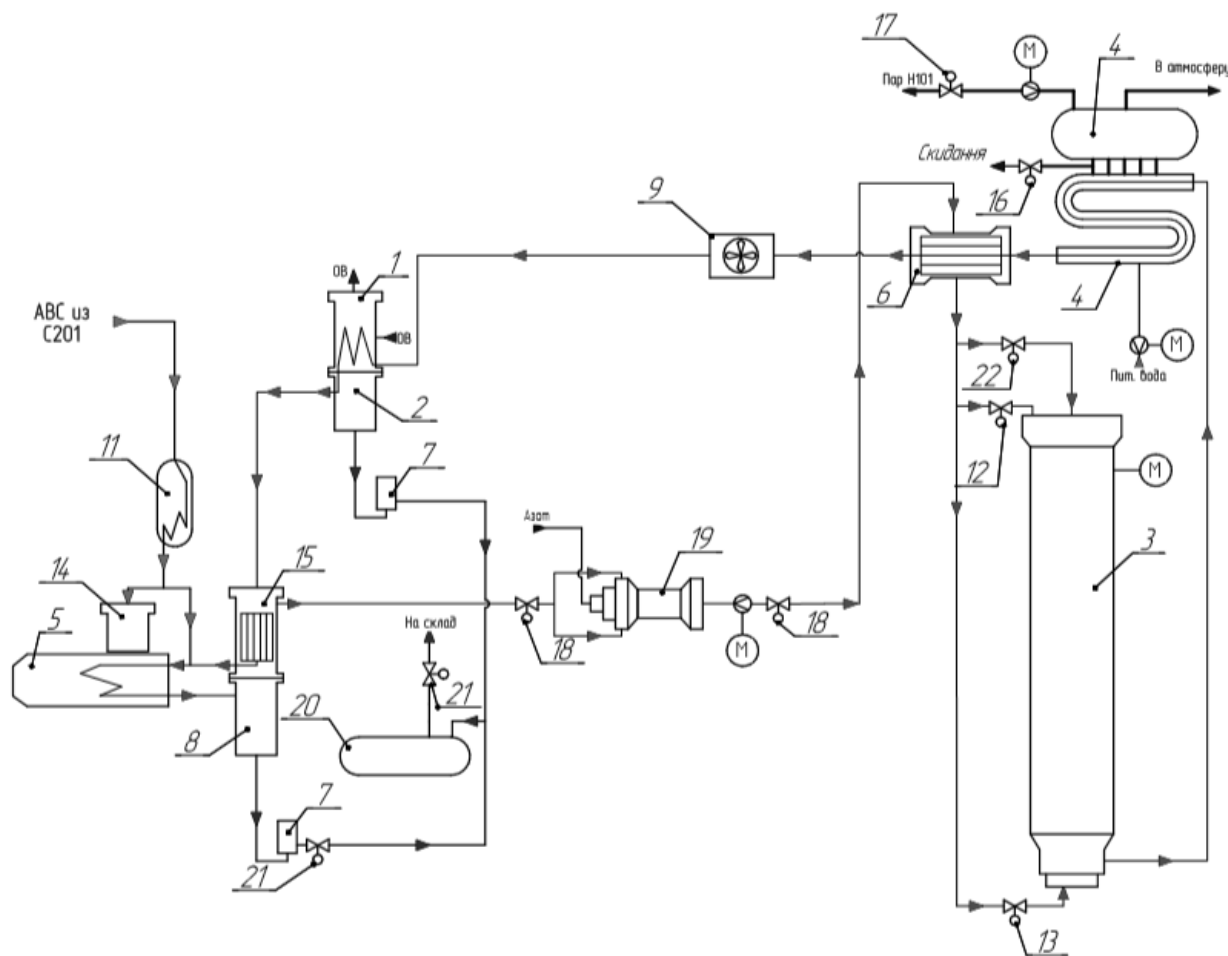


Рис. 1. Технологічна схема процесу синтезу аміаку

З "гарячого" теплообмінника (6) газ виходить із температурою не вище 90°C і надходить в повітряні холодильники (9), де охолоджується до температури не вище 60°C та направляється у водяний холодильник (1), який знижує температуру газу до 40°C.

Збирання і видача рідкого аміаку споживачам

Рідкий аміак, відокремлюється від циркуляційного газу у сепараторах первинної та вторинної конденсації (8 та 2). Із сепараторів рідкий аміак проходить через магнітні фільтри (7), де очищується від каталізаторного пилу і через регулятори рівня рідкого аміаку в сепараторах під тиском 1,8 МПа (18,0 кгс/см²) видається в збірник рідкого аміаку (20).

III. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

На основі вимог до системи автоматизації, визначених функціональних ознак та аналізу структури контурів

регулювання температурою, тиском, рівнем та концентрацією процесу було спроектовано функціональну схему автоматизації (рис 2).

Автоматика захисту

Призначена для контролю за основними технологічними параметрами, а також для відсікання циркуляційного газу, рідкого аміаку, води та пари при виникненні аварійних ситуацій.

Всього є 9 регулюючих клапанів, які відсікають, змінюють кількість проходження тієї чи іншої вимірювальної величини. На клапанах наявний електропривод з поворотною пружиною. Відсікання того чи іншого параметра відбувається при виході регульованого параметра за допустимі межі або при зникненні електроживлення задля того, щоб не виникло аварійних ситуацій. Для привернення уваги при спрацюванні автоматики захисту спрацьовує сигналізація.

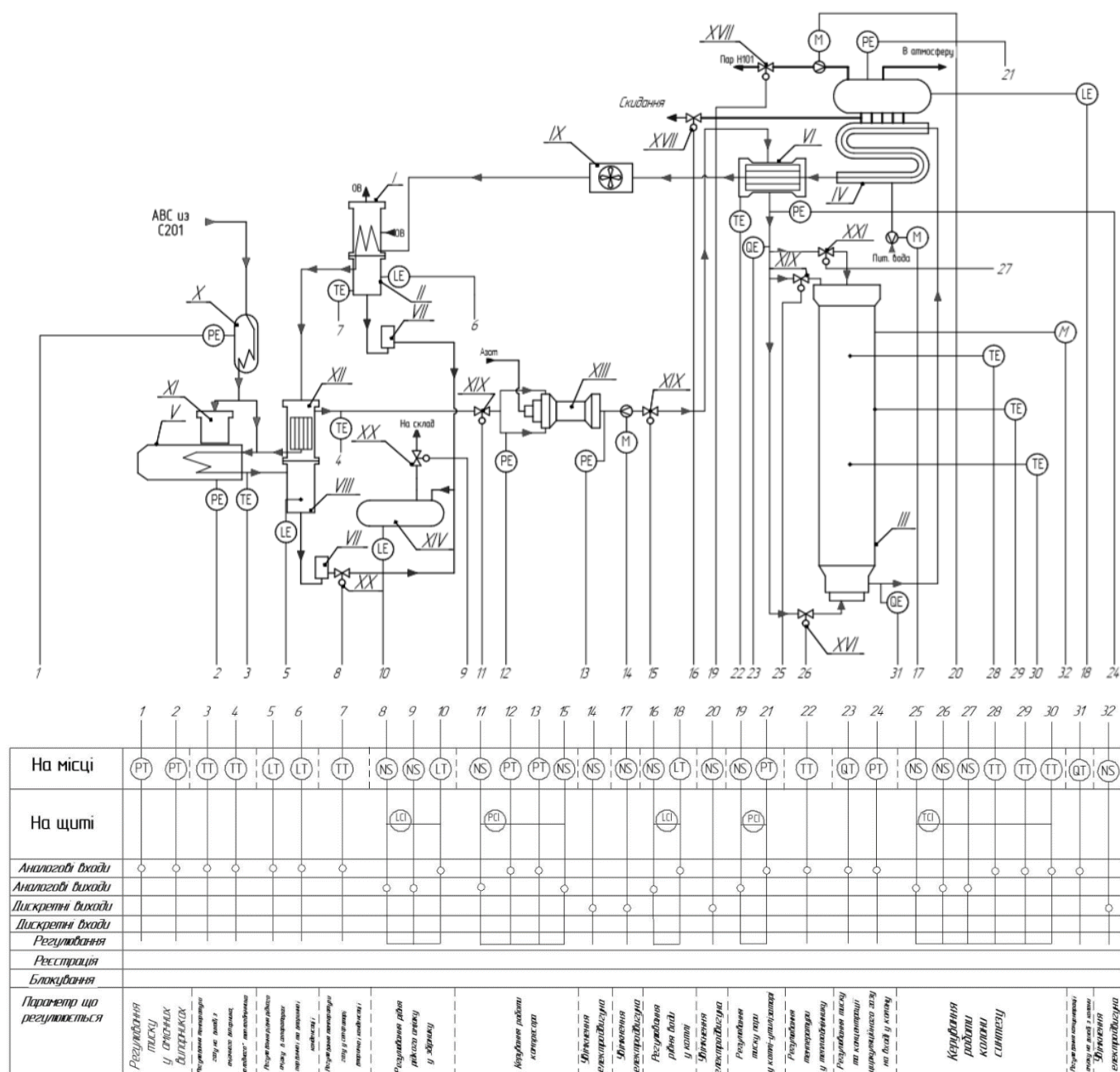


Рис 2. Функціональна схема автоматизації процесу синтезу аміаку

Контроль технічних параметрів

Для стабільності протікання процесу, виявлення відхилень у процесі необхідно вести облік таких параметрів: PE 1-1; 2-1 - давачі тиску у аміачних випарниках; PE 12-1; 13-1 - давачі тиску на вході/виході з компресора; PE 21-1 - давач тиску пари в котлі; PE 24-1 - давач тиску циркуляційного газу на вході у колону синтезу; TE 3-1; 4-1 - давачі температури газу на виході з аміачного випарника та "холодного" теплообмінника; TE 7-1 - давач температури газу у сепараторі вторинної конденсації; TE 22-1 - давач температури газу у "гарячому" теплообміннику; TE 28-1; 30-1 - давачі температури в колоні синтезу аміаку (шари каталізатора); TE 29-1 - давач температури стінок колони синтезу;

LE 5-1; 6-1 - давач рівня рідкого аміаку у сепараторах

первинної, вторинної сепарації; LE 10-1 - давач рівня у збірнику рідкого аміаку; LE 28-1 - давач рівня води у котлі; QE 23-1 - давач концентрації азото-водневої суміші на вході у колону синтезу; QE 31-1 - давач концентрації аміаку на виході з колони.

Також для роботи системи потрібно 4 електродвигуна, а саме 2 для компресорів (стискування циркуляційного газу до відповідного тиску, для нагнітання пари та в подальшому її використанні у процесі риформінгу; аміаку).

Для регулювання роботи електродвигунів передбачені магнітні пускачі. Щоб регулювати зміну швидкості електродвигунів застосовують частотні перетворювачі.

IV. Схема комплексу технічних засобів

Проаналізувавши всю технічну інформацію про

протікання процесу, було розроблено структурну схему комплексу технічних засобів автоматизації (рис 3).

Для схеми автоматизації використовуємо програмно-логічний контролер (ПЛК) WinPAC-8831, який має вісім слотів для модулів розширення, а також додатково використовуємо корзину розширення RU-87P8 з вісьмома слотами для додаткових модулів.

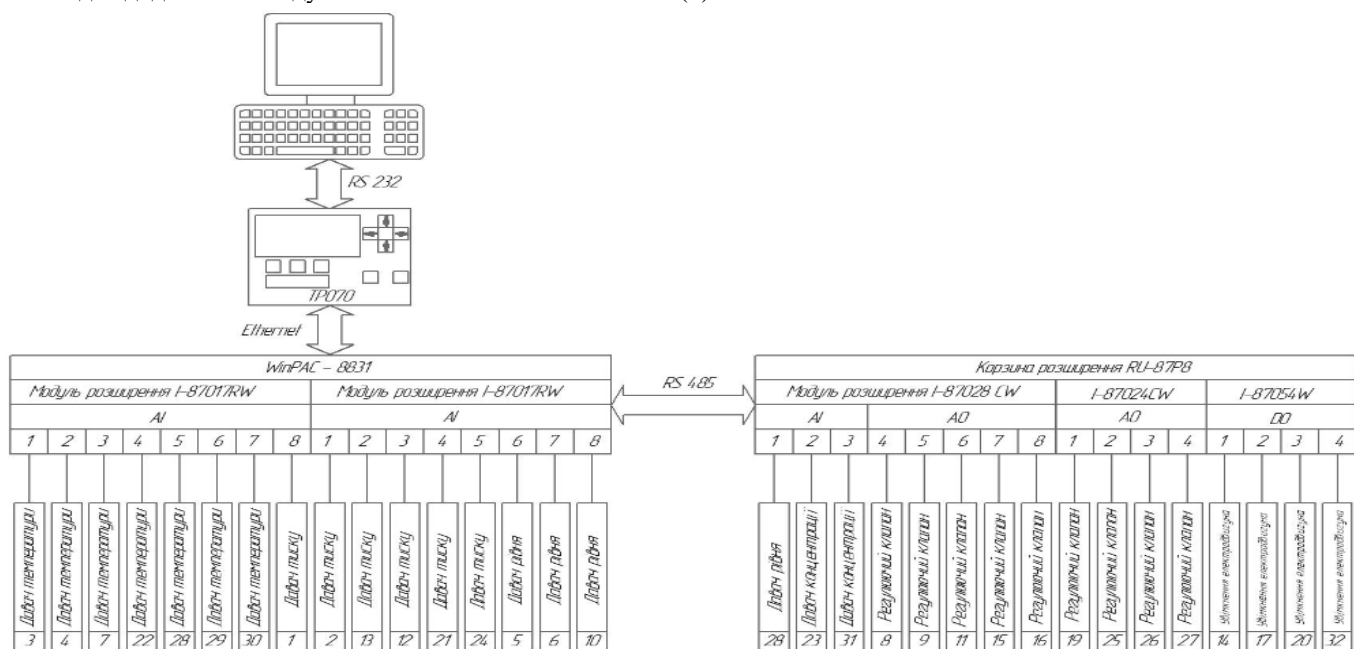


Рис. 2. Схема комплексу технічних засобів автоматизації

Для регулювання тиску циркуляційного газу передбачений регулятор тиску REFLUX 819 Pietro Fiorentini. Для регулювання витрати пари та води передбачений триходовий фланцевий клапан Sauter BUS. Клапани проводяться в рух за допомогою електроприводу Sauter AVF234.

Дискретних виходів передбачено чотири: пуск/зупинка електродвигуна компресора для стиснення циркуляційного газу, пуск/зупинка електропідігрівника каталізаторів, пуск/зупинка електродвигуна для подачі живильної води на котел-утилізатор, пуск/зупинка електродвигуна для нагнітання пари у процес первинного риформінту.

Електродвигуни приводяться в рух за допомогою магнітних пускачів, які включаються внаслідок подачі сигналу з контролера на реле, що замикають обмотки пускачів. Додатково до електродвигунів під'єднані частотні перетворювачі LS Starvert iV5 SV45, які дозволяють плавно регулювати їх швидкості.

Аналогових виходів використано дев'ятнадцять: давачі тиску у аміачних випарниках (2), давачі тиску компресора на вході та виході (2), давач тиску пари в котлі, давач тиску циркуляційного газу на вході у колону синтезу, давач температури газу на виході з аміачного випарника, давач температури газу у сепараторі вторинної

Аналогових виходів використано дев'ять: регулюючі клапани подачі газу у верхньому та нижньому байпасах колони синтезу, регулюючий клапан подачі газу у колону синтезу, регулюючий клапан подачі пари, регулюючий клапан скидання води, регулюючі клапани компресора (2) та клапани регулювання подачі рідкого аміаку на видачі (2).

конденсації, давач температури газу у "гарячому" теплообміннику, давач температури газу у колоні синтезу (шари каталізатора - 2), давач температури стінок колони синтезу, давач концентрації азото-водневої суміші на вході у колону синтезу, давач концентрації аміаку на виході з колони синтезу, давач рівня аміаку у збірнику рідкого аміаку, давачі рівня у сепараторах вторинної та первинної конденсації, давач рівня води у котлі.

V. Програмне забезпечення ПЛК

Для розробки програмного забезпечення було використано середовище програмування Trase Mode оскільки при програмуванні алгоритмами управління технологічним процесом дане середовище підтримує всі мови міжнародного стандарту IEC 61131-3, а саме процедурні мови ST та IL та візуальні мови програмування FBD, LD та SFC.

1. Програма стабілізації температури у колоні шляхом зміни подачі газу у верхньому та нижньому байпасах (рис. 3). Для побудови регуляторів у програмі є спеціальний блок, який формує ПІД-закон регулювання. Блок OBJ моделює об'єкт управління для налагодження алгоритмів керування.

2. Програма регулювання тиску на вході/виході компресора (рис. 4).



Рис. 3. Програма стабілізації температури у колоні шляхом зміни подачі газу у верхньому та нижньому байпасах

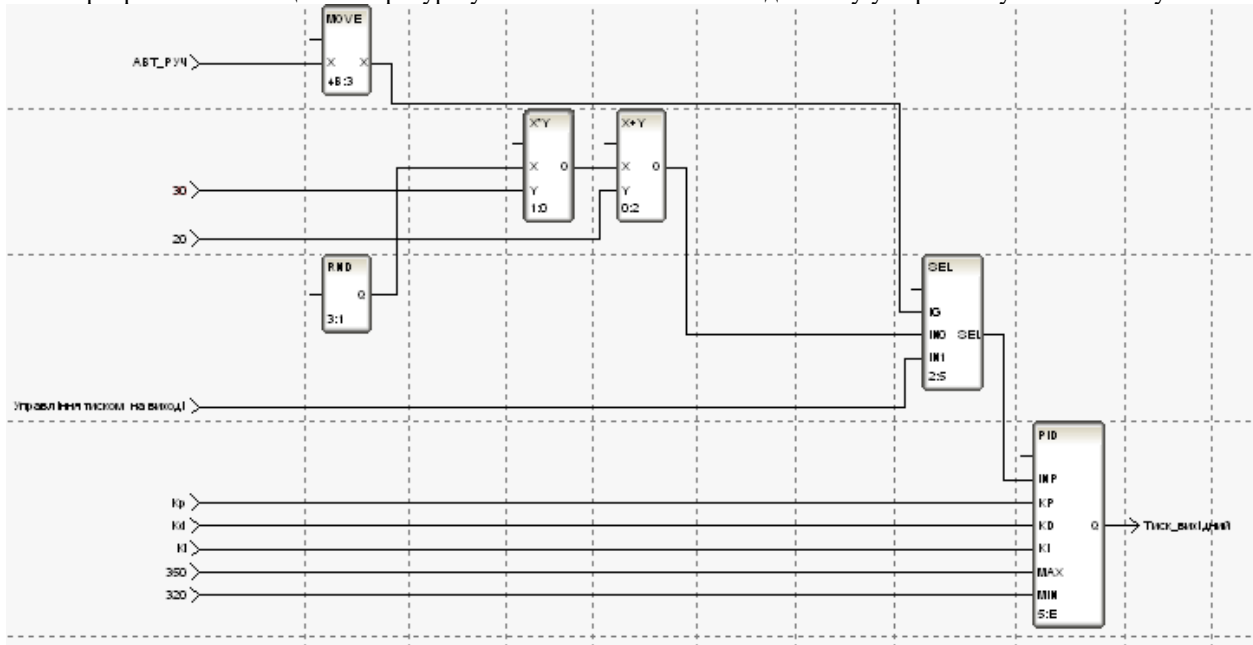


Рис. 4. Програма регулювання тиску на вході/виході компресора

V. ВИСНОВКИ

Використання сучасних технічних засобів автоматизації дозволить покращити точність та швидкість керування процесом синтезу аміаку, зменшити відсоток технологічного браку, збільшити вихід аміаку, забезпечить дотримання усіх необхідних умов для роботи технологічного обладнання, зменшить імовірність виходу його з ладу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Теоретичні основи і технологія синтезу аміаку. - під редакцією А. М. Миколаєва - Київ: Вища школа, 1969, 256с.
- [2] Дудників Е. Г., Автоматичне управління в хімічній промисловості: Підручник для вузів - М.: Хімія, 1987, 368 с.

Розробка конструкції та електроніки муфельної печі

Дмитро Карпенко¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: dmytro.karpenko@nure.ua

Анотація: У матеріалах роботи приведено розробку електричної та програмної частини електричної муфельної печі.

Ключові слова: муфельна піч, нагрівальний елемент, дріт, опір.

I. ВСТУП

Електрична муфельна піч – це піч що містить нагрівальний бокс, муфель в середині камери виготовлену з жаростійкого матеріалу та електричний нагрівальний елемент всередині. Корпус печі виготовляється багат шаровим з теплоізоляційним шаром для утримання високих температур всередині печі. Двері печі повинні щільно закриватися. Найчастіше ці печі використовують для термічного обжигу кераміки, термічної обробки металів. За допомогою муфельної печі можна гартувати та відпускати метал, плавити метал, спаювати кольорові метали.

II. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Структурна схема муфельної печі, що було розроблено, зображена на рисунку 1 та складається з плати керування на програмній оболонці IDE. Для плати керування ArduinoUno розроблено програмний код для терморегулювання роботи муфельної печі. Структурна схема складається з таких елементів: блок живлення, плата керування ArduinoUno, кнопки 1, кнопка 2, кнопка 3, LCD Дисплей та I2C модуль для дисплею, світловий індикатор, твердотіле реле, термопара, нагрівальний елемент.

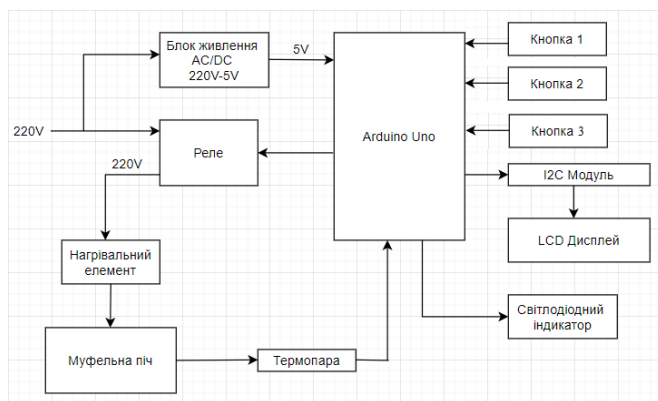


Рис.1. Структурна схема

Система живиться від мережі 220 В. Нагрівальний елемент підключається до мережі через реле. Реле керується від плати керування з однієї сторони, а з іншої розриває електричне коло під управлінням Arduino. Для системи велике значення має достовірність інформації що приходить від термопари. Від цієї інформації залежить

наскільки якісно буде працювати нагрів. Термопара підключається до мікросхеми перетворювача сигналу MAX6675. Після того як MAX 6675 перетворить сигнал то далі цей цифровий сигнал поступає на плату керування ArduinoUno. Вивід інформації реалізується на LCD 1602 дисплей через I2C модуль для зручного підключення. Для регулювання температури використано дві кнопки та третя для вибору режиму. Коли необхідно задати температуру Arduino спочатку приймає дані з термопари та аналізує їх. Якщо поточна температура менша заданої, то плата керування посилає сигнал на реле з різним інтервалом, це реалізовано для рівномірного нагріву камери та для точності у вимірюванні температури в середині камери. Коли поступає сигнал від плати керування на твердотіле реле, воно замикає або розмикає коло, тим самим нагрівальний елемент нагрівається періодично. Для інформативності реалізовано включення світлодіоду коли коло замкнено.

Нагрівальний елемент є найважливішим елементом печі, матеріал з якого виготовлений нагрівальний елемент повинен відповідати багатьом вимогам.

– технологічні властивості – матеріали повинні мати гарне зварювання та пластичність так як з цих матеріалів виготовляють нагрівальні елементи різних складних форм а також дроти, стрічки;

– жароміцність та жаростійкість – метал повинен мати опір при високій температурі до газової корозії;

– високий питомий електричний опір – тим вище значення опору, тим більше матеріал може нагрітися, і тим меншою довжини його потрібно. Чим більше діаметр нагрівальної дроту, тим більше її термін служби.

– низький температурний коефіцієнт опору – цей фактор важливий при виборі матеріалу. Низький коефіцієнт говорить, що навіть при нагріванні матеріалу, його електричний опір дуже слабо змінюється.

Краще за все для виготовлення нагрівального елемента підходять такі матеріали як ніхром та фехраль. Вони в свою чергу є дуже популярними у використанні. Для виготовлення нагрівачів використовують ніхром що містить нікелю (Ni) від 55% до 78%, хрому (Cr) від 15% до 23%, марганцю (Mn) 1,5%, інше залізо (Fe). Використовують такі марки ніхрому X20H80 – найпопулярніша марка ніхрому, вона містить 20% хрому (Cr), 78% нікелю (Ni). Сплав має питомий опір – 650 Ом/мм², робочу температуру 1100°C і температуру плавлення до 1300 °C. X15H60 містить – нікелю (Ni) 60%, хрому (Cr) 15%, заліза (Fe) 24%. Сплав має питомий опір – 675 Ом/мм², і температуру плавлення – 1390 °C. X15H60-H та X20H80-H це такі самі марки, але -H означає ніхром з добавкою цирконію (Zr).

Для виготовлення із фехралю що має питомий опір – 675 Ом/мм², та температуру плавлення – 1390 °C.

Складається з таких елементів як хром (Cr), алюміній (Al), залізо (Fe) та нікелю (Ni) не більше 0,6%. Якщо фехраль містить у складі менший відсоток нікелю, це робить його дешевшим за ніхром. Використовують такі марки, X23Ю5Т що містить заліза (Fe) від 69% до 72%, X27Ю5Т від 65% до 68% відповідно X23Ю5 містить хрому (Cr) від 21,5% до 23,5% , алюмінію (Al) від 4,6% до 5,3% заліза, нікелю (Ni) не більше 0,6%, (Fe) приблизно 70%. X15Ю5 містить хрому (Cr) від 13,5% до 15,5%, алюмінію (Al) від 4,5% до 5,5%, нікелю (Ni) не більше 0,6%, заліза (Fe) приблизно 77%.

Переваги ніхрому:

– прекрасні механічні властивості при будь-яких температурах;

– пластичний і добре обробляється;

– має прекрасну зварюваність;

– немагнітний;

– не старіє.

Переваги фехралю:

– фехраль X23Ю5Т має кращу жаростійкість ніж ніхром.

Дріт товщиною 6 мм може працювати при 1400°C;

– має нижче ціну ніж ніхром, так як в його складі мала кількість дорогого нікелю;

– має значно більші показники опору і резистивного нагрівання.

Недоліки ніхрому:

– робоча температура нижче ніж у фехралі;

– дорожчий ніж фехраль, так як основний компонент нікель має високу вартість.

Недоліки фехралю:

– під час роботи нагрівачі виготовлені з фехралі подовжуються;

– сплав є магнітний, так як має в складі залізо. Фехраль також іржавіє у вологому середовищі.

При розрахунку нагрівачів для електричних печей враховуються такі вихідні дані:

– обсяг робочого простору печі;

– потужність нагрівачів;

– максимальна температура яка потрібна для здійснення технологічного процесу: гарт, відпустка, спікання, плавлення.

Проводячи аналіз вибору матеріалу для нагрівального елемента було обрано фехраль марки X23Ю5Т так як цей матеріал володіє кращими властивостями, що повністю відповідають умовам технічного завдання. Вартість дроту менша за ніхром, більша робоча температура, більший опір, краще жаростійкість. Тим самим цей матеріал є більш надійним. Саме з фехралі X23Ю5Т буде виготовлено нагрівальний елемент.

Так як нагрівальний елемент буде встановлений по зовнішній стороні камери для рівномірного нагріву необхідно розрахувати об'єм муфеля зовні. Проводячи замір розмірів сторін отримали: ширина 200 мм, висота 130 мм, та довжина 300 мм. Для розрахунку об'єму використовуємо формулу

$$V=H \times D \times L, \quad (1)$$

де H – висота; D – ширина; L – довжина.

Тоді отримуємо:

$$V=130 \times 200 \times 300=7800000 \text{ мм}^2=7,8 \text{ літрів.}$$

Далі для розрахунків приведемо вихідні дані:

– необхідна потужність печі $P = 2500 \text{ Вт} = 2.5 \text{ кВт}$;

– максимальна температура до якої повинен нагріватись нагрівальний елемент $1000 \text{ }^\circ\text{C}$;

– напруга $U = 220 \text{ В}$.

Далі використавши закон Ома розрахуємо силу струму. Сила струму рахується за формулою:

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

Тоді отримуємо:

$$I = \frac{2500}{220} = 11,363 \text{ А}$$

Отримавши 11,363 А можна сказати що це значення є цілком достатнім для роботи в лабораторних умовах. Далі необхідно розрахувати опір нагрівального елемента.

Опір розраховується за формулою:

$$R = \frac{U}{I} \quad (3)$$

де U – напруга; I – сила струму.

Тоді отримуємо:

$$R = \frac{220}{11,363} = 19,361 \text{ Ом}$$

Сила струму грає ключову роль для вибору діаметру дроту нагрівача, скористаємось таблицею 1, де приведений опір фехралі X23Ю5Т в 1 метрі.

Таблиця 1. Опір в 1 метрі дроту

Діаметр, мм	Опір 1 метра, Ом
1,5	0,815
1,6	0,706
2,0	0,452
2,5	0,289
3,0	0,201
3,5	0,147
4,0	0,113

Так як по нагрівачу з опором 19,361 Ом буде протікати струм 11,363 А, необхідно підібрати діаметр дроту. Було вирішено що необхідний діаметр дроту складає 1,6 мм, так як дріт із цим діаметром легше обробити та він не буде досить крихким. Далі необхідно порахувати скільки метрів дроту необхідно. Враховуючи що підключення однофазне, скористаємось формулою

$$L_{\text{др}} = \frac{R}{\rho} \quad (4)$$

де $L_{\text{др}}$ – довжина дроту; R – опір нагрівального елемента; ρ – номінальне значення опору дроту на 1 метр згідно ГОСТ 12766.1-90, (Ом/м).

Тоді отримуємо:

$$L_{\text{др}} = \frac{19,361}{0,706} = 27,423 \text{ м}$$

Вирахувавши скільки метрів дроту необхідно, порахуємо яка довжина дроту необхідна для одного витка. Модель муфеля приведена на рисунку 3, він має правильну форму.

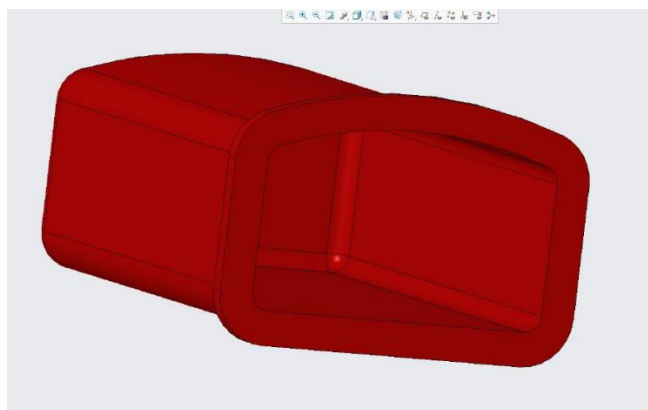


Рис. 3. Модель муфеля

Так як муфель печі неправильної форми та має випуклу форму згори, виконали розрахунок довжини витка за формулою 5.

$$L_{\text{в}} = 2b + a + R \frac{\alpha\pi}{180} \quad (5)$$

де $L_{\text{в}}$ – довжина витка; b – висота стінок муфеля; a – ширина муфеля; R – радіус кола; α – кут.

Тоді отримуємо:

$$L_{\text{в}} = 2 \cdot 110 + 200 + 260 \cdot \frac{46 \cdot 3,14}{180} = 628 \text{ мм.}$$

Гістерезис реалізовано для нормального утримання та управління температурою. Значення встановлюються від 1 °C до 10 °C. Наприклад якщо температура регулювання встановлена на 300 °C то піч нагріється до встановленого шагу гістерезису наприклад 9 °C та вимкнеться при температурі 309 °C.

Піч увесь час буде холонути та ввімкнеться коли температура в камері буде 299 °C і так увесь час 299 °C – 309 °C. Графік приведено на рисунку 4.4. При досягненні високих температур цей інтервал у 10 °C не впливають на температурний режим, а лише підтримують його стабільність.



Рис 4. Гістерезис температури

III. ПРОГРАМНА ЧАСТИНА

У програмній частині приведено алгоритм роботи скетчу. Згідно завдання ТЗ необхідно реалізувати автоматизований контроль та регулювання температури. При вмиканні печі необхідно запам'ятовувати введені дані (задана температура, гістерезис, вимірювана температура) це реалізовано завдяки використанню EEPROM.

Програмний код приведений нижче.

```
#include <max6675.h> // Бібліотека для роботи з
перетворювачем температури
#include <LiquidCrystal.h> // Бібліотека для роботи з
дисплеєм LCD 1602
#include <Wire.h> // Бібліотека для роботи з дисплеєм
через I2C
#include <EEPROM.h> // Бібліотека для роботи з
енергонезалежною пам'яттю
int thermoDO = 5; // Підключення піна DO до піна 5
int thermoCS = 6; // Підключення піна CS до піна 6
int thermoCLK = 7; // Підключення піна CLK до піна 7
double t_c, t_sum, t_iz; задаємо змінні для коректного
отримання температури
byte erom2, erom3, erom4; змінні для роботи з EEPROM
int kn1, kn2, t_reg, sh, sh1, gis; змінні для роботи з
кнопками
long w; змінна для роботи з EEPROM.
```

У циклі loop далі описується робота з кнопками регулювання температури.

Для виставлення необхідної температури спочатку потрібно дочекатися коли на екрані висвітиться reg, потім потрібно затиснути кнопку що підключена до піну A0. Тримаючи кнопку для регулювання задаємо температуру. За допомогою натиснення кнопки що підключена до піна 12 приходить низький рівень сигналу та виставляється збільшення температури.

Від кнопки що підключена до 11 піна приходить низький рівень сигналу та виставляється зменшення температури. Вся інформація щодо регулювання температури виводиться на екран.

```
void loop(){
```

```

    if(analogRead(A0)>600){kn1++;delay(300);}if(kn1==3){kn1=0;} // кнопка меню
    if(kn1==1){ // меню регулювання температури
        if(digitalRead(12)==LOW){sh++;if(sh<=10){t_reg++;}if(sh>10&&sh<=100){t_reg=t_reg+10;}else{sh=0;}} //Зчитування низького рівня сигналу з піна 12
        if(digitalRead(11)==LOW){sh1++;if(sh1<=10){t_reg--;}if(sh1>10&&sh1<=100){t_reg=t_reg-10;}else{sh1=0;}} //Зчитування низького рівня сигналу з піна 11
        lcd.setCursor(0,0); // вивід інформації на екран
        lcd.print("reg = ");lcd.print(t_reg);lcd.print((char)223);
        lcd.print("C");delay(200);
        if(t_reg<=0){t_reg=0;}if(t_reg>=1000){t_reg=1000;}
        eom2=t_reg/100; // записування до EEPROM
        eom3=t_reg-((t_reg)/100)*100;w=0;}

    if(kn1==2){ // меню гістерезис
        if(digitalRead(3) == LOW){gis=gis+1;} // збільшення гістерезису на 1 градус
        if(digitalRead(2) == LOW){gis=gis-1;} // зменшення гістерезису на 1 градус
        if(gis>=10 || gis<0){gis=0;}
        lcd.setCursor(0,0); // вивід інформації на екран
        lcd.print("gis = ");
        lcd.print(gis);lcd.print((char)223);lcd.print("C");delay(300);
        eom4=gis;w=0;}

    if(kn1==0){w++;if(w==1){EEPROM.update(2,eom2);EEPROM.update(3,eom3);EEPROM.update(4,eom4);} // записування до EEPROM
        lcd.setCursor(0,0); // вивід інформації на екран
        lcd.print("T ");
        lcd.print(t_iz,1);lcd.print((char)223);lcd.print("C ");
        lcd.setCursor(0,1);lcd.print("reg=");
        lcd.print(t_reg);lcd.print(" gis=");lcd.print(gis);
        for(int i=0;i<5;i++)

```

```

    {t_c=thermocouple.readCelsius();
    t_sum=t_sum+t_c; delay(200);}
    t_iz=t_sum/5;t_sum=0;}
    if(t_reg >= t_iz + gis){digitalWrite(13,HIGH);} // Відкривання реле
    if(t_reg <= t_iz - gis){digitalWrite(13,LOW);} // Закривання реле
    lcd.clear();} Очищення екрану

```

III. ВИСНОВКИ

В даній роботі було проведено розробку автоматизованої муфельної печі. У якості плати керування було обрано Arduino Uno, твердотіле реле Fotek SSR-40 DA, дисплей для виводу інформації LCD 1602, та інші елементи системи.

Проведені розрахунки по вибору дроту для виготовлення нагрівального елемента. Обрано фехраль марки Х23Ю5Т, довжина дроту з діаметром перерізу 1.6 мм склала ≈ 27 м. За результатами моделювання вираховано кількість витків що складає 43 витка з шагом укладання дроту ≈ 5.5 мм.

Розроблено програмне управління для плати керування Arduino для контролю та підтримання необхідної температури до 1100 °С. Для підвищення точності підтримання необхідної температури використано модель гістерезису.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Електрична муфельна піч.[Електронний ресурс]. Режим доступу:<https://labor-snol.ru/news/shema-ustrojstva-elektricheskikh-mufelnyh-pechej>. Заголовок з екрану. Дата доступу: 17.01.2021.
- [2] Печь муфельная [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://www.tehnocom.ru/product.phtml?uid=B00120049006CB>/Заголовок з екрану. - 18.01.21
- [3] Печь для обжига [Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://goncharnoe-delo.ru/internet-lavka/magazin/pech-dlya-obzhiga-delo-masterov-27-litrov-1300/> Заголовок з екрану. - 18.01.21.

Автоматизація процесів управління ризиками ЗЕД підприємств

Сергій Аксьонов¹, Дмитро Янушкевич¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: serhii.aksonov@nure.ua, dmytro.ianushkevych@nure.ua

Анотація: Розглянуто поняття митної логістики як складової зовнішньоекономічної діяльності підприємства. Проведено аналіз логістичних систем та ризиків, які можуть виникати. Розглянуто системи управління ризиками в та стандарти, яким вони підпорядковуються. Досліджено міжнародні стандарти та перспективи вдосконалення існуючих систем управління ризиком.

Ключові слова: автоматизація, система управління, ризик, підприємство, зовнішньоекономічна діяльність.

I. ВСТУП

Зовнішньоекономічна діяльність підприємств - це сфера господарської діяльності, пов'язана з міжнародною виробничою й науково-технічною кооперацією, експортом і імпортом продукції, виходом підприємства на зовнішній ринок. Логістичні інформаційні системи підприємств, як правило, є автоматизованими системами управління логістичними процесами у зовнішньоекономічній діяльності підприємства, тому математичне забезпечення в логістичних інформаційних системах є комплексом програми сукупністю засобів програмування, які забезпечують вирішення задач управління матеріальними потоками, отримання довідкових даних і функціонування технічних засобів. Розвиток логістики у митній справі в значній мірі обумовлений розвитком інформаційно-комп'ютерних технологій. Впорядковані інформаційні потоки забезпечені відповідними інформаційно-технічними засобами разом з навченим персоналом складають інформаційну інфраструктуру підприємства, використання якої дозволяє розв'язати питання, що пов'язані з організацією міжнародної доставки продукції та товарів, розв'язати складні завдання, покликані зробити процеси імпорту та експорту найбільш оптимальними й менш витратних [1].

II. МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Зовнішньоекономічною діяльністю суб'єктів господарювання (підприємств) є господарська діяльність, яка в процесі її здійснення потребує перетинання митного кордону України товарами.

До основних видів зовнішньоекономічної діяльності (ЗЕД) підприємств, які можуть здійснюватися суб'єктами цієї діяльності в Україні відносяться:

- експорт та імпорт товарів, капіталів та робочої сили;
- наукова, виробнича, навчальна та інша кооперація з іноземними суб'єктами господарювання; навчання та підготовка спеціалістів на комерційній основі;

- спільна підприємницька діяльність між суб'єктами ЗЕД та іноземними суб'єктами господарювання (створення спільних підприємств).

- підприємницька діяльність на території України, пов'язана з наданням об'єктів інтелектуальної власності з боку іноземних суб'єктів господарювання.

Зовнішньоекономічна діяльність підприємств безпосередньо пов'язана з митною логістичною інформаційною системою Державної митної служби України (ДМСУ).

Рівень інформаційного забезпечення діяльності органів Державно митної служби України визначається ефективністю функціонування Єдиної автоматизованої інформаційної системи (ЄАІС) митної служби. ЄАІС – багатофункціональна інтегрована автоматизована система, що забезпечує інформаційну підтримку та супроводження митної справи в Україні і становить сукупність кількох взаємопов'язаних інформаційних систем, зокрема, автоматизовано інформаційної системи «Центр», автоматизованої системи митного оформлення, інформаційно-телекомунікаційної системи «Електронна пошта» та інших систем, програмно-інформаційних комплексів. На рис. 1 наведено основні функції, що виконує ця система.

Проте, у кожній системі існує ймовірність збою правильного виконання поставлених задач. Для того, щоб зменшити вірогідність, або уникнути такої події, застосовується система управління ризиком. А враховуючи, що стандарти, за якими створюються такі системи, за часом змінюються та оновлюються, дослідження цього питання є досить актуальним у сучасних реаліях.



Рис. 1. Основні функції ЄАІС Держмитслужби

Перш за все визначимось із основними поняттями, як-то «митний ризик», «управління ризиками», «система управління ризиками» (СУР). Трактуювання терміна «митний ризик» наведено на рис. 2.



Рис. 2. До визначення терміну «митний ризик»

Митний ризик повинен характеризуватися такими особливостями [2]:

1. Наявністю негативних наслідків.
2. Стабільним або прогресуючим характером наслідків. Якщо негативні наслідки мали місце тільки один раз (внаслідок непереборної сили, форс– мажорних обставин) і динаміка щодо їх подальшого можливого настання не прогнозується, поняття «ризикової ситуації» не застосовується.
3. Мінімальним порогом настання ймовірності виникнення порушення митного законодавства. Якщо ймовірність порушення митного законодавства незначна мала або просто мала, то таку подію справедливо вважати практично неможливим.
4. Мінливістю. Ризик не статична і не стала величина, а змінює свої характеристики в часовому просторі система. Ці зміни відбуваються за рахунок впливу складових її елементів або факторів ризику.
5. Суб'єктивно–об'єктивною природою оцінки. Оцінка ризику об'єктивна, оскільки відображає множину альтернатив і зв'язків між об'єктами та суб'єктами, які беруть участь в ризиковій ситуації. У той же час, оцінка митного ризику суб'єктивна, оскільки вона базується на аналітичних здібностях суб'єкта, що приймає рішення про віднесення ситуації до категорії ризикової.

Митний ризик, можна розглядати в розрізі наступних напрямків:

1. З позиції фінансових результатів – як економічну (фінансову) категорію. Ризик як економічну категорію характеризують дві властивості: якісний склад ризикової події та його фінансові результати.

2. З позиції можливих відхилень від планованого перебігу подій – як категорію відхилення від мети. З боку учасників ЗЕД мети порушення митного законодавства можуть бути двох видів: тарифними (спрямовані на зниження сум належних до сплати митних платежів) і нетарифними (спрямованими на митне оформлення товарів без надання необхідних сертифікатів, ліцензій; порушення квот ввезення окремих товарів тощо).

З боку митних органів відхилення від мети (невиявлених ризикових ситуацій) може відбиватися на:

захист економічних інтересів України, підтримки вітчизняних товаровиробників, створенні конкурентних умов, величині надходження грошових коштів у дохідну частину бюджету, виконанні контрольних показників ефективності діяльності митних органів тощо.

3. З позиції можливості настання несприятливих подій – як імовірнісну категорію. Якщо розглядати митний ризик в даному контексті, то з ним пов'язані такі ситуації:

– ризик – це подія, яка може відбутися або не відбутися;

– ризик – це міра розсіювання (дисперсія), отримана в результаті множинного прогнозу оціночних показників (до таких можуть належати: митна вартість товару, характер оформлюваних товарів, вага нетто/брутто товарів, завантаженість транспортних засобів тощо).

Статтею 361 Митного кодексу України визначено, що управління ризиками – це робота митних органів з аналізу ризиків, їх виявлення та оцінки, розроблення та практичної реалізації заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків, оцінки ефективності та контролю застосування цих заходів. При здійсненні митного контролю, у тому числі у наземних пунктах пропуску, з метою визначення форм та обсягів митного контролю використовується СУР, що відповідає міжнародним стандартам сучасного митного адміністрування та кращій світовій практиці.

Система управління ризиками, це сукупність інструментів та методів митного контролю, що базується на принципі вибірковості, яка дозволяє митним органам обмежуватися лише тими формами митного контролю, які є достатніми для забезпечення дотримання митного законодавства. В загальному виді складові системи управління ризиками в митній справі включають:

1. Поняття СУР – це система митного адміністрування, що забезпечує здійснення ефективного митного контролю, виходячи з принципу вибірковості митного контролю, оптимального розподілу ресурсів митних органів у найбільш важливих та пріоритетних напрямках роботи митних органів з метою попередження порушень митного законодавства.

2. Цілі застосування СУР: створення системи митного управління, що забезпечує здійснення ефективного митного контролю для попередження порушення митних правил, таких, що мають стійкий характер, пов'язаних з ухиленням від сплати митних платежів у значних розмірах, спрямованих на зниження конкурентоспроможності вітчизняних товаровиробників.

3. Функції та завдання СУР: розроблення методик з виявлення і фіксації ризиків, оцінювання ймовірності порушення чинного митного законодавства, визначення можливості попередження і мінімізації ризиків, розроблення та оцінювання їх ефективності здійснення митного контролю, систематизація і аналіз інформації.

4. Принципи побудови СУР: принцип цільової спрямованості, принцип цілісності системи, принцип інформаційної єдності, принцип єдності управління ризиками, принцип масштабності, принцип мінімізації втрат, припини адекватності реакції, принцип цільової спрямованості та принцип розумного прийняття рішень.

5. Управління ризиками, яку здійснюється на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях управління.

6. Елементи реалізації системи управління ризиками, які включають: збір та обробку інформації про товари і транспортні засоби, що переміщуються через митний кордон країни, виявлення і аналіз ризиків, розробка і реалізація заходів з управління ризиками та узагальнення результатів втілення заходів і підготовка пропозицій щодо їх удосконалення.

Окрім того, СУР включає об'єкт та суб'єкт управління. При цьому, об'єктом управління є безпосередньо ризик, пов'язаний із здійсненням митних операцій, а саме:

- товари, що перебувають під митним контролем;
- транспортні засоби, що здійснюють міжнародні перевезення;
- дані, що містяться у зовнішньоекономічних договорах купівлі–продажу або обміну товарами, угодах або інших документах на право власності, користування і (або) розпорядження товарами;
- інформація, що міститься в транспортних (перевізних), комерційних, митних та інших документах; діяльність декларантів та інших осіб, що мають повноваження щодо розпорядження товарами, які перебувають під митним контролем;
- результати використання форм митного контролю.

Суб'єктами управління при цьому є посадові особи митних органів, що здійснюють цілеспрямований вплив на об'єкт управління.

Без дієвої СУР ефективність процесу митного адміністрування не може досягати свого оптимуму, оскільки при загальній тенденції скорочення фізичного огляду товарів, що переміщуються через митний кордон, система управління ризиками стає одним з основних факторів оперативного проведення митних формальностей.

Протягом останніх років все більшої популярності набуває застосування автоматизованої системи аналізу та управління ризиками (АСАУР) – сукупності програмно–інформаційних комплексів, що спрямована на оптимізацію митного контролю та підвищення його результативності за рахунок забезпечення вибірковості митного контролю для визначення форм та обсягів його здійснення.

Випадковий відбір передбачає спосіб відбору об'єктів митного контролю для проведення окремих форм митного контролю або їх сукупності, коли кожен об'єкт основи вибірки має однакову ймовірність бути відібраним. Використання інформаційних технологій, яке базується на застосуванні АСАУР, забезпечують функціонування СУР під час митного контролю та оформлення товарів і транспортних засобів, передбачають застосування електронного декларування.

Основне завдання АСАУР полягає у тому, щоб на підставі всіх діючих профілів ризику здійснити оцінку ризику митної декларації (МД), яка прийнята до митного оформлення та видати повідомлення із вказівками необхідних заходів, що слід зробити для перевірки законності зовнішньоекономічної операції посадовій

особі, яка здійснює митне оформлення та митний контроль.

АСАУР є сучасним інструментом, що відповідає міжнародним підходам до організації митного контролю та оформлення. АСАУР, яка побудована і застосовується митними органами та базується на світовому досвіді провідних країн. Це дозволяє впроваджувати власні унікальні рішення з урахуванням переваг і недоліків відповідних систем інших країн.

За результатами автоматизованого аналізу та оцінки система сигналізує про можливі ризики порушень законодавства. АСАУР забезпечує автоматизоване зіставлення даних по конкретному переміщенню на предмет їх співпадіння з закладеними в АСАУР алгоритмами перевірки. Процес аналізу здійснюється в два основні етапи:

1. Оцінка ризику за кожним профілем ризику.
2. Визначення переліку форм контролю в цілому за митною декларацією.

Оцінка ризику, не самостійний захід і він повинен бути повністю інтегрований в інші компоненти процесу управління ризиками.

Згідно досвіду ЄС, управління ризиками не повинно розглядатися як статичний процес, а як інтерактивний процес, у якому інформація постійно оновлюється, аналізується та розглядається для проведення попереджувальних та коригувальних дій. На рис. 3 наведено процес управління ризиками.

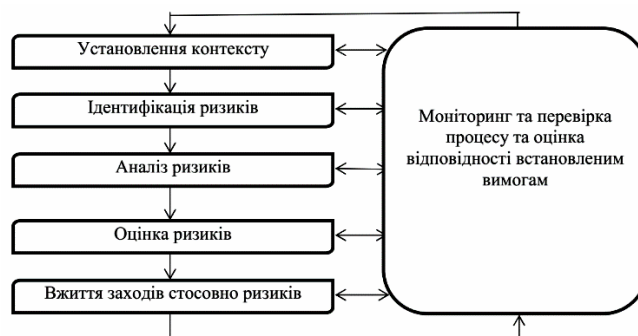


Рис. 3. Процес управління ризиками

Цей процес повинен базуватись на вимогах стандарту ISO 31010:2013, який забезпечує основу для ухвалення рішення і дає найбільш доцільний підхід, який буде використовуватися для вирішення конкретних ризиків в митній справі [2].

Він визначає концепцію оцінки ризиків, процес оцінки ризиків та вибір методів керування ризиками (табл. 1). Проте, як вже було зазначено вище, стандарти можуть змінюватись та оновлюватись. Так, наприклад, на зміну стандарту ISO 31010:2013 було впроваджено стандарт ISO 31010:2019, в якому доповнено інформацію щодо методів оцінки ризику.

Таблиця 1 – Методи оцінки ризику

Методи	Засоби аналізу
Методи пошуку	Переліки контрольних запитань, попередній аналіз небезпечних чинників
Допоміжні методи	Структуровані чи напів структуровані опитування, «Мозкова атака», метод Дельфі
Методи аналізу сценарію	Аналіз першопричин, аналіз сценарію, загальне оцінювання екологічного ризику, аналіз впливу на діяльність.
Методи функціонального аналізу	Аналіз видів і наслідків відмов (FMEA), технічне обслуговування зорієнтоване на безвідмовність.

Впровадження даних методів оцінювання та керування ризиками стосується як об'єктів, та і суб'єктів управління та дасть можливість забезпечити більш ефективне використання наявних у митних органів ресурсів та зосередити їх увагу на окремих згрупованих об'єктах аналізу ризику, щодо яких є потреба у застосуванні окремих форм митного контролю або їх сукупності, а також у підвищенні ефективності митного контролю.

III. ВИСНОВКИ

Таким чином, управління ризиком є одним із основних базових принципів та сучасних методів здійснення митного контролю, який дає можливість оптимально використовувати ресурси митних органів, не зменшуючи ефективності митного контролю та звільняє більшість операторів ЗЕД від надлишкового бюрократичного контролю. Процедури, що ґрунтуються на управлінні ризиком, концентрують митний контроль на ділянках, де існує найбільший ризик, даючи змогу основній операторам ЗЕД та фізичним особам переміщувати товари через митний кордон [6].

При впровадженні міжнародних вимог у діяльності митних органів України необхідно реалізувати заходи з підвищення ефективності та якості здійснення митних формальностей. При цьому необхідно застосовувати вимоги стандартів ДСТУ ISO 31000:2018 та ДСТУ ISO 31010:2019, які стосуються та орієнтуються на таких напрямках:

1. Вдосконалення підходів до управління митними

ризиками на підставі ризик-орієнтованих інструментів керування ними.

2. Проведення аналізу та оцінки ризиків безпеки до прибуття товарів, транспортних засобів у пунктах пропуску через державний кордон.

3. Забезпечення взаємодії між органами державної влади та митних органів інформацією про осіб, які переміщуються через державний кордон, у режимі реального часу з метою проведення аналізу та оцінки ризиків безпеки, а також виявлення, припинення та протидії порушенням вимог законодавства із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

При впровадженні міжнародних вимог у діяльності митних органів України необхідно реалізувати заходи з підвищення ефективності та якості здійснення митних формальностей. При цьому, в роботі митних органів необхідно застосовувати вимоги оновлених стандартів ДСТУ ISO 31000:2018 та ДСТУ ISO 31010:2019 [3, 4]. Це дасть змогу забезпечити використання багатofункціональної системи управління митними ризиками, основною метою якої є досягнення оптимального балансу між спрощенням процедур міжнародної торгівлі та забезпеченням належного рівня контролю відповідно до компетенції митниці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Управління ризиками в митній справі : зарубіжний досвід та вітчизняна практика : монографія; за заг. ред. І. Г. Бережнюка. – Хмельницький. : ПП. Мельник А.А., 2014. – 288 с. Митна політика та митна безпека України : монографія; за заг. ред. П.В. Пашка, І.Г. Бережнюка. – Хмельницький: ПП Мельник А.А., 2013. – 338 с.
- [2] Янушкевич Д. А. Застосування вимог міжнародних стандартів ISO в системі управління ризиками в митній справі / Д. А. Янушкевич, Л. С. Іванов // Вісник Академії митної служби України. Серія «Технічні науки» 2015. – № 2(52). – С. 84– 96.
- [3] ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та керівні вказівки (ISO 31000:2009 Risk management – Principles and guidelines).
- [4] ДСТУ ISO 31010:2019 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (ISO/IEC 31010:2009 Risk management – Risk assessment techniques).
- [5] Управління митними ризиками в наземних пунктах пропуску [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/9019>.
- [6] Yanushkevych D. Modern Approaches to Risk Management and Their Use in Customs / V. Afanasieva., L. Ivanov, D. Yanushkevych // Траектория науки. - 2017. - Т. 3, № 4. - С. 6.1-6.14. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/trna_2017_3_4_8.

Дослідження впливу технологічних параметрів фрезерної обробки на геометричні розміри виробу

Вадим Мижирицький¹, Дмитро Нікітін¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: vadym.myzhyrskyi@nure.ua

Анотація: У матеріалах роботи приведені результати дослідження впливу технологічних параметрів фрезерної обробки на збереження геометричних розмірів виробу, на якість поверхні після обробки.

Ключові слова: фрезерна обробка, ЧПК верстати технологічні параметри, топологія, регресійний аналіз.

I. ВСТУП

Розвиток технологій став причиною того, що комп'ютери та інші передові технічні засоби все активніше використовуються в повсякденному житті людей, а також в промисловості. Наприклад, на сучасних промислових підприємствах все частіше можна зустріти фрезерний верстат з ЧПК, який управляється не в ручному режимі оператором, а за допомогою спеціальних комп'ютерних програм і відповідних електронних пристроїв.

Завдяки такій системі управління значно полегшується експлуатація верстата, а з процесу виготовлення деталей виключається людський фактор, який може чинити негативний вплив на їх якість і точність обробки.

Фрезерне обладнання дозволяє здійснювати різні технологічні операції: різання, свердління, розрахунок відстаней між отворами, які необхідно виконувати, а також ряд інших.

Різноманіття матеріалів, придатних для фрезерної обробки, дозволяє застосовувати цю технологію при створенні широкого асортименту виробів в різних виробництвах. Тому модернізація та удосконалення фрезерних верстатів – актуальне завдання, від вирішення якої залежить ефективність виробництва

II. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Фрезерування (фрезерна обробка) – це процес механічної обробки, при якому ріжучий інструмент (фреза) здійснює обертальний рух (зі швидкістю V), а оброблювана заготовка – поступальний. Фреза – зубчасте колесо, що має безліч лез, яке затискається у фрезерному станку і, обертаючись з великою швидкістю, знімає шари з поверхні заготовки в потрібній ділянці, рисунок 1.

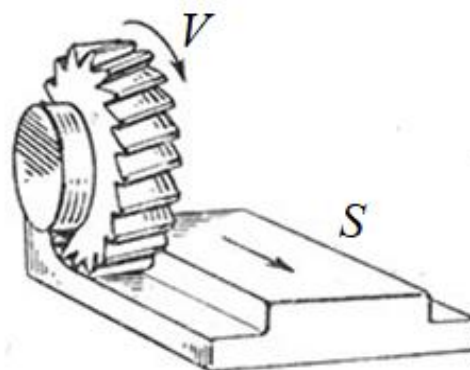


Рис. 1. Схема роботи фрези

Фрези бувають таких видів:

- а) циліндрична фреза;
- б) торцева фреза;
- в) дискова фреза;
- г) шпонкова фреза;
- д) фреза для обробки Т – образних пазів

Переваги фрезерного різання і гравіювання

- висока точність різання та гравіювання від $\pm 0,1$ до $\pm 0,01$ мм, при використанні високоточних фрезерних станків можна отримати мікронну точність різку;
- відсутність обмежень по геометричній формі деталі;
- можливість різання та гравіювання не тільки металу, але і дерева, ДСП, ДВХ, полістиролу, ПВХ пластика, композитних матеріалів, акрилу та інших видів пластмас;
- можливість різання і гравіювання великих заготовок з товщиною від 1 до 50 мм і більше;
- висока швидкість різання в залежності від матеріалу і необхідної форми деталі.

Недоліки фрезерного різання і гравіювання

- висока вартість фрезерних станків і фрез;
- велика витрата матеріалу в залежності від складності деталей і числа підходів фрези до заготовки;
- обмежений ресурс роботи ріжучого інструменту (фрези).

Програмно-керовані верстати для фрезерної обробки можна класифікувати за кількома ознаками:

- за матеріалом для обробки;
- за призначення, рисунок 2 (фрезерно-гравірувальні, фрезерно-токальні, фрезерно-свердлильні, універсальні, широко-універсальні);
- за типом (вертикальні, горизонтальні);
- за габаритами.



Рис. 2. Приклад фрезерно-гравірувальний верстат

Але не залежно від призначення, типу або за матеріалами які обробляв фрезерний верстат, основні технологічні параметри фрезерування є спільні.

Основними параметрами для обробки є:

- швидкість занурення в матеріал, мм/хв;
- швидкість різання матеріалу, мм/хв;
- кількість обертів ріжучого інструменту, об/хв;
- кут заточки фрези, °.

III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Для визначення залежності відхилень геометричних розмірів фрезерного гравіювання від технологічних параметрів в експерименті за допомогою ЧПК фрезерного верстата, рисунок 3, будь створені зразки топології друкованих плат (ДП), з різними значеннями обробки, а саме:

- швидкість занурення в матеріал, від 5 мм/хв. до 15 мм/хв (з збільшенням в кожній серії дослідів на 5 мм/хв);
- швидкість різання матеріалу, від 20 мм/хв. до 65 мм/хв (з збільшенням в кожній серії дослідів на 5 мм/хв).

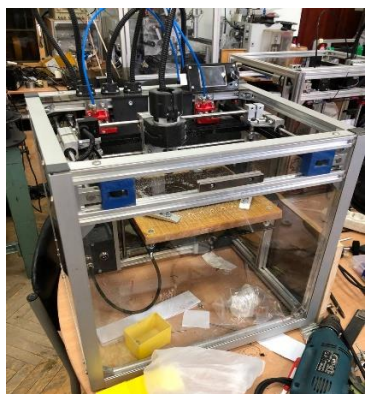


Рис. 3. ЧПК верстат для дослідів

Таким чином після закінчення серії дослідів буде отримано 30 зразків топології ДП, та вимірянні їх відхилення розмірів від початкових заданих розмірів.

На основі чого буде побудована регресійна модель залежності відхилень геометричних розмірів від параметрів обробки.

В якості матеріалу для зразків використовуються скло текстоліт марки СФ ДСТУ 10316-78, в якості ріжучого інструменту конічна фреза з кутом заточки 15°.

Результати вимірювань приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Відхилення геометричних розмірів

№	Швидкість занурення фрези, мм/хв	Швидкість різання матеріалу, мм/хв	Відхилення геометричних розмірів, мм
1	5	20	0,0240
2		25	0,0242
3		30	0,0242
4		35	0,0246
5		40	0,0248
6		45	0,0255
7		50	0,0254
8		55	0,0256
9		60	0,0259
10		65	0,0261
11	10	20	0,0312
12		25	0,0316
13		30	0,0322
14		35	0,0323
15		40	0,0326
16		45	0,0327
17		50	0,0324
18		55	0,033
19		60	0,0334
20		65	0,0333
21	15	20	0,0384
22		25	0,0385
23		30	0,0387
24		35	0,0392
25		40	0,0396
26		45	0,0401
27		50	0,0399
28		55	0,0406
29		60	0,0411
30		65	0,0416

Отримані дані оброблені за допомогою програми IBM SPSS Statistics для проведення базового лінійного регресійного аналізу параметрів експонування Використовуючи розрахунки «Model Summary^b» (Зведення для моделі), отримано значення коефіцієнта детермінації « R » – 0,999. Це показник відповідності розрахованих моделлю значень (ленної регресії) та отриманих експериментальних результатів. Значення « R » при повторному розрахунку дорівнює 0,999 що доводить, що кореляція отриманих та передбачених значень існує, рисунок 4.

Model Summary									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	Change Statistics			Sig. F Change
						F Change	df1	df2	
1	.999 ^a	.998	.998	.0002681	.998	7888.186	2	27	.000

a. Predictors: (Constant), Cutting_speed, Sinking_speed

Рис. 4. Зведення про моделі

Коефіцієнт множинної детермінації « R^2 » дорівнює 0,998. Це означає, що включені в систему параметри на 99,8% впливають на результат. Скоригований коефіцієнт « R^2 » дорівнює 0,998 або 99,8%. Стандартна помилка оцінки 0,0002681.

По таблиці ANOVA перевіряємо гіпотезу про рівність « R^2 » = 0. Так як рівень «Значимість» < 0,05, то підтверджує

вірність попередніх результатів, рисунок 5. Власний коефіцієнт регресії 1,864.

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.864	2	.932	1137.137	.000 ^b
	Residual	.026	32	.001		
	Total	1.890	34			

a. Dependent Variable: Consumption

b. Predictors: (Constant), Time, Thickness

Рис. 5. Результати розрахунків значимості

Результати кореляцій Пірсона факторів на відгук наведені на рисунку 6.

	Deviation	Sinking_speed	Cutting_speed
Pearson Correlation			
	Deviation	1.000	.991
	Sinking_speed	.991	1.000
	Cutting_speed	.130	.000
Sig. (1-tailed)			
	Deviation	.000	.247
	Sinking_speed	.000	.500
	Cutting_speed	.247	.500
N			
	Deviation	30	30
	Sinking_speed	30	30
	Cutting_speed	30	30

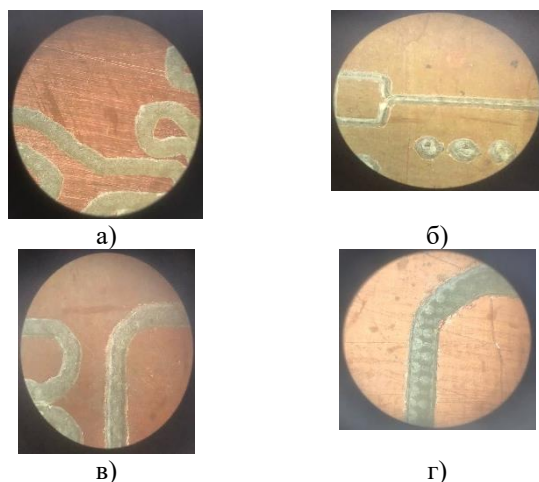
Рис. 6. Результати розрахунків кореляції Пірсона

III. ВИСНОВКИ

В ході проведення експериментів та побудови лінійної регресійної моделі, були отримані 30 зразків топологічних рисунків ДП.

Самим вдалим зразками ДП, при якому відхилення мінімальні можливо назвати зразки під номерами: 1; 2; 3; 4; 5 (при значеннях швидкості різання від 20 мм/хв до 40 мм/хв, та швидкості занурення в матеріал 5 мм/хв).

Також, якщо брати до уваги якість поверхні контурів після різання, можливо зробити висновок, що при збільшенні швидкості різання матеріалу збільшуються кількість задири матеріалу на контурах, рисунок 7.



а – зразок при швидкості різання 20 мм/хв; б – зразок при швидкості різання 35 мм/хв; в – зразок при швидкості різання 45 мм/хв; г – зразок при швидкості різання 65 мм/хв;

Рис. 7. Конттури топології при різних значеннях обробки

Графіки залежності впливу технологічних параметрів на геометричні розміри топології ДП наведені на рисунку 8.

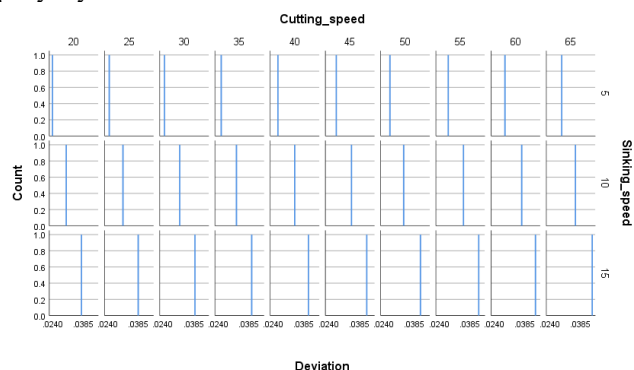


Рис. 8. Відхилення розмірів топології ДП при збільшенні значень факторів

Виходячи з отриманих значень можливо зробити висновки:

– збільшення на 5 мм/хв швидкості занурення в матеріал впливає на збільшення значення відхилення геометричних розмірів на 0,991 (b_1);

– збільшення на 5 мм/хв швидкості різання матеріалу впливає на збільшення значення відхилення геометричних розмірів на 0,130 (b_2).

Таким чином рівняння регресії, має такий вигляд

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 = 1,864 + 0,931 x_1 + 0,130 x_2;$$

де Y – фактор відхилення геометричних розмірів топології ДП; b_0, b_1, b_2 – коефіцієнти лінійної регресії впливу параметрів на фактор; x_1, x_2 – параметри впливу на фактор.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Что это такое фрезеровка, и виды фрезерования. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://stanok.guru/metalloobrabotka/frezernye-raboty/chto-eto-takoe-frezernye-raboty/>. Заголовок з екрану. Дата використання: 23.09.2021.
- [2] Фрезы – типы фрез и назначение фрез. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.info.instrumentmr.ru/freza.shtml#cil>. Заголовок з екрану. Дата використання: 23.09.2021.
- [3] Дубнов П. Ю. Обработка статистической информации с помощью SPSS. М.: NT Press, 2004.
- [4] І.Ш. Невлюдов, В.М. Борщов, І.Т. Тимчук, М.А. Проценко, Н.П. Демська / Новітні конструктивно-технологічні рішення надлегких детекторних модулів для фізичних експериментів // Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2018. No. 5 (3). – С. 67-78.

Аналіз розробки системи візуального моніторингу модульного робота на базі комп'ютерного зору

Лучанінова Олександра¹, Юрій Олександров¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: oleksandra.luchaninova@nure.ua

Анотація. У цій статті проведений аналіз модульного робота на базі комп'ютерного зору з системою візуального моніторингу. Розглянуто використання та реалізацію модульного робота з комп'ютерним зором у різних сферах життя.

Ключові слова: комп'ютерний зір, візуальний моніторинг, модульний робот, робот.

I. ВСТУП

Модульні роботи – одна із найскладніших систем у робототехніці. Модульні роботи це роботи, які складаються з багатьох невеликих роботів, модулі яких в любий момент можна замінити чи просто прибрати. Модульна система дає можливість зробити робота різного розміру, форми, конфігурації, додавати функціонал та легко змінювати налаштування. Їх використовують у якості іграшок, космічної та воєнної техніки, також у побуті, сільському господарстві та навіть у медицині [1].

Одним з модульних роботів є гуманоїдний робот. Гуманоїдна робототехніка – це напрямок робототехніки, який розробляє людиноподібних роботів, вони мають не тільки вигляд людини, а й виконують дії, які притаманні людям [2]. Наприклад: він може як доглядати людей похилого віку, так і грати у футбол.

Для розуміння та адаптації гуманоїдного робота (ГР) у середовищі, йому необхідно мати зір. Система зору відповідає за створення точного уявлення про навколишній світ, дозволяючи класифікувати об'єкти так, щоб їх можливо було розпізнати та зрозуміти роботу.

Комп'ютерний зір (КЗ) є однією з рядових напрямків у робототехніці та штучного інтелекту. Завдяки ньому модульні й інші роботи, можуть виконувати найскладніші задачі, та працювати там де людина дістатися не в змозі. Саме тому цей напрямок в наш час є дуже актуальним.

Модульні роботи складні по собі, бо мають n-кількості модулів, які в свою чергу можуть виконувати різні задачі, для яких були створені. Тому їм необхідна система моніторингу для запобігання помилок, відслідковування оцінки продуктивності та для керування роботом віддалено.

Система візуального моніторингу дозволяє швидко реагувати на помилки та усувати їх, також дає змогу робити певні оцінки та проводити вимірювання, а завдяки візуалізації людина, яка працює має змогу легко сприймати інформацію та керувати роботом.

II. МОДУЛЬНІ РОБОТИ НА БАЗІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Комп'ютерний зір на сам перед цікавиться витягом значимої інформації з зображення чи відео. Головна мета

– дублювання здатності людського зору на електронні середовища, використовуючи методи к зображенням для обробки, аналізу та вилучення інформації [3]. Зображення – це двовимірний простір, який загалом представляє проекцію кількох об'єктів у тривимірному просторі. Зображення складається з кожного набору [4]. Кожен елемент знаходиться у відповідному місці і має значення. Зображення можна охарактеризувати вилученням символічно або числовою інформацією за допомогою методів побудованих з геометрією, фізикою та статистикою. Комп'ютерний зір є основою для програм, які використовують автоматизований аналіз зображень. У більшості випадків КЗ реалізується завдяки алгоритмам нейронних мережах. OpenCV – це бібліотека комп'ютерного зору з відкритим вихідним кодом. Структура OpenCV складається з базової обробки зображень та алгоритми комп'ютерного зору вищого рівня.

Модульні роботи зазвичай використовують комп'ютерний зір, для реалізації різних задач, які дозволяють використовувати робота у різних сферах життя, що робить їх широко застосованими.

Модульний робот з комп'ютерним зором широко застосовується у медицині. Починаючи від підготовки палати для нового пацієнта до хірургічних операцій.. Завдяки комп'ютерному зору хірургічні роботи можуть розпізнавати типи тканин у полі зору. Зараз вони дозволять хірургам обходити нерви та м'язи, під час операції надають детальну інформацію та підвищену продуктивність [5]. У більшості випадків компанії по створенню таких роботів використовують технології Intel.

Великою проблемою у землеробстві завжди були бур'яни. У статті [6] вчені розробили автономну систему боротьби з бур'янами в мажах проекту Euproject Flourish.



Рис. 1. Модульний робот для землеробства [5]

Модульний робот, який зображений на рис.1. може боротися з ними хімічно з точним точковим обприскуванням гербіциду або механічним способом за допомогою системи тиснення. Для того щоб робот міг

розпізнати рослини та не чіпати їх при усуненні проблеми, використовуючи комп'ютерний зір який класифікує рослину та здатний виявити стебло бур'янів. Реалізується задача методом згортки нейронної мережі, які запроваджує невизначену затримку між моментом зйомки зображення для виконання класифікації та часу результатів класифікації доступні для запуску приводів. Запропонована система вирішується шляхом впровадження неперекриваючої системи багатокамерного стеження, яка може надійно відстежувати 3D розташування бур'янів за допомогою відстеження на основі шаблонів всередині та між камерами.

Розробка гуманоїдних роботів є актуальною в даний час, бо за допомогою КЗ, їх можна запрограмувати на різні дослідження чи на грання у футбол наприклад. КЗ у ГР має вагому частину, тому що дає можливість контролювати та керувати роботом віддалено. Якщо казати про ГР який грає у футбол, то перед роботом стає складне завдання йому необхідно знаходити об'єкти, такі як м'яч, цілі та лінії на основі інформації про колір, оскільки гра SPL (ліга з футболу у роботів) все ще грається у кольоровому кодуванні середовища. Архітектуру системи зору у статті [2] можна розділити на три основні частини: доступ до пристрою та отримання зображення, калібрування параметрів камери, виявлення та класифікація об'єктів. Також були розроблено два додатки: для калібрування захоплених кольорів (CalibClient) та для налагодження (ViewerClient). Ці дві програми працюють на зовнішньому комп'ютері і спілкуються з роботом через TCP модуль типу клієнт-сервер. Поточна версія системи зору є найкращим компромісом, який команда змогла досягти між вимогами до обробки та наявним обладнанням для цього досягнення достовірних результатів у режимі реального часу. НАО розроблений робот (рис.2.) має 2 однакові відеокамери, які розташовані на лобі та в області підборіддя. Камеру для чола використовують для ідентифікації об'єктів у візуальній зоні таке як поле, голи та м'ячі, а камера підборіддя може полегшити дриблінг НАО під час футбольного матчу. Маючи можливість запускати модуль бачення як сервер, дві розроблені програми, CalibClient та ViewerClient, можуть виступати клієнтами, які можуть приймати, відображати та обробляти дані, що надходять від робота. Таким чином, ViewerClient – це графічний додаток, що дозволяє відображати як вихідне зображення, так і відповідне індексне зображення, що містить знаки перевірки для кожного знайденого об'єкта, що представляє інтерес.



Рис. 2. Робот НАО [2]

Виявлення подій, знаходження об'єктів, управління процесами, навігація, моделювання об'єктів або середовищ – це приклади додатків на основі комп'ютерного зору [3]. Один з додатків комп'ютерного зору – визначити, чи існує який-небудь об'єкт або дія на даному зображенні. Уся складність зростає в міру збільшення кількості та типу об'єктів з випадковим розташуванням, масштабом і положенням. Більш розповсюджені та найбільш успішно виконуваних завдань комп'ютерного зору при чітко визначеному освітленні, тлі і ракурсі камери: розпізнавання простих геометричних об'єктів, аналіз надрукованих або рукописних символів, ідентифікація людських осіб, а саме обличчя або відбитків пальців. У цьому дослідженні інтелектуальна система маніпулятора робота призначена для виявлення та ідентифікації випадково розміщених, по місцю розташування і орієнтації, столових приладів і тарілок на столі.

Зараз є багато досліджень про роботизовану руку з використанням КЗ. Реалізація таких роботів пропонує алгоритм вивчення, який намагається ідентифікувати точки з даних двох чи більше зображень об'єкта, для захоплення об'єкта рукою. Також КЗ можна використовувати для керування рукою робота, з використанням алгоритмів розпізнавання зображення. Є дослідження моделей роботів для гри «кам'нь, ножиці, папір» з опонентом. Використовується фіксована камера для отримання зображень руки противника, щоб визначити переможця за допомогою алгоритмів КМ. Зробивши хід робот швидко розпізнає форму руки супротивника та за алгоритмом формує пальці робота так, щоб він міг перевершити хід противника. У іншого робота руху руки робота працюють відповідно до рухами руки людини за допомогою бездротового зв'язку і системи технічного зору. Дві камери, площини яких перпендикулярні, фіксують зображення рухів руки через червоне зап'ясті. Координати руки передаються в довічним форматі через бездротовий радіопередавач. Є й інші дослідження, з реалізацією КЗ на виявлення та захопленню автономних об'єктів. Одним з таких досліджень є автономний роботизований каркас, що включає систему зору. У своїй роботі маніпулятор може виконувати завдання автономної сортування об'єктів за формою, розміром і кольором об'єкта. Є випадково розміщені різнокольорові об'єкти на поверхні і кольорове захоплення керованої навчальної роботизованої руки на основі зору, об'єкти переміщуються в заздалегідь визначене місце призначення за допомогою двох бортових камер. Алгоритм обчислення, фільтрації і колірної сегментації на основі центру мас використовується для визначення місця розташування цілі і положення маніпулятора. В іншій роботі навчальний робот-маніпулятор виконує завдання виявлення випадково розміщеного об'єкта, вибору його і переміщення в заздалегідь певний контейнер за допомогою системи технічного зору. Блакитний куб з поролону випадковим чином розміщується на цільовій області, обведеної чорними лініями. Фіксована зенітна камера забезпечує зображення цільової області, яке включає кольорові

захоплення роботів і кольоровий об'єкт. Захвати та об'єкт виявляються за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору, і об'єкт переміщується в контейнер, положення якого визначено і фіксовано.

Камери для комп'ютерного бачення можуть бути різними, їх обирають дивлячись на характеристики які необхідні для виконання необхідних завдань. Це може бути від камер Vidicons до мікроконтролерів ESP32-cam.

III. ВІЗУАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГА

Завдяки сучасним технологіям ми можемо керувати та відстежувати стан робота віддалено. Це є важливо бо кожен робот може вийти з ладу, а моніторинг може швидко знайти помилку та повідомити, також завдяки ньому можна відстежувати та керувати роботом.

Замість звичайного періодичного моніторингу, система може мати функцію автоматичного відстеження, яка фіксує важливі характеристики. Інтегруючи схеми, а саме сегментацію зображення та порівняння гістограм, щоб реалізувати функцію автоматичного відстеження. Можна розробити схему відстеження здатну сегментувати та відстежувати рухомі об'єкти з фону в режимі реального часу. Інформація про об'єкт, що відстежується, використовується для керування рухом камери спостереження для відстеження задачі. Користувачі можуть отримати доступ до системи з веб-браузерів, щоб переглянути сайт моніторингу або маніпулювати камерою відстеження в Інтернеті. Ці особливості мають значення і цінність для спостереження

Отримувати зображення з камери КЗ можна різними способами. Інтернет є універсальним і дозволяє користувачам дешево отримувати доступ до будь-яких систем у всьому світі [7]. За допомогою веб-сервера стає легше керувати пристроями з віддаленого сайту.

Motion – програма, яка використовується для потокової передачі відео. Там, де він відстежує відеосигнал від камери-джерела і виявляє зміни, тобто може виявляти рух. Motion – це інструмент на основі командного рядка.

Raspberry Pi, Parallella, Odroid-X2, Hackberry, UDOO, APC Rock, Cubieboard, Beaglebone Black, Beagleboard також можуть використовуватися для моніторингу розробленого робота.

IV. ВИСНОВКИ

Проаналізувавши модульних роботів на базі комп'ютерного зору, можна зробити висновки, що використовуючи КЗ у роботів є набагато більше можливостей, бо є змога керувати віддалено і знаходитися там куди людина дістатися не в змозі. Керування, спостереження та аналіз можливо здійснювати завдяки системі візуального моніторингу.

Програмують комп'ютерний зір у більшості випадків за допомогою нейронних мереж, які можуть завдяки своїм алгоритмам аналізувати та розпізнавати, що відбувається навколо робота.

Базуючись на статтю для створення гуманоїдного робота, у якого на тулубі є камера, яка розпізнає обличчя та об'єкти, краще вибрати камеру ESP32-cam з Wi-Fi. Ця камера є невеликого розміру, тому вона непомітна при використанні. Завдяки мікроконтролеру вона може працювати віддалено, а microSD дає змогу зберігати необхідні дані. Модуль ESP32 коштує не дорого та використовується для багатьох задач, починаючи від моніторингу до розпізнавання зображень. Wi-Fi дозволяє проєктувати зображення з камери на вебсервер, у якому можна налаштовувати функціонал для зручного спостереження.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- [1] Modular robotic chain is whatever you want it to be [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://spectrum.ieee.org/modular-robotic-chain-is-whatever-you-want-it-to-be>.
- [2] Alina L. Trifan, António J. R. Neves, Nuno Lau, Bernardo Cunha. (2012) "A modular real-time vision system for humanoid robots," Proc. SPIE 8301, Intelligent Robots and Computer Vision XXIX: Algorithms and Techniques. DOI: 10.1117/12.911206
- [3] Iscimen, B., Atasoy, H., Kutlu, Y., Yildirim, S., & Yildirim, E. (2015). Smart Robot Arm Motion Using Computer Vision. *Elektronika Ir Elektrotehnika*, 21(6), 3-7. DOI: 10.5755/j01.eee.21.6.13749
- [4] Emny Harna Yossy, Jhonny Pranata, Tommy Wijaya, Heri Hermawan, Widodo Budiharto. (2017). Mango Fruit Sortation System using Neural Network and Computer Vision. *Procedia Computer Science*. Volume 116. P.: 596-603. DOI: 10.1016/j.procs.2017.10.013
- [5] Xiaolong Wu, Stéphanie Aravecchia, Cédric Pradalier. Design and Implementation of Computer Vision based In-Row Weeding System. 2018. fhal-01876696f
- [6] Роботы в здравоохранении для улучшения результатов лечения пациентов [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.intel.ru/content/www/ru/ru/healthcare-it/robotics-in-healthcare.html>
- [7] Ron Oommen Thomas, K. Rajasekaran. Remote Monitoring and Control of Robotic Arm with Visual Feedback using Raspberry Pi. (2014). DOI: 10.5120/16040-5075

Технологія реінжинірингу розподілених баз даних систем керування виробництвом

Володимир Безкорвайний¹, Ольга Іванюк¹, Катерина Прінь¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: vladimir.beskorovainyi@nure.ua, olha.ivaniuk@nure.ua, kateryna.pryn@nure.ua

Анотація: Distributed Databases (DDB) reengineering technology is proposed. To build it, the problem of DDB reengineering as a distributed design object was decomposed. An iterative scheme of DDB reengineering technology is proposed taking into account the interrelationships of the selected tasks. The use of the developed technology allows to increase the efficiency of DDB reengineering procedures in comparison with the existing ones, which provide conditionally independent solution of partial problems.

Ключові слова: розподілена база даних, технологія, реінжиніринг.

I. ВСТУП

Системи керування крупних виробничих компаній мають у своєму складі розподілені бази даних (РБД) [1]. Обсяги даних, що зберігаються в розподілених середовищах, мають тенденцію до швидкого зростання. Витрати на створення і ефективність функціонування РБД багато в чому визначаються їх фізичними структурами [2]. Зміна технологій обробки інформації й управління, елементної бази, функціональних вимог до РБД на певному етапі призводить до необхідності реінжинірингу їх інфраструктури. При цьому для РБД, як розподілених об'єктів, характерною є залежність їх функціональних і вартісних характеристик від топології локальних баз (ЛБ) [3]. У процесі реінжинірингу РБД ітераційно розв'язуються комплекси оптимізаційних комбінаторних задач за множиною функціональних і вартісних показників. Для оцінки варіантів проміжних проектних рішень використовуються аналітичні моделі [4]. Для оцінки ж функціональних характеристик остаточних проектних рішень використовується імітаційне моделювання [5].

II. ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОБЛЕМИ РЕІНЖІНІРИНГУ РБД

Сучасні технології проектування фізичних структур РБД реалізуються з використанням агрегативно-декомпозиційного та блочно-ієрархічного підходів. Їх використання передбачає декомпозицію опису РБД за ступенем деталізації на ієрархічні рівні, аспекти та групи процедур. У подальшому отримані описи формалізуються у вигляді математичних моделей, які агрегуються для отримання рішень по проекту в цілому.

Загальна задача вибору найкращого варіанту реінжинірингу РБД як територіально розподіленого об'єкта полягає у визначенні серед допустимих множин її архітектури $R \subseteq R^*$, топології локальних баз $G \subseteq G^*$, їх типів $T \subseteq T^*$, технології функціонування $A \subseteq A^*$:

$$s^o = \arg \max_{s \in S^*} \{ P(s) = P(R, G, T, A) \}, \quad (1)$$

де S^* – множина допустимих варіантів реінжинірингу; $P(s)$ – оцінка варіанта s -го варіанту.

Подамо загальну задачу (1) як метазадачу *MetaTask*, що складається з множини часткових задач $\{Task_i^l\}$, які відносяться до різних рівнів опису РБД:

$$\begin{aligned} MetaTask &= \{Task^l\}, \\ Task^l &= \{Task_i^l\}, \quad l = \overline{1, n_l}, \quad i = \overline{1, n_i}, \end{aligned} \quad (2)$$

де: n_l – кількість рівнів; i_l – кількість задач на рівні l .

Тоді кожен задачу можна розглядати як деякий перетворювач даних:

$$Task_i^l : In_i^l \rightarrow Out_i^l, \quad l = \overline{1, n_l}, \quad i = \overline{1, n_i}, \quad (3)$$

де: In_i^l , Out_i^l – вхідні та вихідні дані i -ої задачі l -го рівня.

Основними задачами нижнього рівня декомпозиції проблеми реінжинірингу РБД як територіально розподіленого об'єкта є [3]:

$$Task^2 = \{Task_i^2\}, \quad i = \overline{1, 6}, \quad (4)$$

де: $Task_1^2$ – вибір принципів побудови РБД; $Task_2^2$ – вибір структури; $Task_3^2$ – визначення топології локальних баз і комп'ютерної мережі; $Task_4^2$ – вибір технології функціонування; $Task_5^2$ – визначення параметрів локальних баз і мережі; $Task_6^2$ – оцінка ефективності та вибір найкращого варіанту реінжинірингу.

Для створення ефективної технології реінжинірингу РБД необхідно визначити раціональну послідовність розв'язання множини виділених задач нижнього рівня (4).

III. ЛОГІЧНА СХЕМА ПРОЦЕСУ РЕІНЖІНІРИНГУ РБД

При розв'язанні задачі $Task_1^2$ вибір принципів побудови РБД з множини допустимих $\pi \in \Pi$ здійснюється неформальними методами на підставі знань і досвіду системних аналітиків і проектувальників. Множина варіантів області існування РБД S' визначається допустимими множинами її елементів (локальних баз) E' , відношень між ними (структур) R' і топологій (територіального чи просторового розташування) G' . Надалі вона звужується до множини допустимих варіантів реінжинірингу РБД $S^* \subseteq S'$, що визначається допустимими множинами елементів $E^* \subseteq E'$, відношень між ними $R^* \subseteq R'$ і топологій $G^* \subseteq G'$.

Задача вибору структури РБД $Task_2^2$ полягає у визначенні для варіанта її побудови s_{AB} з заданими технологією функціонування $A \subseteq A^*$, параметрами елементів і відношень (зв'язків) $B \subseteq B^*$, кількості елементів $|E|$ і зв'язків між ними $R \subseteq R^*$.

Задача вибору топології елементів і зв'язків $Task_3^2$ полягає у визначенні для варіанта побудови РБД s_{ERAB} заданими множинами елементів $E \subseteq E^*$, зв'язків між ними $R \subseteq R^*$, їх параметрами $B \subseteq B^*$ і технологією функціонування $A \subseteq A^*$ їх просторового розміщення $G \subseteq G^*$.

Задача $Task_4^2$ полягає у визначенні для варіанта побудови РБД s_{ERGB} з заданими множинами елементів $E \subseteq E^*$, зв'язків між ними $R \subseteq R^*$, їх топологією $G \subseteq G^*$ і параметрами $B \subseteq B^*$ технології функціонування $A \subseteq A^*$.

Задача $Task_5^2$ полягає у визначенні для варіанта побудови РБД s_{ERGA} з заданими множинами елементів $E \subseteq E^*$, зв'язків між ними $R \subseteq R^*$, їх топологією $G \subseteq G^*$ і технологією функціонування $A \subseteq A^*$ параметрів елементів і зв'язків $B \subseteq B^*$.

Задача визначення ефективності варіантів реінжинірингу і вибору найкращого серед них $Task_6^2$ полягає в оцінці варіантів побудови РБД $s \in S^*$ з заданими множинами елементів $E \subseteq E^*$, зв'язків між ними їх $R \subseteq R^*$, топологією $G \subseteq G^*$, технологією функціонування $A \subseteq A^*$, параметрів елементів і зв'язків $B \subseteq B^*$ за множиною локальних критеріїв ефективності $K(s) = \{k_i(s)\}$, $i = \overline{1, m}$ і виборі найкращого серед них.

При реалізації системного підходу в процесі реінжинірингу РБД необхідно визначити раціональну послідовність розв'язання виділених задач (4).

Для створення логічної схеми процесу реінжинірингу РБД LS використаємо підхід, який передбачає необхідність визначення п'ятірки множин [6]:

$$LS = \langle Tasks, InDat, Res, DesDec, ProcDec \rangle, \quad (5)$$

де $Tasks$ - впорядкована множина задач (4); $InDat$ - множина вихідних даних задач; Res - множина обмежень задач; $DesDec$ - множина рішень задач; $ProcDec$ - вирішальна процедура, що ставить кожній упорядкованій парі $\langle InDat_i^2, Res_i^2 \rangle$ непорожню підмножину $\{DesDec_i^2\}$, $i = \overline{1, 6}$.

Вся множина задач реінжинірингу РБД (4) буде повністю розв'язаною, якщо для всіх задач $Task_i^2$ існують проектні процедури $ProcDec_i^2$, $i = \overline{1, 6}$ та кожне проектне рішення буде єдиним:

$$|ProcDec_i^2(InDat_i^2, Res_i^2)| = 1. \quad (6)$$

Кожну з моделей загальної задачі (1) будемо подавати у вигляді:

$$ModTask_i^2 : InDat_{iE}^2, InDat_{iI}^2, Res_i^2 \rightarrow \rightarrow DesDec_i^2, \quad i = \overline{1, 6}, \quad (7)$$

де $InDat_{iE}^2$ - множина зовнішніх по відношенню до комплексу задач (4) вхідних даних; $InDat_{iI}^2$ - множина внутрішніх по відношенню до комплексу задач (4) вихідних даних; Res_i^2 - множина обмежень задач (4); $DesDec_i^2$ - розв'язки задач (4).

Аналіз комплексу задач реінжинірингу РБД (4) дозволяє стверджувати, що зовнішні по відношенню до них вхідні дані $InDat_{iE}^2$ для всіх задач $Task_i^2$, $i = \overline{1, 6}$ є однаковими. За результатами аналізу вхідних і вихідних даних моделей задач $ModTask_i^2$, $i = \overline{1, 6}$ встановлено, що всі вони залежні між собою за внутрішнім вхідними та вихідними даними. Виходячи з цього, технологію розв'язання загальної задачі реінжинірингу РБД по аналогії з [6] доцільно будувати на основі послідовної ітераційної схеми. При цьому з отриманого проектного рішення $DesDec_i^2$ поточної задачі $Task_i^2$, $i = \overline{1, 5}$ будуть

формуватися вхідні дані $InDat_{i+1}^2$ й обмеження Res_{i+1}^2 в вирішальних процедурах для наступних задач реінжинірингу $Task_{i+1}^2$, $i = \overline{1, 5}$.

У такий спосіб буде здійснюється «замикання» задач послідовної схеми, яке дозволить формувати глобальні проектні рішення:

$$\exists DesDec_i^2 \in DesDec \quad Tr(InDat_{i+1}^2 \vee Res_{i+1}^2 \in DesDec_i^2), \quad i = \overline{1, 5}, \quad (8)$$

де $DesDec$ - множина проектних рішень; Tr - істинність висловлювання $(InDat_{i+1}^2 \vee Res_{i+1}^2 \in DesDec_i^2)$.

При визначенні черговості розв'язання задач $Task_i^2$, $i = \overline{1, 6}$ в рамках послідовної схеми будемо прагнути до мінімізації ступеня їх нерозв'язності за вихідними даними і мінімізації складності процедури розв'язання загальної задачі (1).

За результатами аналізу вхідних, вихідних даних і обмежень загальної задачі для мережевої моделі (8) використана послідовна схема технології реінжинірингу РБД:

$$Task_1^2 \rightarrow Task_2^2 \rightarrow Task_3^2 \rightarrow Task_4^2 \rightarrow Task_5^2 \rightarrow Task_6^2. \quad (9)$$

Для практичної реалізації лінійної схеми (9) необхідно дозначити вхідні задач $Task_2^2$, $Task_3^2$ и $Task_4^2$. Для цього необхідно перетворити лінійну схему (9) в ітераційну схему, яка дозволить формувати необхідні вхідні дані за результатами рішень попередніх ітерацій (рис. 1).

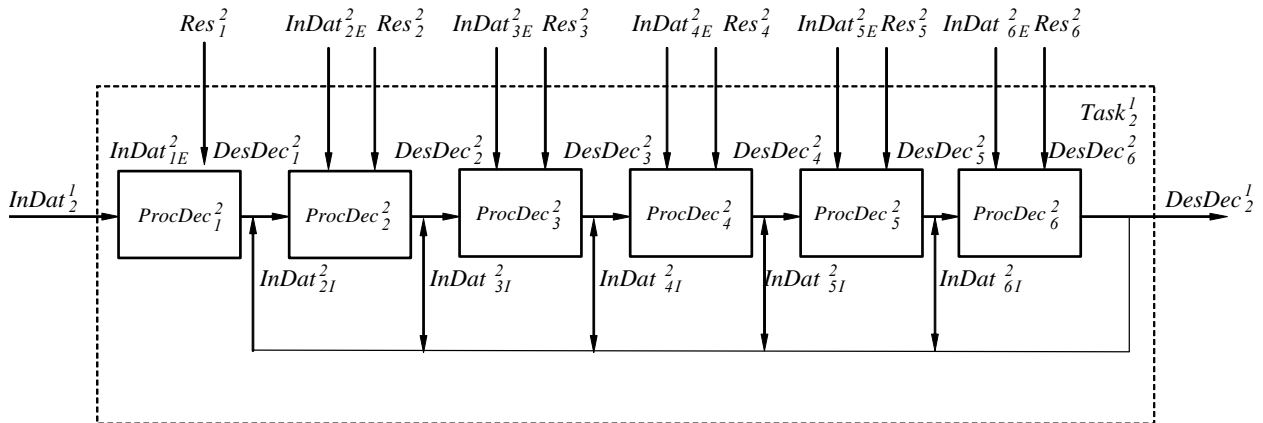


Рис. 1. Ітераційна схема реінжинірингу РБД

Практична реалізація ітераційної схеми в технологіях реінжинірингу РБД передбачає вибір або розробку ефективних математичних моделей і методів розв'язання комплексу виділених задач (4). Для оцінки оперативності проміжних проектних рішень щодо варіантів реінжинірингу РБД використовуються аналітичні моделі, а для аналізу остаточних рішень оцінки доцільним є використання імітаційного моделювання [2, 4-5]. При цьому для вибору варіантів проектних рішень використовуються експертні методи і моделі скалярного багатокритеріального оцінювання, побудовані на основі універсальних функцій загальної корисності та функції корисності часткових критеріїв [2]. Це дозволяє точніше враховувати переваги особи, що приймає проектні рішення.

IV. ВИСНОВКИ

Встановлено, що існуючі технології реінжинірингу РБД та їх фізичних структур припускають умовно незалежне розв'язання задач їх структурної, топологічної, параметричної та технологічної оптимізації. Це не дозволяє повною мірою використовувати можливості формальних методів і сучасних засобів обчислювальної техніки для отримання найбільш ефективних варіантів побудови таких об'єктів.

Для підвищення ефективності технологій реінжинірингу РБД виконано декомпозицію проблеми. З урахуванням взаємозв'язку виділених задач за вхідними і вихідними даними запропонована ітераційна схема технології реінжинірингу РБД, що враховує взаємозв'язок всього комплексу проблемно пов'язаних задач.

Використання розробленої технології дозволить підвищити ефективність процедур реінжинірингу РБД у порівнянні з існуючими, що передбачають умовно незалежне розв'язання часткових задач [7-8].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] M.T. Özsu, P. Valduriez, Principles of Distributed Database Systems Fourth Edition, New York: Springer, 2020, 674 p.

[2] В.В. Безкоровайний, Л.В. Колесник, "Математична модель багатокритеріальної задачі реінжинірингу фізичних структур розподілених баз даних", *Міжнародна науково-практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами» (ММПТ-2021), Коблево, 13-17 вересня 2021 р. Збірник праць*. Харків: ХНУРЕ, 2021, с. 44-47.

[3] В.В. Бескоровайный, К.Е. Подоляка, "Разработка системологической модели проблемы структурно-топологического реинжиниринга систем крупномасштабного мониторинга", *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2015, №3(75), с. 37-42.

[4] В.В. Бескоровайный, О.С. Ульянова, "Оценка времени доступа к информационным ресурсам распределенных баз данных при решении задач синтеза их физических структур", *Системы управления, навигации та зв'язку*, 2010, № 3(15), с. 210-214.

[5] В.В. Безкоровайний, О.А. Іванюк, "Інформаційна технологія моделювання розподілених баз даних", *V Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі» (м. Київ)*, Київ: КНУКіМ, 2020, с.125-128.

[6] В.В. Бескоровайный, "Синтез логической схемы системного проектирования территориально распределенных систем", *Радиоэлектроника и информатика*, 2002, № 3, с. 94-96.

[7] I. Elyasi-Komari, A.G. Mamalis, S.N. Lavrynenko, "The analysis of tasks of development and reengineering process of reliability computer networks for critical technologies", *Високі технології в машинобудуванні*, 2009, №2, с. 17-21.

[8] S.A. Nesterenko, J.S. Nesterenko, "Costs evaluation methodic of energy efficient computer network reengineering", *Праці Одеського політехнічного університету*, 2016, вип. 2 (49), с. 70-75.

Аналіз системи колективного прийняття рішення для мобільних роботів

Олександр Кузьменко¹, Микола Стародубцев¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14, email: oleksandr.kuzmenko@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі наведено аналіз і структура системи колективного прийняття рішення для інтелектуальних мобільних роботів.

Ключові слова: робототехніка, робот, рішення задачі, інтелектуальне управління.

I. ВСТУП

Робототехніка – це сучасна наука, що використовує постійні досягнення машинобудування, матеріалознавства, виготовлення сенсорів, технологій виробництва і передових алгоритмів. Вивчення цієї науки відкриє нові можливості в застосуванні робототехнічних проектів в різних областях діяльності. Практичне застосування роботів стимулює розвиток робототехніки і приводить в рух процес досягнень в інших галузях науки [1].

Робот – це виконавчий механізм, що програмується за двома або за більшими мірам рухливості, має певну міру автономності і здатний переміщатися в зовнішньому середовищі з метою виконання завдань за призначенням (ISO 8373:2012).

Робот включає наступні компоненти:

1. Датчики(сенсори) – складова, за допомогою якої, машина сприймає навколишній світ.

2. Система управління - складова, за допомогою якої обробляється отримана інформація і приймається рішення.

3. Корпус і рухливі деталі - це те, за допомогою чого механізм впливає на довкілля і утілює рішення.

Важко представити сучасний світ без промисловості. Людство просто не може розвиватися без промислової сфери, яка є найважливішою галуззю народного господарства більшості держав світу. Промислова галузь чинить значну дію на економічне, політичне, наукове і соціальне життя суспільства. Розвиток сучасних технологій торкається, в першу чергу, промисловості.

Тому на підприємствах, де бракувало робітників, почали успішно застосовуватися перші промислові роботи. Але стрімкий розвиток технологій з часом дав поштовх появі різних автоматизованих пристроїв, які знайшли застосування практично в усіх галузях оброблювальної промисловості. На даний момент роботи найбільше використовуються в машинобудуванні, металургії, на заводах хімічної і нафтохімічної продукції і при виробництві будівельних матеріалів [2].

Модернізуючи роботів, дослідники зосередилися на автономності і людино-машинній взаємодії. Нові розробки в суміжних областях, таких як штучний інтелект, мехатроніка, навігація, сприйняття, розпізнавання об'єктів і обробка інформації, відкривають

нові можливості для розвитку робототехніки. Зокрема, інновації в області програмного забезпечення і штучного інтелекту послужать базою для створення роботів нового покоління, здатних ефективно маневрувати і обходити перешкоди. Рэндалл Смит і Пітер Чизман вчинили прорив в розробці алгоритмів, що дозволяють роботам планувати маршрути свого пересування. Дослідження проблеми "синхронної локалізації і мапування" (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM) допомогло розробити алгоритми SLAM, які використовуються робототехнічними компаніями і до цього дня, хоча і з деякими модифікаціями [3].

SLAM використовують загальні ідеї і структури даних. Інформація про довкілля зберігається як сітка імовірнісної зайнятості - двовимірний масив значень, які є вірогідністю відповідних осередків в просторі бути зайнятими перешкодою. Положення платформи складається з координат і кута повороту. Комбінація пози робота і відповідної карти називається станом світу. Алгоритми зазвичай використовують компонент зіставлення сканов, який коригує позу робота, що оцінюється за допомогою необробленої одометрії, зіставляючи дані лазерного сканування і попередні скани [4].

Алгоритми грають усе більш важливу роль в прийнятті роботами складних рішень, наприклад імітації емоцій. Нині розробляється програмне забезпечення, що дозволяє моделювати роботу людського мозку; удосконалюються лінгвістичні навички і механізми ухвалення рішень.

Розвиток комунікацій, сенсорів і процесорів дозволить роботам ефективніше використати інформацію, підключатися до складних інтелектуальних мереж.

Нині інновації спрямовані переважно на інтеграцію програмного і апаратного забезпечення, т. е. на створення так званих інтегрованих робототехнічних і інтелектуальних операційних систем. Широкі перспективи для роботобудування сьогодні зв'язуються з розробкою автономних транспортних засобів і дронів [3].

Фахівці з систем управління роботів пишуть, що "під інтелектуальними технологіями розуміються технології, що дозволяють реалізувати такі властиві людській поведінці функції, як адаптація до невизначеного середовища, можливість оцінювати і моделювати поточний стан, виконувати функції целеполагання і планування дій» [5].

Сучасний світ знаходиться на такому рівні розвитку, що для рішення деяких завдань або проблем, які є небезпечними для життя людини, потрібна не одна автономна одиниця, а група таких одиниць. Управляти кожною окремо є дуже важким і незручним завданням. З

цього виходить, що дослідження в області колективного ухвалення рішення інтелектуальними систем є актуальною на сьогодні.

II. ГРУПОВЕ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ

Пеші роботи мали просте числове програмне управління, запозичене разом з приводами у верстатобудування. Для промислового застосування це було можливо завдяки граничній детерміні-рованності умов промислового виробництва. Проте вже незабаром, коли робототехніка стала поширюватися на інші області з більшою невизначеністю і мінливістю зовнішніх умов, від програмного управління довелося перейти до управління від людини-оператора, доповнивши програмне управління супервізорним управлінням.

Ефективність застосування груп робіт багато в чому залежить від вибраної стратегії управління. Розрізняють централізовані і децентралізовані стратегії.

При централізованій стратегії управління використовується центральний пристрій, якому доступна інформація про стан усіх робіт групи і середовище, що оточує їх. Воно оцінює поточну ситуацію і приймає рішення про подальшу поведінку робіт групи. Центральний пристрій може бути розташований як за межами групи (наприклад, на пульті управління оператора), так і на одному з членів групи (централізоване управління "з ведучим"). Централізовані стратегії мають хороші показники при управлінні невеликими групами робіт. При збільшенні чисельності росте навантаження на канал зв'язку і облаштування управління. Одним із способів рішення є реалізація ієрархічної моделі, при якій група ділиться на підгрупи, кожна з яких управляється своїм лідером. Група лідерів також має свого лідера і так далі, залежно від кількості рівнів ієрархії. У разі фіксованих лідерів можлива ситуація, коли лідер вийшов з ладу, і група втратила управління.

До децентралізованим стратегій відносять колективні, зграєві і роеві стратегії управління. При колективній стратегії управління кожен робот передає в канал зв'язку усю зібрану ним інформацію про довкілля і про власний стан, а також отримує з нього усю інформацію про стан інших особин колективу. Таким чином, інформаційний обмін у разі колективної стратегії здійснюється за принципом "все з усіма". При цьому кожен робот самостійно оцінює ситуацію, що склалася, і приймає рішення про свої подальші дії. Колективні стратегії дозволяють групі зберігати працездатність у разі виходу з ладу окремих членів колективу. Проте зростає навантаження на бортові обчислювальні системи робіт, оскільки їм необхідно оперативно обробляти усю отримувану інформацію. Ця стратегія дозволяє будувати групи, що перевершують по розмірах групи з централізованим управлінням, проте, масштабованість залишається на недостатньо високому рівні. При зграєвій стратегії управління відсутній виділений канал зв'язку між членами групи. Кожен робот самостійно збирає інформацію з доступного йому навколишнього простору і приймає рішення про власну поведінку для досягнення спільної мети. Відсутність комунікації між окремими

роботами робить цей підхід ефективним тільки на завданнях, що допускають розпаралелювання на незалежні незв'язні підзадачі [6].

III. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Інтелектуальна поведінка вимагає відповідної інформації про зовнішнє середовище, в якому функціонує робот, і про його положення в цьому середовищі. Це визначає наступні вимоги до сенсорного забезпечення інтелектуальних робіт:

- комплексне очування за допомогою різних типів сенсорів;
- інтелектуальна обробка первинної сенсорної інформації для формування моделі зовнішнього середовища;

Сенсорні системи, використовувані в системах пересування робота, підрозділяються на системи, що забезпечують навігацію в просторі, і системи, що забезпечують безпеку руху (відвертання зіткнень з перешкодами, перекидання на ухилах, попадання в неприпустимі для робота зовнішні умови і тому подібне).

Контактні сенсорні системи застосовуються для очування робочих органів маніпулятора і корпусу (бампера) мобільних робіт. Вони дозволяють фіксувати контакт з об'єктами зовнішнього середовища (тактильні сенсори), вимірювати зусилля, що виникають в місці взаємодії (силомоментні сенсори), визначати прослизання об'єктів при їх утриманні захватним пристроєм.

База знань про зовнішнє середовище містить апріорну інформацію, що вводиться до початку роботи, і оперативну сенсорну інформацію, яка отримується в процесі сприйняття довкілля при виконанні роботом різних дій, а також в процесі його спеціальних пізнавальних дій для вивчення цього середовища. Сама інформація включає опис геометричних і інших фізичних характеристик об'єктів середовища і їх взаємозв'язків. Цей опис має ієрархічну структуру у вигляді рівнів послідовного узагальнення початкової інформації. Наприклад, опис робочої зони маніпулятора включає набір планів цієї зони і її частин, що розрізняються як масштабом і відповідно точністю, так і мірою узагальнення первинної сенсорної інформації (виділення контурів, поверхонь, об'єктів, груп об'єктів, визначення різних властивостей і фізико-хімічних параметрів цих об'єктів і так далі).

Після отримання і обробки сенсорної інформації про зовнішнє середовище і формування на цій основі моделі цього середовища наступним етапом в процесі інтелектуального управління роботом є оцінка поточної ситуації шляхом зіставлення завдань, що підлягають рішенню, із станом зовнішнього середовища і власне робота і ухвалення рішення про адекватну поведінку робота, яка потім має бути реалізована у вигляді плану управління транспортними і маніпуляційними рухами робота.

При ухваленні оперативних рішень прибігають до систем асоціативної пам'яті, що не вимагають перебору і

зіставлення можливих варіантів рішення. Якість рішень, що приймаються, при цьому визначається інтелектуальним рівнем експертних рекомендацій, занесених в пам'ять. Нейронні мережі завдяки паралельній обробці інформації дозволяють забезпечити найбільшу швидкодію. Тому окрім самостійного застосування в системах ухвалення рішень і планування дій інтелектуальних роботів вони отримали застосування як апаратний засіб реалізації окремих функцій експертних і асоціативних систем. Визначальне значення для якості рішень, що приймаються, нейронними мережами має рівень їх навчання.

Управління рухами роботів полягає в управлінні їх транспортній і маніпуляційній виконавськими системами. Призначення системи - здійснювати навігацію мобільних роботів і безпеку при їх переміщенні шляхом подолання або обходу перешкод, відвертання перекидання, застрявання і зіткнень з об'єктами зовнішнього середовища [7].

Для рішення складних задач в умовах неопределенности наиболее целесообразна организация распределенной системы гибридного типа, представляющей собой комбинацию централизованной и децентрализованной систем. Здесь управление коллективом выполняется за счет обмена информацией между агентами, а обработка данных осуществляется управляющим центром.

До складу системи входять керівний центр, колектив агентів-роботів, що мають різну "спеціалізацію" і допоміжне устаткування. Функції людини-оператора включають спостереження за станом системи і ухвалення рішень в складних ситуаціях. Керівний центр формує команди управління колективом в цілому і обробляє інформацію, що отримується роботами в процесі виконання завдання. Роботи, залежно від своїх функціональних можливостей, можуть виконувати розвідувальні, пошукові або технологічні операції. Відповідно до завдання керівного центру, роботи за допомогою обміну повідомленнями об'єднуються в групи і розподіляють завдання між собою з урахуванням заданого критерію оптимальності [8].

IV. ВИСНОВКИ

В даному матеріалі представлено аналіз і структура системи колективного прийняття рішення для інтелектуальних мобільних роботів. Практичне

застосування інтелектуальних мобільних роботів в галузях, пов'язаних з ризиком для людини привело до доцільності управління групою роботів, що спільно вирішують загальну задачу. Характерними прикладами таких завдань є розвідувальні, рятувальні і ліквідаційні операції при аваріях на різних хімічних і радіаційно-небезпечних об'єктах. При цьому виникає проблема організації погодженої роботи автономних взаємодіючих роботів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. Основы робототехники: учебное пособие. — Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2019. — 160 с.
- [2] Автоматизированный завод. Современная промышленность. Статьи про роботов. Заводские промышленные роботы. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://robotics.ua/shows/modernity/2215-the_automated_factory_modern_industry.
- [3] Робототехника: прорывные технологии, инновации, интеллектуальная собственность. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/robototekhnika-proryvnye-tehnologii-innovatsii-intellektualnaya-sobstvennost/viewer>
- [4] Сравнение современных лазерных алгоритмов SLAM [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://izv.etu.ru/assets/files/3_2_p001-008.pdf
- [5] О перспективах создания автономных интеллектуальных роботов на основе миварных технологий [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.radioprom.org/jour/article/viewFile/182/175>
- [6] Коллективы интеллектуальных роботов. Сферы применения / под ред. В.И. Сырякина. – Томск: STT, 2018. – 140 с.
- [7] Станкевич Л.А. Искусственный интеллект и искусственный разум в робототехнике: учеб. пособие / Л. А. Станкевич, Е. И. Юревич. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 167 с.
- [8] Автономные мобильные роботы - навигация и управление – тема научной статьи по электротехнике, электронной технике. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtonomnye-mobilnye-roboty-navigatsiya-i-upravlenie>

The Role of Automated Workstations in the Process of Automation of Technological Operations Management

Nikita Bobkov¹, Leonid Ivanov¹

1. CITAM Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,
Kharkiv, Nauky Ave. 14., e-mail: mykyta.bobkov@nure.ua, leonid.ivanov@nure.ua

Abstract: The review analyzes the role and impact of modern workstations on labor organization and the efficiency of technological operations management. This work is studying the concept of "automated workstation", the principles of creating workstations and elements of its structural scheme

Key words: workstations, automation.

I. INTRODUCTION

The amount of information that needs to be received, processed, used and stored is increasing at a tremendous rate. New information technologies are constantly appearing, which also affects the commercial activities of the organization. Therefore, there is a growing need for automation of production, starting from the calculation of simple formulas of the school course and ending with the automation of shops and factories. People try to automate most routine processes. All this requires from specialists the appropriate level of knowledge and skills. The specialist performer needs convenient tools to ensure professional activity in a particular field, which is determined by the used technology and the distribution of responsibilities among employees. In practice, this is achieved by creating automated workstations (AWS), which take into account the specifics of work and specialization of the specialist. That is why the topic of workplace automation is very relevant today [1].

II. A PURPOSE OF THE WORK

The purpose of the work is to analyze the use of automated workstations in the management of technological operations. To achieve this goal, the following tasks must be solved:

- find out the essence of the term "Automated Workstation (AWS)" and related terms;
- point the structural scheme of the workstation and its components;
- give a classification by various criteria;
- make purpose of use of AWS;
- consider the general principles of creating automated workstations.

III. AUTOMATED WORKSTATION. CONCEPT, PRINCIPLES OF CREATION, COMPOSITION

The creation of automated workplaces assumes that the main operations for the accumulation, storage and processing of information rely on computer equipment and technology. The specialist only performs operations that require a creative approach in the preparation of work or management decisions [1].

Automated workstation (AWS) is a set of software and hardware that provide human interaction with a computer,

ensures the ability to enter information and process it. This is a professionally oriented complex that provides solutions to user problems directly in the workplace [2,3].

The automated workstation is part of the supervisory control and data acquisition systems (SCADA).

SCADA – it is a set of hardware and software for: control of the object of automation, measurement of its parameters, processing of storage and display of information. It is characterized by the task of measuring the parameters of the object of automation in real time and control the object in accordance with the signals coming from the sensors of the object.

Technological process (TP) – it is a system of technological operations that are performed from the moment of the getting the output data to receiving the desired result.

A technological operation is a part of a technological process, which are performed continuously at one workplace, over one or more simultaneously processed products, by one or more workers.

The automated workstation combines software and hardware that enable human interaction with a computer, provides the ability to enter information (via keyboard, computer mouse, scanner, etc.) and its output to the monitor, printer, sound card - speakers or other output devices. The scheme is shown in figure 1.

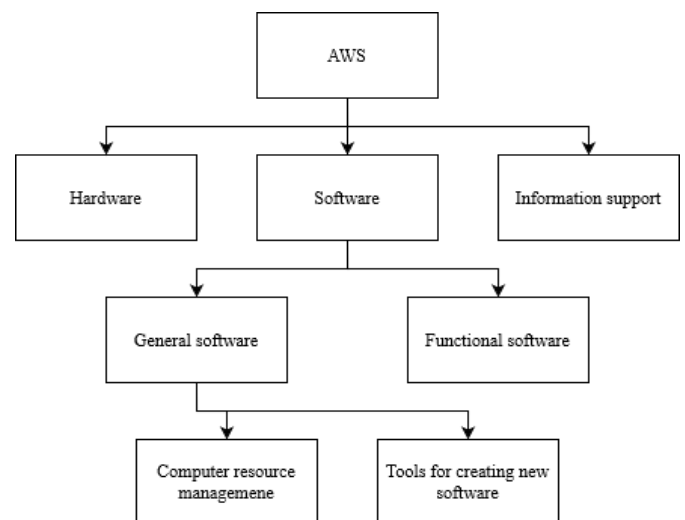


Fig.1. Structural scheme of the AWS [4]

Hardware is a set of technical means that are involved in the technological process of converting information in the system. The hardware includes computers, data transmission channels,

equipment and peripherals. Scheme of hardware is shown in figure 2.

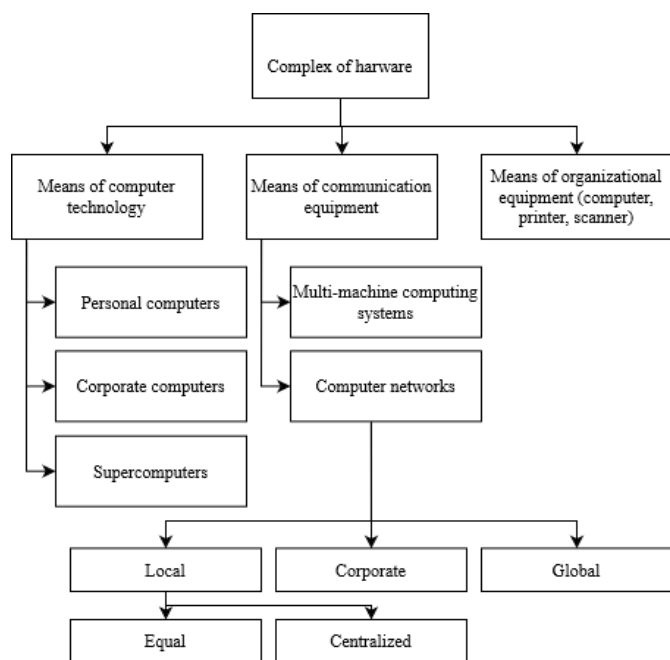


Fig.2. Set of the hardware [5]

The software consists of a set of regular applications that are needed to solve functional problems and programs that allow the most efficient use of computer technology and provide users with ease of use. Scheme of software is shown in figure 3.

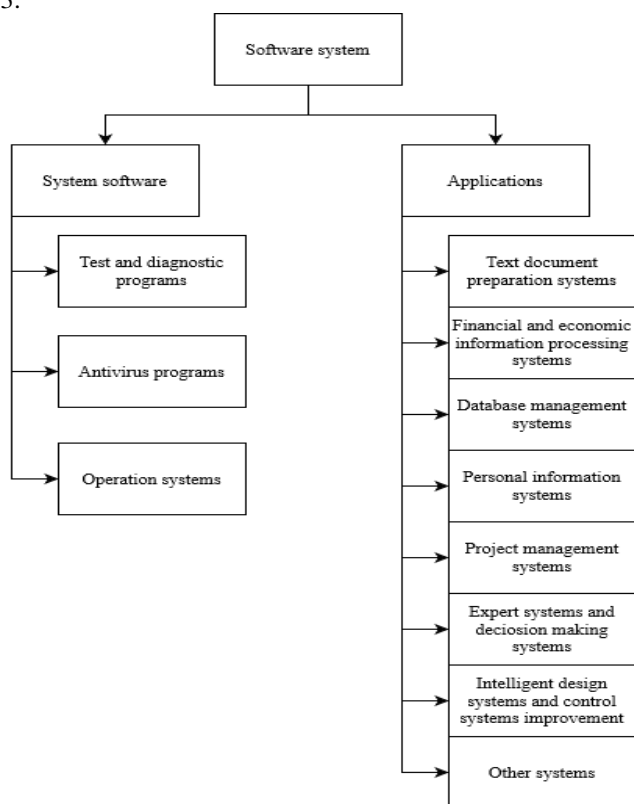


Fig.3. Software complex

Information support (IS) – methods and means of building an information base of the system, including systems for classification and coding of information, unified document systems, schemes of information flows, principles and methods of creating databases.

Information support of the automated workstation is divided into out-of-machine and in-machine. Out-of-machine IS includes classifiers of accounting technical and economic information, a set of unified documents of primary accounting. The feature of the out-of-machine AWS is that data on business transactions from departments of the enterprise and from other workstations can arrive both in documentary form and in the form of analogues of documents on magnetic media, as well as transmitted over communication channels in local networks. In-machine IS – it is the only centralized information database, represented by a set of data organized on magnetic media, where they are stored, in the form of information files and databases. Its main component is the information fund of accounting data, which includes normative-reference, conditionally-permanent information, data of previous reporting periods, current accounting data. In addition, the information database may include a database of instructional and other materials needed by the staff at work.

A special place in the information support is occupied by the database. From the transition of the automation of individual processes in the subject area to the creation of automated information systems requires not only the relationship of applications, but also a qualitatively new approach to data organization. This approach is to use a single repository – a database (DB). Individual users no longer own any data. All data is collected and stored centrally. A dynamically updated model of the subject area is created in the computer memory. The words «dynamically updated» mean that the database corresponds to the current state of the subject area is not provided periodically (once a month, week, day), but in real time.

The most important component of an automated system for collecting, accumulating and efficient use of information is a database management system (DBMS). The programs that make up the database include the kernel and service tools. The kernel is a set of software modules which are necessary and sufficient to create and maintain a database. The service tools provide users with a number of additional capabilities and services for the maintenance of database systems. Language tools are used to describe the database and are used to process data by users [6].

The simplest and most common version of automated workstations - workstations that are based on PC. They provide: convenience and ease of use; ease of adaptation to certain user functions; simple organization of maintenance; compact placement and low requirements for operating conditions. More complex workstation systems involve the connection of several PCs via communication channels to the main computer or through special equipment - to general-purpose systems and information services.

There are general principles of creating any workstation: flexibility, systematicity, efficiency, stability.

Systematicity. Workstations should be considered as a system in which the structure is determined by the functional

purpose.

Flexibility. The system must be adapted to possible adjustments, due to the modular construction of all subsystems and standardization of the elements of these subsystems.

Stability. The workstation system must perform basic functions regardless of the influence of external and internal factors. That is, faults in its individual elements should be easily eliminated, and the system should quickly recover [7].

IV. CLASSIFICATION AND PURPOSE OF AWS

There are many classifications of automated workstations. Here are some of them:

By degree of automation:

- manual workplaces - the employee has special furniture (chair, table, cabinets, rulers, telephone, tables, etc.);
- mechanized workstations, in addition, have programmable calculators;
- automated workstations have a PC with the appropriate software.

By typification of the solved functional tasks:

- unique automated highly specialized workplaces that have to solve a wide range of non-standard tasks and problems;
- mass workstations, which are designed to solve typical problems in various fields.

By specialization:

- Workstation of the leader – has a functional closure, which fully ensures the autonomous work of the leader;
- Workstation of a specialist – gives him the opportunity to solve various functional tasks by making the most effective use of the information he needs;
- Technician's workstation – saves him from routine work, which requires some professional skills.

The generalized purpose of control automation is to increase the efficiency of using the potential of the opportunities of the object. Thus, we can identify a few purposes of the workstation:

- Providing the decision maker (DM) with relevant data for decision making;
- Acceleration of individual operations for data collection and processing;
- Reducing the number of decisions that DM has to make;
- Improving the level of control and executive discipline;
- Improving management efficiency;
- Reducing the cost of execution of additional processes;
- Increasing the degree of validity of decisions [4].

DM needs to make the right organizational decision, which will be implemented and controlled, on the basis of which a further decision will be made. Important factors for decision making are:

- Collection and analysis of reliable information;
- Preparation of alternatives for further developments;
- Directly making of the decision;
- Organization of solution implementation;

- Performance control;
- Analysis of the obtained result;
- Correction [8].

IV. CONCLUSION

Thus, the review examines the concept of «automated workstation» and the principles of its creation. Was analyzed the place of the workstation in the supervisory control and data acquisition systems, its purpose and composition. Listed the classification by degree of automation, by the typification of solved functional tasks and by specialization. Identified a few purposes of the workstation and the most important factors that influence the decision of the specialist.

Therefore, the functioning of the workstation can give a numerical effect only if the correct distribution of functions and loads between humans and machine tools for information processing, the core of which is a computer. Only then the workstation will become an instrument of increasing not only productivity and management efficiency, but also the social comfort of professionals.

REFERENCES

- [1] Автоматизоване робоче місце менеджера URL https://pidru4niki.com/74249/informatika/avtomatizovane_roboche_mistse_menedzhera (date of the application 25.09.2021)
- [2] Автоматизированное рабочее место - усилитель деловой и творческой активности. URL <http://surl.li/ahuzu> (date of the application 25.09.2021)
- [3] Роль АРМ в работе специалиста URL https://studbooks.net/2057051/informatika/rol_rabote_spe_tsialista (date of the application 27.09.2021)
- [4] Автоматизированные рабочие места и автоматизированные системы управления URL <https://studfile.net/preview/6058633/page:10/> (date of the application 27.09.2021)
- [5] Kabanova N. N. The role of the introduction of automated workstations (AWS) in the enterprise. course work ... candidate of economic sciences: 419 / University of Economics and Management. Simferopol, 2011. 41 p. https://works.doklad.ru/view/h_XwQ5IRnGY.html
- [6] Автоматизированное рабочее место, его виды и классификации URL <https://works.doklad.ru/view/wwqCogPwoss/2.html> (date of the application 26.09.2021)
- [7] Simonov V. V. Automated workstation of the hotel administrator. grad. work ... candidate of eng. science: 09.03.02 / Siberian National University. Siberia, 2016. 48 p.
- [8] Роль АРМ в процесі прийняття управлінських рішень. 03.10.2012. URL <https://www.stud24.ru/management/rol-arm-v-proces-prijnyattya/387726-1293683-page1.html> (date of the application 25.09.2021)

Робот-графопобудовник медичних зображень

Дмитро Кухаренко¹, Кирило Вадурін¹

1. Навчально-науковий інститут електричної інженерії та інформаційних технологій,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА,
Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: dkuch100@gmail.com

Анотація: У роботі доведено можливість створення робота-графопобудовника медичних зображень який би володів наступними особливостями: здатністю виводити інформацію на папір різних розмірів; малими масо-габаритними параметрами; можливістю його мобільного використання. У ході роботи визначено оптимальну платформу, а також синтезовано структурну схему та алгоритм роботи необхідні для реалізації робота-графопобудовника.

Ключові слова: робот, графопобудовник, мобільний пристрій, медичні зображення, пухлини.

I. ВСТУП

Зараз у світі є величезна кількість медичних пристроїв та систем що виводять медичну інформацію через різноманітну периферію на ще більшу номенклатуру друкованих носіїв. Для уніфікації процесу виведення медичної інформації з різноманітних медичних систем було запропоновано використовувати графопобудовники, які продемонстрували здатність виводити як текст, так і контури складних медичних та побутових зображень [1].

Наступним кроком для ширшого впровадження графопобудовників до використання в медицині та побуті є розгляд можливості створення компактного мобільного пристрою здатного працювати з аркушами різних розмірів для покриття більшості вимог, що встановлені для приладів виведення інформації.

II. МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Спершу розглянемо різні типи приводів, що використовуються для побудови компактних роботів, а також визначимо їх переваги та недоліки для використання у ролі платформи для мобільного графопобудовника.

Рух платформи робота може бути неголономним чи голономним, як зображено на рис. 1.

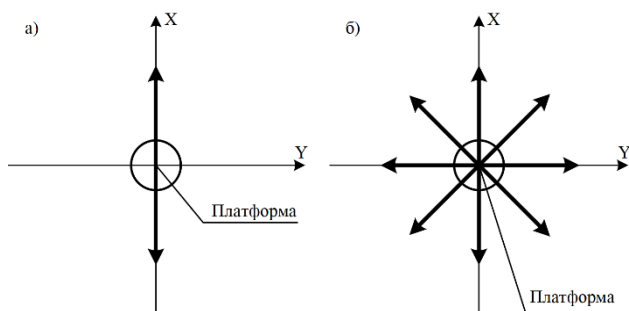


Рис. 1. Можливі напрями руху платформи за:
а) неголономного руху; б) голономного руху

Голономний рух передбачає що платформа може пересуватися по векторам XY не змінюючи своєї орієнтації в просторі. Неголономний рух дозволяє платформі рухатися лише в кількох напрямках.

Також важливим параметром приводу платформи є одометрія – використання даних з встановлених на платформі датчиків для розрахунку поточного положення у просторі.

Розглянемо особливості приводів з неголономним рухом.

Двоколісний диференціальний привід – широко застосовуваний і простий привід, що складається з двох тягових коліс, які встановлені в протилежних сторонах платформи, та одного чи двох пасивних коліс – опор.

Особливості платформи:

- легкість конструювання;
- легкість програмування руху;
- легко отримати якісну одометрію двома датчиками обертання коліс;
- платформа не призначена для руху по бездоріжжю. Будь-яка перешкода на шляху може вивести двоколісну платформу з рівноваги. Найчастіше такі платформи використовуються у приміщенні і для руху по рівній поверхні.

Диференціальний привід skid-steer – це удосконалена версія простого двоколісного диференціального приводу, де замість пасивних коліс встановлені додаткові тягові. На кожній стороні платформи може бути два і більше коліс, що керуються спільним двигуном через передачі й обертаються з однаковими швидкостями. Зазвичай у таких платформах два двигуна, але іноді встановлюють двигуни на кожне колесо.

Особливості платформи:

- у порівнянні з двоколісною платформою skid-steer володіє підвищеною прохідністю яка досягається завдяки безлічі коліс і відсутності пасивних опор. Робот з великими колесами може бути дуже ефективний на пересіченій місцевості;

– одометрію так само легко отримати, використовуючи датчики обертання коліс. Однак кожне колесо шасі skid-steer потребує власного сенсора. Точність одометрії в порівнянні з двоколісною платформою гірша. При поворотах робота колеса шасі ковзають. При русі такого шасі по рівній місцевості моменти занесення і ковзання можна визначити і виправити програмно. Але для отримання одометрії при русі платформи skid-steer по пересіченій місцевості одних тільки датчиків обертання коліс може бути вже не досить.

Диференціальний привід з гусеницями – версія приводу skid-steer з гусеницями замість додаткових коліс. Кожна гусениця контролюється одним двигуном.

Особливості платформи:

- танкове шасі володіє найкращими експлуатаційними характеристиками на пересіченій місцевості завдяки формі гусениць і зчепленню з землею;
- ускладнена механіка, оскільки у конструкції

танкового шасі безліч складних деталей: частини трака, натягувачі, опорні ролики та інші;

– отримати одометрію ще складніше, ніж при використанні приводу skid-steer. При русі танкового шасі теж відбуваються ковзання гусениць. Однак зважаючи на наявність всього двох датчиків обертання програмно компенсувати помилки одометрії дуже важко.

Привід Акермана – найпоширеніший в світі, оскільки використовується в кожному автомобілі. Привід Акермана складається з двох тягових і двох рульових коліс. Тягові колеса відповідають за рух платформи, а кермові колеса відповідають за повороти. Щоб уникнути занесення і ковзання, рульове управління Акермана спроектовано таким чином, щоб при обертанні внутрішнє колесо поверталося на більший кут, ніж зовнішнє. Для кожного колеса кут оберту розраховується на основі бажаного діапазону кутів повороту робота.

Особливості платформи:

– рульове керування Акермана зазвичай використовують для швидких роботів, що мають гарне зачеплення з рівною поверхнею якою рухаються;

– наявність рульових коліс ускладнює конструкцію робота і вимагає додаткових двигунів і приводів;

– основним напрямком використання такого шасі є побудова безпілотних автомобілів. Крім того, цей привід використовується в хобі-робототехніці, якщо робот побудований на базі радіокерованої іграшкової машинки.

Розглянемо особливості приводів з голономним рухом.

Привід з Омні-колесами – привід у якому застосовують всеспрямовані Омні- чи поліколеса, особливістю яких є наявність роликів на їх окружностях. Вісі роликів перпендикулярні вісі обертання колеса, що, за умови контролю швидкості та напрямку обертання, дозволяє платформі рухатися у будь-якому напрямку.

Зазвичай платформи з Омні-колесами мають 3 або 4 колеса. Якщо на платформі збираються встановити 3 колеса то кут між ними обирають у 120° , або встановлюють два колеса паралельно, а третє перпендикулярно до них. Платформа з 3 колесами має достатню стійкість на не рівній поверхні, забезпечує більшу тягу та має меншу вартість у порівнянні з 4-колісною платформою.

На 4-колісній платформі колеса розташовують під кутом 90° одне до одного, що забезпечує більшу швидкість та додаткову точку опори у порівнянні з 3-колісною.

Особливості платформи:

– оскільки всеспрямовані колеса являють собою комбінацію з безлічі роликів, виникає опір обертанню, що призводить до підвищеного тертя і значних втрат енергії;

– не всі колеса є ведучими, в кожен момент часу ефективно працюють лише одне-два поліколеса;

– за допомогою Омні-коліс досягається голономний рух платформи;

– робота поліколес спочатку будується на принципах проковзування, тому отримана колісна одометрія неточна;

– найчастіше такі платформи використовують для побудови роботів що працюють всередині приміщень на рівних і гладких поверхнях.

Привід з колесами Ілона – привід у якому використовуються колеса Ілона – все спрямовані колеса, де ролики знаходяться по всій окружності, причому розташовані під кутом 45° до площини поверхні колеса та під кутом 45° до вісі обертання колеса.

Поворот вісі ролика дозволяє використовувати колеса Ілона у приводах skid-steer, причому при обертанні такого колеса прикладається сила під кутом 45° до його вісі. Комбінація сил від усіх коліс дозволяє платформі рухатися в різних напрямках.

Особливості платформи:

– привід з колесами Ілона використовується, якщо робот повинен володіти голономним рухом і високою вантажопідйомністю;

– найчастіше цей тип шасі зустрічається у вантажних роботів, які працюють на рівній і гладкій поверхні. При використанні такого шасі на бездоріжжі управління рухом і отримання якісної одометрії з датчиків обертання колеса ускладнено.

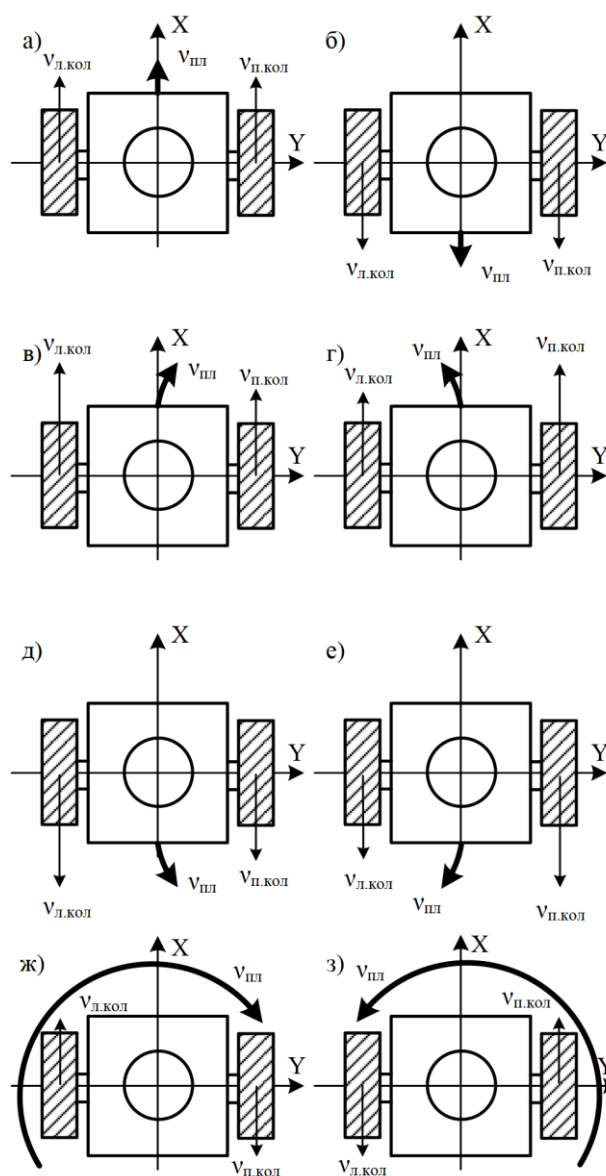


Рис. 2. Основні вектори руху тягових коліс та самої платформи за двоколісного диференціального приводу

Проаналізувавши найпоширеніші у робототехніці платформи для побудови роботів, для розробки мобільного графопобудовника було обрано двоколісний диференціальний привід рис. 2. Такий вибір здійснено оскільки привід потребує лише 3 колеса і 2 тягові двигуни що значно менше у порівнянні з розглянутими аналогами, з цього виходить, що масо-габаритні та вартісні показники створюваної платформи також будуть кращими у порівнянні з іншими платформами. Крім кращих економічних показників двоколісний привід легше програмувати, конструювати, а також оптимізувати для серійного виробництва.

Обравши привід для проектування робота-графопобудовника визначено основні вектори руху тягових коліс та самої платформи за рис. 2 ($v_{л.кол}$ – вектор руху лівого колеса; $v_{п.кол}$ – вектор руху правого колеса; $v_{пл}$ – вектор руху платформи):

- а) $v_{л.кол} = v_{п.кол}$, $v_{п.кол} > 0$, $v_{пл} > 0$ – рух вперед;
- б) $v_{л.кол} = v_{п.кол}$, $v_{п.кол} < 0$, $v_{пл} < 0$ – рух назад;
- в) $v_{л.кол} > v_{п.кол}$, $v_{п.кол} > 0$, $v_{пл} > 0$ – рух вперед та вправо;
- г) $v_{л.кол} < v_{п.кол}$, $v_{п.кол} > 0$, $v_{пл} > 0$ – рух вперед та вліво;
- д) $v_{л.кол} < v_{п.кол}$, $v_{п.кол} < 0$, $v_{пл} < 0$ – рух назад та вправо;
- е) $v_{л.кол} > v_{п.кол}$, $v_{п.кол} < 0$, $v_{пл} < 0$ – рух назад та вліво;
- ж) $v_{л.кол} > 0$, $v_{п.кол} < 0$, $|v_{л.кол}| = |v_{п.кол}|$, $v_{пл} = 0$ – обертання на місці за годинниковою стрілкою;
- з) $v_{л.кол} < 0$, $v_{п.кол} > 0$, $|v_{л.кол}| = |v_{п.кол}|$, $v_{пл} = 0$ – обертання на місці проти годинникової стрілки.

Після визначення приводу було синтезовано просту структурну схему робота-графопобудовника.

Інформація яку необхідно зобразити надходить з медичної системи через Wifi-інтерфейс до мікропроцесора.

Мікропроцесор оброблює інформацію надіслану з медичної системи, зберігає необхідні налаштування та базу даних креслення до постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП). Дані які оброблюються мікропроцесором у поточному часі зберігаються до оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП).

Мікропроцесор, ПЗП та ОЗП знаходяться у складі мікроконтролера, що дозволить спростити процес проектування.

До мікроконтролера підключається акселерометр, який дозволить визначити поточне положення пристрою у просторі та повідомить про можливе перевертання.

Датчики лінії встановлені поряд з системою переміщення пера запобігатимуть виходу креслення за встановлені межі аркуша, а також дозволять роботу повернутися до останньої лінії, якщо він був переміщений.

Переміщення робота-графопобудовника здійснюється двоколісним диференціальним приводом. Драйвери крокових двигунів забезпечують правильну взаємодію з мікроконтролером та оптимізують розподіл живлення від акумулятора.

Енкодери контролюють кількість оборотів крокових двигунів та дозволяють програмно компенсувати можливе проковзування ротора.

Сервопривід керується мікроконтролером та рухає систему переміщення пера.

Система переміщення пера утримує перо та забезпечує його гарне притискання до робочої поверхні робота.

Структурну схему робота-графопобудовника зображено на рис. 3.



Рис. 3. Структурна схема робота-графопобудовника

За структурною схемою можна створити загальний алгоритм роботи робота-графопобудовника.

При ввімкненні пристрою відбувається ініціалізація портів та перевірка завершення останньої сесії креслення. За наявності у пам'яті не завершеної сесії пропонується продовжити креслення.

Під час роботи пристрою відбувається постійна перевірка показників акселерометра. Дані перевіряються, щоб визначити чи знаходиться робот у нормальному положенні відносно робочої поверхні аркуша. Перевертання може виникнути через наявність на аркуші зайвих предметів чи нерівної поверхні під аркушем, за замовчуванням вважаємо, що поверхня під аркушем рівна.

При надходженні первинних даних через Wifi інтерфейс про кількість ліній, координати яких необхідно пройти, відбувається запис цих даних до ПЗП.

При початку нового креслення вважається, що робот знаходиться в верхньому лівому куті аркуша.

Завантажуючи координати першої лінії, робот

рухається до її початку і позиціонує перо. Правильно встановивши перо робот притискає його до робочої поверхні аркуша і починає рух за подальшими координатами лінії. Завершивши побудову першої лінії робот підіймає перо та починає пошук початкових координат наступної лінії. Після позиціонування на заданих координатах процес побудови другої лінії повторюється аналогічно першій. Всі інші лінії зображення чи тексту будуються аналогічно.

Продовження незавершеної сесії починається з перевірки координат на яких процес креслення зупинився. Після визначення координат робот прямує до них та позиціонує перо на точці з якої необхідно продовжити креслення. Побудова наступних ліній аналогічна програмі «Побудова креслення».

Після завершення побудови креслення робот залишається ввімкненим очікуючи наступних команд. Якщо час очікування спливає, а інших команд не надходить робот вимикається.

Створений алгоритм роботи робота-графопобудовника надано на рис. 4.

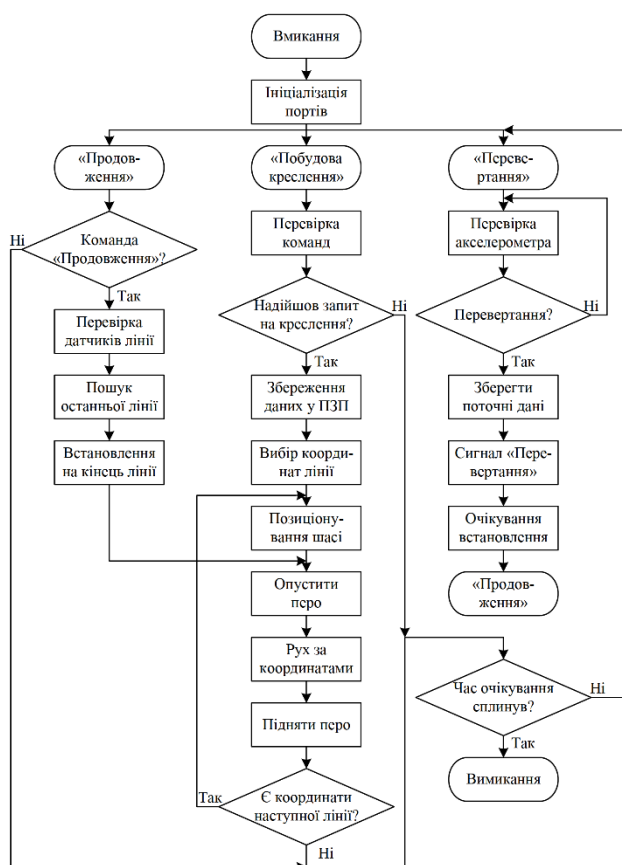


Рис. 4. Загальний алгоритм роботи робота-графопобудовника

Цей проект спирається на проведену раніше роботу з розробки методології виведення інформації з медичних систем застосовуючи прийоми креслення, що висвітлена у [2,3]. У подальшому планується синтез функціональної та принципової схем, підбір оптимальної, за техніко-

економічними показниками, елементної бази, створення 3D моделі конструкції для мінімізації габаритних розмірів робота.

Також буде розроблена програмна частина, яка дозволить в одному програмному пакеті оброблювати МРТ-зрізи, формувати 3D моделі досліджуваних утворень та виводити зрізи до креслення за допомогою робота-графопобудовника. Розробка програмної частини спирається на проведену роботу з удосконалення методу візуалізації пухлин головного мозку людини, що висвітлено у [4-6].

III. ВИСНОВКИ

В ході розробки робота-графопобудовника визначено, що оптимальним приводом для реалізації простої моделі такого пристрою є двоколісний диференціальний привід. Обраний привід відповідає вимогам компактності, економічності та дозволяє отримати якісну одометрію на рівній поверхні, на якій і має працювати креслярський робот.

Синтезовано просту структурну схему та алгоритм роботи робота-графопобудовника, що достатньо для подальшого продовження розробки апаратної частини та дозволить протестувати розроблювану програмну частину.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Вадурін К. О., Мешков М. Ю. Розробка методології застосування прийомів креслення у медичних системах. *Радіоелектроніка і молодь у XXI столітті* : матеріали XXV міжнар. молодіж. форуму, м. Харків, 20-22 квіт. 2021 р. Харків, 2021.
- [2] Вадурін К. О. Розробка методології виведення інформації з медичних систем застосовуючи прийоми креслення. *Авіація, промисловість, суспільство* : матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., м. Кременчук, 12 трав. 2021 р. Кременчук, 2021.
- [3] Вадурін К. О. Модель графопобудовника медичних зображень. *Електронний каталог виставки технічної творчості молоді*. Програмно-апаратні розробки, прилади і пристрої / Наук. бібл. ХНУРЕ. Харків, 2021.
- [4] Компанієць Б. Ю., Кухаренко Д. В., Вадурін К. О. Візуалізація пухлин головного мозку людини шляхом створення тривимірної полігональної моделі. *Виробництво & Мехатронні Системи 2019* : матеріали III Міжнар. конф., м. Харків, 24-25 жовтня 2019 р. X. : ХНУРЕ, 2019. С. 24-26.
- [5] Компанієць Б. Ю., Кухаренко Д. В., Вадурін К. О. Огляд методів та засобів планування оперативних втручань на гемангіому. *Виробництво & Мехатронні Системи 2019* : матеріали III Міжнар. конф., м. Харків, 24-25 жовтня 2019 р. X. : ХНУРЕ, 2019. С. 38-41.
- [6] Вадурін К. О., Кухаренко Д. В., Фомовський Ф. В., Фомовська О. В., Юрко О. О. Удосконалення методу візуалізації пухлин головного мозку людини. *World science: problems, prospects and innovations* : матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Торонто, 21-23 квіт. 2021 р. Торонто, 2021. С. 287-293.

Застосування методу парних порівнянь в експертизі РЕЗ

Олександр Волошин¹, Інна Сидоренко¹, Людмила Головкіна¹

1. Деканат АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14, email: oleksandr.voloshyn@nure.ua, inna.sydorenco@nure.ua, liudmyla.holovkina@nure.ua

Анотація: в даному матеріалі наведено концепцію застосування методу парних порівнянь в експертизі РЕЗ

Ключові слова: радіоелектронні засоби, експертиза, парні порівняння.

I. ВСТУП

Парне порівняння зазвичай представляє собою будь-який процес порівняння сутностей в парах, щоб визначити, яка з кожної суті краща, або має більшу кількість деякої кількісної властивості, або чи ці два об'єкта ідентичні. Метод попарних порівнянь використовується в науковому дослідженні переваг, відносин, систем голосування, соціального вибору, суспільного вибору, розробки вимог і багатоагентних систем тощо.

II. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ

Видатний психолог Л. Л. Терстон вперше представив науковий підхід до використання методу парних порівнянь для виміру в 1927 році, котрий він назвав законом порівняльного судження. Терстон пов'язав цей підхід з психофізичною теорією, розробленою Ернстом Генріхом Вебером і Густавом Фехнером. Терстон продемонстрував, що цей метод можливо використовувати для упорядкування елементів по такому виміру, як перевага або важливість, з використанням шкали інтервального типу.

III. ПРИНЦИП РОБОТИ МЕТОДУ

В методі парних порівнянь, направленому на побудову оціночної шкали, шукане шкальне значення («вага») якогось об'єкту знаходиться на базі тієї інформації, яку респондент повідомляє досліднику, попарно порівнюючи «ваги» всіх вивчаємих об'єктів. При цьому працює встановлений Терстоном при його психофізичних дослідках закон порівняльного судження: шукані шкальні значення яких-небудь двох об'єктів (їх суб'єктивні «ваги») тим далі відстоять один від одного, чим частіше респондент бачить перевагу одного об'єкта над іншим (відзначає, що один об'єкт «важче» іншого) при багаторазовому пред'явленні йому відповідної пари об'єктів.

Ідея методу складається в тому, що попарно порівнюються кожні два об'єкта і визначається першість одного з них, звідси назва — «попарне (або парне) порівняння». Вважається, що при рішенні проблеми набагато легше зробити якісне порівняння двох об'єктів,

спираючись на думку експертів, ніж встановити кількісні критерії.

Тому метод парних порівнянь – це метод отримання вихідних даних, метод своєрідного опитування респондентів. На базі отриманих даних можна вирішувати різні завдання, що зовсім не обов'язково включають в себе побудову оціночної шкали.

Експертиза (від лат. *expertus* – досвідчений, знавець) – розгляд, дослідження експертом-фахівцем якихось справ, питань, що потребують спеціальних знань. У найбільш загальному вигляді експертиза – це спосіб аналізу причинно-наслідкових зв'язків не тільки стосовно того, що вже відбулося, але й того, що очікується, має або може відбутися; це спосіб пізнання певної реальності у тих випадках, коли ця реальність не піддається прямому вимірюванню, обрахуванню і взагалі якому завгодно «об'єктивному дослідженню».

Радіоелектронні засоби (РЕЗ) – виріб і/або його складові частини, в основу функціонування яких покладені принципи радіотехніки і електроніки. Поняття «радіоелектроніка» пов'язане з тим, що, незважаючи на існування двох різних областей знань (радіотехніка і електроніка), їх реалізація в технічних засобах зазвичай відбувається спільно, нерозривно, утворюючи єдині комплексні принципи дії.

Під час проведення експертизи радіоелектронних засобів об'єкти дослідження можуть бути пошкоджені або мати параметри однакові за походженням, але різні за значенням і тільки експерт в цьому випадку зможе швидко оцінити якість такого виробу.

IV. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Проведення експертиз в Україні регламентується Законом «Про наукову і науково-технічну експертизу», положенням «Про організацію та проведення наукової та науково-технічної експертизи». Висновок експерта – це результат діяльності експерта з проведення експертизи, докладний опис проведених експертом досліджень та зроблені за їх результатами висновки, обґрунтовані відповіді на запитання, поставлені для проведення експертизи.

Експертне оцінювання – процедура отримання оцінки на основі думки фахівців (експертів) з метою подальшого прийняття рішення.

Методи експертних оцінок є частиною великої області теорії прийняття рішень. Існує дві групи експертних оцінок:

- індивідуальні оцінки засновані на використанні думок окремих експертів, незалежних один від одного;

- колективні оцінки засновані на використанні колективних думок експертів.

Відомі наступні методи експертних оцінок:

Метод асоціацій. Заснований на вивченні схожого по властивостям об'єкта з іншим об'єктом.

Метод парних (бінарних) порівнянь. Заснований на зіставленні експертом альтернативних варіантів, з яких треба вибрати найбільш переважні.

Метод векторів переваг. Експерт аналізує весь набір альтернативних варіантів і вибирає найбільш переважний.

Метод фокальних об'єктів. Заснований на перенесення ознак випадково відібраних аналогів на досліджуваній об'єкт.

Індивідуальне експертне опитування. Опитування в формі інтерв'ю або в вигляді аналізу експертних оцінок. Цей метод означає бесіду замовника з експертом, під час якої замовник ставить перед експертом питання, відповіді на які значимі для досягнення програмних цілей. Аналіз експертних оцінок передбачає індивідуальне заповнення експертом розробленого замовником формуляра, за результатами якого здійснюється всебічний аналіз проблемної ситуації і виявляється відновлений шлях її рішення. Свої міркування експерт виносить в вигляді окремого документа.

Метод середньої точки. Формулюється два альтернативних варіанти рішення, один з яких менш кращий. Після цього експерту необхідно підібрати третій альтернативний варіант, оцінка якого розташована між значеннями першого і другого альтернатив.

Метод Дельфи. Група експертів дає деякі висновки з використанням напівструктурованої анкети. Експерти не зустрічаються, що забезпечує незалежність їх думок.

Експертиза РЕЗ відноситься до одного з видів інженерно-технічної експертизи, різновиди котрої приведені нижче:

- а) пожежно-технічна експертиза;
- б) електротехнічна експертиза;
- в) будівельно-технічна експертиза;
- г) комп'ютерно-технічна експертиза;
- д) апаратно-комп'ютерна експертиза;
- е) програмно-комп'ютерна експертиза;
- ж) інформаційно-комп'ютерна експертиза;
- з) комп'ютерно-мережева експертиза;
- і) експертиза по техніці безпеки.

Апаратно-комп'ютерна експертиза до якої можна віднести експертизу РЕЗ має за об'єкти дослідження: електричні, електронні і механічні схеми, блоки, прилади і пристрої, які можуть складати матеріальну частину комп'ютерної системи.

Припустимо, що нас цікавить, як респонденти (експерти) оцінюють якісь об'єкти. Позначимо ці об'єкти через a_1, a_2, \dots, a_n (n – кількість варіантів об'єктів, в даному випадку їх чотири).

Кожному респонденту пропонуються всілякі пари, складені з розглянутих об'єктів. Він повинен щодо кожної пари сказати, який об'єкт з цієї пари йому подобається більше. Скажімо, в випадку розгляду однакових видів

об'єктів з різними параметрами ми запитуємо у кожного респондента, який з об'єктів йому більше подобається (фіксуємо відповідь) для всіх можливих пар розглянутих об'єктів і заповнюємо матрицю парних порівнянь для цього експерта:

Таблиця 1. Матриця парних порівнянь експерименту

Номери варіантів об'єктів	V1	V2	V3	V4
V1	-	1	0	1
V2	0	-	0	1
V3	1	1	-	0
V4	0	0	1	-

Елементи даної матриці визначають, що експерт при порівнянні варіантів V1 та V2 віддав перевагу першому варіанту, тому $z(1, 2)=1$, при порівнянні V1 з V3 – третьому $z(1, 3)=0$, при порівнянні V1 з V4 – першому $z(1, 4)=1$. Така матриця має свої властивості.

Основні переваги методу полягають в наступному:

- допускається вимір важливості показників, що нерівномірно змінюється;

- експерт в процесі аналізу приділяє увагу не всім виробам відразу, а тільки двом в кожен даний момент, що полегшує роботу, а отже, сприяє підвищенню її якості;

- можливо отримати велику кількість порівнянь кожного об'єкта з іншими, завдяки чому підвищується точність оцінки і відкривається можливість вивчати більше сторін об'єкта дослідження, ніж при використанні інших методів;

- можливо отримати не тільки середню оцінку показника, дану кожним експертом, але і дисперсію цієї оцінки.

III. ВИСНОВКИ

Метод парних порівнянь – найбільш простий з існуючих класифікаційних тестів, оскільки він передбачає зіставлення тільки двох «зразків продукту».

Метод парних порівнянь дозволяє провести суворий, статистично обґрунтований аналіз узгодженості думок експертів, виявити, випадково або не випадково отримані оцінки. Процедура методу парних порівнянь складніше методу простої ранжировки, але простіше методу послідовних порівнянь.

Даний метод дуже простий і він дозволяє досліджувати велику кількість об'єктів (порівняно, наприклад, з методом рангів) і з більшою точністю.

Основні недоліки методу полягають в необхідності виконувати величезну кількість парних порівнянь, якщо доводиться оцінювати великі групи об'єктів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Толстова Ю.Н. Измерение в социологии. М., 2007.- С.43-66.
- [2] Невлюдов, І. Ш., Демська, Н. П., Чала, О. О., & Демська, А. І. ГРУПОВЕ УПРАВЛІННЯ ГНУЧКИМИ ВИРОБНИЧИМИ СИСТЕМАМИ У ВИГОТОВЛЕННІ МЕМС ВИРОБІВ. ББК: У 290-21, 101.

- [3] V. Bortnikova, V. Yevsieiev, S. Maksymova, I. Nevliudov, O. Chala and K. Kolesnyk, "Mathematical Model of Equivalent Stress Value Dependence from Displacement of RF MEMS Membrane," 2019 IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2019, pp. 83-86, doi: 10.1109/MEMSTECH.2019.8817394.
- [4] Левченко Є. О. Machine-to-mobile (M2M) в автотранспортних мережах / Є. О. Левченко, О. О. Чала // Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XXXI Всеукраїнск. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 22–23 квітня 2021 р. – Одеса, 2021. – С. 162–163.
- [5] Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І. Ш., Чала О. О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернетконференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.2 С.: 604-608
- [6] Невлюдов, І.Ш. Основи наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник/ І.Ш. Невлюдов, Олександров Ю.М, Андрусевич І.Ш., Чала О.О.– КК НАУ м. Кривий ріг, 2017. – 344 с
- [7] V. Palagin, I. Razumov-Fryziuk, I. Botsman and V. Nevliudova, "Development of multi-probe connecting devices on flexible polyimide base for MEMS components testing," 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2018, pp. 232-235, doi: 10.1109/MEMSTECH.2018.8365740.
- [8] Nevliudov I. S. et al. MEMS Multiprobe Contact Devices for Electrical Testing of Printed Circuit Boards and BGA Components //Engineering Science, Taylor & Francis. – 2017. – Т. 9. – №. 3 (2). – С. 462-468.

Переваги та недоліки в роботі існуючих автоматизованих теплових пунктів

Леонід Іванов¹, Федір Кирпота¹

1. Деканат АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14, email: fedir.kyrpota@nure.ua, leonid.ivanov@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі приведені переваги та недоліки в роботі існуючих автоматизованих теплових пунктів, наведені плюси впровадження та використання автоматизованого робочого місця оператора в сучасних теплових пунктах.

Ключові слова: автоматизація, теплові пункти, АРМ, послуги населенню, затрати.

I. ВСТУП

Актуальність теми полягає в тому, що у більшості будівель України встановлено обладнання по подачі гарячої води ще радянських часів, яке з часом не оновлювалося на більш сучасне, автоматизоване обладнання.

Тепловий пункт (ТП) - один з головних елементів системи централізованого теплопостачання будівель, що виконує функції прийому теплоносія, перетворення (при необхідності) його параметрів, розподілу між споживачами теплової енергії та обліку її витрачання.

В Україні найпоширенішим тепловим пунктом є центральний тепловий пункт. ЦТП це тепловий пункт який обслуговує групу будинків, наприклад, мікрорайон, селище міського типу, промислове підприємство і т.і. Необхідність в ЦТП визначається індивідуально для кожного району на підставі технічних та економічних розрахунків, як правило, зводять один центральний тепловий пункт для групи об'єктів. Завдання, які

вирішуються центральними тепловими пунктами:

- Перетворення теплоносія, наприклад, перетворення пари в перегріту воду
- Зміна різних параметрів теплоносія, таких як тиск, температура і т. д.
- Управління витратою теплоносія
- Розподіл теплоносія по системам опалення і гарячого водопостачання
- Водопідготовка для ГВП
- Захист вторинних теплових мереж від підвищення параметрів теплоносія
- Забезпечення відключення опалення або гарячого водопостачання в разі потреби

Розглянемо основні елементи центрального теплопостачання. Система централізованого теплопостачання складається з джерела теплової енергії, трубопроводних теплових мереж і пунктів трансформації теплової енергії та її розподіл між споживачами (рис.1).

Такий центральний тепловий пункт є частково автоматизований, тобто в автоматизованому режимі контролювалося два параметри, це температура гарячої води та її тиск

Такий не автоматизований центральний тепловий пункт має низку недоліків:

- Неможливе віддалене керування тепловим пунктом.

- Більші шанси на нещасні випадки із-за більшої кількості людей на тепловому пункті.
- Значно більші економічні затрати із-за не контрольованої подачі води.
- Потрібно більше кваліфікованого персоналу для підтримки пункту, а це більші затрати.
- Неможливе автоматичне відключення в випадку аварії.
- Не автоматизований ТП може привести до перевантаження основних магістралей, збільшення температури зворотної повертаємої води і хронічного відставання в режимі роботи. В результаті цього теплові мережі в ході роботи можуть перевищити розрахункову витрату води як мінімум на 30%.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

На сьогоднішній день сучасним тепловим пунктом є сукупність теплотехнічного та насосного обладнання в поєднанні з електричними і гідравлічними засобами комплексної автоматизації, що забезпечують підтримку комфортних параметрів повітря в опалювальних приміщеннях будівель і температури води в системі ГВП, роботу інженерних систем у бездоглядності та без аварійному режимі, облік тепло споживання, енергозбереження і, як наслідок, охорону навколишнього середовища.

Також автоматизований тепловий пункт має не малу економічну ефективність. Автоматизація споруд теплових мереж і теплових пунктів, що відносяться до інженерного обладнання сучасних міст, дозволяє отримати: економію теплоти на опалення будівель за рахунок усунення перегріву приміщень в осінньо-весняний період опалювального сезону, коли за умовами забезпечення навантаження гарячого водопостачання температура мережної води в джерелі теплоти підтримується постійної і перевищує потрібну для систем опалення; економію теплоти на опалення будівель за рахунок зниження її відпустки в нічний час, святкові та неробочі дні (для громадських і промислових будівель); зниження втрат теплоти в системі гарячого водопостачання за рахунок зменшення температури води вночі; зниження витрат електроенергії на перекачку мережевого теплоносія за рахунок зменшення витрати мережної води в зв'язку з економією теплоти на опалення і гаряче водопостачання. Застосування сучасного обладнання та розробка ефективних алгоритмів управління дозволяє скоротити споживання теплової енергії об'єктом на 30% і більше. Витрати на експлуатацію та ремонт обладнання можуть бути знижені на 40-60%. Виявлення витоків тепла і своєчасне інформування служби експлуатації скорочує втрати тепла до 15%.

Автоматизація теплових пунктів зможе забезпечувати:

- Підтримку заданої температури води, що надходить в систему гарячого водопостачання;
- Регулювання подачі теплоти (теплового потоку) в системи опалення в залежності від зміни параметрів зовнішнього повітря з метою підтримки заданої температури повітря в приміщеннях;
- Підтримку необхідного перепаду тисків води в

подавальному і зворотному трубопроводах теплових мереж на ввіді в ЦТП або ІТП при перевищенні фактичного перепаду тисків над необхідним більш ніж на 200 кПа;

- Підтримку необхідного перепаду тисків води в подавальному і зворотному трубопроводах систем опалення
- Захист систем споживання теплоти від підвищення тиску або температури води в трубопроводах цих систем при можливості перевищення допустимих параметрів;
- Підтримку заданого тиску води в системі гарячого водопостачання;
- Блокування включення резервного насоса при відключенні робочого;
- Захист системи опалення від спорожнення.

Для виконання цих умов необхідно створення автоматизованого робочого місця оператора центрального теплового пункту тому що центральні теплові пункти знаходяться на певному віддаленні від об'єктів, які обслуговують. Відповідно, на перший план виходить віддалений аварійний контроль і збір інформації з усіх ділянок об'єкта за допомогою будь-яких доступних інтерфейсів і видачі протоколів.

Автоматизоване робоче місце зближує користувача з можливостями сучасної інформатики і обчислювальної техніки, створюючи умови для роботи без посередника - професійного програміста. При цьому забезпечується як автономна робота, так і можливість зв'язку з іншими користувачами в межах організаційних структур і з урахуванням особливостей цих структур.

Параметричний ряд автоматизованих робочих місць дозволяє створити єдину технічну, організаційну та методологічну базу комп'ютеризації управління. Спочатку інформаційна технологія локалізується в межах персонального або групового АРМ, а в подальшому, при об'єднанні автоматизованих робочих місць засобами комунікації між собою, створюються АРМ сектора, відділу, установи і формується колективна технологія. В результаті досягаються гнучкість всієї структури і можливість нарощування інформаційної потужності.

Диспетчеризація ЦТП дозволяє централізовано контролювати всі об'єкти без залучення до цієї роботи операторів (за винятком диспетчера на центральному пункті). Всі дані надходять на центральний термінал у вигляді мнемосхем, цифр, таблиць, графіків і архівуються в базу даних.

Програмне забезпечення диспетчерського пульта можливо розробити з використанням SCADA-системи MasterSCADA. Воно спеціально адаптовано під завдання ТП і дозволяє враховувати всі наявні особливості.

Плюси впровадження систем диспетчеризації:

- Підвищення енергоефективності об'єкта і якості обслуговування споживачів.
- Точний облік тепла та інших ресурсів (в тому числі експлуатаційного ресурсу обладнання).
- Зниження експлуатаційних витрат, невиробничих втрат і, в кінцевому рахунку, вартості комунальних послуг.
- Оптимізація режимів роботи.

- Покращення якості та точності управління.
- Віддалене управління і тестування працездатності обладнання (в тому числі облікового).
- Підвищення безпеки та експлуатаційної надійності теплових мереж.
- Оперативне реагування на будь-які відхилення технологічних параметрів від норми, сигналізація при виникненні позаштатних або аварійних ситуацій
- Таким чином, після проведення теоретичного обґрунтування, можливо зробити наступні висновки.

III. ВИСНОВКИ

За того що все обладнання вже не нове та воно не має змоги встановити на себе якісь елементи автоматизації, його треба замінити на більш сучасне та придатне до автоматизації. В іншому випадку так і залишаться високі затрати на обслуговування та на саму послугу опалення будівлі. Основною проблемою є не економічна витрата води. Розглянемо основні переваги автоматизованих теплових пунктів:

- Автоматичний і ручний режими управління тепловим пунктом;
- Комерційний облік теплової енергії і теплоносія з архівацією даних;
- Автоматичний контроль і регулювання величини витрат теплоносія в трубопроводі;
- Автоматична підтримка графіка температури води, що подається в систему опалення відповідно до температури зовнішнього повітря, часу доби і робочим календарем, а також обмеження температури води, що повертається в тепломережу;
- Автоматична підтримка заданої температури ГВП в межах санітарних норм;
- Автоматичне підняття напору теплоносія до необхідного значення в разі недостатнього напору на

вводі;

- Зменшення нещасних випадків на тепловому пункті.
- Економія із-за раціонального використання води.
- Автоматичне і ручне управління циркуляційними насосами і їх захист від сухого ходу;
- Автоматична підживлення систем опалення і вентиляції при незалежній схемі приєднання
- Індивідуальні алгоритми регулювання для будівель;
- Можливість дистанційного контролю і управління режимами роботи теплового пункту через модем;
- Сигналізація при виникненні нештатної ситуації.
- Зменшення кваліфікованих працівників.

Таким чином для нормалізації роботи сучасного теплового пункту необхідно введення сучасної системи автоматизованого управління та контролю за більшою кількістю параметрів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1]. Автоматизація теплових пунктів (Електронний ресурс) <https://hmps-business.ru/services/proektirovanie-inzheneryh-sistem/individualnye-teplovye-punkty.html>.
- [2]. Теплові пункти: визначення, застосування, переваги (Електронний ресурс) <https://anvitek.one/blog/detail/teplovye-punkty-opredelenie-primenenie-preimushchestva/>.
- [3]. Пирков В.В. Сучасні теплові пункти. Автоматика та регулювання. Монографія. – К.: 2008. 95 с.
- [4]. Класифікація автоматизованих робочих місць (Електронний ресурс) https://ozlib.com/803681/ekonomika/klassifikatsiya_avtomatizirovannyh_rabochih_mest.

Огляд і аналіз технологій 3D сканування. Фотограмметрія

Данило Коротєєв¹, Євгеній Разумов-Фризюк¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, e-mail: ievgenii.razumov-fryziuk@nure.ua

Анотація: У роботі виконано огляд існуючих методів 3D сканування та проведено аналіз їх переваг та недоліків. Розглянуто конкретні моделі 3D сканерів, що функціонують за даними технологіями.

Ключові слова: 3D, сканер, аналіз, метод, безконтактний, контактний, маркер, лазер, фотограмметрія.

I. ВСТУП

Однією зі складових 3D технологій є методика 3D сканування, яка дозволяє швидко і просто отримати цифрову модель необхідного виробу.

3D сканування об'єктів - це процес перетворення

фізичної форми реального об'єкта в цифровий вигляд. При цьому зберігається текстура і навіть колір вихідного зразка. Таким чином, 3D модель необхідного виробу можна отримати без зайвих зусиль. 3D сканування об'єктів допомагає підготувати необхідну модель до 3D друку і в ряді випадків може зіграти вирішальну роль в побудові цифрового виробу.

Ключовим приладом в процесі 3D-сканування є 3D сканер - пристрій, що зчитує фізичні параметри об'єктів і створює на їх основі 3D модель.

3D-сканування об'єктів може виявитися корисним при

проектуванні будь-яких складних елементів, 3D моделювання яких вручну надзвичайно трудомістке. Зокрема, 3D-сканування доцільно застосовувати при моделюванні різних пристосувань, комплектуючих, основних і запасних частин. Часто воно використовується в разі відсутності креслень та іншої документації на виріб, а також при необхідності конверсії в цифровий вигляд фігурних поверхонь, включаючи художні форми і зліпки.

Процес 3D сканування в цілому нагадує систему об'ємного зору людини. Процес отримання даних 3D сканером нагадує формування об'ємного зображення побаченого в мозку людини. Для цього 3D сканер порівнює два зображення, зміщених одна відносно одної. Необхідна точність побудови 3D моделі досягається за рахунок застосування додаткових технологічних прийомів, наприклад періодичного спалаху або підсвічування лазером.

Що стосується точності сканування, вона залежить як від конкретного пристрою, так і від характеристик вихідного виробу. Реально провести 3D сканування об'єктів від 1 см (з усіма деталями), максимальні габарити не обмежені. Для досягнення найкращої деталізації, по завершенню процесу 3D-сканування 3D модель піддається додатковій доробці фахівцем. Таким чином, завдяки 3D-скануванню об'єктів цифрові моделі виходять практично бездоганними. Похибка для 3D сканування об'єктів з площею поверхні від 100см² становить 1мм і може бути усунена при подальшій доробці. 3D сканування великих об'єктів може бути реалізовано пакетною обробкою фотографій об'єкта з усіх боків.[2].

II. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Для кращого розуміння технології не завадить перерахувати існуючі методи 3D сканування.

Всього їх два: контактний і безконтактний. Для першого необхідний безпосередній контакт 3D сканера з об'єктом. Безконтактний же метод розділяє периферійні пристрої на два типи:

- Активні 3D сканери, які випромінюють на об'єкт пучок спрямованих хвиль і фіксують їх відображення. До можливих типів випромінювання відносяться рентгенівські промені, ультразвук і світло;

- Пасивні 3D сканери, які фіксують відбите від об'єкта навколишній випромінювання, найчастіше світло.

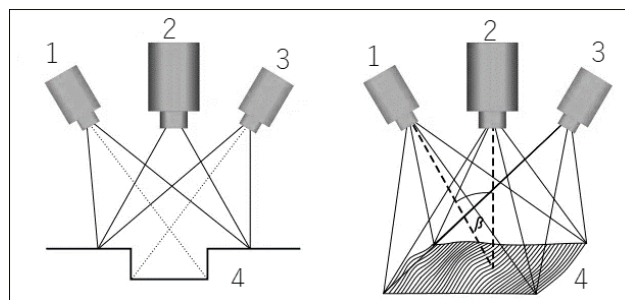
Всі методи 3D сканування мають свої переваги і недоліки, які накладають відбиток на вартість 3D сканерів, швидкість і точність сканування, а також спектр доступних до сканування об'єктів.

Принцип роботи 3D сканера наведений на рисунку 1.

Сфера застосування скануючого обладнання необмежена. Застосування адитивних технологій дозволяє скоротити витрати на виробництво, знизити кількість відходів, зменшити вагу деталей, зроблених традиційним шляхом. 3D сканування використовується в наступних напрямках:

- авіабудування;
- кораблебудування;
- виробництво промислового устаткування;
- автоіндустрія;

- військово-промисловий комплекс;
- музеєзнавство і культурологія (оцифровка виробів з метою збереження історичної спадщини);
- будівництво та проектування інженерних систем;
- медицина і протезування;
- легка промисловість.



1 – камера; 2 – проектор;
3 – камера; 4 – об'єкт сканування
Рис. 1. Принцип роботи 3D сканера

Сфера застосування скануючого обладнання необмежена. Застосування адитивних технологій дозволяє скоротити витрати на виробництво, знизити кількість відходів, зменшити вагу деталей, зроблених традиційним шляхом. 3D сканування використовується в наступних напрямках:

- авіабудування;
- кораблебудування;
- виробництво промислового устаткування;
- автоіндустрія;
- військово-промисловий комплекс;
- музеєзнавство і культурологія (оцифровка виробів з метою збереження історичної спадщини);
- будівництво та проектування інженерних систем;
- медицина і протезування;
- легка промисловість.

Виробники одягу і взуття вже оголосили про те, що в примірочних кабінках незабаром з'являться 3D сканери. Такий підхід дозволить покупцям замовляти кастомізовані наряди і оригінальну взуття, а виробникам - швидко і точно відтворити моделі без використання лекал і очної ставки з клієнтом. Очікується, що люди зможуть використовувати свої відскановані і оцифровані силуети для віртуальної примірки нарядів, без потреби в переодяганні [3].

Технологія структурованої підсвічування дає можливість сканувати тіло людини з урахуванням всіх його анатомічних особливостей для широкого спектра застосувань в медицині, включаючи відновлення особи, пластичну хірургію і багато інших областей.

3D-сканування обличчя людини - одна з багатьох сфер, де сканери стали незамінним інструментом лікарів.

Вигляд і процедура 3D сканування обличчя показана на рисунку 2.

У недавньому дослідженні ArtecEva був використаний для сканування особи з метою визначити ступінь зміщення його м'яких тканин в залежності від положення тіла - сидячи, стоячи і лежачи на спині.



Рис. 2. Застосування 3D-сканів особи в медицині

До появи технологій 3D-сканування, щоб отримати необхідні виміри людського обличчя, лікарі були змушені покладатися на традиційні методи цефалометрія. Ці способи вимагали більше часу і були ненадійні, оскільки, виконуючись вручну, тягли за собою суттєві неточності. Отримання високоточних вимірювань - ключ до успіху в медицині, особливо, коли мова йде про особу людини. Процес 3D-сканування особи займає мінімум часу, при цьому мінімальна і ймовірність похибки. [4].

III. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ СКАНУВАННЯ ФОТОГРАМЕТРІЇ

Фотограмметрія – це реконструкція поверхні 3D об'єкта за допомогою фотографій (по одному або декільком зображень).

В наші дні під фотограмметрією мається на увазі науково-технічна дисципліна, що займається визначенням форми, розмірів, положення та інших характеристик об'єктів по їх фотозображення. Метод отримання фотозображень може бути найрізноманітнішим. Від аерофотозйомки з допомогою дрона до наземної зйомки з використанням автомобіля або навіть ручна зйомка на планшет або телефон. На рисунку 3 показана як із серії фотографій збирається 3D-модель людини.



Рис. 3. Створення 3D-моделі особи людини з серії фотографій

Алгоритм 3D реконструкції по набору зображень включає в себе:

- визначаються ключові точки;
- встановлюється відповідність між ключовими точками на перекривних фрагментах послідовних пар зображень;
- оцінюється відповідність ключових точок.
- фільтруються помилкові точки;

- за 2D координатами ключових точок пар зображень вирішується система лінійних рівнянь і знаходяться параметри положення камер;

- визначаються 3D координати точок по відповідності кольору на перекриваються фрагментах послідовних пар зображень.

Інформація про кожну фотографії записується в спеціальний файл: висота, кут повороту камери, дані довготи і широти. Програма використовує технології машинного зору і фотограмметрії для знаходження спільних точок на багатьох фотографіях. В результаті кожного пікселя (ключовій точці) на фотографії знаходиться колірне відповідність на інших фотографіях (рис. 4).

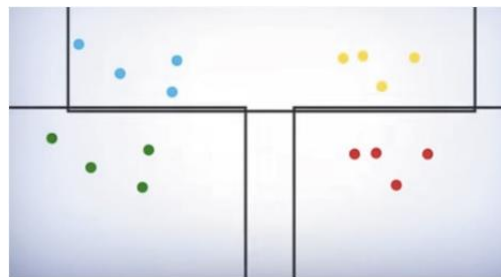


Рис. 4. Приклад пошуку ключових точок

Кожна відповідність стає ключовою крапкою. Якщо ключова точка знайдена на трьох фотографіях і більш, програма будувє цю точку в просторі. Чим більше таких точок, тим краще визначаються координати точки в просторі. Отже, чим більше перетинів між фотографіями, тим точніше буде модель. Перетин від 60 до 80% є оптимальним. [5].

Наприклад експеримент з об'єктами, для яких важлива деталізація. Для цих цілей вибрали PhotoScan і ContexCapture. Були відібрані кілька скульптур і зроблено 28 фотографій. В результаті роботи програмних комплексів були отримані результати, показані на рис.5.

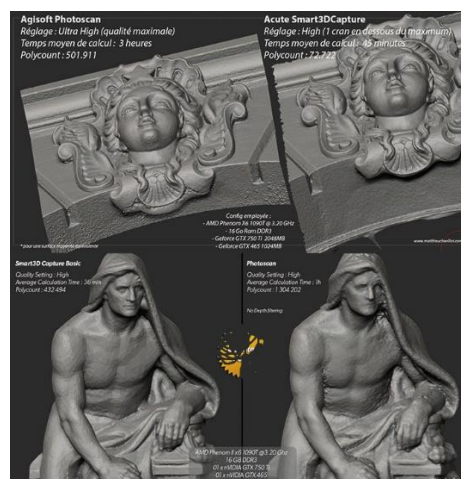


Рис. 5. PhotoScan (зліва) і ContexCapture

В фотограмметрії застосовуються алгоритми, метою яких є мінімізація суми квадратів безлічі помилок. Зазвичай для вирішення використовують алгоритм Левенберга - Марквардта (або метод зв'язок), заснований

на вирішенні нелінійних рівнянь методом найменших квадратів.

Алгоритм Левенберга - Марквардта - метод оптимізації, спрямований на вирішення завдань про найменших квадратах. Є альтернативою методу Ньютона. Може розглядатися як комбінація останнього з методом градієнтного спуску або як метод довірчих областей.

В процесі обробки фотографій створюється розширене хмара точок (сукупність всіх 3D точок), яке використовується для генерування поверхні, складеної з полігонів. На закінчення визначається, які пікселі на фотографії відповідають якому полігону. Для цього 3D модель розгортається в площину і потім просторове положення точки ставиться у відповідність оригінальної фотографії для завдання кольору. Як і у будь-якій інноваційній галузі, у тривимірній фотограмметрії є величезний потенціал для розвитку: будівництво, соціально-культурного сфера, комп'ютерні ігри.

В даний момент моніторинг процесу будівництва - дуже актуальна проблема. Уже кілька років 3D-модель об'єкта будівництва використовують для відображення прогресу будівництва. Наприклад, готова в строк частину об'єкта на моделі відображається зеленим, що знаходиться в процесі - жовтим, до будівництва якої ще не приступили - сірим (або прихована зовсім), а прострочена - червоним. Однак ці дані можуть бути необ'єктивні, тому що не показують безпосередньо будівельний майданчик, а визначити загальний прогрес по фотографіях, як правило, досить важко.

Фотограмметрія пропонує інноваційне рішення цієї проблеми. Використовується БЛА, який по заданій траєкторії облітає будівельний майданчик і виробляє аерофотозйомку об'єкта. Далі масив фотографій вивантажується в один з програмних комплексів і здійснюється складання актуальної моделі. Встановивши період обльоту, будь то тиждень або місяць, вдається відстежити об'єктивний прогрес будівництва, який можна використовувати для звітів начальству. За допомогою додаткового ПЗ можна навіть порівнювати ці дві моделі і підсвічувати різницю в них.

Соціально-культурного сфера - це інша область інноваційного застосування фотограмметрії. Зараз в музеях і виставкових центрах в усьому світі найбільш популярна технологія віртуального туру. Це набір сферичних панорам, з'єднаних між собою посиланнями для переходу. У неї точно є свої плюси - це дешево, швидко і просто. Однак і мінусів теж предостатньо: повільна робота, нерухомі точки огляду і візуальні недоліки. До того ж цим уже нікого не здивуєш.

За допомогою фотограмметрії можна створити інтерактивний тривимірний тур в віртуальній реальності. Фотореалістичність, універсальність, інтерактивність - відміну колосальне. Цифровою камерою робиться масив фотографій, наприклад, скульптури і кімнати, в якій вона знаходиться. Далі цей масив завантажується в програмні продукти, і після доопрацювання фахівцями на виході ми маємо тривимірну кімнату зі скульптурою, яку можна буквально обійти навколо і подивитися з усіх ракурсів.

Додаткові комерційні можливості цієї технології також

набагато ширше свого аналога: тур на сайті, мобільний додаток, виїзні експозиції, створення мінідемотура на вході.

Раніше фотограмметрія застосовувалася переважно в геології, топографії та археологічних розкопках. Розробники опублікували офіційний анонс і відеоролик з демонстрацією того, як вони використовують фотограмметрію для конструювання ігрового світу, створюючи цифрові 3D-моделі з зроблених вручну макетів (рис. 6).

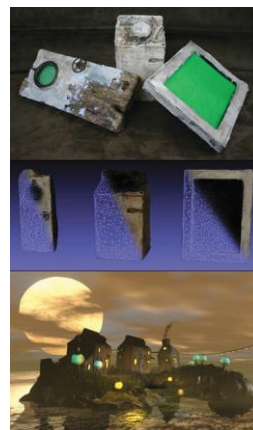


Рис. 6. 3D-моделі макетів для комп'ютерної гри Rustclad

IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, у роботі проведено ретельний аналіз предметної області, розглянуті існуючі методи 3D сканування і моделі 3D сканерів. На основі отриманих даних дослідження були зроблені висновки з приводу видів деяких 3D сканерів, їх користі, експлуатації, вартості, актуальності, а також технології фотограмметрії, як в теперішньому часі, так і в майбутньому.

Технологія має великі перспективи використання в проектах проектування, будівництва та експлуатації об'єктів, таких як дороги, офісні та промислові будівлі, пам'ятники архітектури.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Невлюдов, І.Ш. Основи наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник/ І.Ш. Невлюдов, Олександров Ю.М., Андрусевич І.Ш., Чала О.О. – КК НАУ м. Кривий ріг, 2017. – 344 с.
- [2] ЧТО ТАКОЕ 3D СКАНИРОВАНИЕ– Режим доступу: <https://goo.su/2nbI> – 20.09.2021
- [3] Из чего состоит 3d сканер.– Режим доступу: <https://squake.ru/tele2/iz-chego-sostoit-3d-skaner-tak-opticheskaya-sistema-skanirovaniya.html> – 20.09.2021
- [4] 3D сканирование: предназначение, методы и применение – Режим доступу: <https://make-3d.ru/articles/3d-skanirovanie-prednaznachenie-metody-i-primeneni/> – 20.09.2021.
- [5] Фотограмметрия (Photogrammetry) – Режим доступу: <https://api-2d3d-cad.com/photogrammetry/> – 28.09.2021
- [6] Трёхмерная фотограмметрия, или От фотографии к 3D-модели – Режим доступу: <https://sapr.ru/article/25136> – 28.09.2021.

Вибір приводу для багатофункціонального верстата з ЧПК

Дмитро Корхов¹, Євгеній Разумов-Фризюк¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14, e-mail: ievgenii.razumov-fryziuk@nure.ua

Анотація: У роботі виконано підбір надійного приводу для багатофункціонального верстата з ЧПК згідно з критерієм для злагодженої роботи, проведено аналіз існуючих видів приводів, описано недоліки та переваги кожного з них, наведено основні параметри приводів.

Ключові слова: привід, ЧПК, ремінь, зубчаста, ШВП, ланцюг.

I. ВСТУП

У сьогоденному житті усі майже усі види виробництва автоматизовані, а більшість з них роботизовано. З кожним днем все більше роботизовані системи заміщають людську працю.

Ще кілька років тому володіти верстатом з ЧПК у себе вдома було майже не можливо, через великі габарити та велику вартість обладнання. А на великих виробництвах були встановлені великі верстати, які мали змогу виконувати тільки одну операцію, тому для виробничого процесу використовувався ряд обладнання, у якому кожен станок виконував одну функцію, але на виході отримували готовий виріб. Однак таке виробництво має ряд недоліків, один з них це обмеженість різноманітності операцій виробництва.

На сьогоднішній час невеликий ЧПК верстат може дозволити майже кожна людина. Найпростіший приклад це 3D-принтер – пристрій, що використовує метод пошарового створення фізичного об'єкта за цифровою 3D-моделлю. За допомогою нього можна створювати будь-які речі, від брелків на ключі до складних конструкцій пристроїв. В якості матеріалу (в побутовому використанні) використовується пластик у вигляді каліброваної нитки.

Ще одним прикладом може бути лазерний гравер. Його можна рідше зустріти у домашньому використанні через його досить велику вартість та небезпечність роботи. З його допомогою можна виробляти сувенірну продукцію зі шкіри або дерева, а якщо лазер має досить велику потужність, то можна гравіювати металеві вироби.

Фрезерний верстат з ЧПК зустрічається ще значного рідше через свою високу ціну, складність роботи та обслуговування. Однак з його допомогою можна виготовляти майже будь-які вироби як з металів так і з пластмас та дерева. [2]

Наведені приклади побутових ЧПК виконують майже однакову функцію – перетворюють задум оператора – користувача у фізичний виріб або модель. Однак мають одну суттєву відмінність, у 3D-принтерах використовується адитивний метод створення моделі, тобто пошарове нанесення матеріалу, а у лазерних граверах та фрезерних станках – субтрактивний, знімання

шар за шаром зайвого матеріалу виробу.

II. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Оптимальним вирішенням проблеми обмеженості виробництва є створення універсальних ЧПК станків, які будуть мати в собі, наприклад, 3D-принтер, лазерний гравер невеликої потужності та малогабаритний фрезер. Такий прилад можна використовувати у домашніх умовах, тому що він не буде займати багато простору, та для роботи на ньому користувачу потрібно лише вибрати тип виконуючого механізму та закріпити його на рухомій частині.

Однак для злагодженої роботи потрібно обрати оптимальний вид приводу, який буде задовольняти наступним вимогам:

- велика швидкодія;
- жорсткість конструкції;
- точність позиціонування;
- невелика вага.

Метою роботи є вибір приводу для багатофункціонального станку з числовим програмним керуванням.

Для досягнення цієї мети перш за все необхідно вирішити наступні завдання: провести ретельний аналіз предметної області, зокрема проаналізувати існуючі варіанти приводів, дослідити їх недоліки та переваги; вибрати привід який буде задовольняти усім вимогам та описати його переваги серед інших та складності з встановленням.

Перелік систем приводів наведений на рисунка 1-4.

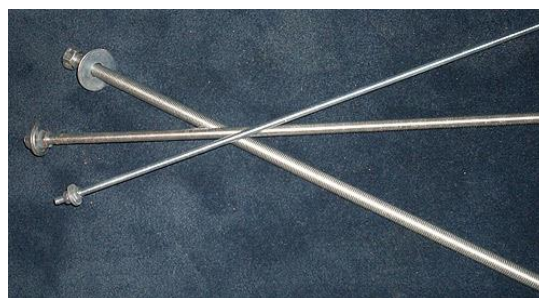


Рис. 1. Тип приводу шпилька-гайка [2]

Під приводом гвинт-гайка мається на увазі сталевий гвинт з трапецеїдалною або метричної різьбою і гайка. Даний вид приводу є передачею з тертям ковзанням і на практиці в свою чергу має кілька різновидів.

Будівельна шпилька і гайка.

Один з самих дешевих варіантів. Будівельна шпилька взагалі не призначена для використання в

верстатобудуванні, технологічний процес її виготовлення націлений на застосування в будівельній сфері, внаслідок чого даний вид передачі володіє найповнішим набором недоліків – високою похибкою, низькою прямолінійністю, малими навантажувальними характеристиками, малою зносостійкістю, високою тертям і т. д. Однак, все ж застосовується в DIY-верстатах, що виготовляються в навчальних цілях, внаслідок низької собівартості.



Рис. 2. Тип приводу трапецеїдальний гвинт – гайка [3]

Гвинт з трапецеїдальним різьбленням - найбільш розповсюджений вид передачі в металообробних верстатах в минулому столітті і по теперішній час. Трапецеїдальні гвинти виробляються з різних видів конструкційних вуглецевих сталей шляхом нарізки різьблення на сталевому прутку або її накатки. Накатні гвинти мають істотно кращі характеристики, ніж нарізні. Широке застосування трапецеїдальних гвинтів обумовлюється їх широкою номенклатурою, доступністю на ринку гвинтів різних класів точності, від С10 до С3. Гайка на гвинт виготовляється з зносостійких матеріалів, таких, як поліаміди (капролон, нейлон), тефлон, бронза. Правильно розраховані і виготовлені трапецеїдальні передачі відрізняються високою зносостійкістю, тому що тертя йде з малим тиском. На багатьох все ще працюючих верстатах радянського виробництва такі гвинтові пари стоять з моменту випуску верстата, і не змінювалися вже 30-40 років.

Також на таких ходових гвинтах можливе використання розрізних гайок, що дозволяє за допомогою стиснення гайки регулювати натяг і вибирати люфт, який з'являється з часом використання. З переваг варто відзначити простоту виготовлення гвинта, що автоматично означає наявність безлічі виробників, з дуже широким розкидом показників якості. Бюджетні серії гвинтів виготовляються зі сталі # 45 без гарту поверхні, що може призвести до порушення прямолінійності гвинта (інакше кажучи, гвинти малого діаметра м'які і часто гнуться в процесі транспортування). До недоліків і переваг одночасно відноситься високий показник тертя в передачі. З одного боку, це знижує ККД, потрібно використовувати більш потужний двигун для обертання гвинта, а з іншого – тертя відіграє роль демпфера обертального коливання гвинта, що може бути корисним у випадку використання крокових двигунів.

КГП, або кулько-гвинтові передачі зараз є стандартом при будівництві верстатів з ЧПК. Сталевий гвинт з біговими доріжками для кульок, підданий індукційному загартуванню та подальшому шліфуванню, і спеціальним чином підігнана гайка з кульками, які циркулюють в середині.



Рис. 3. Тип приводу КГП [3]

При обертанні гвинта кульки в середині гайки котяться по доріжках, передаючи зусилля на її корпус. Така передача відрізняється високою точністю, високими ККД і ресурсом. КГП частіше використовується у верстатах з ЧПК, так як її використання дозволяє використовувати двигуни меншої потужності.

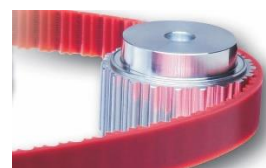


Рис. 4. Тип приводу зубчастий ремінь [4]

Ремінна передача використовується в тих випадках, коли маса рухомої частини невелика. Зубчастий ремінь розтягується вздовж осі і фіксується по кінцях спеціальними пластиками. Зубчастий шків одягається безпосередньо на вал двигуна, закріпленого на рухомій або не рухомій частині, щільний обхват шківа ремнем забезпечується натяжними роликми, які зазвичай виготовляються з відповідних за розміром радіальних шарикопідшипників. Головний мінус ремінної передачі - властивості ремня. Незважаючи на те, що всі приводні ремні армовані сталевим або скловолокнистим кордом, це не рятує його від розтягування, і чим довше ремінь, тим сильніше він буде розтягуватися. Чим сильніше тягнеться ремінь, тим менше точність і нижче частота власних коливань. І як наслідок передача може потрапляти в потужний резонанс при високих швидкостях переміщення.

Ремінна передача дає м'який рух, якщо немає резонансу, на відміну від КГП практично не боїться пилу і стружки, а також дозволяє регулювати натяг ремня для вибірки люфту, через що в першому наближенні найчастіше ремінні редуктори розглядаються як безлюфтові. Ремні використовуються там, де немає високих вимог по точності і мала маса та навантаження робочого інструменту.



Рис. 5. Тип приводу зубчата рейка [4]

Сталева зубчаста рейка використовується на великих верстатах плазмового та лазерного різання, портальних фрезерних верстатах широкого формату, де використання КПП неможливо через провисання гвинта, а також де потрібна висока швидкість переміщення. Передачі шестерня – рейка, також як і КПП, виготовляються з певним класом точності. Найбільшого поширення набули зубчасті передачі класів С5, С7 і С8. Зубчаста рейка, також як і ремінь, "не боїться" пилу і стружки, та позбавлена нестачі розтяжності. Однак, при установці шестерні безпосередньо на вал двигуна передача брязкає і вібрує, що в поєднанні з резонансом крокової двигуна може викликати великі вібрації. Щоб цього уникнути, між двигуном і рейкою можна встановити ремінний редуктор, що виконує демпфуючу функцію, або використовувати двигун з планетарним редуктором – тоді основну частину часу кроковий двигун буде працювати на високих швидкостях обертання, де резонанс практично не проявляється. Також можливим варіантом є застосування серводвигунів. Зубчаста рейка класів С5 і С7 за рідкісним винятком проводиться короткими відрізками довжиною близько 1000 мм, і для складання верстата вона стикується спеціальним чином.



Рис. 6. Тип приводу трос [3]

Тросовий привід це один з найстаріших типів приводу. Зазвичай він являє собою трос, що намотують на один барабан і змотують з іншого. Є так само варіант з використанням одного барабана, коли трос змотується з одного боку, одночасно намотуючи на іншу.

Використання такого приводу досить дешево, а також привід тросом забезпечує більшу швидкість переміщення. Однак у такого типу приводу дуже багато негативних властивостей, а саме: складна схема намотування і запасування. Якщо кінці троса закладені жорстко і він сам тримається на приводі тільки за рахунок сил тертя, то рано чи пізно він прослизне. Має низьку роздільну здатність, а на великій довжині може розтягуватися.



Рис. 7. Тип приводу ланцюг [4]

Вид приводу ланцюг на сьогоднішній час використовується досить не часто. Однак він має багато переваг, найсильніша сторона ланцюгового приводу це його здатність збиратися і розбиратися за допомогою звичайної вичавки ланцюга. Через це можна робити будь-яку довжину приводу та різноманітну конфігурацію. При цьому ланцюг витримує досить великі навантаження на

розтягнення, так як зроблений з загартованих сталевих пластин, і досить гнучкий, що дозволяє перегинати його як завгодно і використовувати натяжні ролики довільної конструкції. У використанні може бути будь-який ланцюг, починаючи з велосипедного і закінчуючи автомобільним багаторядовим ланцюгом приводу ГРМ. Ланцюг має великий ресурс і не боїться забруднень, в тому числі абразивних, так само його можна використовувати в разі, коли потрібно синхронізувати обертання валів або передати крутний момент з одного мотора на кілька ведених зірок.

Найвагомішим мінусом ланцюгового приводу є великі габарити приводних зірок, а також необхідність редуктору для привідної зірки, також одним із мінусів є необхідність використання змащуючої речовини при роботі ланцюга.

Різновиди застосовуваних у сучасних електронних засобах елементів живлення наведені в таблиці 1.

III. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ

На основі проведеного аналізу предметної області було обрано ланцюговий тип приводу.

Такий вибір було зроблено через те, що конструкція ЧПК верстату буде включати в себе три виконавчих пристрої які мають різну вагу, а звідси різну кінетичну енергію та інерцію.

При використанні ремінного приводу модуль 3D-принтеру та лазерний гравер будуть працювати відмінно на різних швидкостях, а при роботі з малогабаритним фрезером швидкість потрібно знизити до мінімуму, щоб уникнути розтягнення та підвищити точність позиціонування.

При використанні КПП модуль лазерного гравера та шпиндель фрезера будуть працювати відмінно при будь-якій швидкості; при роботі з модулем 3D – принтеру швидкість друку буде дуже невелика.

При використанні зубчастої рейки з шестернею досить сильно підвищиться вага рухомої частини, що стане наслідком багатьох проблем с інерцією та кінетичною енергією

Саме через ці критерії біло обрано ланцюговий тип приводу. Він має досить не велику вагу (у порівнянні з зубчастою рейкою), має велику точність позиціонування, та стійкість до розтягування.

IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, у роботі проведено ретельний аналіз предметної області, зокрема проаналізовано основні види приводів для ЧПК верстатів, перелічено недоліки та переваги, обрано тип приводу який задовольняє усім критеріям.

На основі отриманого результату дослідження у подальшому планується побудова 3D-моделі майбутнього ЧПК, розрахунок механічних параметрів, виготовлення макета, який буде містити в собі перелічені модулі та обраний тип приводу та тестування макету в різних режимах роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Невлюдов, І.Ш. Основи наукових досліджень [Текст]: навчальний посібник/ І.Ш. Невлюдов, Олександров Ю.М., Андрусевиц І.Ш., Чала О.О. – КК НАУ м. Кривий ріг, 2017. – 344 с.
- [2] ЧПУ привод, какой выбрать? . – Режим доступу <https://purelogic.ru/articles/chpu-privod-kakuyu-peredachu-vybrat/> – 01.10.2021. – Загол. з екрана.
- [3] Разновидности приводов для ЧПУ . – Режим доступу: <https://3d-diy.ru/wiki/cnc/raznovidnosti-peredach-dlya-chpu/>. – 01.10.2021. – Загол. з екрана.
- [4] Плюсы и минусы цепной передачи. – Режим доступу <https://www.cncmasterkit.ru/viewtopic.php?t=2982..> – 01.10.2021. – Загол. з екрана.

Аналіз та перспективи застосування технології екструдерів для гранул

Костянтин Скрипник¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14, e-mail: kostyanskripnik@gmail.com

Анотація: 3D-друк стає все більш популярною технологією. Будь-який матеріал для друку має унікальне поєднання практичних і естетичних якостей для того, щоб відповідати вимогам, що виникають для різних прототипів, макетів, мініатюрних виробів, декорацій, функціональних деталей. 3D-друк активно застосовується у серійному виробництві, завдяки чому існує велика кількість технологій виготовлення 3D моделей. Значну роль у виготовленні 3D-принтеру відіграють деталі з яких він буде збиратися, кожна з яких обирається відповідно до спланованої технології виготовлення 3D моделей.

Ключові слова: 3D-друк, екструдер для гранул, технологія друку, роздрукований виріб, переробка.

I. ВСТУП

3D FDM-принтери призначені для друку термопластмас, званих філаментами, які зазвичай поширюються у вигляді прутків, ниток, у рулонах або на катушках. Термопласти, за своїм хімічним складом можуть бути як відносно нешкідливими для здоров'я, так і токсичними. А в парах, що виділяються при друці, можуть міститися шкідливі хімічні елементи. Асортимент «чистих», «екологічних» пластиків досить широкий. Одним з найбільш популярних матеріалів є полілактид, або «PLA-пластик». Цей матеріал виготовляється з кукурудзи або цукрового очерету, що обумовлює його нетоксичність і екологічність, але робить його відносно недовговічним. ABS-пластик, навпаки, дуже довговічний і зносостійкий, хоча і сприйнятливий до прямого сонячного світла. Але при нагріванні здатний виділяти певну кількість шкідливих випарів.

Сьогодні ринок термопластів для 3D крім PLA і ABS представлений декількома десятками, якщо не сотнями, різноманітних філаментів я. Можна надрукувати деталь з нейлону, полікарбонату, поліетилену, карбону і багатьох інших видів і типів термопластів, які активно розробляються і широко рекламуються сучасними вітчизняними та світовими виробниками смол і прутків для 3D принтерів. Або використовувати похідні більш екзотичних матеріалів, наприклад, полівініловий спирт,

більш відомий як PVA, або віск, який використовується при виробництві «випалюваних» філаментів для, скажімо, ювелірної промисловості.

II. ТЕРМІНОЛОГІЯ

Екструдер для гранул - це деталь, яка об'єднує в одному пристрої плавитель для гранул і штовхальний механізм. Таким чином, вони замінюють вузол екструдера-плавителя у стандартному FDM 3D-принтері, тому можна замінити обидва елементи одним з цих пелетних екструдерів.

Новий екструдер (рис.1) використовує у якості сировини гранули замість нитки філаменту. Пелети - це маленькі кульки, у яких виробники продають пластик оптом. Фактично, філамент виготовляється з гранул, тому з екструдером для гранул можна зберегти час не втрачаючи його на проміжний етап процесу (та значно зменшити собівартість 3D друку).



Рис. 1. Екструдер для гранул

При заміні вузла "екструдер-плавитель" пелетний екструдер повинен включати у себе всі функціональні елементи: завантаження матеріалу, прошовування матеріалу до плавителя, нагрівач, термошоку для запобігання заклинювання, термістор, сопло та інші[1]. Після установки пелетного екструдера 3D-принтер буде працювати так само, як і раніше, тільки тепер потрібно подавати у нього гранули пластмаси замість катушки філаменту.

III. ПЕРЕВАГИ ЕКСТРУДЕРІВ ДЛЯ ГРАНУЛ

При використанні гранульованого екструдера, вартість однієї деталі значно знижується, що робить 3D-друк цілком прийнятним варіантом для довгих серій деталей або дуже великих деталей, які зазвичай не були б рентабельними. Є дві основні причини, які допоможуть заощадити витрати: зниження вартості матеріалу і скорочення часу друку.

Матеріал, який використовується для 3D-друку, будь то PLA, ABS або інший більш технічний матеріал, який дорожчає через промисловий процес, необхідний для перетворення гранул у використовуваний філамент. Можна пропустити цей етап й придбати гранули напряму, робочий матеріал буде коштувати набагато дешевше (рис.2).



Рис. 2. Ціна робочого матеріалу у вигляді гранул фірми Smart Materials

Як приклад, гранули PLA (первинні, що не перероблені) від Smart Materials обійдуться у 8,95 євро за кілограм. Smart Materials - це не та марка, яка відома своєю дешевизною, оскільки матеріал, який вони продають, дуже високої якості. Незважаючи на це, 1 кг PLA у вигляді гранул обійдеться дешевше, ніж 1 кг найдешевшого PLA-філаменту, який можна знайти. Гранули PLA, у форматі 1,75 мм, коштують нижче у 2,5 рази, аніж 1кг найдешевшого PLA-філаменту (рис.3), що дозволить заощадити 14,5 євро за кілограм придбаного матеріалу.



Рис. 3. Ціна найдешевшого PLA-філаменту фірми Smart Materials

Скорочення часу друку. Завдяки друку за допомогою матеріалів у вигляді гранул, на яких можна точно контролювати процес їх розплавлення, стає можливим друк за допомогою дуже великих сопел. У

широкоформатних принтерах і екструдерах для гранул має сенс друкувати 3D-моделі за допомогою сопла діаметром 1 мм, завдаючи близько 300 грамів матеріалу на годину в залежності від моделі (рис.4).



Рис. 4. Параметри друку при використанні екструдера для гранул

Як можна бачити, час друку значно скорочується, також зменшуються витрати на амортизацію принтера, електроенергію, кількість необхідних машин.

Маючи екструдер для гранул, можна друкувати моделі, використовуючи перероблений пластик (рис.5). Можна купити гранули з переробленого пластику або переробити їх самостійно за допомогою такого рішення, як подрібнювач пластика [2].



Рис. 5. Перероблений пластик

IV. ВИСНОВКИ

Адивні технології стають все більш популярними та мають велику перевагу перед традиційними технологіями виготовлення різних моделей, деталей та інших виробів. Але й адитивні технології можна покращити, зробивши їх використання ще дешевшим ніж зараз, вирішенням даного питання стає екструдер за допомогою якого можна проводити друк 3D-моделей з гранул термопластів замість прутка філамену, що робить виробництво 3D-моделей значно дешевшим та економічним, бо матеріал у гранулах коштує значно менше ніж готовий пруток філаменту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Андрощук, Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (I частина). Наука, технології, інновації 1 (2017): 68-77.
- [2] Лісова, Р. М. (2019). Застосування адитивних технологій у виробництві та їхній вплив на бізнес-процеси. Науково-виробничий журнал, 122.

Бездротова передача енергії

Денис Сокіркаєв¹

1. Деканат ІРТЗІ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14., email: denys.sokirkaiev@nure.ua

Анотація: передачі електроенергії на відстань без проводів.

Ключові слова: бездротова передача енергії, електромагнітна індукція, передавач, приймач, котушка.

I. ВСТУП

Розвиток людської цивілізації тісно взаємопов'язано з розвитком техніки. Не випадково сучасне суспільство називають техногенним. З найдавніших часів людина стала застосовувати енергію вітру, енергію падаючої води, пізніше були створені теплові двигуни, але найбільше прискорення науково-технічний прогрес отримав з початком використання електроенергії.

Головна перевага електроенергії в можливості порівняно просто передавати за допомогою проводів на великі відстані і перетворювати в інші види енергії.

Одним з найважливіших завдань, поряд з виробленням електроенергії, є забезпечення електроживлення мобільних пристроїв і транспортних засобів. На жаль, створені автономні джерела живлення, в тому числі акумулятори, не можуть забезпечити потреби у швидкій зарядці, а потім тривалості і енергоємності розрядці.

Вирішення цієї проблеми може бути в передачі електроенергії на відстань без проводів.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Бездротова передача енергії в якості альтернативи передачі і розподілу електричних ліній, вперше була запропонована і продемонстрована Ніколою Тесла. У 1899 році Тесла презентував бездротову передачу на живлення поля люмінесцентних ламп, розташованих в двадцяти п'яти милях від джерела живлення без використання проводів. Але в той час було дешевше зробити проводку з мідних проводів на 25 миль, а не

будувати спеціальні електрогенератори, які вимагали дослідів Тесли. Патент йому так і не видали, а винахід залишився у скарбниці науки.

Бездротова передача енергії (БПЕ) – це загальний термін для ряду різних технологій передачі енергії за допомогою електромагнітного поля. Технології розрізняються відстанню, на якому вони можуть ефективно передавати енергію, чи повинен передавач бути націлений (спрямований) на приймач, а також типом використовуваної електромагнітної енергії: змінюється в часі електричні поля, магнітні поля, радіохвилі, мікрохвилі, інфрачервоний або видимий світлові хвилі.

Як правило, бездротова система живлення складається з «передавального» пристрою, підключеного до джерела живлення, наприклад лінія електроживлення, яка перетворює потужність в змінне в часі електромагнітне поле, і одне або кілька «приймачів» пристроїв, які приймають потужність і перетворюють її назад в електричний струм постійного або змінного струму. У передавачі вхідна потужність перетворюється в коливальну електромагнітне поле якимось типом "антенного" пристрою". Слово "антена" тут використовується в широкому сенсі, оскільки це може бути котушка з дротом, яка генерує магнітне поле, металева пластина, яка створює електричне поле, антена яка випромінює радіохвилі, або лазер який генерує світло. Аналогічна антена або зв'язок пристрій на приймачі перетворює енергію коливання поля в електричний струм. Важливим параметром, що визначає тип хвиль, є частота, що визначає довжину хвилі.

Принцип дії системи БПЕ:

– Система складається з передавача і приймача, що генерують разом змінне магнітне поле непостійного струму.

– Це поле створює напругу в котушці приймача, наприклад, для зарядки акумулятора або живлення мобільного пристрою.

– При напрямку електричного струму через дріт навколо кабелю з'являється круговий магнітне поле.

– На мотку дроту, куди не надходить електричний струм безпосередньо, почне надходити електричний струм від першої котушки через магнітне поле, в тому числі другу котушку, забезпечуючи індуктивний зв'язок.

Переваги і недоліки БПЕ приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Переваги і недоліки БПЕ

Переваги	Недоліки
Вартість конструкції	Повільна зарядка
Зручність застосування	Ефективна дальність дії
Однчасна зарядка декількох приладів	Виникнення індукційних струмів

Технологія Qi – це глобальний міжнародний стандарт бездротової підзарядки різних пристроїв. Стандарт розробляється консорціумом бездротової електромагнітної енергії (Wireless Power Consortium, WPC).

В основі Qi лежить один із способів бездротової передачі електроенергії на відстань - спосіб індукційної передачі. Найчастіше його реалізацію можна зустріти у виробництві більшості електричних трансформаторів.

Суть цього способу полягає в наступному: змінний електричний струм, що проходить через первинну обмотку трансформатора, завдяки явищу електромагнітної індукції, створює змінне магнітне поле, що діє на вторинну обмотку.

Це поле індукуює у вторинній обмотці електричний струм. При цьому, чим ближче розташовані первинна і вторинна обмотки, тим вище ефективність передачі електричного струму. У міру віддалення однієї обмотки від іншої, все більша частина магнітного поля марнується, не передаючи енергію. Ця властивість і визначає основний недолік цього методу – невелика відстань його дії.

Інша технологія бездротової зарядки. Основний принцип дії WREL заснований на явищі резонансу приймач WREL (резонатор) не в змозі виробляти електричну енергію з магнітного поля за допомогою мідних витків.

Це можливо тільки в тому випадку, коли передавач (такий же резонатор з мідним рулоном) буде випромінювати магнітне поле на необхідній частоті. Розмір обмотки, і перетин дроту приймача визначається встановленими напругою і силою струму.

Додатковою перевагою його роботи є те, що датчик WREL випромінює тільки стільки енергії, скільки потрібно приймачу.

Варто відзначити, що технології бездротової передачі енергії можуть успішно застосовуватися не тільки в бездротовій зарядці інтелектуальних гаджетів, але і в промисловій галузі: заряд акумуляторів транспортних засобів, імплантаційних пристроїв в медицині, у військовій техніці, в якості джерела енергії для світлодіодного освітлення в приміщенні та інше.

III. ВИСНОВКИ

У 21 столітті, столітті, в якому ми живемо, спостерігається неймовірно швидкий прогрес у розвитку технологій.

Найбільш очевидна ознака розвитку технологій товариство спостерігало і спостерігає безпосередньо в сфері комп'ютерних, мобільних і IT технологій. Адже якісь 20 років тому навряд чи хтось міг подумати, що комп'ютери, смартфони та багато іншого так широко розповсюджуватися.

В результаті проведеної роботи ми вивчив велику кількість теорії, пов'язаної зі способами бездротової передачі енергії. Так само з'ясували, що пристрої, які здатні здійснювати бездротову передачу енергії, можна зібрати самостійно, але це досить трудомісткий процес, який вимагає певних знань і здібностей як у фізиці, так і в радіотехніці.

Підводячи підсумок моєї роботи, ми можемо сказати, що гіпотеза мого проекту: бездротову передачу енергії можна здійснити без складного обладнання, створивши для цього нескладний пристрій; при цьому воно буде мати не дуже великий ККД, і буде виконувати потрібну задачу.

Технологія бездротової передачі енергії насправді є революційною для нинішнього суспільства, тому що починає отримувати широке поширення вже сьогодні. Хоча перші масштабні дослідження були проведені Ніколою Тесла трохи більше ста років тому, ця технологія тільки зараз перейшла на ширші обрії. І можна з упевненістю сказати, що найближчим часом саме вона в процесі безпосереднього розвитку стане однією з основних в майбутньому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Іваненко В. П., Мусаєв А. Ф., Кузьмін В. В., Добряков А. Б., Азаєв Р. А., Зуєв М. А. Мікрохвильові печі і безпека їх експлуатації. Науковий журнал НДУ ІТМО, 2007. 444-446 с.
- [2] Ржонсіцький Б. Н. Видатний електротехнік Нікола Тесла (1856-1943). 1956. 192с.
- [3] Введення в Comsol Multiphysics 5.2. URL: <http://www.comsol.ru>
- [4] Технологія бездротової зарядки: принцип дії, стандарти, виробники. URL: <http://www.russianelectronics.ru>

Аналіз та розробка дизайн-макету гуманоїдного робота

Вероніка Руденко¹, Артем Бронніков¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14, e-mail: veronika.rudenko@nure.ua

Анотація. В даній статті проведений аналіз розробки конструкції гуманоїдного робота. Розроблений дизайн-макет гуманоїдного робота. Проаналізовані складність руху та різноманітність конструкцій гуманоїдного робота. Досліджено використання даного робота при лабораторних дослідженнях.

Ключові слова: Гуманоїдний робот, конструкція гуманоїдного робота, рух гуманоїдного робота, центр ваги, баланс гуманоїдного робота, кінематична модель, дизайн-макет гуманоїдного робота, робот.

I. ВСТУП

Гуманоїдний робот — це машина, виконана у вигляді людиноподібного тіла. Гуманоїдний дизайн робота зумовлений такою експериментальною метою, як вивчення прямоходіння. Загалом, гуманоїдні роботи мають тулуб, голову, дві руки і дві ноги.

Для розробки концептуальних моделей людської поведінки та її вдосконалення застосовують вивчення принципів навчання людини завдяки сенсорній інформації для набуття моторних навичок.

Гуманоїдні роботи використовуються як інструмент дослідження в кількох наукових царинах. Необхідно розуміти структуру людського тіла і його біомеханіку, для виготовлення, дослідження моделей і побудови гуманоїдних роботів.

За рух частин тіла гуманоїдного робота відповідають сервоприводи. Дані роботи використовують силу сервоприводів, здатних діяти як суглоби та м'язи в людському тілі, хоча і мають відмінну конструкцію. Для досягнення схожості рухів, гуманоїдні роботи використовують поворотні приводи.

Ідеальне планування людських рухів під час ходіння робота передбачає мінімальне споживання енергії, як це є в людському тілі. Для підтримки динамічної рівноваги під час ходіння, робот потребує інформації про силу контакту з поверхнею, а також інформацію про його поточне положення і бажане переміщення. Розв'язання цієї проблеми спирається на основу концепції точки нульового моменту руху.

Гуманоїдні роботи не мають деяких особливостей людського тіла, таких як структура зі змінною гнучкістю, що не дає роботу плавних рухів, як у людини. Чим більше в гуманоїдного робота ступенів свободи, тим ширше діапазон доступних до виконання завдань.

Гуманоїдні роботи відрізняються конструкціями та мають відмінності в центрі мас. Виникають проблеми балансування роботів з різною анатомією. Саме це доводить актуальність лабораторних досліджень гуманоїдних роботів.

II. СКЛАДНІСТЬ ПЕРЕСУВАННЯ ГУМАНОЇДНОГО РОБОТА

Більшість існуючих двоногих роботів керуються за допомогою програмного забезпечення, яке спирається на інформацію, отриману з датчиків, щоб точніше розуміти особливості поверхні.

Гуманоїдні роботи мають великі, плоскостопі кінцівки для збереження балансу під час пересування. Дані конструкції зазвичай обмежують тип пересування, якого можливо було б досягти.

Плоскостопий робот не може проходити по будь-якій поверхні землі як людина, так як не виконує багато коректувань по відношенню до поверхні. До того ж, плоскостопа конструкція не дозволяє легко редагувати баланс робота та швидко уникати перешкод, що можуть уникнути при лабораторних дослідженнях.

Крім того, для різноманітних задач пересування необхідно перепрограмувати гуманоїдного робота. Робот, запрограмований ходити плоскою поверхнею, буде налаштований інакше, ніж робот, що здатен проходити по східках або переступати перешкоди. Перемикання між даними задачами доволі складне і віднімає доволі багато часу.

Інженер робототехніки в університеті штату Мічиган в Анн-Арбор, Jessy Grizzle, хоче щоб гуманоїдні роботи були здатні перемикатись між швидкостями та рухатись набагато швидше, щоб роботи переступали перешкоди та ходили по нерівним поверхням без падінь [1].

Для досягнення цього інженер має дві ризикових, але перспективних мети. Перша радикально оновлює алгоритми управління зі зворотним зв'язком, що дозволяють роботам стояти, ходити та переступати перешкоди. Друга має під собою розробку математичних конструкцій для балансу робота, що можуть передаватися від одного робота до іншого.

III. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ГУМАНОЇДНИХ РОБОТІВ

Гуманоїдна робототехніка налічує багато різноманітних конструкцій двоногих роботів. Одним з прикладів двоногого робота є робот MABEL [2]. MABEL не ходить на плоских стопах, а пересувається за допомогою неактивованих точкових з'єднань. Приводи в даній конструкції робота слугують м'язами робота та перетворюють енергію в рух.

Стопи MABEL не мають приводів, а замість цього вони ходять на підпорках типу паль. Ноги робота не мають

додаткових точок опори, що можуть бути звернуті, для збереження балансу.

Гуманоїд залежить від алгоритмів управління нового покоління, які дозволяють не тільки ходити, а й працювати. Даний робот може легко переступати або просто обходити перешкоди.

При пересуванні MABEL, данні з датчиків в суглобах подаються назад в розроблений алгоритм управління, який вираховує в реальному часі, яким має бути наступний крок робота.



Рис. 1. Робот MABEL [2]

Одною з проблем створення гуманоїдних роботів є розробка математичних конструкцій для балансу робота, який може передаватися іншим роботам для досягнення аналогічних результатів на кількох платформах.

Конструкція складно піддається відмінностям в центрі мас, знайдених в роботах з різною анатомією. Наприклад, робот може мати низький центр маси, а інший—високий, що змушує контролер максимізувати баланс для багаторазово крокуючого робота.

На сьогоднішній день гуманоїдні роботи високого класу мають математичні моделі, залежні від багатьох анатомічно пов'язаних змінних для забезпечення балансу. Алгоритми управління вживають лише кілька змінних для створення спрощеної моделі центру мас робота. Це пояснює зникаючі рухи багатьох сучасних двоногих роботів.

Jessy Grizzle в своїх роботах демонструє різноманітні типи рухів. Алгоритми управління використовують всю складність математичної моделі робота. Aaron Ames, професор електроніки та обчислювальної техніки в Технологічному інституті Джорджії, підтримав Grizzle та шляхом інтеграції нових методів в основі алгоритму ходьби робота, створив гуманоїдного робота під назвою Durus [1].



Рис. 2. Робот Durus [3]

Ames був здатен розширити базовий метод Grizzle, щоб збільшити кількість фаз ходьби для робота. Розроблена програма дозволила оптимізувати алгоритм в хвилинах, замість годин та зменшився час на створення алгоритмів управління роботами.

Durus здатен ходити в десять разів ефективніше ніж попередні моделі гуманоїдних роботів.

Технології продовжують розвиватися та інженери робототехніки вважають майбутнє гуманоїдних роботів позитивним [4].

IV. РОЗРОБКА ДИЗАЙН-МАКЕТУ ТА КІНЕМАТИЧНОЇ СХЕМИ ГУМАНОЇДНОГО РОБОТА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Після проведеного аналізу були розроблені кінематична схема та дизайн-макет гуманоїдного робота для лабораторних досліджень (рис. 3).

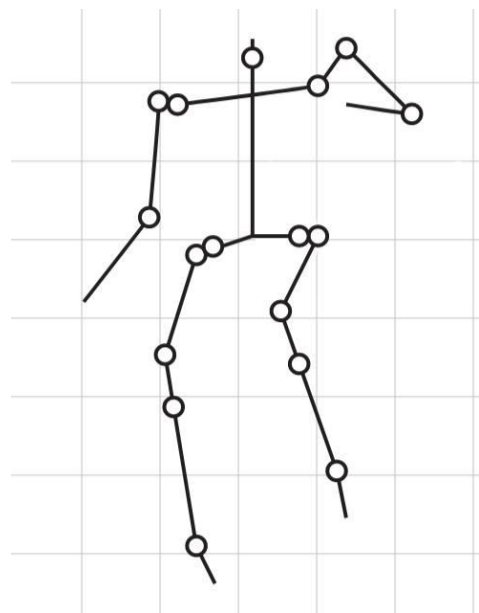


Рис. 3. Кінематична схема гуманоїдного робота

На рисунку 3 зображена кінематична схема гуманоїдного робота, що розроблюється. На схемі можна побачити, що робот має по чотири ступені свободи у нижніх кінцівках та по дві ступені свободи в верхніх.

В даній конструкції гуманоїдного робота використовується вісімнадцять сервоприводів, батарея на 5V, плата управління, пластиковий корпус робота та з'єднуючі елементи (рис. 4).

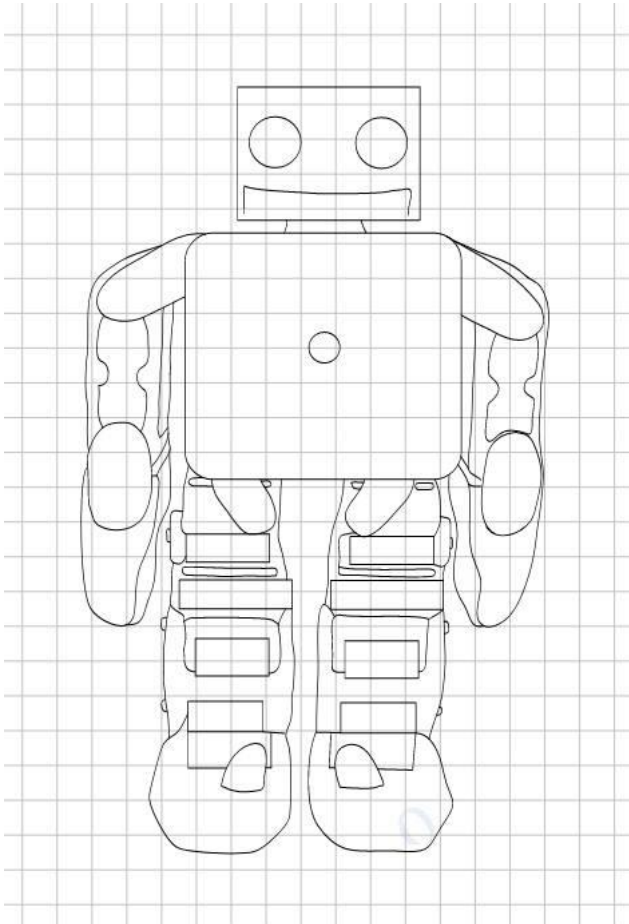


Рис. 4. Дизайн-макет гуманоїдного робота

Даний тип конструкції доцільно використовувати для досліджень переміщення гуманоїдного робота.

V. ВИСНОВКИ

Проаналізувавши конструкції гуманоїдних роботів, можна зробити висновки, що однією з найбільших

проблем їх створення є розробка математичних конструкцій для балансу робота.

Гуманоїдні роботи відрізняються анатомією та мають відмінності в центрі мас. Саме це стало поштовхом для розробки нових алгоритмів управління, які використовують всю складність математичної моделі гуманоїдного робота. Дані алгоритми максимізують баланс, збільшують кількість фаз ходьби та підвищують ефективність пересування гуманоїдного робота.

Після проведеного аналізу була розроблена кінематична схема гуманоїдного робота, що буде розроблятися, в якій зображені основні з'єднання та кількість ступенів свобод в кожній з кінцівок робота.

Розроблений дизайн-макет гуманоїдного робота повністю підходить для лабораторних досліджень. Достатньо велика кількість сервоприводів забезпечує робота великою кількістю ступенів свободи та робить його рухи менш смиканими.

В майбутніх дослідженнях планується оптимізація руху декількох гуманоїдних роботів з різними конструкціями та з відмінностями в центрі мас.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- [1] Robotics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://robotics.ua/news/service_robots/5015-future_humanoid_robot_rescuers (дата звернення: 28.09.2021).
- [2] Infuture [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://infuture.ru/article/4798> (дата звернення: 28.09.2021).
- [3] Prorobot [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.prorobot.ru/03/dvunogiy.php> (дата звернення: 28.09.2021).
- [4] Linda Onnasch, Eileen Roesler. (2021). A Taxonomy to Structure and Analyze Human–Robot Interaction. International Journal of Social Robotics. Volume 13. P.: 833-849. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00666-5>
- [5] Wikiwand [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.wikiwand.com/uk/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82-%D0%B3%D1%83%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%97%D0%B4> (дата звернення: 29.09.2021).

Major advances in robotics over the past 10 years

Vitalii Botuz¹, Irina Gruzdo¹

1. Faculty ACT, Kharkiv National University of Radio Electronics, UKRAINE,
Kharkiv, Nauky Ave. 14, e-mail: vitalii.botuz@nure.ua, irina.gruzdo@nure.ua

Abstract: This paper contains a brief description of the achievements of robotics in different categories with a specific example over the past 10 years. Their main advantages are noted and the conclusions are drawn.

Keywords: Artificial intelligence, robotics, technology progress.

I. INTRODUCTION

Over the past 10 years, robotics has become a shining example of the fact that science does not stand still. Smart robots, capable of solving a very wide range of tasks, thereby making human life easier, are used almost everywhere.

II. TRANSPORT ROBOTS

Today robots are applied in different industries for various purposes. One field with very low application rates is transportation. Most of the tasks for robots in transportation systems are very complicated and therefore “intelligent” robots are necessary. Such “intelligent” robots are equipped with external sensors giving the robot additional information about its surrounding.

Over the past 10 years, most often robots of this type have begun to be used to transport small loads over a certain distance without human intervention.

Small-sized transport robots such as SRX1 and SRX3 can successfully perform the above tasks. SRX1 can successfully transport a trailer with a load weighing up to 120 pounds, while SRX3 can move a load of up to 440 pounds, respectively. Both robots are equipped with electric engines that ensure noiseless operation without any exhaust smell, which allows for operation that is not disturbing to people around. Reserved energy stored in build-in accumulators can last for dozens of miles of cyclical operation.

A trailer for transportation of bulk goods has a side dropping mechanism to allow automatic unloading without an operator’s intervention. A trailer fitted with a water tank is suitable not only for water transportation but also for watering grass and other plants. This function is particularly useful in moderate climates with sufficient precipitation, where the building of fixed irrigation systems is not suitable. At the same time, there are times when watering is vital.

On such occasions, using an automatic self-moving watering system based on the SRX3 chassis is convenient. A water tank holding 52 gallons is sufficient for watering 10-22 square yards of lawn space. The robot can also be programmed to automatically refill its water tank for watering larger areas. The robot’s watering system is equipped with a pump, which allows the robot to reach distant parts of lawn from pathways without harming the grass.

The certain advantage of these wheeled robots is their ability to operate in a fully automatic mode — they are capable of moving along predetermined routes and performing specified

tasks without an operator’s involvement [1].

It is these transport robots that are a vivid example of how technology is gradually replacing a person more and more, simplifying many tasks. Most likely, in the future, such robots will take on the robot of a bus driver, taxi driver, truck driver and others like them. The main advantage of such systems is the accuracy of execution and autonomy, which will avoid many potential problems if there were people in their places.

III. MILITARY ROBOTS

Over the past years, highly developed countries such as the USA, Great Britain, China and many others have been investing more and more funds in the development of the military robotics industry. This is mainly done in order to partially replace humans with robots that can perform basic functions on a par with humans or even surpass them.

Military robots are autonomous robots or remote-controlled mobile robots designed for military applications, from transport to search & rescue and attack. A striking example of a military robot is the Dragon Runner being developed.

Dragon Runner is a military robot built for urban combat. At 20 pounds (9 kg) it is light enough to be carried and thrown. The original project was funded by the United States Marine Corps Warfighting Laboratory in conjunction with Carnegie Mellon University. It was designed at Carnegie Mellon University while the electronics and thermoplastic shell is developed and made by QinetiQ, Inc. Early development was conducted by the United States Naval Research Laboratory, including initial design, production and field testing.

The robot has four wheels, is 15 inches (38 cm) long, less than a foot wide, and 5 inches (13 cm) in height. The robot is very rugged, and can be thrown over fences, up or down stairwells, from a moving vehicle at 45 miles per hour (70 km/h), or even from a third-story window. It does not matter how it lands because neither side is the right side up. However, it was not designed to drive up or down stairs on its own. Instead, Dragon Runner was designed so that it could be carried up the stairway.

Dragon Runner is designed for areas that are too dangerous for or inaccessible by human soldiers, particularly urban terrain. Dragon Runner’s front-mounted, tilting camera provides a video feed that is relayed back to its master controller by a wireless modem. It provides soldiers with a view around corners and other obstructions that prevent them from seeing hidden enemies [2].

Modifications include flippers that enable it to climb stairs and treads that can all be snapped on quickly and easily in the field by a soldier with no tools. In January 2010, under a contract worth £12m with QinetiQ, around 100 Dragon Runners were ordered by the British army to improve the

ability of bomb disposal experts to find and deactivate improvised explosive devices on the front line in Afghanistan. The first in use were then already proving its worth against the threat of roadside bombs.

The impressive characteristics of this robot indicate that it is possible in the very near future that the waging of wars will enter a completely new stage with the maximum replacement of humans by robots. This is explained by the greater efficiency, efficiency and reliability of robots in front of people.

IV. MEDICAL ROBOTS

The rapid development of robotics and computer technology opens up new opportunities in many areas of human activity, including medicine. If you analyze the chronology of messages about new developments in robots, you will notice that in the period from 2005 to the present day.

There has been a spike in reports of medical robot projects in most of the world's leading countries. The future, in which robots work in hospitals and numerous engineers to support them, is becoming more and more real [3].

Advantages of robotic surgery: minimal soreness after surgery, reducing the risk of wound infection, reducing the need for blood transfusion, fast recovery and short postoperative period, minimal risk of complications associated with traditional surgery, improved cosmetic effect due to the absence of large postoperative scars, eliminate the risk of infection for the surgeon [3].

Robotic surgery is a minimally invasive surgery and can be performed through very small openings (laparoscopic access), leaving only small marks on the body that heal quickly. In this case, the robot is under the full control of the surgeon and assistants. The risk during surgery is reduced to zero, and the patient practically does not have postoperative scars. Robotic surgery is widely used around the world, as the use of this technology can allow many operations that were previously considered impossible [3].

One of the most advanced medical robots is the da Vinci surgical device. Serially produced by Intuitive Surgical. Used by several hundred clinics around the world. Consists of two blocks, the first for the surgeon-operator, and the second - a four-armed robotic arm - is the executive representative.

One of the "hands" of the robot holds a video camera that transmits an image of the operated area, the other two movements are reproduced by the surgeon in real time, and the fourth "hand" functions as a surgeon's assistant. The mass of the apparatus is half a ton. The surgeon sits down at the console, which uses special joysticks to control the instruments. For 2015, more than 3000 such devices were built. The cost of the da Vinci system is \$ 2 million. As of July 2014, clinics in the USA had 2,153 da Vinci systems. In 2012, the global number of operations performed using the da Vinci system was about 200 thousand, mainly hysterectomy and prostatectomy.

The first successful neurosurgical operation on the da Vinci surgical system was performed at the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogova in the fall of 2018. The doctors were able to successfully remove the hernia of the thoracic spine with compression of the spinal cord.

The main disadvantage of robotic surgery is the high cost of operations. It is due to the high cost of robots. Emmett Cole, a Texas-based robotic surgery specialist, says that to make the Da Vinci machine cost-effective, the clinic needs to perform 150-300 operations annually using the system over six years.

The most well-known disadvantages in the implementation of minimally invasive laparoscopic operations include: the lack of tactile feedback, limitation of the surgeon's movements by the technical capabilities of the working instrument, the absence of a three-dimensional image that interferes with coordination and reduces maneuverability.

V. NANOROBOTS

Nanorobots, or nanobots, are robots comparable in size to a molecule (less than 100 nm), possessing the functions of movement, processing and transmission of information, and executing programs. Since nanorobots are microscopic in size, it is likely that a lot of them will be required to work together in solving microscopic and macroscopic problems. Consideration is given to flocks of nanorobots that are incapable of replication (the so-called "utilitarian fog") and that are capable of independent replication in the environment ("gray mucus" and other options).

In connection with the development of the direction of scientific research of nanorobots, the issues of their specific design are now the most acute. One of the initiatives to solve this problem is the "Collaboration on the Development of Nanofactories" [6], founded by Robert Freitas and Ralph Merkle in 2000, whose activities are focused on the development of a practical research program, which is aimed at creating a controlled diamond mechanosynthetic nanofactory, which will be capable of producing medical nanorobots based on diamond compounds.

For this, technologies are being created for sensing, controlling the force bonds between molecules and navigation. Projects and prototypes of instruments for manipulations, the locomotor apparatus (molecular motors) and the "on-board computer" are being created. Molecular motors are nano-sized machines capable of spinning when energy is applied to them. The main feature of molecular motors is the repetitive unidirectional rotational movements that occur when energy is supplied. To supply energy, chemical, light, and electron tunneling methods are used. In addition to molecular motors, nanoelectric motors are also being created, similar in design to macroscopic analogs, motors are being designed, the operating principle of which is based on the use of quantum effects.

The first useful applications of nanomachines, if any, are planned in medical technology, where they can be used to detect and destroy cancer cells. They can also detect toxic chemicals in the environment and measure their concentration.

Additional areas of application: early diagnosis of cancer and targeted drug delivery to cancer cells, Biomedical Instrumentation, surgery, pharmacokinetics, monitoring of patients with diabetes, production by means of molecular assembly by nanorobots of a device from individual molecules according to his drawings, military use as a means of surveillance and espionage, as well as a weapon, space research and development [4].

As of 2016, nanorobots are in the research and development

stage of creation. Some scientists claim that some of the components of the nanorobots have already been created. A number of international scientific conferences are devoted to the development of components of nanodevices and directly to nanorobots.

In the summer of the same year, scientists from Drexel University managed to create nanorobots for the fastest delivery of drugs through the veins. With the help of an electromagnetic field, specialists were able to develop high speed in the smallest robots. The new development will make it easier to send drugs through the blood vessels of the body. Their findings and details of the invention were reflected in an article published in Scientific Reports. The electromagnetic field acts on the robots, causing them to rotate. 13 nanorobots connected in a chain are capable of speeds up to 17.85 micrometers per second. Scientists in the course of observations revealed a feature that was expressed in the ability to split into smaller chains when the maximum speed was reached.

VI. HOUSEHOLD ROBOTS

A household robot is a robot designed to help a person in everyday life. Varieties of household robots: robot vacuum cleaners, insect control robots, glass cleaning robots, lawn mowing robots, multifunctional outdoor robots, swimming pool cleaning robots, suitcase robots, smooth floor mopping robots, etc.

The most common type of such device is a robot vacuum cleaner. This robot is a vacuum cleaner designed for automatic cleaning of premises with minimal or no human involvement. A robot vacuum cleaner must be capable of independent movement and orientation in space, for which it is equipped with a battery, wheel propellers, navigation sensors and a control microcontroller.

To operate, the robot vacuum cleaner uses internal batteries (Ni-MH, Li-ion and LiFePo4) and needs regular recharging from a special module - "Base" (also often the robot has a socket for manual charging - but this option is usually not used). Most of the models are able to independently find the "Base" and connect to it at the end of the cleaning. Charging takes about 2-5 hours (depending on the type and capacity of the batteries). Most robotic vacuum cleaners use a random route, alternately choosing one of the algorithms: movement in a straight line, movement in a zigzag, movement in a spiral, movement along walls, rotation at an arbitrary angle. This algorithm does not guarantee that at the end of cleaning all rooms will be cleaned, and does not guarantee that there will be no uncleaned areas within one room. However, with daily long cleaning, the likelihood of remaining uncleaned areas tends to zero [5].

To protect against falling from stairs, on the bottom of the robot near the wheels, there are usually 4 or 6 proximity sensors (consisting of a source of infrared radiation and a meter of the reflected signal) directed downward and located next to the wheels of the robot. Due to the peculiarities of the operation of these sensors, robots perceive black surfaces (most often rubber mats) as an insurmountable obstacle (thinking that there is an abyss in front of them).

More expensive models of robots build a "room map" in

memory, and plan the optimal route using this map - this can significantly reduce the duration of cleaning.

Such a robot and others like him can greatly simplify a person's life by cleaning up the house for him, preparing food, acting as a lawn mower, etc. At the moment, household robots are not very common, this is due to their high price and so far a relatively small amount in production.

VII. CONCLUSION

Having analyzed the development of robotics in the main categories using examples, we can say with confidence that a kind of "breakthrough" has taken place over the past 10 years.

Although "smart technology" was used before, but only recently it began to be widely used in military, medical, transport, household and many other spheres of human life, simplifying his life. This suggests that the trend in the development of robotics will not disappear - on the contrary, it will only gain popularity.

Naturally, there are some drawbacks in practice. The main one is the high cost of such devices. Also, we must not forget about the many vulnerabilities of such robots, after all, after all, they are only machines, they are unable to think logically as a person and assess any situation just as well.

But nevertheless, the development of robotics over the past 10 years proves that very soon robots will literally "be in every home", and, which is also very likely, they can oust a person from many working specialties, doing the same thing better, faster, more economically and more efficiently.

REFERENCES

- [1] Transport Robots and Automated Guided Vehicle. Text: electronic//smprobotics [site]. URL: https://smprobotics.com/application_autonomus_mobile_robot/transport-robots/ (case date: 05.10.2021).
- [2] Saving Lives Abroad. Text: electronic// Dragon Runner - Carnegie Mellon University [site]. Retrieved 2015-10-18. URL: <https://www.cmu.edu/homepage/health/2010/spring/dragon-runner.shtml> (case date: 05.10.2021).
- [3] Constantine-Basil Prouskas, Amere Oakman Medical Robotics. Text: electronic//Technology & Clinical Applications: Report. [site]. Retrieved 2015-04-10. URL: https://web.archive.org/web/20160304030258/http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/ao2/report.html (case date: 05.10.2021).
- [4] Vaughn J. R.. "Over the Horizon: Potential Impact of Emerging Trends in Information and Communication Technology on Disability Policy and Practice". National Council on Disability, Washington DC, pp. 1-55, 2006. Text: electronic// [site]. URL: <https://ncd.gov/publications/2006/dec262006> (case date: 05.10.2021).
- [5] Пылесосы роботы Text: electronic. [site]. – URL: http://www.pylesos.com/robot_pylesos/ (case date: 05.10.2021).
- [6] Nanofactory Collaboration Text: electronic. [site]. Last modified on 8 May 2020 – URL: <http://www.molecularassembler.com/Nanofactory/> (case date: 05.10.2021).

Дослідження пристроїв для швидкої заміни інструменту маніпулятора промислового робота

Олександр Чуб¹, Оксана Сичова¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., e-mails: oleksandr.chub@nure.ua, oksana.sychova@nure.ua

Анотація: У роботі досліджено особливості будови пристроїв для швидкої заміни інструменту маніпулятора промислового робота, розроблено пропозиції щодо вибору та ефективності моделювання пристроїв.

Ключові слова: маніпулятор, промисловий робот, заміна інструмента, захватний пристрій.

I. ВСТУП

В даний час робототехніка є розвинутою галуззю промисловості: багато роботів працюють на різних підприємствах усього світу. Особлива увага приділяється автоматизації на важких, шкідливих, утомливих і монотонних роботах в різних галузях за допомогою роботів-маніпуляторів [1].

Маніпуляційний робот є перепрограмованим багатофункціональним маніпулятором, який призначений для виконання конкретних, заздалегідь змодельованих дій. Це може бути переміщення матеріалів, деталей, інструментів або спеціальних пристосувань для виконання різного роду робіт. Важливим елементом таких роботів є маніпулятор – пристрій, що призначений для здійснення рухових функцій, аналогічних функціям руки людини при виконанні дій у просторі.

За характером кріплення інструменту до маніпулятора промислового робота можна виділити чотири групи:

– незмінний інструмент – невід’ємна частина конструкції робота. Заміна таких інструментів не передбачена;

– змінні інструменти – самостійні вузли з базовим поверхнями для кріплення до робота, не розраховані на швидку заміну. Наприклад, встановлені на фланці за допомогою декількох гвинтів;

– швидкозмінні інструменти – змінні вузли з конструкцією базових поверхонь для кріплення до робота, що забезпечує швидку зміну, наприклад, байонетний замок;

– інструменти, придатні для автоматичної зміни – пристрої, конструкція базових поверхонь яких забезпечує можливість автоматичного закріплення на роботі.

Аналіз пристроїв існуючих промислових роботів показав, що змінні інструменти виконані у вигляді самостійних вузлів, мають базові поверхні для кріплення до робота, але не відповідають вимогам швидкої зміни. Швидкозмінні – це змінні інструменти, конструкція базових поверхонь яких забезпечує швидку зміну.

Галузі використання механічних маніпуляторів та різноманітних пристроїв для їх удосконалення постійно розширюються, що, в свою чергу, потребує постійного

росту швидкодії та легкості інтегрованості різних маніпуляторів, що обумовлює актуальність даної роботи.

II. АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ БУДОВИ КРІПЛЕНЬ ІНСТРУМЕНТУ ДО МАНІПУЛЯТОРА РОБОТА

Досить часто на виробництві одного типу інструменту на маніпуляторі недостатньо, щоб забезпечити необхідну широку номенклатуру предметів виробництва. Тому доводиться передбачати можливість заміни інструментів.

Заміна інструментів може здійснюватися вручну, автоматизовано і автоматично. Можливість заміни інструменту передбачається в більшості промислових роботах. Але у звичайних конструкціях заміна інструменту з його базуванням і закріпленням вручну, є трудомістким завданням, роз’єднання і з’єднання з додаванням великих зусиль призводять до зниження надійності з’єднань.

До теперішнього часу розроблено чимало конструкцій швидкозмінних інструментів, вузли кріплення яких дозволяють з’єднувати інструмент з маніпулятором промислового робота найпростішими рухами, і часто без застосування спеціального інструменту.

Вручну можуть виконуватися всі операції зняття старого інструменту, встановлення і закріплення нового або тільки деякі з них. В останньому випадку під час автоматизованої заміни інструменту процес з’єднання може виконуватися в режимі ручного управління з основного або виносного пульта. Такий спосіб заміни найбільш підходить для промислових роботів великої вантажопідйомності з важкими інструментами.

У промислових роботах, призначених для роботи в гнучких виробничих системах, заміна інструменту повинна здійснюватися автоматично. В процесі проектування промислових роботів з автоматичною заміною інструменту найбільші труднощі викликає конструювання досить простих і надійних вузлів стикування інструменту з маніпулятором промислового робота.

При проектуванні вузлів стикування в першу чергу повинні вирішуватися наступні питання:

- завдання баз для змінних інструментів;
- забезпечення встановлення на бази;
- надійне закріплення при базуванні.

Основні схеми базування представлені на рис. 1 [2].

Базовими поверхнями можуть бути такі поєднання: площина і поверхня двох штифтів, площина і поверхня плоского виступу, конус і поверхні поздовжнього

виступу, площини піраміди.

Оскільки зусилля, що діють на інструмент, відносно невеликі, можна використовувати базування за малими ділянками поверхонь або за лініями. Важливою є вимога, щоб встановлення на бази здійснювалося простим рухом (бажано, прямолінійним) і для утримання змінної частини в стані базування було достатньо сили, яка додається в тому ж напрямку. Всі описані схеми задовольняють цій вимозі.

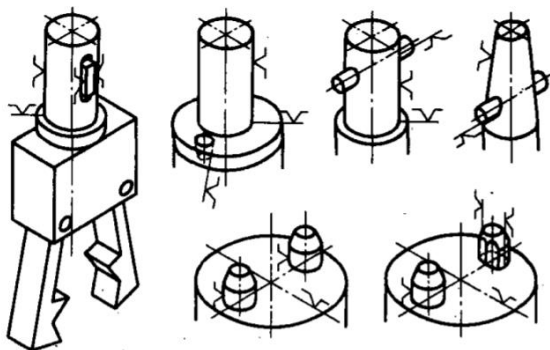


Рис. 1. Схеми базування інструментів для вузлів стикування

Завдання забезпечення правильної установки на бази в процесі програмного зближення руки з інструментом в процесі з'єднання можна розглядати як окремий випадок завдання автоматичного складання. З'єднання має відбутися за наявності неузгодженостей в положенні і взаємної орієнтації хвостовика інструменту і відповідної частини на маніпуляторі. Також необхідно виключити заклинювання частин, що з'єднуються. Для цього потрібно обґрунтовано вибирати зазори в парах вал-тулка, що з'єднуються, повинні бути передбачені спеціальні фаски поверхонь, за якими відбувається ковзання, забезпечена досить мала шорсткість поверхонь.

З'єднання інструменту з маніпулятором має легко розбиратися, роз'єднуватися, тому деякі традиційні види з'єднань, які використовуються у верстатах, виявляються неприйнятними. Наприклад, посадка на конус Морзе реалізує заклинювання і забезпечує точне і надійне фіксування, але роз'єднання вимагає великих зусиль (одним з ефективних є спосіб роз'єднання ударом, але для його реалізації потрібно значне ускладнення конструкції).

Самостійною і найбільш складною є задача закріплення (утримання, фіксування) при базуванні інструменту, з'єданого з маніпулятором промислового робота. Пристрій, що створює силу, яка утримує при базуванні інструменту за функціональним призначенням, це вузькоспеціалізований пристрій, призначений для утримання тільки одного предмета – хвостовика інструменту.

Як і для інструменту, що утримується, зусилля може створюватися різними засобами і на основі різних фізичних принципів: за допомогою пружних елементів, самостійними активними приводами (пневматичними, гідравлічними або електричними двигунами), магнітами або електромагнітами, вакуумними камерами, а також їх різними поєднаннями.

При використанні пружних елементів (пружин)

зусилля створюється за рахунок їх підтискання або розтягування під час роботи приводів промислового робота, коли хвостовик інструменту, що знаходиться в гнізді, взаємодіє з відповідною частиною, яка переміщається приводами (рис. 2).

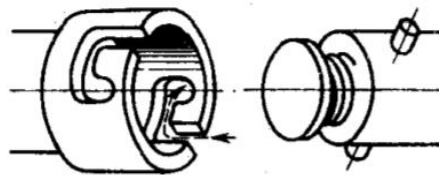


Рис. 2. Пристрій закріплення при базуванні інструменту

Фіксування хвостовика інструменту відбувається в фігурному пазу, вирізаному в корпусі. Рух виступу на хвостовику змінного інструменту зображено штриховою лінією зі стрілками. На першому етапі руху притискається пружина, вона здійснює фіксування в кінцевому положенні. Закріплення і звільнення здійснюються за відносно невеликих зусиль (моментах), які розвиваються двигунами основних приводів робота. Регулювання зусиль може здійснюватися попереднім притисканням пружин.

Характерним для використання пружин в якості джерела зусиль є необхідність виконання складних, багаторічних рухів. В даному випадку необхідно подвійний рух: спочатку висування руки вперед до упору, а потім обертання навколо поздовжньої осі руки.

З'єднання за допомогою описаного пристрою виявляється досить надійним, якщо на всіх етапах використання інструменту поздовжня складова сили інерції, що діє на нього, менше сили підтискання пружини в положенні фіксування інструменту. Це характерно для промислових роботів з відносно малопотужними двигунами (в першу чергу для роботів з електроприводом) і плавним гальмуванням. При роботі промислового робота з пневмоприводом, у якого позиціонування здійснюється за упорів, при ударах, виникають великі перевантаження і можливе самовільне звільнення інструменту.

Для швидкої заміни інструменту в якості фіксуючих елементів часто застосовуються різні засувки. Клинові засувки при дії поздовжніх сил забезпечують притискання хвостовика інструменту до відповідної частини, оскільки напрям переміщення засувки вибирається завжди перпендикулярним до основного відносного переміщення деталей, що з'єднуються.

Джерелами поздовжніх переміщень засувки і необхідних зусиль притискання можуть бути пружини або спеціальні керовані силові елементи (малопотужні пневмоциліндри, мембранні приводи, електромагніти).

Силові елементи можуть бути розташовані на маніпуляторі робота, на змінному інструменті, на магазині або на пристрої, в якому відбувається заміна інструменту.

Можливі конструкції, в яких засувка спрацьовує від переміщення або від повороту маніпулятора робота. Найбільш зручними в експлуатації є пристрої, в яких засувка переключється в одне, або в інше положення при послідовних натисканні маніпулятора на інструмент.

Є також конструкції змінних інструментів, утримування яких здійснюється за допомогою електромагніту або вакуумної камери. Утримуюча здатність таких вузлів обмежена, але може бути цілком достатньою, особливо якщо взяти заходів для полегшення інструменту і збільшення стикувальної поверхні.

В даний час найбільшого поширення набули змінні інструменти з самостійними приводами (найчастіше – пневматичними). Найчастіше основа змінного інструменту підтягується до руки і притискається до базової площини поздовжньою силою, яка створюється двигуном. Притиски, через які передається сила, можуть бути розташовані як зовні, так і всередині. Підтягування і притискання до базової площини можуть здійснюватися за допомогою гвинта, що обертається поворотним двигуном, або від пневмоциліндра через спеціальну передачу.

III. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ МІСЦЬ КРІПЛЕННЯ ЗМІННИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Конструктивно місця кріплення змінних інструментів виконуються як фланцеве кріплення, для чого на роботі виконується фланець з центральним центруючим отвором і різьбовими отворами навколо нього. Така конструкція проста і універсальна. Вона дозволяє поміщати частину елементів інструменту всередині маніпулятора робота, здійснювати зв'язок інструменту, який не має вбудованого приводу, з приводом, що знаходиться в маніпуляторі. Передбачено два виконання фланців – круглої і квадратної форми, причому координати різьбових отворів в обох випадках залишаються постійними і обидва виконання взаємозамінні (рис. 3).

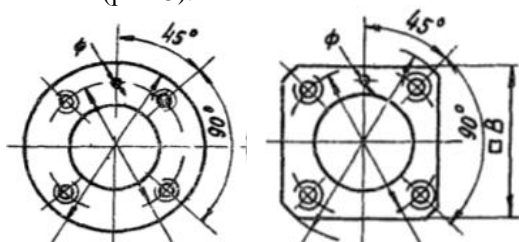


Рис. 3. Фланцеві з'єднання захватних пристроїв

На круглих фланцях великих розмірів виконуються чотири додаткових кріпильних отвори. Ряд розмірів фланців по внутрішньому діаметру прийнятий з конструктивних міркувань і містить вісім значень від 10 до 200 мм.

Швидка заміна інструментів виконується за допомогою конструкції байонетного кріплення. Залежно від вимог воно може використовуватися як для швидкої ручної заміни інструменту, так і для автоматичної.

Конструкція місць кріплення для швидкозмінних інструментів представлена на рис. 4, основні розміри наведені в табл. 1.

Вузол кріплення включає гнізда 1, хвостовик 2 і пристрій для кутової фіксації 3. Для заміни інструменту потрібно повернути його щодо гнізда на 90° і вийняти з гнізда.

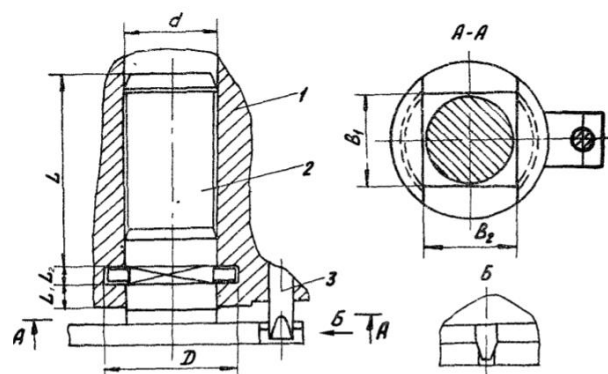


Рис. 4. Конструкція місць кріплення змінних інструментів на маніпуляторі робота

Таблиця 1. Розміри конструкцій місць кріплення для швидкозмінних інструментів

d	D	L	L ₁	L ₂	B ₁	B ₂
20	32	40	7	6	20	21
30	44	60	9	8	30	31
40	56	85	9	8	50	51
50	68	100	9	8	50	51
60	80	120	11	10	60	31

IV. ВИСНОВКИ

Таким чином, при проектуванні вузлів стикування інструменту до маніпулятора необхідно визначити бази, забезпечити встановлення інструменту на бази. Важливе значення при цьому має надійне закріплення інструменту при базуванні. При цьому базовими поверхнями можуть бути такі поєднання: площина і поверхня двох штифтів, площина і поверхня плоского виступу, конус і поверхні поздовжнього виступу, площини піраміди.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Дорф Р., Сучасні системи управління / Р. Дорф, Р. Бішоп – М.: Лабораторія базових знань, 2002. - 832 с.
- [2] Захватные устройства промышленных роботов. Учебное пособие / К.А. Украженко, Ю.В. Янчевский, А.А. Кулебякин, А.Ю. Торопов. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2007. – 83 с.
- [3] S. Novoselov and O. Sychova, "Using Wireless Technology for Managing Distributed Industrial Automation Objects within the Concept of Industry 4.0," 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2019, pp. 580-584, DOI: 10.1109/PICST47496.2019.9061333.
- [4] Невлюдов І.Ш. Технологія програмування промислових контролерів в інтегрованому середовищі CODESYS: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 285 с.
- [5] Розробка автоматизованої системи управління мобільним роботом: тез. докл. науч. – практ. конф. (чер. 2019) / отв. ред. Д. М. Шпігальний. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 4 с.

Metoda porównywania uzyskanej informacji, przykład logiki asocjacyjnej

Владислав Євсєєв¹, Jakiw Radczenko²

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: vladyslav.yevsieiv@nure.ua

2. Student 2-stopnia, wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki, Politechnika Wroclawska, POLSKA, Wrocław, Stanisława Wyspiańskiego 27, email: 263371@student.pwr.edu.pl

Streszczenie: W dzisiejszych czasach przykład „logiki asocjacyjnej” daje ogromny impuls do rozwoju sztucznej inteligencji.

Ten przykład upraszcza zasadę działania ciężkich urządzeń zrobotyzowanych w przedsiębiorstwie w trybie offline i tworzy zasadę działania, która wykorzysta każdą kroplę informacji napływającą do systemu i podejmie właściwy krok w rozwiązywaniu problemów, które mogą się pojawić.

Badanie dotyczy branży tworzenia jednostek naneoelkronicznych przeznaczonych do wdrożenia urządzenia procesora neuronowego, będącego platformą sprzętową sieci neuronowych i złożonej architektury biomorficznej, np. symulującej pracę kolumny korowej mózgu.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, logika asocjacyjna, tryb autonomiczny, informacja, przemysł.

I. WPROWADZANIE

We współczesnym świecie istnieje aktywne wprowadzanie robotów w życie z ludźmi. Robotyka - dziedzina technologiczna tworząca roboty do różnych zastosowań, takich jak: produkcja samochodów, budownictwo, przemysł i nie tylko. Jednak najnowsze osiągnięcia naukowe w dziedzinach takich jak: sztuczna inteligencja i kognitywistyka stworzyły autonomiczne roboty o wszechstronnym potencjale do rozwiązywania problemów ekonomicznych i społecznych. [1].

Potencjalnym zadaniem wykorzystania pozyskanych informacji jest konieczność opracowania takiego systemu filtrowania informacji a ich wykorzystania, aby przy względnie dowolnych zadaniach, które będą przeszkadzały w pracy, mógł je analizować i porównywać w przyszłości. Jednym z przykładów jest porównanie uzyskanych komponentów zewnętrznych otaczających robota z informacjami, które są już obecne w systemie robota [2]. Do rozwiązania tego problemu zostanie zastosowana zasada „logiki asocjacyjnej”.

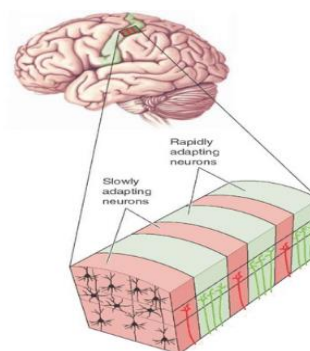
II. ANALIZA PRACY MYŚLENIA

Biomorficzna metoda przetwarzania informacji jest, coraz częściej stosowana w nowoczesnych technologiach informatycznych. To podejście informacyjne jest obecnie wykorzystywane do rozwiązywania szerokiego zakresu praktycznych problemów, w sztucznych sieciach neuronowych, za pomocą systemu uczenia maszynowego, złożonego z ogromnej liczby prostych neuronów.

Najpoważniejszym ograniczeniem wszystkich opisanych w literaturze prostych formalnych modeli neuron, jest brak modelowania w nich ukształtowanej w czasie kaskady zdarzeń, związanych z powstawaniem pamięci. Wiadomo, że w prawdziwym neuronie tworzenie śladu pamięciowego

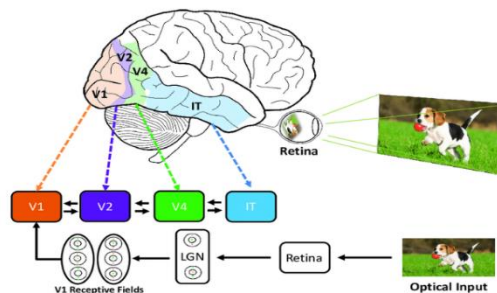
obejmuje cały zestaw kolejno rozwijanych i współzależnych zjawisk elektrokinetycznych i biochemicznych. Zjawiska te obejmują zarówno powstawanie potencjałów w zakończeniach aksonów i dendrytach komórki (o określonym czasie życia), jak i zmiany strukturalne w komórce, w wyniku syntezy nowych białek pod kontrolą aparatu genetycznego neuronu wyzwalanego przez wzorce sygnałów wejściowych. Takie zmiany strukturalne obejmują przede wszystkim syntezę nowych receptorów mediatorowych oraz ich włączenie do błon postsynaptycznych.

Szczególną uwagę zwraca się na tzw. kolumnę korową, uniwersalny element kory nowej. Ta struktura jest uważana za moduł odpowiedzialny za wyższe funkcje nerwowe w systemie przetwarzania informacji w mózgu. Kolumna korowa zawiera dużą liczbę stosunkowo jednorodnie ułożonych komórek nerwowych z jeszcze większą liczbą połączeń i reprezentuje łącznie bardzo dużą sieć neuronowa (rys. 1).



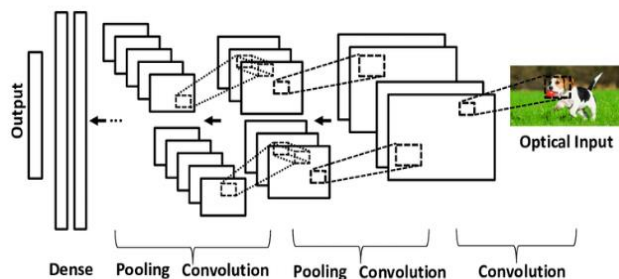
Rys.1. Kolumnowy układ kory somatosensorycznej

Bardziej żywy przykład pracy odbierania informacji przez system wizualny i jego przejścia do przejrzystej analizy każdego komponentu, możemy zobaczyć na rysunkach 2 i 3.



Rys.2. Cztery obszary Broadmana

Rysunek 2 przedstawia zależności między obszarami związanymi z pierwotną korą wzrokową a warstwami sieci neuronowej. Cztery obszary Broadmana związane z brzuszny przepływem wzrokowym. Rysunek przedstawia również schemat blokowy pokazujący tylko niektóre z wielu rzutów bezpośrednich i odwrotnych między tymi obszarami.



Rys.3. Schemat sieci neuronowej AlexNet

Rysunek 3 pokazuje system splotu warstw i sposób, w jaki zasada pozyskiwania informacji w celu uzyskania wyniku tego, co widać, jest w przybliżeniu podobna do hierarchii biologicznego układu wzrokowego.

Po dokładnym zrozumieniu zasady działania ludzkiego mózgu możemy przystąpić do wyjaśniania zasady sztucznej inteligencji i filtrowania informacji według zasady logiki asocjacyjnej [3].

Uczenie prostej informacyjnej sieci neuronowej odbywa się zwykle w warunkowym procesie próbkowania uczenia i metod głębokiego uczenia maszynowego, np. w problemach klasyfikacji i rozpoznawania wzorców. W tym przypadku uczenie sieci neuronowej odbywa się poprzez zaprogramowanie memrystorów bloku logicznego odpowiednich połączeń za pomocą impulsów powyżej napięcia progowego zgodnie z zasadami Hebb'a. Główna praca urządzenia po treningu jest z reguły wykonywana przez sztywną logikę. Jednak algorytm biomorficznej sieci neuronowej może być bardzo złożony ze względu na asocjacyjne samouczenie, które ma miejsce podczas głównej pracy [4].

Celem samouczenia się asocjacyjnego bloku logicznego neuroprocesora jest specjalny proces algorytmiczny, w którym biomorficzne impulsy informacyjne utworzone przez wyjście wzbudzonego neuronu w sieci neuronowej prowadzą do wzmocnienia jego połączeń synaptycznych. Wzmocnienie połączeń uszkodzonego neuronu następuje z neuronami poprzedniej warstwy, jeśli w tym momencie neurony te okazały się zbyt pobudzone i uformowały się na wyjściach impulsów informacyjnych.

W artykule przedstawiono przykład już opracowanego obwodu elektrycznego, topologii i nanotechnologii do produkcji ultradużej wielowarstwowej macierzy pamięci z pamięcią nieulotną i wysokim stopniem integracji elementów w oparciu o kombinowaną poprzeczkę memrystor-dioda [5].

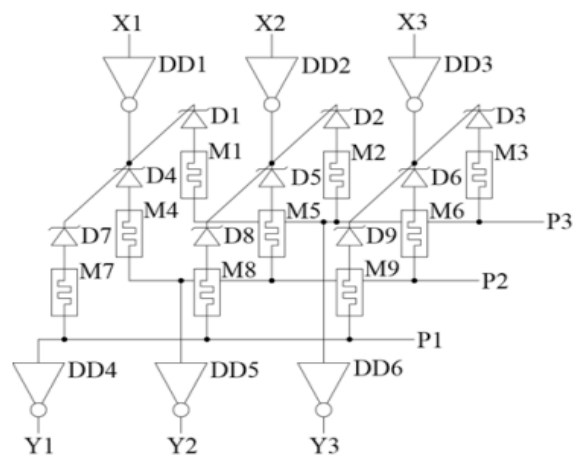
Pewną zaletą może być sprzętowa implementacja biomorficznej sieci neuronowej opartej na procesorze neuronowym, w której algorytmy obliczeń matematycznych można zastąpić wydajną pracą elektronicznej jednostki logicznej z pamięcią.

W tym artykule rozważane jest modelowanie SPICE-bloku logicznego, opracowanego na podstawie macierzy logicznej 3D do zastosowania w obwodzie procesora neuronowego o bardzo wysokim stopniu integracji neuronów w procesach asocjacyjnego samouczenia i bezwarunkowego negatywnego uczenia się.

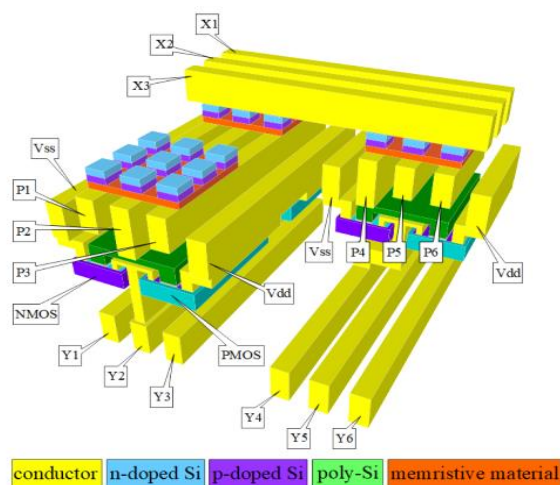
Najbliższym analogiem bloku logicznego procesora neuronowego może być znana tablica Akersów oparta na memrystorach, która ma funkcjonalną kompletność i może być zaprogramowana do wykonywania dowolnej funkcji logicznej [6].

Musimy jednak pamiętać, że główną wadą schematu macierzy Akers jest wysoka degradacja sygnału wyjściowego, co nie pozwala na jego zastosowanie w ultra-dużych architekturach. Tablica memrystorowa Akers ma słabą integrację elementów pamięci związanych z dużą liczbą tranzystorów w komórce elementarnej [7].

Najwłaściwszym rozwiązaniem jest zastosowanie jako jednostki logicznej procesora neuronowego ultra-dużej macierzy logicznej 3D przedstawionej w [8]. Schemat elektryczny i topologię fragmentu 3D macierzy logicznej pokazano na rysunkach 4 i 5.



Rys.4. Schemat elektryczny warstwy funkcjonalnej z trzema ogniwami i połączeniami międzywarstwowymi ogniw

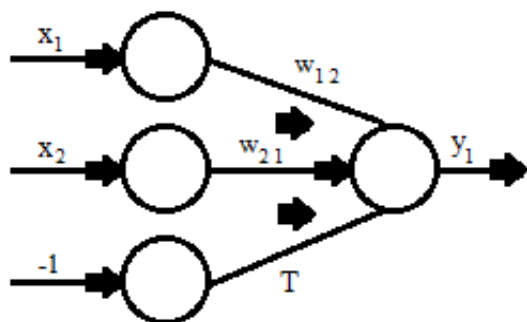


Rys.5. Topologia z liczbą elementów integracji

Główną zaletą projektu matrycy 3D jest wyższy stopień integracji, który uzyskuje się przez połączenie na kryształach w strukturze 3D tych samych prostopadłe zorientowanych warstw funkcjonalnych z połączonymi poprzeczkami memrystorowymi jako przełącznikami, a w konsekwencji zwartym układem komórek i komórki komórki. Brak degradacji sygnału jest ważną zaletą matrycy, którą osiąga się dzięki właściwości wzmacniającej falowników każdej warstwy [9].

Uczenie prostej informacyjnej sieci neuronowej odbywa się zwykle w warunkowym procesie próbkowania uczenia i metod głębokiego uczenia maszynowego, np. w problemach klasyfikacji i rozpoznawania wzorców. W tym przypadku uczenie sieci neuronowej odbywa się poprzez zaprogramowanie memrystorów bloku logicznego odpowiednich połączeń impulsami powyżej napięcia progowego zgodnie z regułami Hebb'a [10]. Główna praca urządzenia po treningu jest z reguły wykonywana przez sztywną logikę. Jednak algorytm biomorficznej sieci neuronowej, może być bardzo złożony ze względu na asocjacyjne samouczenie, które ma miejsce podczas głównej pracy [11].

Rysunek 6 przedstawia zastosowanie reguły Hebb'a do najprostszej sieci neuronowej składającej się z dwóch neuronów wejściowych i jednego wyjściowego.



Rys.6. Najprostsza sieć neuronowa

W takiej sieci próg pierwotnego neuronu jest ukryty w tym elemencie. W operacjach z sieciami neuronowymi próg neuronu może zostać wyjęty z jego granic i przedstawiony jako połączenie synaptyczne o wadze równej T . Ponieważ wartość wejściowa jest podana do dodatkowego neuronu, więc tylko -1 .

Uczenie się sieci neuronowych odbywa się poprzez dostosowanie wag i progów neuronów. Zasada uczenia się Hebb'a zostanie zapisana w formie wyrażen [12]:

$$w_{11}(t+1) = w_{11}(t) + x_1 y_1 \quad (1)$$

$$w_{21}(t+1) = w_{21}(t) + x_2 y_1 \quad (2)$$

$$T(t+1) = T(t) - y_1 \quad (3)$$

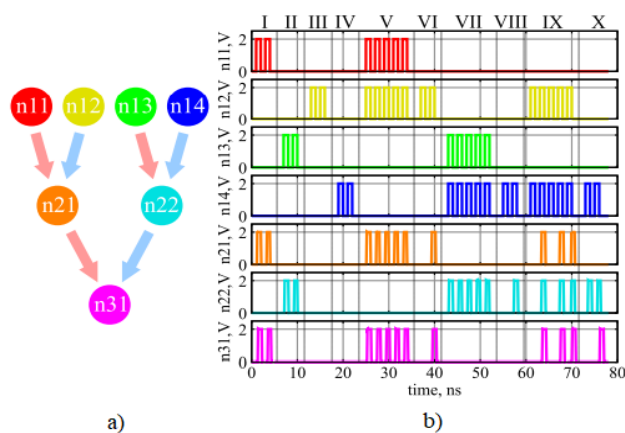
Podobnie reguła Hebb'a jest napisana dla większej sieci neuronowej [13].

Szkolenie kończy się po przesłaniu wszystkich obrazów wejściowych do sieci.

Sens asocjacyjnego samouczenia się bloku logicznego procesora neuronowego jest specjalny proces algorytmiczny, w którym biomorficzne impulsy informacyjne utworzone przez wyjście wzbudzonego neuronu w sieci neuronowej prowadzą do wzmocnienia jego połączeń synaptycznych. Wzmocnienie połączeń wzbudzonego neuronu następuje z neuronami z poprzedniej warstwy, jeśli w tym momencie neurony te były również wzbudzone i utworzyły na swoich wyjściach impulsy informacyjne.

Rysunek 7 przedstawia wyniki samouczenia asocjacyjnego w modelowaniu SPICE sprzętowej sieci neuronowej o jednorodnej strukturze warstwowej, w której sygnał rozchodzi się prostopadłe do powierzchni jak kolumna korowa mózgu. Modelowa sieć neuronowa składa się z trzech warstw neuronowych zaimplementowanych w sześciu funkcjonalnych warstwach logicznej matrycy. Połączenia między neuronami zaznaczonymi na niebiesko są początkowo słabe, a połączenia zaznaczone na czerwono są silne [14].

Impulsy w symulacjach SPICE pokazane na rysunku 7 (b) odzwierciedlają wzbudzenie neuronów. Neurony $n11 - n14$ są danymi wejściowymi, są zasilane impulsami informacyjnymi. Wykresy pokazują przejście sygnału przez silne wiązania, zaznaczone na czerwono, w obszarach czasowych I-IV. W pierwszym przedziale czasu impulsy wejściowe podawane na neuron $n11$, przejść przez neuron $n21$ do neuronu wyjściowego $n31$. W drugim przedziale czasu impulsy przyłożone do neuronu $n13$ przechodzą do neuronu $n22$ i nie padają na pierwotny neuron $n31$. W trzecim i czwartym przedziale czasowym impulsy przyłożone do neuronów wejściowych $n12$ i $n14$ nie przechodzą już przez słabe połączenia [15].



Rys.7. Samouczenie asocjacyjne w bloku logicznym procesora neuronowego:

- a) – architektura trójwarstwowej sprzętowej sieci neuronowej (czerwony - silne połączenia, niebieski - słabe);
- b) – wykresy modelowania SPICE (kolor wykresu odpowiada kolorowi neuronu)

Wynik symulacji pokazuje, że mechanizm uczenia jest przechodni i działa nie tylko pomiędzy sąsiednimi warstwami neuronów, ale rozciąga się na całą sprzętową sieć neuronową. Spadek częstotliwości impulsów neuronu wyjściowego $n31$ na

końcu wykresu jest konsekwencją działania układu zapominającego [16]. W tym trybie następuje bezwarunkowe osłabienie wcześniej wzmocnionych wiązań, które nie były wspierane przez asocjacyjne samouczenie się w poprzednim przedziale czasowym.

III. WNIOSKI

W pracy dokonano analizy i opracowano algorytm logiki asocjacyjnej na zasadzie porównania pracy żywego mózgu z tworzeniem sztucznego modelu 3D mózgu, którego przykładem mogą być systemy robotyczne jako autonomiczna kontrola. Rozważono również zasadę uczenia sieci neuronowej poprzez dostosowanie wag i progów neuronów, regułę Hebb'a w wersji matematycznej. Na podstawie analizy przeprowadzonej w tym artykule można stwierdzić, że asocjacyjne samouczenie się jednostki logicznej procesora neuronowego jest specjalnym procesem algorytmicznym, w którym impulsy informacyjne prowadzą do zwiększenia połączeń synaptycznych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Baladron J. A. Speaking Neural Network Based on the Basal Ganglia Functional Anatomy / J. Baladron, F. H. Hamker // *Neural Networks*. 2015. Vol. 67. Pp. 1-13.
- [2] Levy Y. Logic Operations in Memory Using a Memristive Akers Array / Y. Levy, J. Bruck, Y. Cassuto, E. G. Friedman et al. // *Microelectronics Journal*. 2014. Vol. 45. No. 11. Pp. 1429-1437.
- [3] Bobylev A. N. Electrical Properties of a TiN/Ti, Al, O/TiN Memristor Device Manufactured by Magnetron Sputtering / A. N. Bobylev, S. Yu. Udovichenko // *Ukraine Microelectronics*. 2016. Vol. 45. No. 6. Pp. 396-401.
- [4] Bobylev A. N. Neuromorphic Coprocessor Prototype Based on Mixed Metal Oxide Memristors / A. N. Bobylev, A. N. Busygin, A. D. Pisarev, S. Yu. Udovichenko.
- [5] Brette R. Adaptive Exponential Integrate-and-Fire Model as an Effective Description of Neural Activity / R. Brette, W. Gerstner // *Journal of Neurophysiology*. 2005. Vol. 94. No. 5. Pp. 3637-3642.
- [6] Hodgkin A. L. A Quantitative Description of Membrane Current and Its Application to Conduction and Excitation in Nerve / A. L. Hodgkin, A. F. Huxley // *Journal of Physiology*. 1952. No. 117 (4). Pp. 500-544.
- [7] Писарев А. Д. SPICE-моделирование процессов ассоциативного самообучения и безусловного разобучения в логическом блоке нейропроцессора / А. Д. Писарев // *Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика*. 2018. Том 4. № 3. С.132-145. "A symmetrical condensed node for the TLM method," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-35, pp.370-377, Apr. 2007.
- [8] Li C. Analogue Signal and Image Processing with Large Memristor Crossbars / C. Li, M. Hu, Y. Li, H Jiang et al. // *Nature electronics*. 2018. Vol. 1. Pp. 52-59.
- [9] Maevsky O. V. Complementary Memristor-Diode Cell for a Memory Matrix in Neuromorphic Processor / O. V. Maevsky, A. D. Pisarev, A. N. Busygin, S. Y. Udovichenko // *International Journal of Nanotechnology*. 2018 Vol. 15. No 4/5. Pp. 338-393.
- [10] Удовиченко С. Ю. 3D КМОП-мемристорная нанотехнология создания логической и запоминающей матриц нейропроцессора / С. Ю. Удовиченко, А. Д. Писарев, О. В. Маевский // *Наноиндустрия*. 2017. No 5. С. 26-34.
- [11] Markram H. The Blue Brain Project / N. Markram // *Nature Reviews Neuroscience*. 2006. Vol. 7. Pp. 153-160.
- [12] Markram H. The Human Brain Project / N. Markram // *Scientific American*. 2012. Vol. 306. Pp. 50-55.
- [13] Merolla P. A. A Million Spiking-Neuron Integrated Circuit with a Scalable Communication Network and Interface / P. A. Merolla et al. // *Science*. 2014. Vol. 345. No. 6197. Pp. 668-673.
- [14] Pisarev A. 3D Memory Matrix Based on a Composite Memristor-Diode Crossbar for a Neuromorphic Processor / A. Pisarev, A. Busygin, S. Udovichenko, O. Maevsky // *Microelectronic Engineering*. 2018. Vol. 198. Pp. 1-7.
- [15] Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview / J. Schmidhuber // *Neural Networks*. 2015. Vol. 61. Pp. 85-117.
- [16] Silberberg G. Stereotypy in Neocortical Microcircuits / G. Silberberg, A. Gupta, H. Markram // *Trends in Neurosciences*. 2002. Vol. 25. No. 5. Pp. 227-230.

Автоматизація аналізу та оптимізація часу виконання операцій в інженерії робіт

Сергій Новоселов¹, Богдан Івченков¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: sergiy.novoselov@nure.ua, bohdan.ivchenkov@nure.ua

Анотація: В даній роботі наведено методику аналізу та оптимізації часу виконання операцій з використанням розробленої автоматизованої системи на виробництві робототехнічних засобів.

Ключові слова: інженерія робіт, автоматизація, оптимізація робочого часу, виробництво, база даних, автоматизація.

Показник ефективності обладнання розраховується за формулою:

$$OEE = K_{вр} \times K_{пр} \times K_{кач} = \frac{\Phi_{вр} - P_p}{\Phi_{вр}} \times \frac{\sum_i [T_i \times V_{врi}]}{\Phi_{вр} - P_p} \times \frac{\sum_i [T_i \times (V_{врi} - B_i)]}{\sum_i [T_i \times V_{врi}]}, \quad (1)$$

I. ВСТУП

Характерні риси Індустрії 4.0 – це повністю автоматизовані виробництва, на яких керівництво всіма процесами здійснюється в режимі реального часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов. Кіберфізичні системи створюють віртуальні копії об'єктів фізичного світу, контролюють фізичні процеси і приймають децентралізовані рішення. Вони здатні об'єднуватися в одну мережу, взаємодіяти в режимі реального часу, самонастроюватися і самонавчатися. Важливу роль в даному процесі відіграють інтернет-технології, що забезпечують комунікації між персоналом і машинами. Підприємства виробляють продукцію відповідно до вимог індивідуального замовника, оптимізуючи собівартість виробництва.

Завдяки досягненням в сфері обчислювальних процесів, попит на автоматизацію та застосування робототехніки постійно зростає та розвивається. Виробнича промисловість була першою, яка активно інвестує в робототехнічні системи, і все ще є основним роботодавцем, в той час, коли спостерігається зростання робіт у таких сферах, як аерокосмічна, сільське господарство, оборона, медична та енергетика. Таким чином, інженерія робіт на даний час є дуже актуальною тематикою дослідження.

II. МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Для кількісної оцінки ефективності процесу виробництва використовують показник загальної ефективності обладнання (Overall Equipment Effectiveness - OEE) [1, 2]. Це поширена система аналізу загальної ефективності роботи обладнання, призначена для контролю і підвищення ефективності виробництва і заснована на вимірі і обробці конкретних виробничих показників. Інструментарій OEE широко використовується в якості ключових показників ефективності (KPI), що в поєднанні з технологіями бережливого виробництва дозволяє підприємству швидше домогтися успіху.

де $K_{вр}$ - коефіцієнт часу (готовності, доступності);

$K_{пр}$ - коефіцієнт продуктивності;

$K_{кач}$ - коефіцієнт якості;

$\Phi_{вр}$ - фонд часу роботи обладнання (тривалість зміни, іноді приймають 24 години на добу);

P_p - простої, в тому числі і планові (обіди, регламентовані перерви, планово-попереджувальні ремонти, налагодження і т.д.);

i - кількість продуктів, вироблених на даній одиниці обладнання;

T_i - Такт випуску i -го продукту;

$V_{врi}$ - всього виготовлено i -го продукту протягом $\Phi_{вр}$;

B_i - кількість браку i -го продукту, виготовленого протягом $\Phi_{вр}$;

$(\Phi_{вр} - P_p)$ - час, що є для випуску продукції на даній одиниці обладнання;

$\sum_i [T_i \times V_{врi}]$ - час, витрачений на виробництво продукції;

$\sum_i [T_i \times (V_{врi} - B_i)]$ - час, витрачений на виробництво придатної продукції.

Цей показник максимально повно відображає стан обладнання і дає уявлення не тільки про темп випуску продукції, але і про втрати викликаними неполадками в роботі роботизованого обладнання або низьким рівнем якості продукції, оскільки фактори OEE включають в себе три критерії ефективності: доступність (Availability, A), продуктивність (Performance, P), якість (Quality, Q).

Підприємство як система складається з керованої і керуючої підсистем, з'єднаних між собою каналами передачі інформації (рис. 1.1). Як керовану підсистему підприємство можна розглядати, як сукупність виробничих процесів, реалізація яких забезпечує виготовлення продукції або надання послуг. Ця обставина вимагає поділу керованої системи на підсистеми відповідно до характеру процесів, що протікають на підприємстві [3]:

- підготовки виробництва і освоєння нової продукції;
- виробничих процесів;
- виробничої інфраструктури;
- забезпечення якості продукції;
- матеріально-технічного постачання;

– збуту і реалізації продукції.

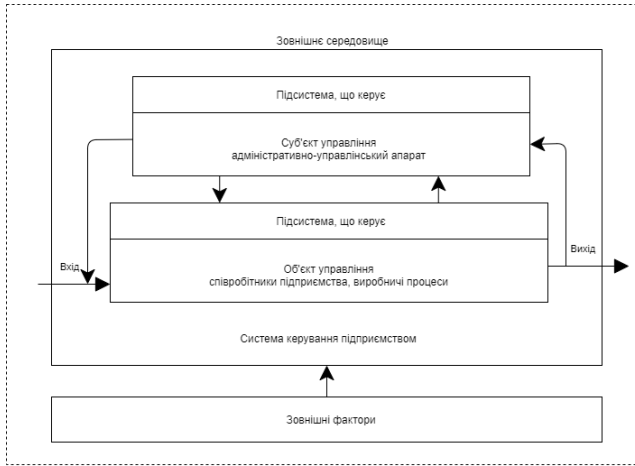


Рис. 1. Схема керування підприємством

Керуюча підсистема являє собою сукупність взаємопов'язаних методів управління, що реалізуються людьми за допомогою технічних засобів, що забезпечують ефективне функціонування виробництва.

Підприємству як системі властива і комплексність, яка визначається складністю його цілей і завдань, а також високе розмаїття процесів виробництва і управління, що відбуваються на підприємстві. Підприємство являє собою динамічну систему, що володіє здатністю змінюватися, розвиватися, переходити з одного якісного стану в інший з метою досягнення певних цілей, залишаючись системою.

II. МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА

Оптимізаційна задача – це економіко-математична задача, яка полягає в знаходженні оптимального (максимального чи мінімального) значення цільової функції. Тому процес моделювання починається з формування цілей. Для сучасного роботизованого підприємства основною метою виробничо-економічної діяльності є своєчасне виконання замовлень на продукцію, що випускається номенклатуру продукції, відповідної спеціалізації підприємства.

Завдання розрахунку завантаження обладнання (ЗО_{ij}) ставиться як мінімізація напруженості плану виробництва (P_{ij}) і максимізація завантаження робочих місць (PM_{ij}):

$$ЗО_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} f(P_{ij}) \rightarrow \min \\ f(PM_{ij}) \rightarrow \max \end{array} \right\} \quad (2)$$

Трудомісткість запуску T₃ або місяці T_m визначається за формулою для кожного робочого місця

$$T = \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^d t_{ij} \cdot n_{ij} + t_{mj} \right] / K_{енj} + t_{npj} \quad (3)$$

де t_{ij} - норма часу на j-ту операцію i-ой деталі (хв);

n_{ij} – розмір партії запуску i-х деталей на j-ої операції (шт);

d – кількість найменувань деталей в групі (шт);

m – кількість деталей в запуску (місяці) (шт);

t_{npj} – витрати часу на підналадку (хв);

t_{npj} – витрати часу на наладку (хв);

K_{енj} – коефіцієнт виконання норм на даному робочому місці.

На рисунку 2 показано алгоритм оптимізації завантаження робочих місць виробничими операціями.

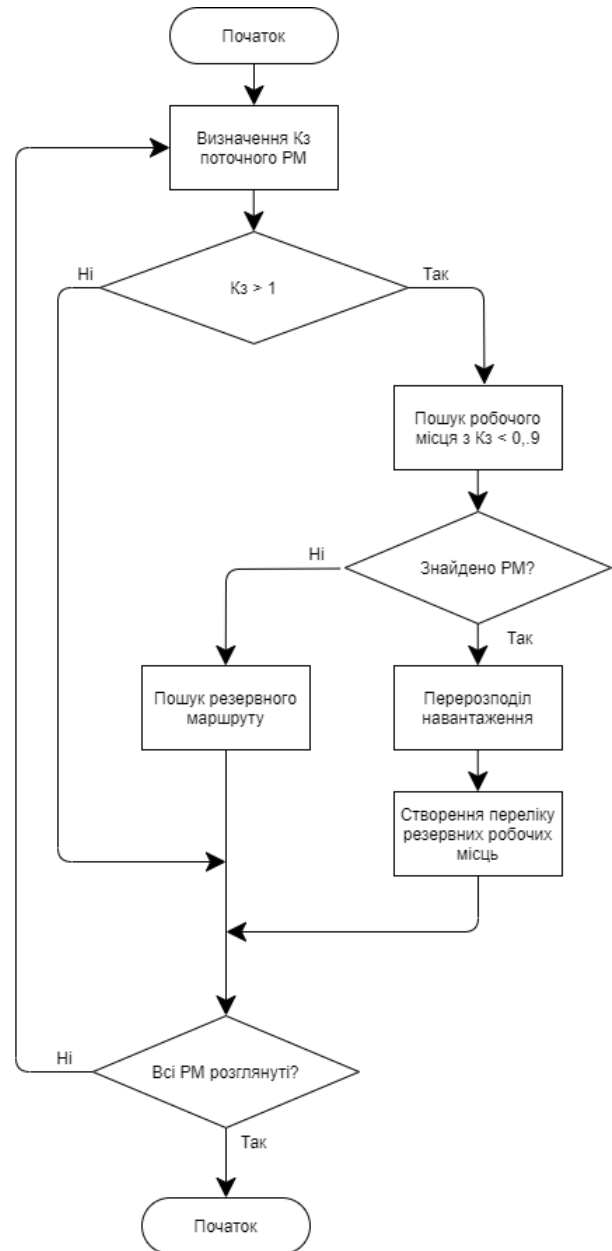


Рис. 2. Алгоритм оптимізації завантаження робочих місць виробничими операціями

Для перерозподілу завантаження визначаються робочі місця, які мають K₃>1, і вишукується можливість передачі частини партій деталей на взаємозамінні робочі місця. Перерозподіл починається з робочого місця, що має найбільший коефіцієнт завантаження. Коли за цим

робочім місцем обраний варіант рішення, то береться наступне робоче місце, що є перенавантаженим і процедура повторюється до тих пір, поки не будуть розглянуті всі перевантажені робочі місця.

Спочатку аналізується коефіцієнт завантаження запуску $K_{зз}$ і якщо $K_{зз} \leq 1$, то завантаження цього робочого місця залишають без зміни, а при $K_{зз} > 1$, перевіряється коефіцієнт завантаження місяці $K_{зм}$. При $K_{зм} \leq 1$ завантаження цього робочого місця залишають без зміни, а при $K_{зм} > 1$ необхідно перерозподілити частину завантаження на взаємозамінні робочі місця. Для цього потрібно вибрати робоче місце з мінімальним значенням $K_{зм}$. Якщо $K_{зм} \geq 0,9$, то розглядається можливість розвантаження шляхом обробки частини партій за резервною технологією, для чого проводиться відбір деталей, що мають резервні технологічні маршрути.

Для автоматизації процесу перерозподілу навантаження та оптимізації часу виконання операцій була розроблена автоматизована система.

На рисунку 3 показано концептуальна модель даних для зберігання отриманої від аналітичної підсистеми інформації про стан технологічного процесу.

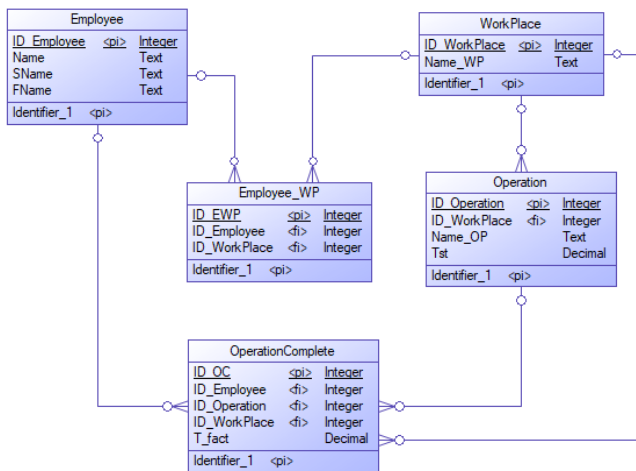


Рис. 3. Концептуальна модель даних для зберігання отриманої від аналітичної підсистеми інформації про стан технологічного процесу

З Операцій, що мають позитивне значення ΔT , формується «масив позитивних різниць» і з нього вибирається партія має $\min \{\Delta T\}$, яка передається на взаємозамінне робоче місце. Якщо немає операцій з трудомісткістю $T_{n1} \geq T_n$, то підбирається операція з трудомісткістю близькою до T_n , але не перевищує її, таким чином, $T_{n1} \leq T_n$. За умови $T_{n1} < 0,9T_n$ зняття однієї партії не дозволить розвантажити робоче місце і в цьому випадку необхідно проаналізувати можливість передачі на взаємозамінне місце двох партій.

Для цього визначається сумарна трудомісткість кожної пари партій ΔT_c , і вибирається пара партій, що має сумарну трудомісткість T_c , близьку до трудомісткості T_n за умови $T_c \geq T_n$.

Для кожної пари партій розраховується різниця ΔT_c за формулою

$$\Delta T_c = T_c - T_n$$

формується «масив позитивних різниць» ΔT_c (аналогічно різниці T), з якого вибирається для передачі на взаємозамінне робоче місце пара партій, що має $\min \{\Delta T_c\}$ (ТСН).

Якщо немає партій з трудомісткістю $T_c \geq T_n$, то вибирається пара партій з трудомісткістю $T_c < T_n$ з «масиву негативних різниць» ΔT_c і знаходиться $\min \{|\Delta T_c|\}$ (ТСН).

Якщо $T_{Hr} < T_r$, то робиться висновок про неможливість розвантаження даного робочого місця. На цьому цикл аналізу та перерозподілу завантаження одного робочого місця закінчується і всі процедури повторюються для наступного робочого місця з $K_{зз} > 1$.

III. ВИСНОВКИ

В результаті виконання дослідної роботи була описана структура автоматизованої системи аналізу та оптимізації часу виконання операцій в інженерії робіт. Для розуміння функцій програми створено алгоритм пошуку оптимального рішення та наведено опис його основних етапів роботи.

Описані параметри вхідної інформації, що необхідно зберігати на сервері. Всього виділили п'ять сутностей з якими буде працювати клієнтська програма: користувачі, робочі місця, крос-таблиця поєднання користувачей та робочих місць, операції та зведена таблиця аналізу завантаження робочих місць. Розроблена структура бази даних та описані призначення полів сутностей

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Learn The Art & Science of Manufacturing Improvement From Vorne. OEE (Overall Equipment Effectiveness) <https://www.leanproduction.com/oeef/> – 12.09.2021
- [2] Общая эффективность оборудования <https://ru.wikipedia.org/wiki/OEE> – 21.09.2021
- [3] Матвеева Е.А., Симагина С.Г. Моделирование и оптимизация загрузки производственных мощностей предприятия с мелкосерийным типом производства // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №2, <https://resources.today/PDF/16ECOR219.pdf> Загл. с экрана.
- [4] Балашов А.И. Производственный менеджмент (организация производства) на предприятии. – СПб.: Питер, 2009. – 160 с.
- [5] Теорія проектного менеджменту [Електронний ресурс] – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <http://koryukivka-rada.gov.ua/korysna-informatsiya/proektnyj-menedzhment/teoriya-proektnogo-menedzhmentu/> – 1.06.2021.
- [6] PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database [Електронний ресурс] – Електрон. текстові дані. – Режим доступу : <https://www.postgresql.org/> – 21.09.2021.

Діагностика вимірювально-моніторингових комплексів медичного призначення для біологічних об'єктів

Дмитро Кухаренко¹, Олег Буленко¹

1. Навчально-науковий інститут електричної інженерії та інформаційних технологій,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА,
Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: dkuch100@gmail.com

Анотація: Медичне обладнання, як і люба електроніка може давати збої або ламатися. В роботі розглянуті ймовірні несправності вимірювально-моніторингових систем починаючи з блока живлення.

Ключові слова: медичне обладнання, вимірювально-моніторингові комплекси, діагностика.

I. ВСТУП

Ринок медичного обладнання не стоїть на місці, і встежити за тими змінами, що відбуваються здатні лише сервісні служби, що інвестують кошти в розвиток своїх співробітників, що організують курси, навчальні програми та стажування. Це дозволяє відповідати високим вимогам і надавати послуги з ремонту медтехніки на гідному рівні.

II. МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ремонт медичного обладнання – комплекс послуг з діагностики, профілактичного обслуговування і відновленню функціональності медтехніки в інтересах підвищення її безпеки і продовження експлуатаційного періоду.

Ремонтні послуги на українському ринку медичного обладнання дуже затребувані. Це пов'язано з хронічним недофінансуванням медичних закладів і відсутністю можливості оновлювати медичну техніку настільки часто, наскільки це необхідно. На відміну від західних клінік, де середній життєвий цикл обладнання становить 2-3 роки, в Україні він може досягати 20-30 років.

Природно, що морально і фізично застаріла техніка потребує частого ремонту. У більшості українських поліклінік і лікарень дефіцит сучасних моделей обладнання призводить до того, що навантаження на нову апаратуру багаторазово перевищують допустимі значення, рекомендовані виробниками, що також призводить до швидкого виходу техніки з ладу.

Інший аспект пов'язаний зі специфікою експлуатації лікувально-діагностичної апаратури. Багато видів обладнання сконструйовані таким чином, що основна, базова частина конструкції здатна прослужити дуже довго, не вимагаючи ремонту. Зношуються в першу чергу «активні» елементи (як правило, знімні): об'єктиви, згинаються частини, дистальні голівки. Необхідність заміни зношених частин – одна з найпоширеніших ситуацій, з якими стикаються ремонтні служби. Як

правило, прості маніпуляції з оновлення окремих елементів виконуються безпосередньо в медичній установі. Одночасно може бути вироблено обстеження і діагностика медтехніки – перевірена її електробезпека, герметичність і юстирування.

Вибір сервісного центру для ремонту медичного обладнання – завдання, порівняна за значимістю з вибором компанії-виробника. Справа в тому, що після невідлого ремонту медичне обладнання здатне стати серйозним джерелом загроз для здоров'я пацієнтів і медичного персоналу. Така техніка здатна в будь-який момент вийти з ладу, і добре, якщо це буде апарат УВЧ терапії, а не система штучної вентиляції легенів.

Ризик неприпустимий, тому звертатися з приводу ремонту медичної техніки слід в серйозні компанії, які мають всі необхідні ліцензії та для яких це єдиний і основний вид діяльності. Такі сервіси своєму розпорядженні всі необхідні ремонтними і тестовими установками, оригінальними запчастинами від виробників, досвідченими фахівцями, що знають всі тонкощі і нюанси роботи будь-якої медтехніки. Високий рівень оснащення дозволяє повністю відновлювати функціональність обладнання, істотно продовжуючи корисний період експлуатації.

У комплекс послуг сервісних центрів зазвичай входить гарантійне і післягарантійне обслуговування і ремонт, консультації, налагодження, монтаж і запуск діагностичного, фізіотерапевтичного, хірургічного обладнання, тестування нових або відремонтованих пристроїв.

У тих випадках, коли ремонт виконується в лабораторії сервісного центру, виникає проблема транспортування. Важливо, щоб томографи, рентген-установки, монітори, УЗ-сканери та інші прилади були надійно упаковані і зафіксовані щоб уникнути вібрацій, трясіння і порушення точних налаштувань.

Ремонт медичного обладнання – захід дуже відповідальний. Від цієї своєчасності залежить тривалість корисної та безпечної експлуатації медичної техніки. Виділяючи ресурси на відновлення і оновлення обладнання, завжди слід пам'ятати про те, що від якості та своєчасності профілактичного обслуговування і ремонту залежить коректність діагностики, безпеку і ефективність лікування, добре ім'я фахівців клініки.

Технічне обслуговування та ремонт медичного

обладнання – невід’ємна частина експлуатації техніки, запорука її безперебійної і безвідмовної роботи навіть в умовах серйозних навантажень.

Тому вкрай важливо дотримуватися періодичність технічного обслуговування і профілактики всього парку устаткування і технічних засобів лікувально-профілактичних пристроїв.

У сучасній інженерно-медичній термінології для таких засобів є спеціальний усталений (і навіть закріплений в нормативних актах) термін – виробництво медичної техніки. Оскільки обслуговування і ремонт як окремі види діяльності, пов’язані з обладнанням, сформувалися досить давно, сьогодні вже існує класифікація видів обслуговування і ремонту медичної техніки. На даний момент такий поділ вже можна назвати загальноприйнятим, або принаймні, зрозумілим всім інженерам і медичним технікам.

Види технічного обслуговування медичної техніки:

- планове (періодичне, регламентне) технічне обслуговування;
- контроль технічного стану (плановий);
- поточне (позаплановане) технічне обслуговування;
- ремонт і технічне діагностування
- введення в експлуатацію.

Технічне обслуговування (ТО) – комплекс регламентованих нормативною, технічною та експлуатаційною документацією заходів та операцій з підтримки і відновлення працездатності або справності медичних виробів (тобто медичної техніки, обладнання, приладів) при їх використанні за призначенням, передбаченому виробником.

Планове технічне обслуговування медичного обладнання виконується регулярно (періодично), тобто через деякі постійні проміжки часу або при досягненні окремими вузлами техніки певних значень напрацювання або вироблення ресурсу.

Періодичне ТО – ряд заходів, спрямованих на зниження зносу, підтримання працездатності і продовження ресурсу медтехніки. До такої категорії відносять профілактичні роботи, наприклад, чистку від пилу вузлів і електронних блоків, чистку та заміну фільтрів, заміну ламп, і т.д.

Періодичність планового ТО вказується виробником в супутній документації, регламентах та рекомендаціях. Також для певних класів обладнання існує певна усталена мінімальна періодичність. Тобто, межі часу, рідше яких проводити обслуговування не рекомендується, оскільки це небезпечно і може привести до появи несправностей, загрожувати здоров’ю лікаря або оператора медичного приладу чи пацієнта.

Як правило, рекомендують дотримуватися наступних мінімальних термінів (періодів) обслуговування медтехніки:

- 2 рази в рік (обслуговування кожне півріччя);
- 4 рази на рік (щоквартальне обслуговування);
- 12 раз в рік (щомісячне).
- щоденне ТО.

Кожне півріччя рекомендується обслуговувати, наприклад, гнучкі ендоскопи, вимірювально-моніторингову техніку. Більш часті перевірки і

профілактика також можливі.

Щоквартальне обслуговування рекомендується для стерилізаційного обладнання, багатьох ультразвукових апаратів, іншої техніки.

Щомісячне обслуговування необхідно техніці з великою кількістю механіки, пневматики, наприклад, стоматологічним установкам. Часте обслуговування важливо також для складних діагностичних комплексів.

Щоденне ТО, як правило проводиться операторами обладнання, медсестрами, особами, відповідальними за експлуатацію медтехніки в установі.

Зазвичай в комплекс щоденних (щозмінних) операцій входить відмивання або очищення робочих камер стерилізаторів, чистка фільтрів різної техніки, мастило стоматологічних наконечників, огляд на пошкодження, перевірка режимів роботи різної техніки і т.д.

Мета контролю технічного стану – виявити можливі приховані несправності або підтвердити відповідність апарату всім необхідним параметрам. Плановий контроль технічного стану медтехніки (ПКТС) можуть виконувати як інженери, так і оператори техніки, лікарі. Наприклад, щоденний ПКТС рекомендується для ультразвукового і стоматологічного обладнання.

У контроль технічного стану входить:

- візуальний огляд;
- контроль збірки, люфтів, дефектів механічних з’єднань (і т.д.)
- перевірка надійності кріплення стельових або настінних апаратів;
- перевірка режимів роботи;
- перевірка параметрів (і візуалізації) апарату в кожному режимі.

Ремонтні роботи, згідно з нормативною документацією, також є частиною комплексу заходів з технічного обслуговування медичних виробів.

Зокрема, це зазначено у визначенні технічного обслуговування, наведеному в одному з найсвіжіших документів за тематикою: ДСТУ 57501-2017 «Технічне обслуговування медичних виробів».

Медичні пристрої для моніторингу повинні відповідати наступним вимогам для того щоб забезпечити захист пацієнта від ураження електричним струмом: споживаний струм до 50мА, напруга не більше 24 В. Понижуючий трансформаторний блок живлення також повинен забезпечити захист пацієнта завдяки гальванічній розв’язці між мережею 220 В і низьковольтною складовою корпусу, електродами та датчиками.

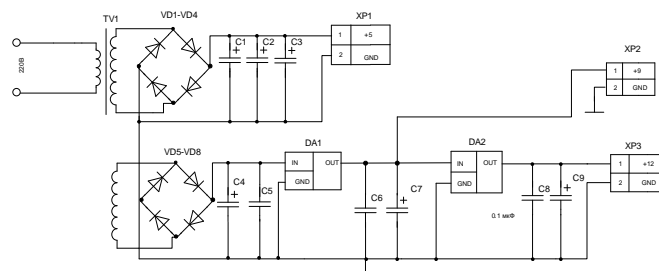


Рис. 1. Загальна електрична принципова схема блоку живлення вимірювально-моніторингових систем

В блоці живлення по статистичним даним електролітичний конденсатор є найбільш ненадійним елементом. Наприклад, на рисунку 1 приведена електрична принципова схема типового блоку живлення. Конденсатори C1, C2, C3, C4, C7, C9 є електролітичними, а відповідно ймовірність несправності в них вище, ніж у інших електрорадіоелементів. Види несправностей конденсаторів:

1. емність знизилася через висихання;
2. підвищений струм витoku;
3. виростили активні втрати в ланцюзі;
4. пробій ізоляції (замикання обкладок).
5. обрив всередині між обкладанням і виводом.

Несправності виникають через механічних пошкоджень, перегріву, стрибків напруги і ін. Найчастіше спостерігається вихід з ладу конденсатора через пробій. Його можна побачити за такими дефектами: потемніння, здуття або тріщини. У вітчизняних деталей при здутті може відбутися невеликий вибух. Зарубіжні конденсатори захищені від нього хрестоподібною прорізком на торці деталі, де відбувається невелике здуття, помітне оком. Деталь з даною несправністю може мати нормальний вигляд, але при цьому бути непридатною. Щодо мікропроцесорного блоку керування (рис.2), то для визначення несправності візуального огляду недостатньо. В цьому питанні слід опиратися на методи сигнатурного аналізу[1,2,3] (рис.3).

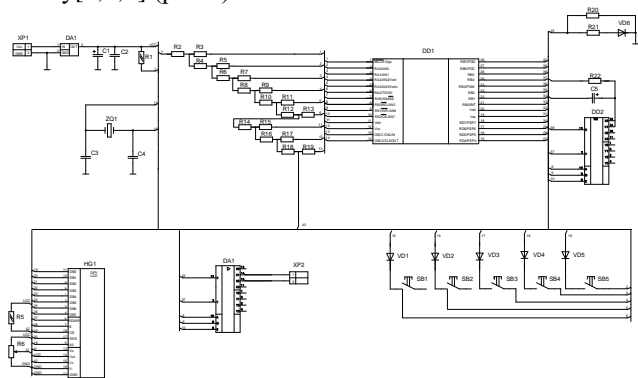


Рис. 2. Загальна електрична принципова схема мікропроцесорного блоку керування вимірювально-моніторингових комплексів



Рис. 3. Пристрій FADOS9F1-24VoF, призначений для пошуку несправності методом аналізу ВАХ щодо збережених сигнатур

FADOS9F1-24VoF – це пристрій, що підтримує алгоритм сигнатурного аналізу. Пошук несправності методом аналізу ВАХ щодо робочого каналу 2 канали, 0 .. + / - 24В, 0.02..96мА, 2.16..2232Гц. Дозволяє знайти несправність шляхом прямого порівняння несправного і працюючого блоків або каналів без подачі напруги живлення на плату.

Пошук несправності методом аналізу ВАХ щодо збережених сигнатур (функція пам'яті). Дозволяє знайти несправність методом порівняння заздалегідь збережених сигнатур еталонного блоку і знятих сигнатур несправного блоку. Точки зняття сигнатур можуть бути позначені на збереженому зображенні плати.

Побудова еквівалентної електричної схеми. Програмне забезпечення дозволяє за сигнатурі побудувати еквівалентну електричну схему двухполюсника. Вимірювання параметрів резисторів, конденсаторів і діодів. Значення параметрів елементів еквівалентної схеми відображається одночасно за один вимір без необхідності вполювати елементи. Цифровий комп'ютерний осцилограф 2 канали, 400кГц / 12біт. Генератор прямокутних імпульсів частотою 0.2 ... 25кГц. Генератор аналогових рівнів амплітудою +/- 12В, крок 2.5мВ. Режими 6-7 можливо використовувати спільно з режимом осцилографа.

Програмоване джерело живлення постійного струму з напругою 0..16 В і струмом 20..1500 мА для подачі живлення на тестовані схеми і зняття ВАХ по живленню. Безконтактний (пірометричний) датчик температури. Дозволяє визначити перегріті компоненти і відобразити температурну карту друкованої плати.

Не слід забувати, що комп'ютерний моніторинг за медико-біологічними параметрами пацієнтів – це тривалий безперервний нагляд та їх обробка в реальному режимі часу. В даний час виділилися два напрямки моніторингових систем: системи критичних станів, що застосовуються до хворих в реанімаційних і операційних відділеннях, палатах інтенсивної терапії та системи спостереження за біологічними параметрами з метою контролю диспансерних пацієнтів, діагностики, скринінгу певних груп населення. Тому тут широко застосований блочний ремонт обладнання, тобто заміна всього блоку без визначення місця поломки та його локалізації. Або використовується резервний метод, для підміни непрацюючого обладнання.

III. ВИСНОВКИ

Для діагностики вимірювально-моніторингових комплексів медичного призначення слід використовувати комбіновані пристрої діагностики такі як FADOS9F1-24VoF, що підтримують алгоритми сигнатурного аналізу.

Не слід забувати, що в моніторингових системах СЛІД застосовувати блочний ремонт обладнання, тобто заміну всього блоку без визначення місця поломки та його локалізації. Або використовувати резервний метод, для підміни непрацюючого обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Кухаренко Д.В., Фомовський Ф.В., Гладкий В. В., Саньков С.В. Метод діагностики складних електронних схем з використанням сигнатурного аналізу. Вісник Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2020 (122), Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2020. – С. 133–138.
- [2] Кухаренко Д.В., Кулинич С.А., Шарлай В.С., Яковенко А.О. Аналіз апаратних засобів діагностики складних електронних схем. XVIII Міжнародна науково-технічна конференція “Фізичні процеси та поля технічних та біологічних об’єктів”, 1–3 листопада 2019 р. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2019. – С.103–104.
- [3] Кухаренко Д.В., Луценко І.А., Коваленко В.С., Компанієць В.Ю. Сигнатурний аналіз, як метод діагностики електронних схем. XVIII Міжнародна науково-технічна конференція “Фізичні процеси та поля технічних та біологічних об’єктів”, 1–3 листопада 2019 р. – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2019. – С.104–105.

Аналіз квадрокоптера зі запобіганням зіткнень

Антон Большаков¹, Дмитро Гурін¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр.Науки 14., email: anton.bolshakov@nure.ua

Анотація. В даній статті проведений аналіз квадрокоптера із запобіганням зіткнень. Проаналізовані різні варіанти квадрокоптеру та концепція уникнення зіткнень. Досліджено використання даного робота при лабораторних дослідженнях.

Ключові слова: Квадрокоптер, конструкція квадрокоптера, запобігання зіткнень, стабілізація.

I. ВСТУП

Мультикоптер - літаючі пристрої, які побудовані за подобою вертольота. У них може бути від трьох несучих гвинтів. Найбільш популярним мультикоптер є квадрокоптер - пристрій з чотирма несучими гвинтами. Його першу працюючу версію створив американо-російський винахідник Георгій Ботезату. На той момент в квадрокоптера була передбачена кабіна пілота. Сьогодні основна перевага квадрокоптера - безпілотність. У ХХІ столітті квадрокоптера стали доступним пристроєм, який зазвичай купують для розваги. Їх використовують для зйомок відео, прикріплюючи до нижньої частини фото- і відеокамери, щоб знімати ролики з висоти пташиного польоту. Компанія Amazon розробляє проекти доставки посилок дронами і планує споруди складів-вуликів, з сотнями вікон для вильоту дронів.

Квадрокоптери та інші дрони все частіше використовуються у нашому повсякденному житті і все щільніше входять до нашого побуту. У квітні 2019 року американська компанія Wing першою (серед інших служб доставки) отримала дозвіл на комерційне доставлення дронами. Служба активно працює у штаті Вірджинія [1].

Дослідники використовують дрони для доступу в складнодоступні або небезпечні для людини зони. При бажанні квадрокоптер можна оснастити пристроєм збору інформації про навколишнє середовище: він може знімати атмосферні показники або збирати зразки порід.

Військові дрони - значний сегмент Мультикоптерів. Серед іншого їх використовують для перенесення бомб. Вони дозволяють наносити відносно точні авіаудари, не ризикуючи життям пілотів. Барак Обама, сорок четвертий президент США, намагався по максимуму використовувати потенціал дронів, на відміну від багатьох своїх попередників, які робили ставку на людські ресурси. Також військові використовують невеликі квадрокоптера для розвідки: збору інформації та зйомки території.

Квадрокоптери використовують для допомоги фермерам, при зйомці кінофільмів та роликів, для вивчення диких животних, картографування, тощо [2]. Деякі з них керуються дистанційно, деякі безпілотні.

Саме тому виникає остра потреба у захисному механізмі, який має запобігати зіткненням квадрокоптерів та інших БПЛА із оточуючими об’єктами. Проаналізувавши можливі варіанти, використання ультразвукових датчиків є найраціональнішими через їх ефективність та відносно невелику ціну.

Система уникнення складається з двох основних частин, які складаються з виявлення перешкоди в безпечному для експлуатації радіусі дії та визначенні безпечної траєкторії польоту, щоб уникнути зіткнення. Деякі контролери польоту широко використовуються, але жоден з них не передбачає вбудованої системи уникнення перешкод. Виявлена перешкода буде використовуватися як дані для побудови зони обмеження, щоб не допустити зіткнення.

II. РІЗНОВИДИ МУЛЬТИКОПТЕРІВ

Дрони розрізняються кількістю несучих гвинтів. На рисунку 1, з типологією мультикоптер видно найбільш популярні типи. Щоб дрон зависав і знаходився на одному місці, все гвинти повинні крутитися з однією швидкістю.

Сторони обороту пропелерів в різних модифікаціях зображені на схемі нижче. Зависає положення використовується для фотозйомки з тривалою витримкою. Це дозволяє отримати кадри високої точності, які використовують в геодезії, археології або для отримання розвіданих.

Найбільш стабільний рух забезпечують відносно важкі апарати з великим числом гвинтів (наприклад, гексакоптер), вони мають кращу стійкість до вітру і прийнятною вантажопідйомність. Для підвищення вантажопідйомності краще підходять октокоптери, але вони мають великі габарити і масу. Апарати з коаксіальної гвинтокорилої групою, на відміну від звичайних (один мотор на один гвинт), в повному обсязі використовують енергію двигунів. І головна проблема - це малий час польоту - швидко вичерпується запас електроенергії акумуляторів. Оптимальним варіантом вважається 4-х гвинтова схема. Робот з шістьма і більш двигунами вимагає більш складної системи управління і збільшення ваги, що скорочує час в польоті до декількох хвилин, але при цьому зростає вантажопідйомність [3].

Сучасні мультикоптер використовують безколекторні електродвигуни та літій-полімерні акумулятори в якості джерела енергії. Це накладає певні обмеження на їх польотні характеристики: типовий – вага Мультикоптер становить від 1 до 4 кг, при часу польоту від 10 до 30 хвилин. піднімається корисний вантаж моделями мультикоптер середнього розміру і вантажопідйомності – від 500 гр. до 2-3 кг., що дозволяє підняти в повітря невелику фото або відеокамеру, анатомічно пов'язаних змінних для забезпечення балансу.

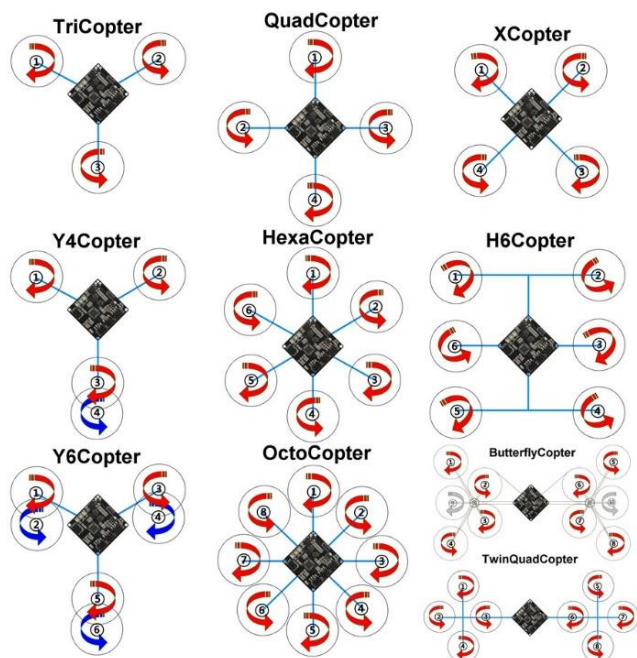


Рис. 1. Можливі конструкції гвинтів [3]

III. КОНЦЕПЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕШКОД І УНИКНЕННЯ ЗІТКНЕНЬ

Існує багато варіантів реалізації уникнення зіткнень для БПЛА – Stereo Vision, Ultrasonic (Sonar), Time-of-Flight, Lidar, Infrared, Monocular Vision, тощо [4].

Stereo Vision використовує декілька 2D зображень, зроблених на одному місці, але з різних ракурсів і встановлює відповідність між частинами зображення для вилучення 3D глибини зображення. У стереосистемі використовується дві камери, які жорстко прикріплені одна до одної з відомою горизонтальною зміщенням між ними. Якщо знайти відповідність між точками в площинах зображення, ми можемо використати триангуляцію для обчислення справжнього тривимірного положення, яке генерувало проєкції точок зображення. Складність полягає у пошуку правильних точкових відповідностей.

Для зменшення пошуку можна використовувати геометричні відношення діапазону для відповідної точки, від усього зображення до одного рядка [5].

Ультразвукові датчики працюють за принципом сонару, дозволяючи отримати відстань до найближчого об'єкту, який встає на шляху у ультразвукових хвиль [6]. На основі цих даних ми можемо змусити БПЛА дотримуватися певної дистанції від навколишніх об'єктів [7].

Принцип Time-of-Flight (ToF)-це метод вимірювання відстані між датчиком і об'єктом, заснований на різниці в часі між випромінюванням сигналу та його поверненням до датчика після його відбиття об'єктом. За Time-of-Flight можна використовувати різні типи сигналів (також їх називають несучими), найпоширенішими є звук і світло. Датчики TeraRanger використовують світло як носій, оскільки він унікально поєднує більшу швидкість, більший діапазон, меншу вагу та безпеку очей. Використовуючи інфрачервоне світло, ми можемо забезпечити менше перешкод сигналу та легше відрізнити їх від природного навколишнього освітлення, що робить їх одними з найефективніших датчиків відстані для їх розміру та ваги [8].

Датчики виявлення та вимірювання світла (LiDAR) використовують світлову енергію, випромінювану лазером, для сканування землі та вимірювання відстаней. Кінцевий результат- великий набір даних, які можна використовувати для створення карт високої роздільної здатності, 3D-моделей та рукотворних об'єктів.

Технологія LiDAR бере свій початок з 1960-х років, коли її вперше застосували інженери та геодезисти для створення високоточних топографічних карт, які включали дороги, потоки та інші важливі ландшафтні особливості. Хмара точок, створена на основі сучасних безпілотних літальних апаратів LiDAR, може дати 100–500 точок на квадратний метр при вертикальній точності висоти 2–3 сантиметри [9].

Infrared Sensor – Інфрачервоний датчик – чутливий до випромінювання оптикоелектронний компонент зі спектральною чутливістю в діапазоні довжин хвиль інфрачервоного випромінювання 780 нм... 50 мкм [10]. Інфрачервоне випромінювання, що надходить з місця події, фокусується на інфрачервоному датчику. Звідти він перетворюється у спектр видимого світла, який бачать

наші очі. В результаті теплові зображення можуть виглядати по-різному в залежності від того, як теплове зображення відтворюється у видимому спектрі. Використовуються різні способи відтворення кольорів. Типові варіанти переходу на колірну палітру включають розжарення чорного, розпечене білим, синтез та залізний бант.

Дані про температуру з портативних ІК-камер можуть отримати чіткі дефекти теплової оболонки будівель або проблеми з електрикою в дощі лічильника [11], і на основі цього уникати перешкоди.

Концепція реалізації досить проста і базується на методах з ультразвуковими датчиками. Щоразу, коли будь-яка перешкода виявляється з лівого боку, дрон повинен дрейфувати вправо, і так однаково у всіх чотирьох напрямках. Для спрощення ми будемо маніпулювати сигналами приймача, які надходять на чіп контролера польоту. Для виявлення перешкод будуть використані ультразвукові сенсори.

Можно виділити дві основні стадії: виявлення перешкод та уникнення зіткнення. Виявлення перешкод буде проводитися за допомогою 4 ультразвукових датчиків HC-SR04 у поєднанні із Arduino nano. Уникнення зіткнення буде реалізовано програмно. Пропонується розподілити площу навколо квадрокоптеру залежно від вимірної величини на відстань у три зони для кожного напрямку: безпечну (зелену), близьку (жовта), небезпечну (червона).

Поведінку модуля запобігання зіткненням можна найкраще описати за допомогою блок-схеми (рис. 2).

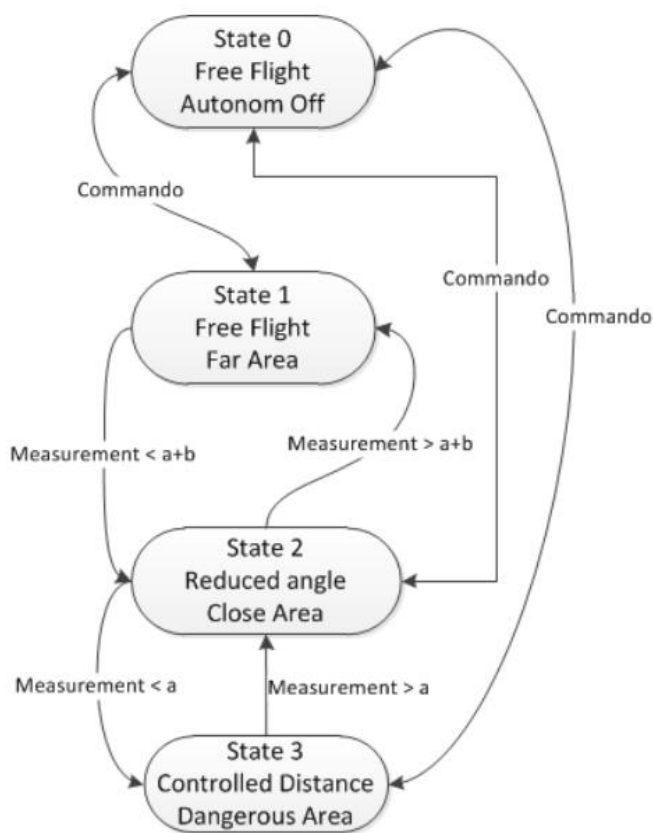


Рис. 2. Блок-схема [4]

Якщо автономне запобігання зіткнення вимкнено, квадрокоптер знаходиться у стані 0. Якщо активований автономний режим, квадрокоптер може перемикатися між станами 1, 2 або 3 залежно від вимірної відстані до найближчого об'єкта. Стан 1 (безпечна зона) активний, якщо поблизу немає перешкод (відстань до об'єкта $> a+b$). Якщо в близькій зоні виявлено перешкоду ($a >$ відстань до об'єкта $> a+b$), активується стан 2 (закрита область), а відповідний кут нахилу або кут нахилу до перешкоди обмежується залежно від вимірної відстані зменшуючи швидкість наближення. У небезпечній зоні ($a <$ відстань до об'єкта), активується стан 3. Відстань до перешкоди контролюється за допомогою PID контролера, запобігаючи подальшому наближенню до перешкоди. Такі стани мають бути застосовані до кожного напрямку відповідно [12].

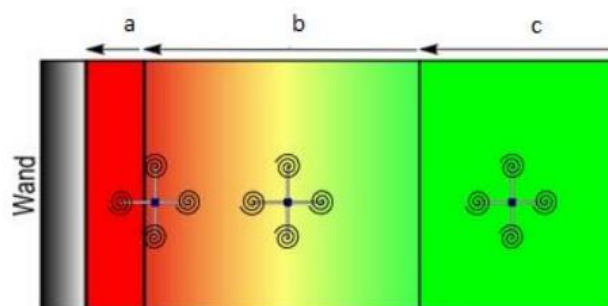


Рис. 3. Дистанція, поділена на зони [4]

IV. ВИСНОВКИ

Після проведеного аналізу конструкцій мультикоптерів, для подальшої розробки був обраний квадрокоптер, як найбільш розповсюджений і оптимальний за характеристиками при порівняно невисокій складності конструювання. Конструкція квадрокоптеру докомплектована базовою системою уникнення зіткнень матиме великий попит, оскільки допоможе зберігати коптери від пошкоджень і є оптимальною для введення подібних модифікацій. Ультразвукові датчики є досить ефективними засобами для визначення перешкод на відносно невеликих відстанях (до 200 см.), тому їх використання є оптимальним рішенням з боку ціна/якість.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- [1] Токар [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://tokar.ua/read/37852> – Дата доступу: 03.10.2021.
- [2] Lifehacker [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://lifehacker.ru/drony/> – Дата доступу: 03.10.2021.
- [3] Architect trands [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://assz.ru/kvadrokopter-iz-kulerov-kak-i-iz-chego-samostoyatelno-sdelat-dron/> – Дата доступу: 03.10.2021.
- [4] Dronezon [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/top-drones-with-obstacle-detection->

- collision-avoidance-sensors-explained/ – Дата доступу: 03.10.2021.
- [5] Fast Onboard Stereo Vision for UAVs / A.J. Barry, H. Oleynikova, D. Honegger, M. Pollefeys, R. Tedrake, MIT CSAIL, 2015.
- [6] Mubina Toa, Akeem Whitehead Ultrasonic Sensing Basics. Texas: Texas instruments, Application Report, 2020.
- [7] Rahman, M. F. Obstacle Avoidance for Quadcopter using Ultrasonic Sensor / M. F. Rahman, R.A. Sasongko // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – . – № 1005 012037. – С. 14
- [8] Terabee [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.terabee.com/time-of-flight-principle/>. – Дата доступу: 03.10.2021.
- [9] Precisionhawk [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.precisionhawk.com/sensors/advanced-sensors-and-data-collection/lidar>. – Дата доступу: 03.10.2021.
- [10] Infratec [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.infratec.eu/sensor-division/service-support/glossary/infrared-sensor/>. – Дата доступу: 03.10.2021.
- [11] Entrop, A.G. Infrared drones in the construction industry: designing a protocol for building thermography procedures / A.G. Entrop, A. Vasenev // Energy Procedia. – 2017. – № 132. – С. 63-68
- [12] Nils Gageik, Thilo Müller, Sergio Montenegro Obstacle detection and collision avoidance using ultrasonic distance sensors for an autonomous quadcopter. Würzburg: University of Würzburg, Aerospace Information Technology (Germany), 2012.

Аналіз конструкції військового робота

Владислава Головіна¹, Дмитро Гурін¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр.Науки 14., email: vladyslava.holovina@nure.ua

Анотація. В даній статті був проведений аналіз конструкції військової робототехніки. Проведений аналіз розробки конструкції військового робота.

Ключові слова: Військовий робот, конструкція військового робота, рух військового робота, робот.

I. ВСТУП

Прогрес не стоїть на місці, і з кожним десятиліттям суспільство отримує нову хвилю технічного прогресу. Дана тема є актуальною так як, робототехніка є продовженням техніки як явище. В даний час робототехніка перетворилася в розвинену галузь промисловості. Жодна галузь не обходиться без участі роботів: в машинобудуванні, на транспорті, медицині, у шкідливих і небезпечних виробництвах, у військовій справі, легкої промисловості, в побуті і д.р. Величезне значення робототехніка грає у військовій справі - у всіх видах Збройних сил і родах військ. При цьому воєначальники всіх рівнів повинні розбиратися в можливостях використання бойових і допоміжних роботів, в їх значенні для забезпечення успіху як на тактичному рівні, так і на інших рівнях збройної боротьби.

II. АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОБОТІВ В АРМІЇ

Військове керівництво країн НАТО розглядає роботизацію сухопутної техніки як магістральний напрям розвитку засобів збройної боротьби. Відповідно з планами військово-політичного керівництва США до 2035 р будуть

створені повністю автономні наземні робото технічні засоби (НРТС), здатні працювати в єдиному інформаційному просторі ведення бойових дій, ефективно і безпечно взаємодіяти між собою і з людиною. А в подальшому (після 2045 г.) очікується майже повне виведення людини з переднього краю поля бою з передачею НРТС функцій на застосування зброї. Основним завданням військових роботів є заміна людини в ситуаціях, пов'язаних з ризиком для життя (розвідка, розмінування, евакуація поранених та ін.). Завдання бойових військових роботів, крім цього, полягає у підвищенні ефективності та якості виконання бойового завдання за рахунок практично повного виключення людського фактора на поле бою.

Сухопутні війська, а саме піхота, є одним з найбільш витратних за особистим складом родів військ. Втрати в живій силі тут найбільш вірогідні і великі. Тому прийняття на озброєння бойових роботів в мотострілецькі підрозділи підкріплюються наступними аргументами: втрати в живій силі зменшаться, а бойові можливості підрозділів, навпаки, збільшаться. На підтвердження актуальності введення в армії світу роботів, крім етичних міркувань, говорить той факт, що «утримувати» бійця набагато дорожче. Крім цього, слід зазначити, що солдат, на відміну від роботів, має низку недоліків, характеризуються так званім «людським фактором»: він може бути втомленим, хворим, може дезертирувати з поля бою і так далі. Робот ж від усього цього обмежений.[1].

На даний момент, інтенсивному розвитку оборонної

робототехніки заважає кілька найважливіших чинників. Однією з основних рушійних сил будь-якої армії є сухопутні війська. Однак протягом довгого часу велика увага у військовій робототехніці було приділено розвитку безпілотних літальних апаратів. Наземні ж бойові роботи значно відстали в своєму розвитку, що пояснюється більш складними умовами, в яких їм доводиться функціонувати. Якщо особливістю повітряного середовища є відносна рівномірність її фізичних властивостей, то наземні бойові машини функціонують на нерівній місцевості, долаючи річки, озера, пагорби, рівнини і яри. Іншими словами, для пересування в таких умовах системи управління бойовими наземними роботами вимагають складних апаратних і програмних рішень, які зараз все ще знаходяться на стадії розробки. Також створюються роботи не мають ще настільки великим інтелектом, щоб функціонувати автономно.

III. РІЗНОВИДИ ВІЙСЬКОВИХ РОБОТІВ РОЗВІДНИКІВ

Військова робототехніка налічує багато різноманітних конструкцій роботів. Одним з прикладів військового робота є робот Dogo. Dogo від General Robotics - портативний тактичний бойовий робот. Dogo важить 26 фунтів і може підніматися по сходах і інших перешкодах. Він їде зі швидкістю 2,5 милі на годину не менше двох годин на одному заряді акумулятора. Оператор отримує 360-градусний огляд околиць за допомогою шести відеокamer, в той час як ще дві камери прицілюється уздовж стовбура пістолета [2]. DOGO був розроблений для спецназу, команд спецназу і піхотних місій.

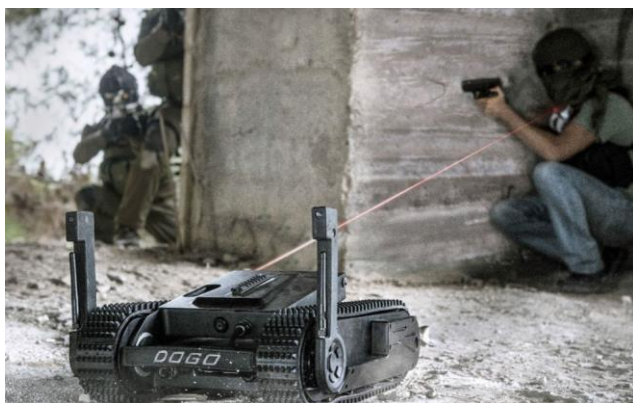


Рис. 1. Робот Dogo [2]

Також одним з прикладів схожої конструкції робота є робот розвідник Скарабей. Це комплекс призначений для оперативного збору аудіо-відео інформації в важкодоступних і небезпечних для людини зонах з подальшою передачею по радіоканалу на пульт дистанційного керування.

Виріб складається з керованої рухомий оглядової платформи і пульта відеоспостереження та дистанційного керування. Рух платформи забезпечується приводом на базі двох електродвигунів з редуктором. Джерелом

електроживлення служать дві Li-PO акумуляторні батареї, що забезпечують автономну роботу обладнання платформи протягом 45 хвилин. Для зарядки вбудованих акумуляторів керованої оглядової платформи і пульта відеоспостереження та дистанційного керування використовується зарядний пристрій з мереживим адаптером [3].



Рис. 2. Робот Скарабей [3]

Технології продовжують розвиватися та інженери робототехніки вважають майбутнє військових роботів позитивним.

У 1980-х роках ВМС США зацікавилися проектом колеса Ілона та омні-колесом, були викуплені патенти на дані винаходи. У військово-морських силах прилади, обладнані такими колесами, застосовуються для пересування майна на кораблях.[4]

IV. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ РОБОТА РОЗВІДНИКА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Після проведеного аналізу моделей роботів, був запропонований варіант установки всеспрямованих коліс, для більшої маневреності в управлінні і щоб уникнути виходу з ладу гусениць. Всеспрямоване колесо або поліколесо, схоже на Колесо Ілона, є колесом з невеликими дисками по колу, перпендикулярними до напрямку обертання. Ефект полягає в тому, що колесо може приводитися в повну силу, але буде ковзати в бічному напрямку з великою легкістю.



Рис. 3. Всеспрямоване колесо [5]

На рисунку 3 зображена одна з деталей військового робота розвідника робота, що розроблюється.

Основним елементом всепрямованого приводу є так зване різноспрямований колесо або ролик, також відоме як всепрямоване колесо. Ці колеса зазвичай мають форму барильця і кріпляться на повертається поверхні основного колеса, їх осі обертання розташовані під прямим кутом до осі обертання основного колеса. Різноспрямовані колеса можуть активно приводитися в рух двигуном, а також пасивно котитися в бік на вбудованих в колесо роликах. Різноспрямований колесо рухається одному напрямку за допомогою приводної осі і додатково може котитися в будь-якому напрямку за допомогою інших коліс. Тому завдяки взаємодії з двома іншими блоками приводу можна отримувати напрямок руху, яке відхиляється від напрямку приводу.[6]

Якщо в дію приводиться основне колесо, то два додаткових колеса блокуються і діють як поверхня кочення для головного колеса. Якщо привід зупиняється і транспортна система рухається в іншому напрямку, наприклад, за допомогою другого всепрямованого колеса, розташованого під прямим кутом, то додаткові колеса обертаються і тим самим зводять фрикційне опір колеса до мінімуму. Такий тип конструкції допускає швидке переміщення практично під будь-яким кутом до напрямку руху головного колеса.

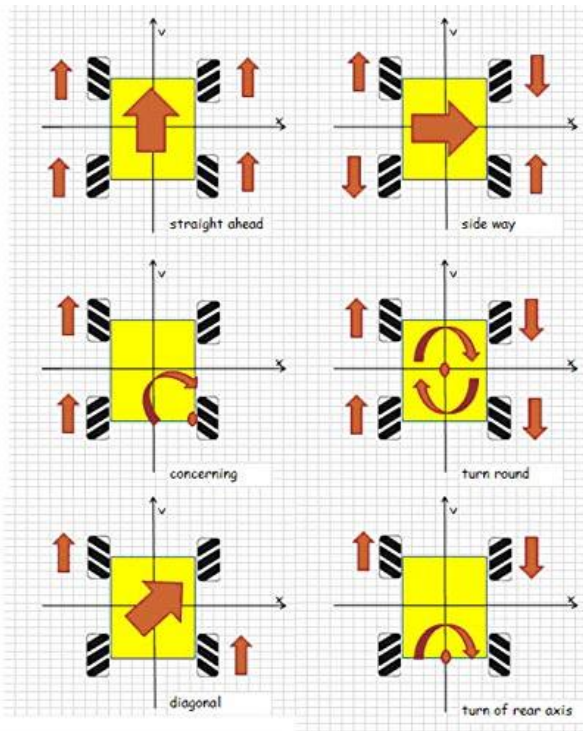


Рис. 2. Схема руху всепрямованих коліс [7]

V. ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу можна відзначити, що військові роботи збудовані з використанням таких технологій як омні-колесо та колесо Ілона мають великі перспективи, оскільки подібні компоненти відносно дешеві, чудово підходять для маневрування в умовах обмеженого простору та простіші у експлуатації ніж гусениці.

В цілому, варто відзначити, що військова робототехніка досягла значних досягнень в своєму розвитку. Солдати відчувають себе захищеними і впевненими, коли на поле бою поруч з ними йдуть такі машини. Але, незважаючи на настільки широке розмаїття роботизованої військової техніки, існує ще ряд нюансів для покращення та вдосконалення цих пристроїв. Так само варто звернути увагу на точність, надійність і стабільність техніки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- [1] Sovremennye nazemnye mobil'nye robototekhnicheskie komplekxy. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://otvaga2004.ru/na-zemle/na-zemle-11/modern_land_robots_1/. (dataobrascheniya 17.04.2019).
- [2] Popular Mechanics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a20924/dogo-glock/>
- [3] Техника для спецслужб [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=4976&tbl=02.03.05.&p=1%5C>
- [4] Wikipedia [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE_%D0%98%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0
- [5] Wikipedia [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%B9%D8%AC%D9%84%D8%A9_%D8%A3%D9%88%D9%85%D9%86%D9%8A
- [6] OMNIA [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.omniawheel.com/omnia-wheels>
- [7] THANKSBUYER [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.thanksbuyer.com/agv-robot-car-chassis-unassembled-w-ros-mecanum-wheel-metal-gear-motor-wireless-controller-kit-66344>
- [8] ROBOTRENDS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://robotrends.ru/robotpedia/chto-takoe-nazemnye-voennye-roboty>

Розробка систем автоматизації під управлінням штучного інтелекту

Ілля Пругер¹, Вячеслав Криворучко¹, Віктор Махонін¹

1. Деканат АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14., email: illia.pruher@nure.ua, viacheslav.kryvoruchko@nure.ua, nta81corvida@gmail.com

Анотація: в даному матеріалі наведено концепцію, розробку систем автоматизації для використання у виробництві що керується штучним інтелектом.

Ключові слова: системи автоматизації, виробництво, розробка, штучний інтелект.

I. ВСТУП

Все частіше у підприємствах прагнуть виключити людський фактор шляхом заміни людини керуючою програмою. Такий шлях технічного розвитку накладає певні завдання при розробці систем автоматизації під управлінням штучним інтелектом [1].

II. АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВИРОБНИЦТВА

Системи автоматизації виробництва – це комплекс апаратних і програмних рішень технічних завдань призначених для спрощення та збільшення продуктивності виробництва [2].

Впровадження систем автоматизації в виробничі процеси позитивно впливає на роботу підприємства, а саме:

- збільшення обсягів продукції без втрати якості. Автоматизовані системи дозволяють підвищити швидкість створення продукту, при цьому зберігши або навіть поліпшивши його якість;
- зростання ефективності підприємства. За рахунок автоматизації можлива швидка переорієнтація виробничого процесу: будь-який апарат можна перепрограмувати на випуск іншого виду продукції;
- економія фінансових коштів. Використання автоматизованих систем дозволяє скоротити штат співробітників, залишивши тільки обслуговуючий систему персонал;
- підвищення безпеки. Автоматизовані системи виключають участь людини в технологічному процесі, що скорочує ризик отримання травми співробітником;
- запобігання помилок. Штучний інтелект не здатний робити помилки через неухильність або робити неправильні розрахунки.

При розробці системи управління вирішуються завдання щодо забезпечення, зчитування даних про виробництво, виконання технологічного процесу, оцінки виготовленого продукту, оповіщення про позаштатні ситуації, які машини поки не можуть відповідати людським характеристикам.

Проте, у міру розвитку штучного інтелекту його вплив на роботу людини, буде неминуче зростати.

Майже половина з 1200 директорів, опитаних Accenture

в 2018 році, заявила, що традиційні робочі спеціальності відходять у минуле, оскільки штучний інтелект бере на себе завдання, засновані на процесах, що повторюються. Під реформуванням робочої сили 29% респондентів розуміють перерозподіл виконуваних завдань з метою отримання максимального цінності з партнерства людини і машини.

Слід зауважити, що найбільшого поширення системи автоматизації виробництва отримали в країнах, чия основна діяльність пов'язана з сучасними технологіями – галуззю, в якій найменша помилка може призвести до нежиттєздатності всього продукту (мікросхеми, мікропроцесору, плати, автомобіля і т.д.) [3].

III. ПЕРЕХІД ПІДПРИЄМСТВ НА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

У 2017 році Institute for the Future спільно з Dell Technologies повідомив, що приблизно 1500 компаній з Північної Америки проводять розробки котрі пов'язані з штучним інтелектом. Це менше 1% від всіх середніх і великих компаній в даному регіоні.

Двома роками пізніше Gartner опитала 3000 директорів з інформаційних технологій з 89 держав і встановила, що 37% компаній використовують ту чи іншу форму штучного інтелекту. Це означає, що зростання за два роки склало 3600%. В ході опитування ІТ-директорів були вивчені більші компанії з більшими бюджетами та більшою ймовірністю технологічних інновацій, таких як впровадження штучного інтелекту.

До сих пір ці та подібні прогнози продовжують ілюструвати думку ІТ-керівників і професіоналів про істотне зростання кількості впроваджень штучного інтелекту в період до 2030 року. Технологічні досягнення в області великих даних і науки про дані, а також велика кількість потенційних сфер застосування штучного інтелекту підтверджує результати опитування Cognilytica, згідно з яким майже 90% з 1500 респондентів очікують у себе впровадження штучного інтелекту до 2022 року [4].

Штучний інтелект здатний виконувати функції від заповнення форм, формування графіків і звітів, які пророкують споживчі звички клієнтів, до моделювання дизайну автомобілів, розробки фармацевтичних препаратів і створення нових форм розваг. Способи застосування штучного інтелекту будуть збільшуватися в кількості, різноманітності та складності.

Доповнюючи звіт від 2017 року новим дослідженням за 2018-2019 роки, McKinsey & Company виявила, що автоматизація надасть менший вплив на робочі місця, пов'язані з управлінням людьми, застосуванням

експертних знань і соціальною взаємодією – областями, з стратегічним мисленням, складну обробку інформації і міжособистісні відносини.

Загальні зміни, викликані переходом до штучного інтелекту у всіх галузях економіки, а також наслідки, які вже відчуваються серед робочої сили компаній, вказують на важливість планування адаптації до технологічних перетворень. Планування має включати в себе увагу до змін, які впливають на робочу силу, і робити ці зміни не просто прийнятними, але згладжувати їх вплив на тих, на кого воно найбільш сильно. А найбільше перехід на штучний інтелект і автоматизацію зачіпає робочу силу [5].

Дане реформування безпосередньо впливає на характер роботи, змінює навички і ставлення працівників до своєї праці.

Штучний інтелект вплине на робочу силу двома різними способами:

- приведе до підвищеної потреби в наявності передових технологічних навичок: складному програмуванні, добуванні інформації, аналізі і перетворенні даних;

- навички, які поки для штучного інтелекту недоступні, стануть більш важливими для людей: творче мислення, уява, багаторівневе прийняття рішень, проектування та дизайн, розробка стратегій та соціальна взаємодія.

Зростаюча потреба одночасно в технічних і когнітивних навичках, за прогнозом IDC, до 2025 року призведе до того, що 75% організацій, які впроваджують штучний інтелект, будуть інвестувати в перераховані вище навички. Джефф Вонг, директор з інновацій EY на глобальному ринку, запевняє, що штучний інтелект змінює саму природу роботи.

У міру того, як компанії впроваджують стратегії штучного інтелекту, вони все більше усвідомлюють, як змінюються ролі, обов'язки і навички їх співробітників.

Коли штучний інтелект бере на себе провідну роль у вирішенні простих і повторюваних завдань, співробітники можуть зосередитися на складній роботі, яка в кінцевому підсумку надає більш високий рівень професійної самореалізації і більш ефективного використання навичок критичного мислення [6].

У традиційних компаніях набір навичок співробітника являє собою суміш різних технічних і комунікативних здібностей, кількісного мислення. Успішний співробітник застосовує ці навички в правильній конфігурації, щоб правильно реагувати на кожну ситуацію. Впровадження штучного інтелекту на робочому місці приверне більше уваги до наступних категорій навичок:

- процесно-орієнтовані навички стосовно реєстрації, виробництва та відповідним їм процесам;

- навички кількісного мислення, що використовують вищу математику для інтерпретації результатів аналізу, формування рекомендацій, прийняття рішень і коригувань;

- навички соціальної взаємодії і творчого мислення, що включають будь-які форми людського спілкування, переконання, вирішення конфліктів, критичне і кого воно найбільш сильно. А найбільше перехід на штучний інтелект і автоматизацію зачіпає робочу силу.

IV. РОЗРОБКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПІД КЕРУВАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Великий попит на впровадження штучного інтелекту в виробництво обіцяє стабільно зростаючий попит на розробку заточений під управління штучним інтелектом[7].

Розробка систем автоматизації без контролю людини, вимагає вирішення виникаючих завдань, таких як:

- збільшення кількості даних, що надходять, для штучного інтелекту, для більш точно аналізу стану виробництва;

- зменшення габаритів системи до необхідного мінімуму, щоб забезпечити збільшення кількості систем виробництва і відповідно збільшення виробленої продукції;

- виділення додаткових обчислювальних потужностей, під установку штучного інтелекту, і коректної роботи всіх його завдань і функцій;

- настройка способів вирішення типових несправностей на виробництві без участі людини;

- система оповіщення оператора або керуючого виробництвом штучного інтелекту про помилки і поломки що не передбачені до самоусунення.

Рішення даних питань забезпечить стабільну роботу підприємства і підвищення продуктивності з якістю продукції. Скоротить витрати на обслуговуючий персонал і запобігне травматичним ситуаціям[8].

Ці завдання вимагають комплексних шляхів рішень, таких як:

- створення нових пристроїв контролю;

- розробка нових систем баз даних;

- відкриття у засобах навчання штучного інтелекту.

V. ВИСНОВКИ

В роботі ознайомилися з поняттям систем автоматизації. Розглянули плюси і мінуси впровадження штучного інтелекту в виробництво.

Розібрали виникаючі перед інженерами завдання по впровадженню штучного інтелекту в системи управління.

Для запобігання проблем з використанням даних технологій в підприємства в нашій країні, слід, збільшувати кількість і якість фахівців інженерних профілів, розробляти курси з підвищення кваліфікації для вже практикуючих фахівців і спрощувати доступ державних фахівців до іноземних статей та інновацій в даній темі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

- [1] Глибовець М. М., Олецький О.В. Штучний інтелект. – Київ : «Києво-Могилянська академія», 2002. – 364 с. – ISBN 966518153X. (укр.)
- [2] «Енциклопедія кібернетики», відповідальний ред. В. Глушков, 2 тт., 1973. (укр.) Життя 3.0. Доба штучного інтелекту / Макс Тегмарк ; пер. з англ. Зорина Корабліна. – Київ: Наш формат, 2019. – 428с.
- [3] Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / Невлюдов І.Ш., Чала О.О., Олександров Ю. М. // Сучасний рух науки:

- тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернетконференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.2 С.: 604-608.
- [4] Методи штучного інтелекту: навч. посіб. / В. Б. Гітис, К. Ю. Гудкова. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 136 с. – ISBN 966-379-823-3.
- [5] Левченко Є. О. Machine-to-mobile (M2M) в автотранспортних мережах / Є. О. Левченко, О. О. Чала // Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XXXI Всеукраїнск. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, 22–23 квітня 2021 р. – Одеса, 2021. – С. 162–163.
- [6] O. Filipenko, O. Chala, V. Bortnikova, O. Sychova and I. Botsman, "Impact of Technological Operations Parameters on Moems Components Formation," 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL), 2019, pp. 371-374, doi: 10.1109/CAOL46282.2019.9019570.
- [7] Alan Bundy, Rod Burstall. Artificial Intelligence: An Introductory Course. – Revised. – Edinburgh University Press, 1984. – 200 с. – ISBN 978-0852244104.
- [8] Nils J. Nilsson. The Quest for Artificial Intelligence. – 1. – Cambridge University Press, 2009. – 578 с. – ISBN 978-0521116398.

Впровадження системи управління якістю в галузі надання послуг населенню щодо забезпечення теплопостачання

Кирило Редькін¹, Леонід Іванов¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: kyrylo.redkin@nure.ua, leonid.ivanov@nure.ua

Abstract: This work is devoted to the study of modern methods of protecting the access to corporate information in modern Smart Manufacturing built on the basis of IIoT. The authors conduct a comparative analysis of vulnerabilities in IIoT networks, consider the security issues of cyber-physical production systems in Industry 4.0.

Keywords: Industry 4.0, Smart Manufacturing, Industrial Internet of Things, cyberattacks, cybersecurity.

I. ВСТУП

Актуальність теми полягає в тому, що система управління якістю в галузі надання послуг населенню, в першу чергу, орієнтована на задоволення певних потреб споживачів; при цьому, надання такої послуги як тепло, є дуже актуальною проблемою сьогодення. Дослідження показали, що в Україні сучасно обладнаних автоматизованих теплових пунктів впроваджено лише 5% від загального обсягу (у новобудовах). Останні 95% відносять до централізованих теплових пунктів, які обладнані за старими технологіями та експлуатуються ще з радянських часів.

Проведений аналіз галузі теплопостачання показав, що існуючі технології забезпечення послуг дуже застаріли, тому не можуть в повному обсязі задовольняти сучасні стандарти теплопостачання.

Тому, щоб задовольнити вимоги стандарту якості ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги», який прийнятий в Україні, необхідно використовувати сучасні технічні засоби та технологічні схеми постачання тепла.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Система управління якістю - це сукупність систематично здійснюваних видів діяльності організації, спрямованих на створення організаційних, технічних, економічних і соціальних умов, що гарантують належний рівень і стабільність якості продукції або послуг [1,5].

Основою впровадження і функціонування Системи є стандарт ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги». Цим ДСТУ визначені вимоги, яким повинна відповідати сучасній системі якості, щоб гарантувати постійну відповідність продукції і послуг вимогам замовника. Цей стандарт розроблений Міжнародною організацією по стандартизації (ISO) з метою використання підприємствами і організаціями його як основи при розробці власних систем якості.

ISO 9001 встановлює критерії системи менеджменту якості і є єдиним стандартом у своїй серії, по якому можна пройти сертифікацію (хоча це не є обов'язковою вимогою). Його може використати будь-яка організація.

До обов'язків служби якості входить як виконання змістовних функцій системи якості, передбачених стандартом ДСТУ ISO 9001:2015, так і допоміжних завдань.

Серед основних завдань служби якості можна виділити наступні:

1. Організація роботи служби контролю якості (щодо дотримання вимог ДСТУ) - розробка, впровадження, забезпечення функціонування і вдосконалення системи якості.

2. Розробка спільно з підрозділами проекту політики якості.

3. Контроль якості продукції при її виготовленні, проведенні випробувань.

4. Метрологічне забезпечення виробництва.

5. Проведення робіт по стандартизації.

6. Ведення претензійної роботи.

7. Поточне планування, підготовка заходів і організаційно-розпорядчих документів в області контролю якості, контроль і аналіз їх виконання.

8. Організація і участь в проведенні внутрішніх і зовнішніх перевірок системи якості.

9. Організація робіт по сертифікації продукції і системи якості та забезпечення інспекторських перевірок органами з сертифікації.

10. Участь в навчанні персоналу роботи в системі якості.

11. Розробка Керівних матеріалів системи якості і нормативних документів, що відносяться до компетенції служби якості.

12. Методичне забезпечення і координація робіт.

Якість продукції — це сукупність властивостей продукції, які обумовлюють її придатність задовольнити певні потреби відповідно до призначення. [2].

Показник якості - це кількісна характеристика одного або декількох властивостей продукції, що становлять відповідність до показників стандарту якості, що розглядається стосовно певних умов її створення і експлуатації або споживання.

Кожна продукція має свою номенклатуру показників якості, яка залежить від призначення продукції, умов її виробництва і експлуатації та багатьох інших чинників.

Показник якості може виражатися в різних фізичних одиницях виміру, умовних одиницях виміру, а також бути безрозмірним. У вигляді технічних вимог показники входять до складу технічного завдання на продукцію, що розробляється, і технічних умов.

Існує два види показників якості: кількісний та якісний. [2,3].

Кількісними називають показники, значення яких вимірюються у будь-якій метричній шкалі.

Якісними називають показники, значення яких вимірюються в номінальній або порядковій шкалі.

Система - це сукупність взаємопов'язаних елементів, що взаємодіють з довкіллям як щось ціле. Ознаки системи - структурованість, взаємопов'язаність складників, підлеглість (підпорядкованість) організації усїєї системи певній меті.

Мета створення системи - забезпечення дії на розроблення об'єкту для отримання деякого продукту. Таку дію називають функцією системи.

Система управління включає:

а) матеріальні складові

- управлінські кадри (люди - працівники системи управління);

- техніку управління (різна оргтехніка, ЕОМ, засоби зв'язку і комунікацій);

б) нематеріальні складові:

- стосунки людей;

- організацію управління;

- технологію управління.

Сучасні системи управління складаються з матеріальних елементів:

- управлінський персонал, кадри управління;

- спеціальні технічні засоби, техніка управління;

- управлінські документи (накази, зведення і так далі).

З кожним роком технічний стан систем теплопостачання все більше погіршується, якість послуг знижується, а борги в секторі ростуть. [4].

Система управління якістю (СУЯ) призначена для економічного, надійного і якісного управління теплопостачанням за рахунок:

1. Автоматизації та відповідного підвищення ефективності управління технологічним обладнанням

2. Скорочення експлуатаційних витрат

3. Роботи технологічного обладнання без експлуатаційного персоналу (перехід до «безлюдній» технології).

Основні цілі і завдання СУЯ:

а) Реалізація оптимальних режимів теплопостачання за рахунок введення функцій автоматичного управління технологічним обладнанням та автоматичного регулювання технологічних параметрів теплового пункту, в тому числі - за рахунок підтримки температурного графіку теплопостачання.

б) Запобігання шкоди від аварій або їх зменшення внаслідок оперативного виявлення місць виникнення і характеру аварій і, отже, скорочення часу на їх локалізацію, ліквідацію і усунення наслідків аварійних ситуацій.

в) Вивід на екрани диспетчерського пункту достовірної та своєчасної технологічної інформації для ведення оперативного контролю та управління обладнанням, а також вивід ретроспективної технологічної інформації для можливості аналізу, оптимізації та планування робіт по експлуатації обладнання теплового пункту та його ремонтів.

г) Зниження невиробничих витрат через «недооблік» і наднормативного споживання енергоресурсів за рахунок їх автоматизованого комерційного / технічного обліку.

д) Зниження виробничих витрат можливе внаслідок:

- економії електроенергії за рахунок регулювання частоти обертання двигунів насосів (при використанні частотно-регульованих приводів);

- економії теплових ресурсів за рахунок оптимізації процесу теплопостачання, в тому числі за рахунок ведення корекції відпускається теплової енергії по температурі зовнішнього повітря (температурний графік), швидкості вітру;

- зниження кількості аварійних ситуацій, тривалості вимушених простоїв обладнання і витрат на його ремонт за рахунок усунення «людського фактора» при управлінні технологічним обладнанням і автоматичної діагностиці всіх елементів системи

- зниження витрат на сервісне обслуговування системи в цілому завдяки уніфікації рішення, використання однотипних апаратних і програмних засобів;

- оптимізації завантаження обладнання і процесу

планування ремонтів внаслідок наявності в системі інформації з напрацювання обладнання;

– зниження ненормативних витрат (втрат, небалансів) енергоресурсів за рахунок ведення комерційного / технічного обліку відпускаються і споживаних енергоресурсів, своєчасного і швидкого виявлення, локалізації та усунення аварійних ситуацій;

– пряма економія коштів за рахунок впровадження «безлюдній» технології (можливості роботи теплового пункту без експлуатаційного персоналу).

Всі ці завдання можуть бути реалізовані в значній мірі за рахунок автоматизації процесу теплопостачання, в тому числі за допомогою використання приладів і сучасних технологій та пристроїв. [4].

Результатом їх виконання буде не тільки забезпечення комфортних умов в приміщеннях і параметрів гарячої води, але і реальна економія енергоспоживання на рівні 30-35% в річному розрізі та 60-70% в перехідні періоди, коли температура зовнішнього повітря перетинає 0°C, а також скорочення викидів в атмосферу продуктів згоряння різного виду палива.

Важлива задача автоматизації процесу теплопостачання - це підвищення ефективності управління технологічним процесом з метою удосконалення методів планування операцій, створення нових або удосконалення діючих організаційно-технічних моделей, спрямованих на підвищення якості надання послуг населенню.

III. ВИСНОВКИ

Таким чином, результатом автоматизації технологічних процесів в галузі надання послуг населенню є прискорення процесу впровадження системи управління

якістю, який в значній мірі забезпечить підвищення показників якості цих послуг та дозволить зменшити тарифне навантаження для населення при сплаті за ці послуги.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги». [Чинний від 2016-07-01]. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016. 30 с.
- [2] Класифікація показників якості: веб-сайт. URL: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/69180/mod_resource/content/1/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%84%D1%96%D0%BA%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F%20%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D1%96%D0%B2%20%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96.pdf (дата звернення 01.10.2021).
- [3] Актуальність проблеми якості і міжнародний досвід управління якістю: веб-сайт. URL: <http://um.co.ua/2/2-2/2-22521.html> (дата звернення 01.10.2021).
- [4] Орлов П. А. Впровадження систем управління якістю: стан, проблеми, перспективи / П. А. Орлов // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2013. – № 6. – С. 59-63.
- [5] Tricker R. Quality Management Systems : A Practical Guide to Standards Implementation / R. Tricker. – London : Taylor & Francis Ltd, 2019. – 240 p.
- [6] Hewitt D. Quality Management Systems A guide to ISO 9001:2015 Implementation and Problem Solving / D. Hewitt. – Auckland : Purple Parrot Publishing, 2019. – 92 p.

Використання мікроконтролерів для збору та обробки інформації з візуальною індикацією

Олександр Якименко¹, Єгор Зубов¹, Ольга Григор'єва¹

1. Деканат АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14., email: oleksandr.yakymenko@nure.ua, email: yehor.zubov@nure.ua, olha.hryhorieva@nure.ua

I. ВСТУП

В зв'язку з необхідністю швидкого реагування на надзвичайні події в промисловості необхідно використовувати пристрої індикації для можливості швидкого інформування диспетчера. Керуючим пристроєм можуть виступати різні мікроконтролери та одно платні комп'ютери.

Для якісної роботи та економічності виготовлення виробу доцільно використовувати мікроконтролери, тому що вони є багатофункціональними виробами за низької собівартості. Вони використовуються в усіх розумних пристроях.

II. ВИБІР МІКРОКОНТРОЛЕРУ

Мікроконтролер – це спеціалізований програмований прилад, що призначений для використання у керуючих пристроях, системах передачі даних та системах керування технологічними процесами.

Для поставленої задачі для початку необхідно обрати мікроконтролер.

STM32 – це платформа, в основі якої лежать мікроконтролери STMicroelectronics на базі ARM процесора, різні модулі та периферія, а також програмні рішення (IDE) для роботи з залізом. Рішення на базі stm активно використовуються завдяки продуктивності мікроконтролера, його вдалої архітектури, малому

енергоспоживанні, невеликій ціні. В даний час STM32 складається вже з декількох лінійок для самих різних призначень. Сімейство STM32 має широкий асортимент виробів, що розрізняються за обсягом пам'яті, продуктивності, споживання енергії та інші характеристики.

Серії STM32F-1, STM32F-2 і STM32L повністю сумісні. Кожна із серій має десятки мікросхем, які можна без праці поміняти на інші вироби. STM32F-1 була першою лінійкою, її продуктивність була обмежена.

Пізніше була випущена STM32F-2 з поліпшеними характеристиками – тактова частота досягала 120 МГц. Відрізняється високою процесорною потужністю, яка досягнута завдяки новій технології виробництва 90 нм.

Лінійка STM32L представлена моделями, які виготовлені за спеціальним технологічним процесом.

Основні переваги:

- низька вартість;
- зручність використання;
- великий вибір середовищ розробки;
- висока продуктивність;
- зручна налагодження мікроконтролера.

Основні недоліки:

- високий поріг входження;
- на даний момент не так багато літератури по STM32;
- більшість створених бібліотек вже застаріли, простіше створювати свої власні.

Прообразом контролерів сімейства PIC з RISC-архітектурою послужив периферійний контролер (Peripheral Interface Controller - PIC), розроблений в 1975 році відділенням компанії General Instrument Microelectronics Inc для підтримки введення-виведення 16-розрядного процесора.

До основних областей застосування PIC слід віднести:

- комп'ютерні пристрої (миші, модеми, принтери, плоттери, сканери, мережеві карти та ін.);
- пристрої зв'язку (мікро-АТС, автовідповідачі, мобільні телефони, факс-апарати, радіомодеми, пейджері і ін.);
- автомобільна електроніка (автомобільна сигналізація, радарні детектори, системи управління запаленням і уприскуванням палива, приладові панелі і ін.);
- промислові пристрої (пристрої управління електродвигунами, промислові роботи, інтелектуальні датчики, регулятори температури, вологості, тиску та ін.);
- побутові пристрої (аудіо системи, CD-програвачі, системи сигналізації, лічильники води, газу та електроенергії, пристрої заряду батарей, іграшки та ін.).

Мікроконтролери AVR мають гарвардську архітектуру (програма і дані знаходяться в різних адресних просторах) і систему команд, близьку до ідеології RISC. Процесор AVR має 32 8-бітових регістра загального призначення, об'єднаних в регістровий файл. На відміну від «ідеального» RISC, регістри не абсолютно ортогональні:

- три «здвоєних» 16-бітних регістра-показчика X (r26: r27), Y (r28: r29) і Z (r30: r31);
- деякі команди працюють тільки з регістрами r16..r31;
- результат множення (в тих моделях, в яких є модуль множення) завжди поміщається в r0: r1.

Всю безліч команд мікроконтролерів AVR можна розбити на кілька груп:

- команди логічних операцій;
- команди арифметичних операцій і команди зсуву;
- команди операції з бітами;
- команди пересилання даних;
- команди передачі управління;
- команди управління системою.

III. ОБРАНИЙ МІКРОКОНТРОЛЕР

Беручи до уваги вище перераховані варіанти мікроконтролерів у якості мікроконтролеру для керування пристроєм було обрано мікроконтролер ATmega328P від компанії Atmel.

Він являє собою 8-бітовий пристрій високої якості, що базується на архітектурі RISC (RISC, з англійського обчислення зі скороченим набором команд) Особливістю є технологія ПІКО-ПАВЕР, яка забезпечує наднизьким споживанням енергії і режими сну з низьким енергоспоживанням, що ідеально підходять для додатків на батарейках. Дані мікроконтролери є одними з найбільш популярних серій лінійки AVR. Прекрасно себе зарекомендували в різних областях застосування.

Основні параметри ATmega328P:

- живлення від 1,8 до 5,5 Вольт;
- тип ядра: AVR;
- розрядність: 8-Bit;
- частота: 20MHz;
- робоча температура, °C: -40 ... + 85 °C;
- ширина шини даних: 8-біт;
- тактова частота: 20 мегагерц;
- кількість входів / виходів: 23;
- обсяг пам'яті програм: 32 кбайт (16k x 16);
- тип пам'яті програм: flash;
- наявність аналого-цифрового перетворювача та цифро-аналогового перетворювача: 6 каналів з роздільною здатністю 10 біт;
- вбудовані інтерфейси: I2C, SPI, UART.

Обраний мікроконтролер та функціонал ніжок зображено на рис.1

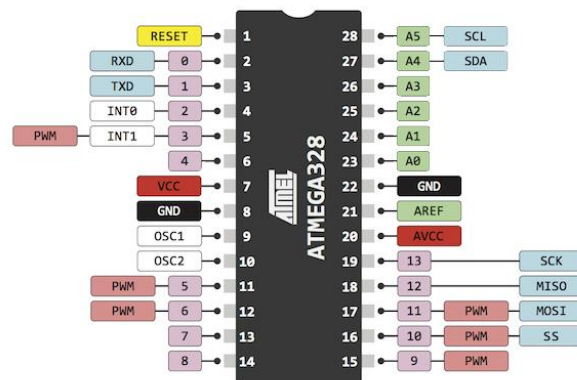


Рис. 1. Функціонал ніжок мікроконтролера ATmega328P

IV. РЕАЛІЗАЦІЯ ІНДИКАЦІЇ

Індикація обробленої інформації відбувається на світлодіодній матриці. Матричний індикатор складається з великої кількості однотипних елементів - пікселів,

згрупованих в рядки і стовпці. Матричні індикатори можуть ґрунтуватися на різних типах індикаторів. Принципова схема роботи світлодіодної матриці зображено на рис.2.

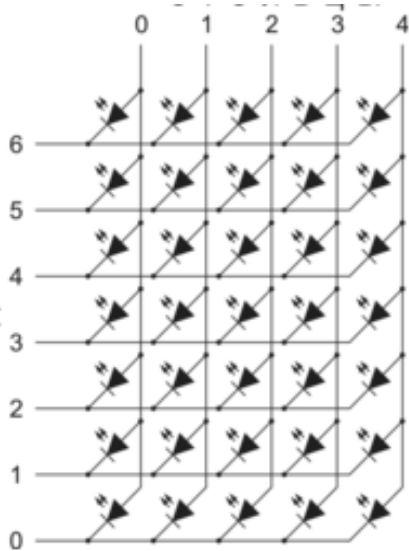


Рис. 2. Принципова схема роботи світлодіодної матриці

За принципом формування зображення матричні індикатори бувають двох видів: статичні і динамічні (мультиплексні). У статичних матричних індикаторах кожен піксель має індивідуальний драйвер-формував напруги (струму). При невеликому дозволі індикатора (наприклад 4 4 пікселі), при великих розмірах індикатора і великому споживанні, часто дешевше використовувати статичний спосіб. Крім того, такий спосіб формування зображення використовується в застосуваннях, де потрібна низький рівень електромагнітних перешкод.

У індикаторах, що працюють по динамічному принципу, рядки і стовпці об'єднані між собою. У цьому випадку в індикаторі одночасно може працювати тільки один стовпець або рядок. За рахунок швидкої динамічної зміни показуваних рядків (стовпців) і інерційності людського зору, або інерційності самих елементів індикації, зображення складається в картинку.

Динамічний принцип формування зображення застосовується тільки до індикаторів, що забезпечує малий час включення / вимикання.

V. СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО КОДУ

Для спрощення поставленої задачі доцільно використовувати готовий модуль ARDUINO UNO зображену на рис.3.

На даній платформі саме і встановлено мікроконтролер ATmega328P. Для програмування для цієї платформи використовується середовище розробки ARDUINO IDE. Arduino IDE – інтегроване середовище розробки (ICP) для Windows, MacOS і Linux розроблено на C і C ++, призначено для створення і завантаження скетчів на Arduino-сумісні плати, а також на плати інших виробників.

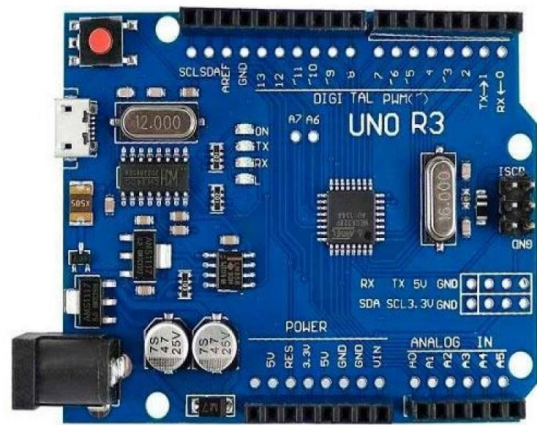


Рис. 3. Зовнішній вигляд ARDUINO UNO

VI. ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Різні пристрої та прилади підключаються до мікроконтролеру через порти введення-виведення. Порт введення-виведення звичайного призначення (GPIO – General Purpose Input / Output) являє собою кілька виводів (пинов) мікроконтролера по числу біт, тобто в даному випадку це 8 виводів.

З точки зору програми для мікроконтролера кожен порт – це кілька спеціальних регістрів (змінних), виробляючи читання або запис даних в які можна змінювати стан або режим роботи виводів мікроконтролера. Оскільки кожному виводу порту звичайного призначення відповідає 1 біт, то напруга на відповідному виводі може змінюватися, приймаючи логічне значення: або високий рівень (HIGH), або низький рівень (LOW).

Для логічних мікросхем існує ряд електричних стандартів напруг, заснованих на технології, по якій дана мікросхема виконана. Наприклад, TTL, CMOS.

Розроблюваний пристрій має різноманітні периферійні датчики для отримання інформації до яких відноситься:

- датчик вологи;
- датчик температури;
- інфрачервоний датчик;
- датчик освітлення та інші.

Спілкування з кожним з цих датчиків відбувається за різними інтерфейсами, такими як UART, SPI, I2C та інші.

Мікроконтролер обробляє отриману інформацію та передає на певні ніжки до яких підключена світлодіодна матриця, яка і інформує оператора про зміну стану того чи іншого параметру.

За необхідності, можна підключити додаткові пристрої, які при зміні певного параметру будуть самостійно урегулювати ситуацію, відновлюючи необхідний стан середовища.

VII. ВИСНОВКИ

Було проаналізовано та обрано мікроконтролер для виконання даного пристрою. Це мікроконтролер ATmega328P від компанії Atmel.

Вирішено спосіб відображення інформації з датчиків. Проаналізовано середовище розробки програмного коду та описано принцип роботи пристрою, що розробляється.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Галкін П. В. Разработка лабораторного комплекса по изучению встраиваемых систем управления и промышленной автоматизации. – 2017.
- [2] Невлюдов И.Ш. Технологии микросистемной техники [Текст]/ И. Ш. Невлюдов, В. А. Палагин, Е. А. Чалая/– НТЖ «Технология приборостроения», Харьков. – 2014.– № 3, С.7-10.
- [3] Невлюдов И.Ш., Палагин В.А., Чалая Е.А. «Технологии микросистемной техники (часть II)», НТЖ «Технология приборостроения». – Х., 2015. №2.
- [4] Невлюдов І. Ш. Основи виробництва електронних апаратів //Харків: Сміт. – 2005.
- [5] Чала О. О. Технологічне забезпечення якості підкладок функціональних компонентів мікрооптоелектромеханічних систем. – 2021.

Застосування термоелектричних перетворювачів у НВЧ-технологіях

Максим Наумов¹, Ілля Степанов¹, Віктор Махонін¹

1. Деканат АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14., email: maksym.naumov@nure.ua, illia.stepanov@nure.ua, nta81corvida@gmail.com

Анотація: В даному матеріалі наведено інформацію про можливість використання вихрострумів методів для проведення неруйнівного контролю металів.

Ключові слова: термоелектричний, перетворювач, НВЧ, технології

I. ВСТУП

Як відомо, на сьогоднішній день спостерігається широкий розвиток мікроелектронних та нано- технологій і як результат мікромініатюризація в виробничо-технологічних процесах.

З іншого боку все більш широко в радіотехнічних приладах використовуються високі та надвисокі частоти (НВЧ). Зокрема техніка НВЧ потребує застосування новітніх методів індикації, вимірювання та перетворення енергії НВЧ.

Використання теплоелектричних перетворювачів можливо в надзвичайно широкому діапазоні від пристроїв протипожежної безпеки до засобів вхідного та вихідного контролю технологічних процесів виробництва. Крім того такі перетворювачі можуть бути використані в охоронних системах, в медицині, для вимірювання температури, тиску та ін.

В даній роботі розглянуто застосування теплоелектричних перетворювачів в якості детекторів електромагнітного випромінювання діапазону НВЧ.

II. МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення експериментальних досліджень був вибраний метод заміщення, суть якого полягає в тому, що полужовій лінії передачі НВЧ сигналу проводиться розрив в якому розміщується активна пластина перетворювача. З контактної площадки цієї пластини знімається відповідний сигнал для подальшого підсилення та обробки.

Крім того в експериментальних дослідженнях використовувався метод, що носить назву «Метод нееквідистантного розміщення термоелектричних перетворювачів». Суть даного методу полягає в наступному.

До високочастотного тракту під'єднується генератор та осцилограф для реєстрації результатів вимірювання. Після цього перед навантаженням тракту розміщується блок із перетворювачем, що досліджується. Після цього проводяться відповідні вимірювання.

Елементом новизни в даному випадку є використання перетворювача основним матеріалом якого є танталат літійу.

Спрощений ескіз конструкції теплоелектричного перетворювача, змонтованого на полужовій лінії наведено на рис.1.

Метою досягнення максимальної чутливості перетворювача, чутливий елемент розміщено таким чином, щоб він був кінцевим навантаженням мікрополужової лінії.

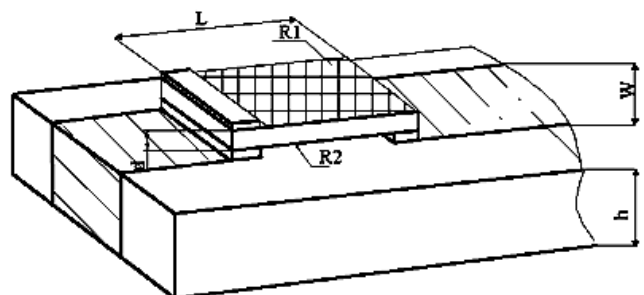


Рис. 1. Кріплення теплоелектричного перетворювача на полужовій лінії.

Слід зазначити, що чутливий елемент представляє собою піроелектричну пластину, що металізована з двох

боків, які в свою чергу є перпендикулярними вектору спонтанної поляризації.

Технологічний процес виготовлення та монтажу чутливого елементу включає механічну обробку піроелектричного кристалу, нанесення на грані чутливого елементу резистивних плівок, виготовлення мікрополоскової лінії з заданою топологією та монтаж чутливого елементу у розрив полоскової лінії.

III. ОПИС УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження термоелектричного перетворювача, встановленого на полосковій лінії проводилось за допомогою установки, схема якої наведена на рис. 2.

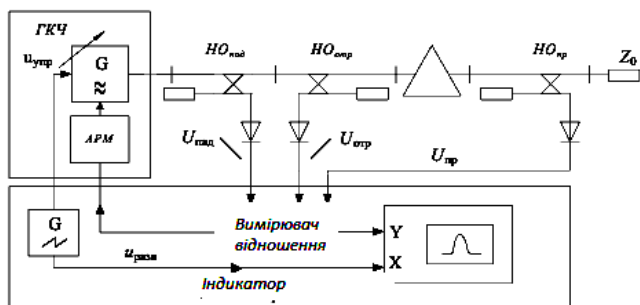


Рис. 2. Структурна схема дослідної установки

Установка в основному складається з блоку генератора та вимірювача-індикатора.

В якості генератора застосовується автогенератор на діоді Гана вмонтований в ферродіелектричний резонатор (ЖИГ-сфера). Керування резонансною частотою ЖИГ-сфери проводиться шляхом зміни напруженості підмагнічуючого поля.

Регулювання рівня вихідного сигналу та його стабілізація проводиться системою автоматичного регулювання потужності.

Ця установка має наступні технічні характеристики:

1. Діапазон робочих частот 8,24 ... 12,05 ГГц ;
2. Полоса девіації частоти від 120 МГц
3. Вихідна потужність не менше 1 мВт.
4. Діапазон коефіцієнта стоячих хвиль КСВ 1,05 с – 5 с погрешністю $\pm(5\%)$; діапазон згасання 0...35 дБ з похибкою $\pm(0,05 \cdot A + 0,5)$, дБ; похибка установки частоти не гірше ніж 240 МГц.

Прикладом конструктивного виконання теплоелектричного перетворювача може слугувати конструкція, наведена на рис.3

В якості діелектричної основи 1 використано полікор товщиною 1 мм, що припаяний до металізованої поверхні 2.

На металізовану поверхню, методом вакуумного наплення, нанесено високоомний металічний електрод 3 з поверхневим опором 400 Ом / м² та контактною площадкою 4.

На діелектричну основу 1 за допомогою оптичного клею марки К-111 прикріплено піроелектричну активну пластину 5, яка виготовлена з танталату літію, поляризована перпендикулярно площинкам.

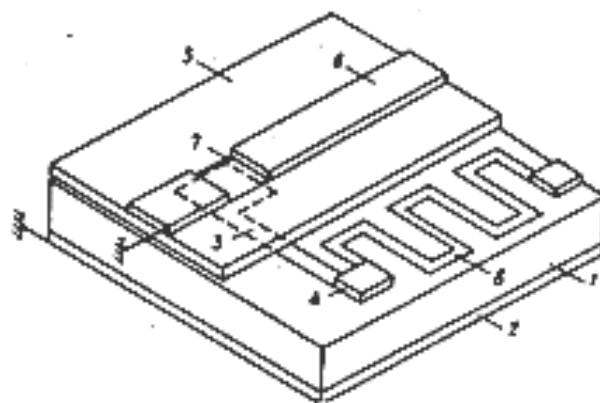


Рис. 3. Конструкція термоелектричного перетворювача

Після цього верхня площинка шліфується та полірується до товщини 5 мкм – 10 мкм, і на неї, методом вакуумного наплення, наносять резистивний шар 7 з танталу та / або ніхрому з поверхневим опором, що складає 50 Ом / м² та мідь товщиною 3 мкм.

Методом фотолітографії формується геометрія полоскової лінії 6 з урахуванням заданого хвильового опору мікрополоскової лінії.

IV РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті проведених досліджень була встановлена певна залежність характеристик перетворювача від його глибини занурення в полоскову лінію.

Крім того, було отримано ряд графіків залежності коефіцієнта стоячої хвилі від частоти, один з прикладів яких наведено на рис. 4.

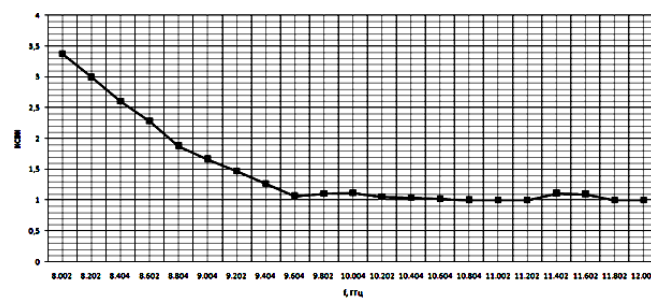


Рис. 4. Графік залежності коефіцієнта стоячої хвилі від частоти, структури що досліджується

Звертає на себе увагу прагнення одержаної залежності до одиниці, що свідчить про хороші характеристики конструкції перетворювача.

В ході експериментальних досліджень були одержані наступні залежності коефіцієнта стоячої хвилі від глибини занурення термоелектричного датчика в полоскову лінію, наведену на рис.5.

В результаті експерименту, як видно з рис. 5, значення коефіцієнта стоячої хвилі не перевищують значення два. Різні криві на рис.5 відносяться до різних видів термоелектричних перетворювачів.

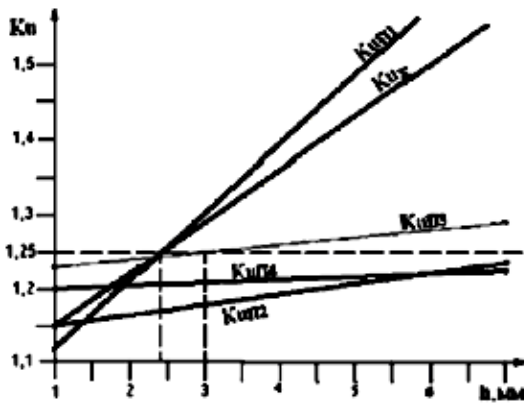


Рис. 5. Графік залежності коефіцієнта стоячої хвилі від глибини його занурення

Крім того, була створена математична модель термоелектричного перетворювача що містить дві складові – теплову та електричну.

За допомогою MathCAD v.15 були одержані графіки залежностей показників перетворювача від його конструктивно-технологічних параметрів.

V. ВИСНОВКИ

В процесі виконання роботи наряду з певною теоретичною роботою, були експериментально досліджені оригінальні зразки термоелектричних перетворювачів, встановлених на ползковій лінії.

Отримані залежності свідчать про можливість ефективного застосування таких перетворювачів в якості приймачів коливань надвисоких частот.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1]. Баррет Р.М. Печатные схемы сантиметровых волн. – Сб. «Печатные схемы сантиметрового діапазона», М., ИЛ, 1956, с. 9 – 29;
- [2]. Ковалев И.С. Теория и расчет полосковых волноводов. Минск, «Наука и техника», 1967, 233с.;
- [3]. Дьюкс Дж. Печатные схемы, ИЛ, М., 1967, 303с.;
- [4]. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. М. – Л., 1961. 512с.
- [5]. Harvey A. Parallel-plate transmission systems for microwave frequencies. “Proc IEE”, 1959, 106 B, №26, p 129 – 140.
- [6]. Денисов Д.С., Кондратьев Б.В. Полосковые линии сверхвысоких частот. X., «Вища школа», ИЛ, 1974, 275с.
- [7]. Ключник І. І., Зайченко О. Б., Сліпченко М.І. Первинні перетворювачі НВЧ: [монографія] / І. І. Ключник, О.Б. Зайченко, М. І. Сліпченко. / ХНУРЕ: Харків, 2014. – 341 с.
- [8]. Бондаренко А.Ю. Пирозлектрический преобразователь на основе монокристалла танталата лития. X., ХАИ, 2005, 173с.

Використання технологій штучного інтелекту для управління підприємством

Олег Хмелик¹, Ростислав Бабін¹, Віктор Махонін¹

1. Деканат АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки 14., email: oleh.khmelyk@nure.ua, rostyslav.babin@nure.ua, nta81corvida@gmail.com

I. ВСТУП

Людський фактор все частіше впливає на підприємства. Непланові зупинки, помилки, та інші дії які може зробити людина. Данна розробка видаляє Людський фактор з підприємств, та дає штучному інтелекту повністю керувати усіма процесами у заводах та інших підприємств. Протягом цієї роботи розглянемо штучний інтелект, способи його створення, та імплементацію у підприємство.

II. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

Штучний інтелект – розділ комп'ютерної лінгвістики та інформатики, що опікується формалізацією проблем та завдань, які подібні до дій, що виконує людина [1].

У більшості випадків алгоритм розв'язання завдання невідомий наперед. Точного визначення цієї науки немає, оскільки у філософії не розв'язано питання про природу і статус людського інтелекту. Немає і точного критерію

досягнення комп'ютером «розумності», хоча перед штучним інтелектом було запропоновано низку гіпотез, наприклад, тест Тюрінга або гіпотеза Ньюелла-Саймона. Нині існує багато підходів як до розуміння задач штучного інтелекту, так і до створення інтелектуальних систем.

Одна з класифікацій виділяє два підходи до розробки штучного інтелекту:

- низхідний, семіотичний – створення символічних систем, що моделюють високорівневі психічні процеси: мислення, судження, мову, емоції, творчість тощо;
- висхідний, біологічний – вивчення штучних нейронних мереж і еволюційні обчислення, що моделюють інтелектуальну поведінку на основі менших «неінтелектуальних» елементів.

Ця наука пов'язана з психологією, нейрофізіологією, трансгуманізмом та іншими. Як і всі комп'ютерні науки, вона використовує математичний апарат.

Штучний інтелект — технічна (в усіх сучасних випадках спроб практичної реалізації — комп'ютерна) система, що має певні ознаки інтелекту, тобто здатна:

- розпізнавати та розуміти;
- знаходити спосіб досягнення результату та приймати рішення;
- вчитися.

У практичному плані наявність лише неповних знань про мозок, про його функціонування не заважає будувати його наближені інформаційні моделі, моделювати найскладніші процеси мислення, у тому числі й творчі.

III. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Банки застосовують системи штучного інтелекту (СШІ) в страховій діяльності (актуарна математика) при грі на біржі і управлінні власністю. У серпні 2001 року роботи виграли в людей в імпровізованому змаганні з трейдингу. Методи розпізнавання образів, (включаючи, як складніші й спеціалізовані, так і нейронні сітки) широко використовують при оптичному і акустичному розпізнаванні (в тому числі тексту і голосу), медичній діагностиці, спам-фільтрах, в системах ППО (визначення цілей), а також для забезпечення ряду інших задач національної безпеки.

Застосування ШІ є важливим трендом у створенні перспективних систем управління поля бою та озброєнням[2].

За допомогою ШІ можливо забезпечити оптимальний та адаптивний до загроз вибір комбінації сенсорів і засобів ураження, скоординувати їх сумісне функціонування, виявляти та ідентифікувати загрози; оцінювати наміри противника. Суттєву роль ШІ відіграє у реалізації тактичних систем доповненої реальності. Наприклад, ШІ дозволяє забезпечити класифікацію та семантичну сегментацію зображень, локалізацію і ідентифікацію мобільних об'єктів з метою схематичного відтворення контурів об'єктів в якості символів доповненої реальності для ефективного вказування цілей.

Значні надії покладаються на використання СШІ для управління мережами стільникового зв'язку 6G.

Розробники комп'ютерних ігор вимушені застосовувати ШІ тої чи іншої міри пропрацьованості. Стандартними задачами ШІ в іграх є відшукання шляху в двовимірному або тривимірному просторі, імітація поведінки бойової одиниці, обрахунок вірної економічної стратегії і так далі.

Перспективним напрямом застосування ШІ є наукові дослідження, де він задіяний для аналізу наукових публікацій з метою синтезу нових знань, відкриття нових матеріалів, закономірностей тощо [3].

За допомогою алгоритму машинного навчання на основі штучного інтелекту вдалося знайти близько 50 нових екзопланет.

IV. СТВОРЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Існують різні методи створення систем штучного інтелекту. У наш час можна виділити 4 досить різних методи:

1. Логічний підхід. Основою для вивчення логічного підходу слугує алгебра логіки [4]. Кожен програміст

знайомий з нею з того часу, коли він вивчав оператор IF. Свого подальшого розвитку алгебра логіки отримала у вигляді числення предикатів – в якому вона розширена за рахунок введення предметних символів, відношень між ними. Крім цього, кожна така машина має блок генерації цілі, і система виводу намагається довести дану ціль як теорему. Якщо ціль досягнута, то послідовність використаних правил дозволить отримати ланцюжок дій, необхідних для реалізації поставленої цілі (таку систему ще називають експертною системою) [5]. Потужність такої системи визначається можливостями генератора цілей і машинного доведення теорем. Для досягнення кращої виразності логічний підхід використовує новий напрям, його назва – нечітка логіка. Головною відмінністю цього напрямку є те, що істинність вислову може приймати окрім значень «так»/«ні» (1/0) ще й проміжні значення – «не знаю» (0,5), «пацієнт швидше живий, ніж мертвий» (0,75), «пацієнт швидше мертвий, ніж живий» (0,25). Такий підхід подібніший до мислення людини, оскільки вона рідко відповідає «так» або «ні» [6].

2. Під структурним підходом ми розуміємо спроби побудови штучного інтелекту шляхом моделювання структури людського мозку. Однією з перших таких спроб був перцептрон Френка Розенблатта. Головною моделюючою структурною одиницею в перцептронах (як і в більшості інших варіантах моделювання мозку) є нейрон[7]. Пізніше виникли й інші моделі, відоміші під назвою нейронні мережі (НМ) і їхні реалізації – нейрокомп'ютери. Ці моделі відрізняються за будовою окремих нейронів, за топологією зв'язків між ними і алгоритмами навчання. Серед найвідоміших на початку 2000-х років варіантів НМ можна назвати НМ зі зворотнім поширенням помилки, мережі Кохонена, мережі Гопфілда, стохастичні нейронні мережі. У ширшому розумінні цей підхід відомий як конекціонізм. Відмінності між логічним та структурним підходом не стільки принципіві, як це здається на перший погляд. Алгоритми спрощення і вербалізації нейронних мереж

перетворюють моделі структурного підходу на явні логічні моделі. З іншого боку, ще 1943 року Воррен Маккалох і Волтер Пітс показали, що нейронна мережа може реалізувати будь-яку функцію алгебри логіки [8].

3. Еволюційний підхід. Під час побудови системи штучного інтелекту за даним методом основну увагу зосереджують на побудові початкової моделі і правилах, за якими вона може змінюватися (еволюціонувати). Причому модель може бути створена за найрізноманітнішими методами, це може бути і НМ, і набір логічних правил, і будь-яка інша модель [9]. Серед еволюційних алгоритмів класичним вважається генетичний алгоритм.

4. Імітаційний підхід. Цей підхід є класичним для кібернетики з одним із її базових понять чорний ящик. Об'єкт, поведінка якого імітується, якраз і являє собою «чорний ящик» [10]. Для нас не важливо, які моделі у нього всередині і як він діє, головне, щоб наша модель в аналогічних ситуаціях поводи́ла себе без змін [11]. Таким чином тут моделюється інша властивість людини – здатність копіювати те, що роблять інші, без поділу на

елементарні операції і формального опису дій. Часто ця властивість економить багато часу об'єктові, особливо на початку його життя [11].

V. ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПІДПРИЄМСТВО

Для більш коректної роботи цієї розробки, буде використовуватися еволюційний підхід створення штучного інтелекту. У процесі створення буде зроблена повна емуляція підприємства, у котре буде розміщено штучний інтелект, та дана повна свобода дії і початкові інструкції. Протягом етапу еволюції та закріпленню за найкращим результатом буде створений штучний інтелект, котрий можна впроваджувати у підприємство. Для керування штучним інтелектом та підприємством у разі неполадок буде створена «точка людини», до якої штучний інтелект не має доступу. Та людина у цьому разі буде виправляти помилки. Схема управління підприємством штучним інтелектом зображена на рисунку 1.

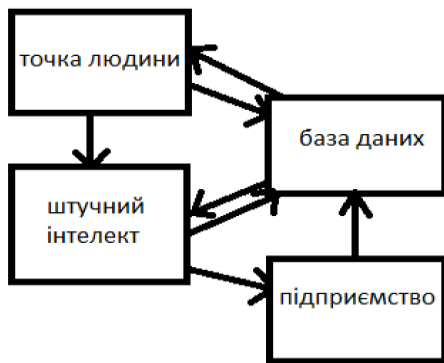


Рис. 1. Схема управління підприємством штучним інтелектом.

Як бачимо, на підприємстві буде збудований центр бази даних. Підприємство буде обмінюватися з ним даними. Штучний інтелект та «точка людини» може бачити всі дані у підприємстві. Та штучний інтелект має повний контроль над підприємством та керує усіма його аспектами. У разі неполадок, які штучний інтелект не може вирішити, між «точка людини» та підприємством наладжується зв'язок, потім усі неполадки вирішуються та завод повертається до своєї роботи.

Після цього ми вмикаємо комп'ютер і він на основі перевірки моделей відбирає найкращі з них, і за цими моделями за найрізноманітнішими правилами генеруються нові.

Перейдемо до переваг розробки:

- повна автоматизація – штучний інтелект керує усіма вітвями підприємства;
- швидке виправлення помилок – швидке реагування на помилки та виправлення їх;
- відсутність людського фактору – там де людина не встигне, встигне штучний інтелект;

- мала ймовірність повного зупину підприємства.

VI. ВИСНОВКИ

Протягом цієї роботи була розглянута концепція повного керування підприємством штучним інтелектом. Розібрані способи створення, розглянуті сфери застосування штучного інтелекту, та імплементація у саме підприємство.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Глибовець М. М., Олецький О.В. Штучний інтелект. – Київ : «Києво-Могилянська академія», 2002. – 364 с. – ISBN 966518153X. (укр.)
- [2] «Енциклопедія кібернетики», відповідальний ред. В. Глушков, 2 тт., 1973. (укр.) Життя 3.0. Доба штучного інтелекту / Макс Тегмарк ; пер. з англ. Зорина Корабліна. – Київ: Наш формат, 2019. – 428с.
- [3] Засоби штучного інтелекту: навч. посіб. / Р. О. Ткаченко, Н. О. Кустра, О. М. Павлюк, У. В. Поліщук ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 204 с. : іл. – Бібліогр.: с. 200 (11 назв). – ISBN 978-617-607-692-6
- [4] Методи штучного інтелекту: навч. посіб. / В. Б. Гітис, К. Ю. Гудкова. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 136 с. – ISBN 966-379-823-3.
- [5] Stuart J. Russell, Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 3. – Pearson, 2015. – ISBN 978-9332543515.
- [6] Alan Bundy, Rod Burstall. Artificial Intelligence: An Introductory Course. – Revised. – Edinburgh University Press, 1984. – 200 с. – ISBN 978-0852244104.
- [7] Nils J. Nilsson. The Quest for Artificial Intelligence. – 1. – Cambridge University Press, 2009. – 578 с. – ISBN 978-0521116398.
- [8] Системи штучного інтелекту: навч. посіб. / Н. Б. Шаховська, Р. М. Камінський, О. Б. Вовк. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – 392 с. – ISBN 966-941-197-6.
- [9] Системи штучного інтелекту: навч. посіб. / Ю. В. Нікольський, В. В. Пасічник, Ю. М. Щербина ; за наук. ред. В. В. Пасічника ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України. – 2-ге вид., виправл. та доповн. – Львів: Магнолія-2006, 2013. – 279 с. : іл. – (Серія «Ком'пютинг»). – Бібліогр.: с. 275–278 (58 назв). – ISBN 978-617-57-40-11-4
- [10] V. Palagin, I. Razumov-Fryziuk, I. Botsman and V. Nevliudova, "Development of multi-probe connecting devices on flexible polyimide base for MEMS components testing," 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2018, pp. 232-235, doi: 10.1109/MEMSTECH.2018.8365740.
- [11] Nevliudov I. S. et al. MEMS Multiprobe Contact Devices for Electrical Testing of Printed Circuit Boards and BGA Components //Engineering Science, Taylor & Francis. – 2017. – Т. 9. – №. 3 (2). – С. 462-468.

Про можливості використання вихрострумів методів для проведення неруйнівного контролю металів

Євгеній Чешко¹, Олександр Валуженич¹, Юрій Хорошайло¹

1. Деканат АКТ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки 14., email: yevhenii.cheshko@nure.ua, oleksandr.valiuzhenych@nure.ua, yurii.khoroshailo@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі наведено інформацію про можливості використання вихрострумів методів для проведення неруйнівного контролю металів.

Ключові слова: вихрострумів, метод, неруйнівний, контроль.

I. ВСТУП

На сьогоднішній день задача автоматизації процесу виявлення параметрів дефекту при неруйнівному контролі є дуже актуальною, тому що це дуже сильно підвищує швидкість проведення контролю. Це може підвищити якість продукції та збільшити швидкість створення.

II. ОГЛЯД МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Неруйнівний контроль (НК) надійності основних робочих властивостей і параметрів об'єкта або окремих його елементів / вузлів, що не вимагає виведення об'єкта з роботи або його демонтажу.

Метою використання неруйнівного контролю в промисловості є надійне виявлення небезпечних дефектів.

Електричні, магнітоелектричні, магнітні і вихрові методи дозволяють вести контроль властивостей провідних середовищ, як правило, на поверхні і в передповерхновому шарі. Більш повним чином неруйнівного контролю здійснюється сукупністю кількох методів [1].

Електричний метод. Електричні методи засновані на створенні в ОК електричне поле або безпосереднім впливом на нього електричним обуренням, або побічно за допомогою впливу збуреннями неелектричної природи (наприклад, тепловим, механічним і ін.). Як первинний інформативного параметра використовуються електричні характеристики об'єкта контролю.

Радіохвильовий метод. Радіохвильові МНК засновані на реєстрації і аналізі зміни параметрів, якими володіють взаємодіючи з об'єктом контролю електромагнітні хвилі радіодіапазону (їх довжина становить від 0,01 до 1 м). Дані методи можуть застосовуватися для контролю об'єктів, виготовлених з матеріалів, що не «заглушають» радіохвилі – діелектриків (кераміка), напівпровідників, магнітодіелектриків і тонкостінних об'єктів з металу.

Оптичний метод. Оптичний метод заснований на реєстрації параметрів оптичного випромінювання, що взаємодіє з контрольованим об'єктом. Один з видів оптичного контролю є візуальний метод.

Візуальний метод контролю дозволяє виявляти несплошності, відхилення розміру і форми від заданих більше 0,1 мм при використанні приладів із збільшенням до 10х. Візуальний контроль, як правило, проводиться неозброєним оком або з використанням збільшувальних луп до 7х. У сумнівних випадках і при технічному діагностуванні допускається застосування луп зі збільшенням до 20х. Перед проведенням візуального контролю поверхню в зоні контролю повинна бути очищена від іржі, окалини, бруду, фарби, масла, бризок металу, і інших забруднень, що перешкоджають огляду.

При візуальному контролі зварних швів зоною контролю є зварений шов і прилеглі до нього ділянки основного металу на ширині не менше 20 мм в кожному сторону від шва з двох поверхонь, якщо обидві вони доступні для огляду. Візуальний контроль виконується до проведення інших методів контролю.

Візуальний метод неруйнівного контролю є досить простим методом, проте, може служити високоєфективним засобом для попередження і виявлення дефектів.

Магнітний метод. Магнітна дефектоскопія є комплексом методів неруйнівного контролю, що застосовуються для виявлення дефектів у феромагнітних металах (залізо, нікель, кобальт і ряд сплавів на їх основі). До дефектів, що виявляються магнітним методом, відносять такі дефекти як: тріщини, волосовини, неметалеві включення, несплавлення, флок. Виявлення дефектів можливо в тому випадку, якщо вони виходять на поверхню виробу або залягають на малій глибині (рис.1).

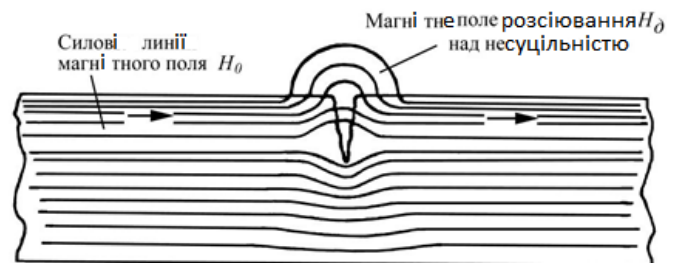


Рис. 1. Поведінка магнітного поля в ОК з дефектом

Перед проведенням контролю виріб повинен бути зачищено від масла, окалини та інших забруднень. Підготовку поверхні для зменшення сил тертя здійснюють піскоструминної і механічною обробкою. Застосовується

також ґрунтовка поверхні фарбами та лаками, що забезпечують необхідний контраст з порошком.

Для намагнічування і розмагнічування об'єктів контролю застосовуються стаціонарні або передвижні дефектоскопи. Дефектоскопи забезпечуються вимірювачами намагнічує струму, а також пристроями для огляду поверхні і реєстрації індикаторних картинок (вимірювальні лупи, мікроскопи, ендоскопи або автоматизовані системи отримання зображень). Використовуються різні види намагнічування: циркулярний, поздовжнє, комбіноване.

Радіаційний метод. Радіаційний контроль – це вид неруйнівного контролю, заснований на реєстрації і аналізі іонізуючого випромінювання після його просвічування.

Рентгенографічний контроль найбільш достовірний спосіб контролю зварних з'єднань та основного металу при контролі трубопроводів, обладнання при проведенні експертизи промислової безпеки.

Рентгенографічний контроль застосовують для виявлення грубих тріщин, непроварів, пор, раковин, шлакових, вольфрамових, окисних і інших включень в литих і зварних сталевих конструкціях.

III. ОГЛЯД ВИХОСТРУМОВОГО МЕТОДУ ПОШУКУ ДЕФЕКТІВ

Вихорострумів методи засновані на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться збудливою котушкою в електропровідному об'єкті контролю. Щільність вихрових струмів в об'єкті залежить від геометричних електромагнітних параметрів об'єкта, а також від взаємного положення вимірювального вихрового перетворювача (ВТП) об'єкта. В якості перетворювача використовують зазвичай індуктивні котушки (одну або кілька). Синусоїдальний і імпульсний струм, що діє в котушках ВТП, створює електромагнітне поле, яке збуджує вихрові струми в електропровідному об'єкті. Електромагнітне поле вихрових ЕРС впливає на котушки перетворювача, наводячи в них З або змінюючи їх повний електричний опір. реєструючи напруга на затискачах котушки або їх опір, отримують інформацію про властивості об'єкта і про становище перетворювача щодо нього.

ЕРС (або опір) перетворювача залежить від багатьох параметрів об'єкта контролю, тобто інформація, що дається перетворювачем, многопараметровою. Це визначає як перевага, так і труднощі реалізації вихорострумів методів (ВТМ). З одного боку, ВТМ дозволяють здійснити многопараметровий контроль; з іншого боку, потрібні спеціальні прийоми для поділу інформації про окремі параметри об'єкта. При контролі одного з параметрів вплив інших на сигнал перетворювача стає заважає, тому цей вплив необхідно зменшувати.

Особливість вихретокового контролю в тому, що його можна проводити без контакту перетворювача і об'єкта. Їх взаємодія відбувається зазвичай на відстанях, достатніх вільного руху перетворювача щодо об'єкта часток міліметра до декількох міліметрів). Тому ми методами

можна отримувати хороші результати контролю навіть при високих швидкостях руху об'єктів.

Отримання первинної інформації у вигляді електричних сигналів, бесконтактність і висока продуктивність визначають широкі можливості автоматизації вихрострумів контролю.

Одна з особливостей ВТМ полягає в тому, що на сигнали перетворювача практично не впливають вологість, тиск і забрудненість газового середовища, радіоактивні випромінювання, забруднення поверхні об'єкта контролю непроводящими речовинами.

Простота конструкції перетворювача - ще одна перевага ВТМ. У більшості випадків котушки поміщають запобіжний корпус і заливають компаундами. завдяки цьому вони стійкі до механічних і атмосферних впливів, можуть працювати в агресивних середовищах в широкому інтервалі температур і тисків.

ВТМ засновані на порушенні вихрових струмів, а тому застосовуються в основному для контролю якості електропровідних об'єктів: металів, сплавів графіту напівпровідників сприятливих умовах контролю і малому вплив чинників, що заважають вдається виявити тріщини глибиною 0,10,2 мм, протяжністю 12 мм (при використанні накладного перетворювача) або протяжністю близько 1 мм і глибиною 15% від діаметра контрольованої дроту або прутка (при використанні прохідного перетворювача).

ВТМ дозволяють успішно вирішувати завдання контролю розмірів виробів. Цими методами вимірюють діаметр дроту, прутків і труб, товщину металевих листів і стінок труб при односторонньому доступі до об'єкта, товщину електропровідних (наприклад, гальванічних) і діелектричних (наприклад, лакофарбових) покриттів на електропровідних підставах, товщину шарів багатшарових структур, що містять електропровідні шари. Вимірювані товщини можуть змінюватися в межах від мікрометрів до десятків міліметрів. Для більшості приладів похибка вимірювання 25%. Мінімальна площа зони контролю може бути доведена до 1 мм², що дозволяє виміряти товщину покриття на малих об'єктах складної конфігурації. За допомогою ВТМ вимірюють зазори, переміщення і вібрації в машина і механізмах.

Структурний стан металів і сплавів впливає на їх електричні та магнітні властивості. Завдяки цьому виявляється можливим контролювати не тільки однорідність хімічного складу, але і структуру металів і сплавів, а також визначати механічні напруги. Широко застосовують вихореструмо вимірювачі питомої електричної провідності і інші прилади для сортування металевих матеріалів і графіту по маркам (за хімічним складом). За допомогою вихорострумів приладів контролюють якість термічної і хімікотерміческой обробки деталей, стан поверхневих шарів після механічної обробки (шліфування, наклеп), виявляють залишкові механічні напруги, виявляють втомні тріщини в металах на ранніх стадіях їх розвитку, виявляють наявність афазії і т.д.

Класифікація та застосування вихорострумів перетворювачів (ВТП). За робочого положення щодо

об'єкта контролю перетворювачі ділять на прохідні, накладні і комбіновані.

Накладні ВТП зазвичай являють собою одну або кілька котушок, до торців яких підводиться поверхню об'єкта. Котушки таких перетворювачів можуть бути круглими коаксіальними, прямокутними, прямокутними хрестоподібними, з взаємно перпендикулярними осями та ін.

Накладні перетворювачі виконують з феромагнітними сердечниками або без них. Завдяки феромагнітного осердя (зазвичай феритовому) дещо підвищується абсолютна чутливість перетворювача і зменшується зона контролю за рахунок локалізації магнітного потоку. На рисунку 2 приведені деякі типи перетворювачів з сердечниками.

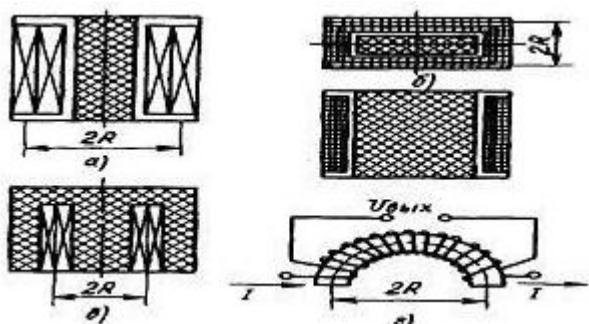


Рис. 2. Накладні перетворювачі з сердечниками: а - циліндричним; б) прямокутним; в - полуброневого типу; г - у вигляді полутороїда

Тут $2R$ - еквівалентний геометричний параметр ВТП, що входить в формулу для визначення узагальненого параметра контролю ρ .

IV. ВИСНОВКИ

Вихрострумний метод використовується у різноманітних сферах промисловості, а саме: авіації, суднобудування, машинобудування, залізничному транспорті і в багатьох інших. Він має ряд переваг таких як висока точність, відносна дешевизна, якість покриття ОК не впливають на результат.

За основний напрям обрано автоматизація процесу виявлення дефекту у неруйнівному контролі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Неруйнівний контроль і техніка діагностики. Т.5 / під ред. З. Т. Назарчука. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенко, 2001. – 1134 с.
- [2] Неразрушающий контроль. Россия. 1990 – 2000 гг.: Справочник / под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2001. – 616 с.
- [3] Неразрушающий контроль. Справочник в 7 т.: Т.2 / под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с.
- [4] Мак-Мастер Р. Неразрушающие испытания / пер. с англ. под ред. Т. К. Зиловой, И. И. Кифера – М.: Л.: Энергия, 1965, т.2. – 492 с.
- [5] Хорошайло Ю.Е. Вихретоковый контроль тонких электропроводящих пленок и неэлектропроводящих покрытий: монография / Хорошайло Ю.Е., Сучков Г.М., Светличный В.А., Ерошенков В.Н. – Х. «Щедра садиби плюс», 2014 – с. 228. – На рус. яз.

Якість надання послуг опалення населенню

Леонід Іванов¹, Ігор Ковальов¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: ihor.kovalov@nure.ua

Анотація: В даному матеріалі наведено виписки з українських газет, журналів, статей, розслідувань про якість надання теплових послуг до мешканців України.

Ключові слова: опалювання, якість, невідповідність, автоматизація.

I. ВСТУП

Якщо в пошукових системах шукати інформацію за запитом «Якість надання теплових послуг», у результаті буде надана велика кількість веб-сторінок зі скаргами, перевітками, новинами а так само різних приватних компаній з надання послуг у сфері захисту прав споживачів в питаннях житлово-комунальних послуг. Такий результат підштовхує до висновку, що населення

має різні претензії до якості та стабільності забезпечення комфортних умов проживання.

II. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ОПАЛЮВАННЯ ТА ЇХ НЕДОЛІКИ

У 2018 році почалося тестування якості опалення в Україні.

Як повідомили в Національній комісії з питань енергетики і комунальних послуг (НКРЕКУ), оцінювати опалення в будинках будуть за трьома критеріями:

- безперебійність;
- якість теплоносія;
- якість надання послуг.

"Для конкретного споживача існує параметр - температура всередині кімнати. Усередині звичайної кімнати, температура повинна бути не нижче 18 градусів. А всередині кутової кімнати, температура повинна бути не нижче 20 градусів", - відзначає експерт з теплопостачання Олексій Тихонов

Група жителів міста Київ вирішили самостійно провести заміри температури в квартирі. Виміряли температуру в одній з київських квартир, залишивши термометр на 20 хвилин, при температурі зовні 13-14 градусів. В ході експерименту виявили, що температура в квартирі становила 18 градусів. На жаль, температура самої батареї виявилася ще нижче - при відключеному опаленні, радіатори не гріють приміщення, а охолоджують його.

Є інша сторона "медалі". На вулиці температура -20 градусів, стояк жене гарячу воду з температурою 80 градусів, громадяни платять за опалення і обидві сторони задоволені. Але температура за вікном за тиждень підвищується з позначки -20 до 0 градусів. Стояк все так же буде проганяти гарячу воду, в квартирах стає занадто спекотно і жителі будуть відкривати вікна, тим самим випускаючи надлишкове, гаряче повітря на вулицю. Але платять вони ту ж суму, як в холодну пору часу, що наштовхує до питань - "А навіщо так сильно топити, коли за вікном не так холодно і платити ті ж гроші".

Ці дослідження вказують на те, що жителі, оплачуючи комунальні послуги, не завжди отримують необхідний обсяг теплоенергії для комфортного життя. Одна частина населення страждає від того, що вони недоотримують необхідне тепло, друга частина отримує її з надлишком, але платять обидві сторони однаково. Після цього виникає хвиля невдоволень громадянами, що веде до великої кількості скарг до центрів з надання житлово-комунальних послуг, відкриваються юридичні приватні компанії, які допомагають і сприяють до створення цих самих скарг.

А головною проблемою цієї ситуації, є недосконалість сучасних систем опалення.

III. МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТЕПЛА ПРИ СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ ОПАЛЮВАННЯ

У той же час розгляд будь-яких питань окремо, без комплексного аналізу не може вирішити проблеми якісного забезпечення комфортних умов, а часто викликає і негативний ефект (наприклад, зниження температури гарячої води в котлах з одного боку зменшує витрату палива, а з іншого зменшує температурний натиск в нагрівальних приладах, що вимагає збільшення їх площі, тобто збільшення капітальних витрат, крім того, впливає на роботу терморегуляторів системи опалення). Сама архітектура будівлі, його розташування, взаємодія з розташованими поруч іншими будівлями і спорудами (аеродинамічним, тепловим) також впливають на роботу інженерних систем.

Сучасні системи опалення мають принципово інший підхід до регулювання - це не процес налагодження перед пуском з подальшою роботою в постійному гідравлічному режимі, це система, в якій тепловий режим постійно

змінюється, що відповідно вимагає обладнання для відстеження цих змін і реагування на них.

В якості завдань, які повинні вирішуватися за допомогою систем опалення можна вказати:

- Система опалення повинна відшкодовувати втрати тепла приміщенням через усі його тепло-огорожувальні конструкції.

- Система опалення повинна незалежно від коливань зовнішньої температури підтримувати всередині приміщення встановлену температуру.

- Температура внутрішнього повітря повинна бути можливо рівномірною, як в горизонтальному, так і у вертикальному напрямках (по горизонталі різниця температур не повинна перевищувати 2 ° С, по вертикалі - 1 ° С на 1 м висоти приміщення).

- Внутрішні поверхні повинні мати температуру, близьку до температури повітря в приміщенні і забезпечувати мінімальний час нагрівання елементів високої теплової акумуляції.

- Система опалення повинна забезпечувати досягнення максимального теплоспоживання протягом всього опалювального періоду протягом року.

А.П. Любарець, к.т.н., доц., 3 Київського національного університету будівництва і архітектури та О.Н.Зайцев, д.т.н., проф., з Одеського національного політехнічного університету, змоделивали поширення теплого повітря від радіатора (рис. 1-7).

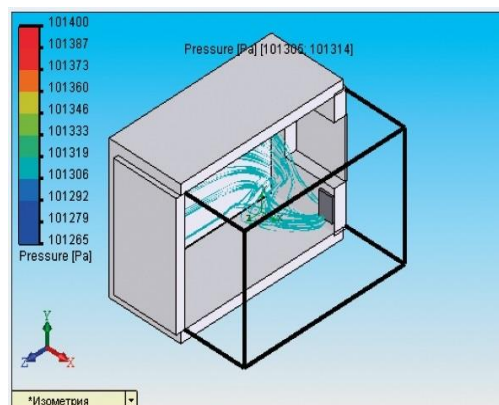


Рис.1. Опалення тільки від радіатора (розподіл тиску по приміщенню) [1]

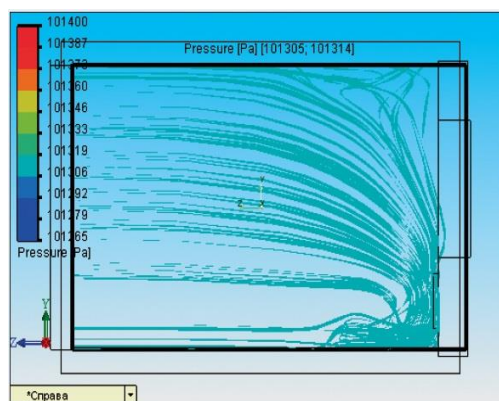


Рис.2. Опалення тільки від радіатора (розподіл тиску по приміщенню) [1]

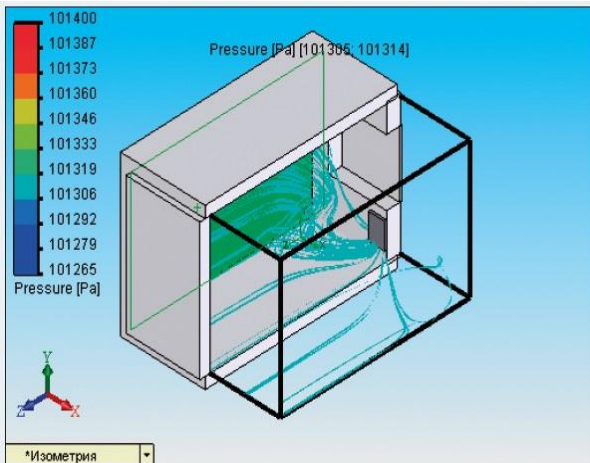


Рис.3. Опалення від радіатора та підлоги (розподіл тиску по приміщенню) [1]

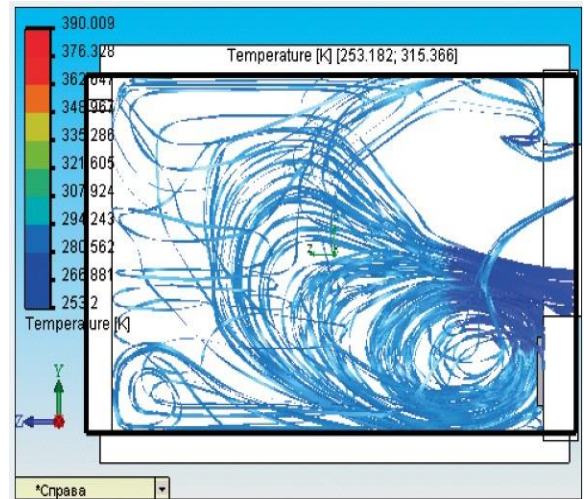


Рис.6. Розподіл температури при спільній роботі для підлоги системи опалення та радіатора [1]

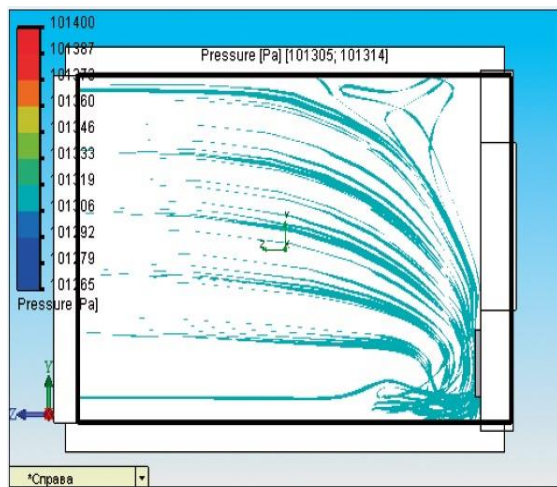


Рис.4. Опалення від радіатора та підлоги (розподіл тиску по приміщенню) [1]

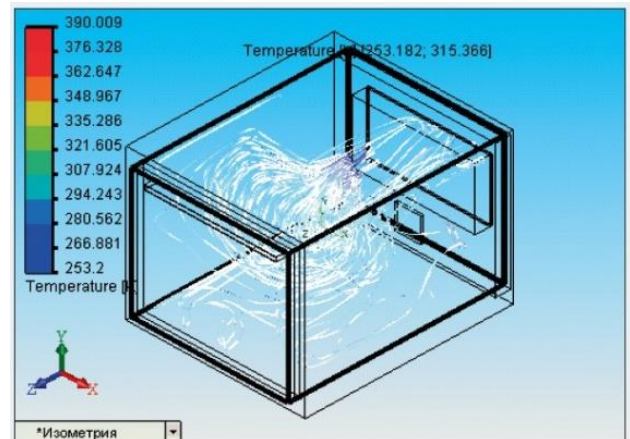


Рис.7. Розподіл температури при спільній роботі для підлоги системи опалення та радіатора [1]

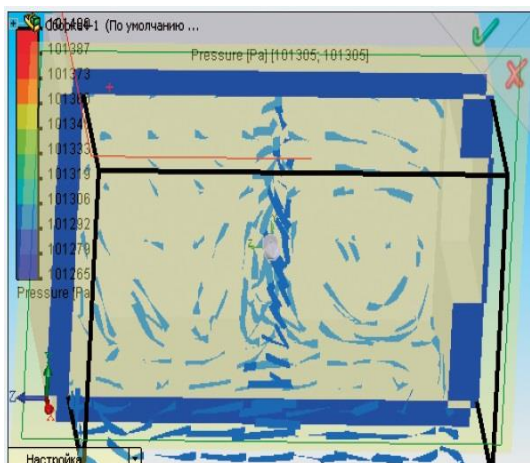


Рис.5. Опалення від стіни (без радіатора) (розподіл тиску по приміщенню) [1]

Аналіз отриманих даних свідчить про наступне:

- Вплив радіатора має обмежене значення - на відстані 1-1,5м тиск і температура практично рівномірно розширені за обсягом приміщення.

- У місцях, де немає впливу радіатора і наявна інфільтрація відбувається зміна потоку - притискання його до підлоги.

- При спільному опаленні (радіатор біля вікна і тепла підлога) - основний вплив на конфігурацію розподілу температур надає радіатор, внаслідок більш високих температурних параметрів.

- При використанні системи, на теплій підлозі (без радіатора) також відсутнє рівномірне прогрівання повітря по площі приміщення - це пояснюється різною температурою огорожуючих конструкцій, інфільтрацією і впливом вентиляції, при цьому виникає кілька циркулюючих повітряних потоків, які створюють зони перегріву і охолодження в приміщенні.

IV. ОБҐРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

На основі всього перерахованого вище, з'являється думка про автоматизацію передачі гарячої води в оселі. Такої ж думки дотримуються і спеціалісти

"Щоб опалювальний сезон в будинку починався тоді, коли хочуть мешканці, щоб у них в приміщеннях була та температура, яка їх влаштовує, повинен стояти індивідуальний тепловий пункт бажано з погодозалежної автоматикою, який сам автоматично буде відключати опалення, коли не потрібно, і включати, коли воно потрібно", - пояснює Тихонов.

Автоматизація системи опалення в багатоквартирному будинку останнім часом стала дуже популярною. Викликано це тим, що тарифи постійно ростуть. Погодозалежна автоматика, дозволяє економити енерговитрати і тому стає затребуваними.

Автоматизація системи опалення багатоквартирного будинку - це засіб регулювання мікроклімату в приміщеннях при температурних змінах на вулиці. Як показує практика, ці пристрої системи опалення багатоквартирного будинку дійсно корисні в регіонах, де взимку трапляються часті добові перепади температур.

Подібні пристрої оснащені програмами, що дозволяють заздалегідь встановлювати необхідні параметри. Наприклад, при - 10 нагрів батарей доходить до одного рівня, але коли на вулиці температура падає до -15 градусів - до іншого, більш гарячого, і навпаки.

V. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

Основний ризик експлуатації та впровадження автоматизованих систем опалювання є нагрівачий котел.

Крім правильного облаштування приміщення для котла, необхідно встановити додаткові пристрої, що забезпечують автоматичний контроль над роботою агрегату.

Запірно-регулююча арматура - це вентиля і клапана. Клапана забезпечують регулювання витрати палива або теплоносія. Вентиля потрібні для повного відключення агрегату від системи опалення, гарячого водопостачання чи газопостачання.

Арматура повинна бути встановлена на лініях подачі і «обратки» безпосередньо перед котлом і на газопроводі. Якщо система опалення складається з декількох окремих контурів, то можна встановити арматуру так, щоб була можливість відключити кожен контур, що не вплинувши при цьому на роботу системи опалення. Контрольно-вимірювальні прилади (КВП) - це різні датчики для виміру параметрів роботи котла. Тиск вимірюється манометрами,

температура - термометрами (термометрами), витрата середовища - витратомірами, тяга - мембранним або температурним датчиком, а якість повітря - газоаналізаторами.

Програма захисту котла об'єднує свідчення всіх датчиків системи опалення. Якщо показники датчиків стають аварійними, то електронна система починає діяти в аварійній ситуації.

Терморегулятори використовуються для підтримки заданого температурного режиму в приміщенні. Це можуть бути звичайні реостати.

Механічні системи захисту - це розширювальний бак, запобіжний клапан і відведення повітря. Розширювальний бак представляє собою резервуар з мембраною. За рахунок натягу мембрани відбувається компенсація змін тиску в системі опалення.

Запобіжний клапан - це пристрій, який автоматично відкривається під впливом певного тиску теплоносія. Після зниження тиску клапан закривається. Відведення повітря - це клапан для скидання скупчився повітря в системі опалення.

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ) встановлюється на енергозалежні системи опалення та гарячого водопостачання. Вони виконують функцію компенсації стрибків напруги, а також переведення живлення котла від акумуляторів, в разі відсутності напруги в електромережі.

VI. ВИСНОВКИ

У висновку хочеться сказати, сучасні системи надання теплових послуг, мають ряд недоліків, які на жаль відчувають більшість громадян. Один з потенційних способів вирішення цієї проблеми, є автоматизація.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Матеріали сайту «С.О.К.». [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/1167/>
- [2] Матеріали сайту «Міністерство Юстиції». [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://minjust.gov.ua/m/yak-vidstoyuvati-nalejnu-yakist-nadannya-komunalnih-poslug>
- [3] [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://otoplenie-pro.com/kotel-otopleniya-v-kvartire-dome-minimizaciya-faktorov-riska-pri-ekspluatcii/>

Метод дистанційного управління мобільним роботом на основі технології інтернету речей

Віталій Павленко¹, Артем Поліщук¹, Михайло Рогаткін¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр. Науки. 14., email: vitalii.pavlenko@nure.ua, artem.polishchuk@nure.ua, mykhailo.rohatkin@nure.ua

Анотація: проведено аналіз сучасних методів та технологій дистанційного управління мобільними роботами, визначено переваги використання та розглянуто перспективи удосконалення дистанційного модуля управління мобільним роботом, що використовується в сільськогосподарській сфері.

Ключові слова: модуль управління, мобільний робот, метод, дистанційний, параметри, контроль.

I. ВСТУП

Сьогодні використання мобільних роботів, що керуються дистанційно, набуло широкого поширення в різних сферах людської діяльності: медицина, промислове виробництво, військова галузь, надзвичайні ситуації. Також слід зазначити, що сільськогосподарська галузь є перспективним ринком для впровадження розробок в області робототехніки. У зв'язку з цим в останні роки в агросекторі активізувалася робота по конструюванню робототехнічних пристроїв.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Мета роботи – створення методу дистанційного управління мобільним роботом сільськогосподарського призначення.

В даний час для дистанційного керування мобільними роботами різного призначення використовується велика кількість мережевих протоколів, а також інструментів створення програмних додатків на їх основі. Контролери бортової системи управління роботом можуть підтримувати такі технології бездротового зв'язку, як Bluetooth, інфрачервоний порт, ZigBee, WiFi і та інші [1].

Існуючі системи управління роботами, які налічують в своєму складі функції передачі телезображень, мають такі недоліки, як наявність істотних затримок в каналі зворотного зв'язку і незручне для оператора середовище управління. Крім цього, при передачі відеозображень, їх розмір та якість ускладнюють оператору оцінювання положення робота та відстаней між об'єктами робочого простору.

Для подолання цих недоліків актуальною є розробка нових методів підвищення ефективності управління роботами з використанням мережі Інтернет. Вони засновані на використанні віртуальних тривимірних моделей робота та його робочого простору в режимі реального часу. Такий підхід дозволяє замість великих за обсягом відеозображень передавати мінімальний набір

параметрів, однозначно визначає стан робота і його робоче середовище (набір узагальнених координат робота і координати об'єкта, з яким він взаємодіє).

До переваг використання слід віднести наступне:

- можливість управління з будь-якого пристрою за наявності необхідного додаткового програмування;
- можливість управляти роботом з будь-якої точки світу;
- у разі керування з сотового телефону є можливість контролювати в будь-якому місці, де є сотовий сигнал.

До недоліків слід віднести наступне, що при використанні сотового телефону налаштування управління по сотовому зв'язку може бути складним. У кожній мережі є свої власні вимоги та обмеження. Обслуговування в мережі не є безкоштовним.

В останні роки технологія Інтернету речей є досить перспективною в різних галузях, в тому числі, сільському господарстві [2]. Ця технологія поєднує в собі всі пристрої, які отримують дані від датчиків та зовнішніх джерел, а також використовують інші інструменти обробки даних та прийняття рішень для забезпечення взаємодії з навколишнім фізичним світом. Тому, використання технології Інтернету речей для розробки методу дистанційного управління мобільним роботом сільськогосподарського призначення є актуальним.

III. ВИСНОВКИ

В результаті проведеного аналізу сучасних методів та технологій дистанційного управління мобільними роботами, визначення їх переваг та недоліків, запропоновано розробку методу дистанційного управління мобільним роботом сільськогосподарського призначення на базі технології Інтернет речей, що дозволило підвищити ефективність управління мобільним роботом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Yeong Che, F., et al. Bluetooth enabled mobile robot // IEEE International Conference on Industrial Technology, IEEE ICIT '02. Bangkok, THAILAND, vol.2, 2012, pp. 903 - 908.
- [2] O. Vermesan, P. Friess, 'Digitising the industry - Internet of Things connecting the physical, digital and virtual worlds', River Publishers, 2016.

Роботизовані засоби спеціального призначення: аналіз міжнародних нормативних документів

Дмитро Янушкевич¹, Леонід Іванов¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,
Харків, пр. Науки. 14., email: dmytro.ianushkevych@nure.ua, leonid.ivanov@nure.ua

Анотація: У доповіді проведено аналіз сучасного стану міжнародних нормативних документів на роботизовані засоби спеціального призначення та можливості їх застосування в Україні.

Ключові слова: стандарт, стандартизація, роботизовано засоби, нормативний документ.

I. ВСТУП

Для останнього десятиліття характерним є зростання уваги до проблем створення роботизованих засобів та систем військового призначення. Це обумовлюється намаганням США та інших країн НАТО до збереження життя солдатів в бою (в контексті якого використання роботів дозволяє досягти позитивні результати), а також зростанням міського населення. Експерти вважають, що війни майбутнього будуть переважно вестись в міських умовах, де ефективність традиційної зброї значно знижується. По-третє, ця тенденція пояснюється стрімким розвитком новітніх технологій в інформаційній сфері, тобто «роботизація» різноманітних напрямів діяльності людини, зокрема, військової сфери, цілком логічно відповідає змісту сучасних концепцій постіндустріального суспільства.

Викладені вище проблеми, на думку фахівців, мають бути вирішені тільки в комплексі організаційно-технічних заходів, які в межах сучасного процесу трансформації в збройних силах розділяються на дві окремі складові: використання мережно-центричної концепції ведення бою та розвиток роботизованих систем військового призначення. Незважаючи на значну кількість наукових робіт із даної тематики, на сьогодні склалася тенденція розмежування зазначених питань.

Роботи по створенню роботизованих засобів та систем, включаючи робототехнічні засоби військового (подвійного) та спеціального призначення широко ведуться в Україні і за кордоном [1]. В Україні та світі виконано значний обсяг досліджень теоретичного та експериментального характеру, які стосуються розробки мобільних роботів. Найвні окремі дослідження статичних характеристик, розроблені дослідні зразки робототехнічних засобів, мобільних роботів та проведена їх апробація [2].

Стратегія воєнної безпеки України, яка затверджена Указом Президента від 25 березня 2021 року № 121/2021, передбачає розроблення, виробництва й оснащення сил оборони сучасним озброєнням, військовою та спеціальною технікою, у тому числі роботизованими засобами та системами.

На основі аналізу літературних джерел встановлено, що в даний час відсутні в Україні нормативні документи на робототехнічні засоби військового (подвійного) та спеціального призначення з питань її розробки, проектування, випробувань, адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами. У світі існує цілий ряд міжнародних нормативних документів та стандартів, які регламентують цей вид діяльності.

В Україні діють тільки 4 національних стандарти, які встановлюють тільки вимоги щодо безпечності промислових роботів та роботів для персонального догляду. Тому проблема розроблення порядку застосування міжнародних нормативних документів на робототехніку та їх гармонізацію з нормативно-правовими актами України, є актуальним завданням.

II. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Еволюція розвитку робототехнічних засобів показує, наскільки швидким є розвиток даної галузі. Від появи першого робота, який міг виконувати самі прості операції, до масового виробництва робототехнічних комплексів пройшло не більше 70 років.

Як показує статистика, зростання в індустрії робототехніки продовжує бути вибуховим. Сьогодні існує величезна різноманітність роботів, які спрощують життя людини не тільки в побуті, але і на виробництві.

Стандарти на робототехніку та робототехнічні засоби розробляють багато міжнародних, регіональних та національних організацій зі стандартизації. До найбільш важливих відносяться:

- Міжнародна організація зі стандартизації (*International Organization for Standardization, ISO*);
- Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК; *International oElectrotechnical Commission, IEC*);
- Американська міжнародна добровільна організація, що розробляє і видає стандарти для матеріалів, продуктів, систем та послуг (*American Society for Testing and Materials, ASTM*);
- Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEC ASTM IEEE*);
- Європейський комітет з електротехнічної стандартизації *European Committee for Electrotechnical Standardization, CENELEC*);
- Американський інститут національних стандартів (*American National Standards Institute, ANSI*);
- Промислові стандарти Японії (*Japanese Industrial Standard, JIS*);

- тощо.

Міжнародні стандарти ISO є загально визнаною системою з робототехніки, яка на сьогоднішній день використовується в якості еталонної основи стандартизації. Міжнародні стандарти ISO застосовуються до технологічних комплексів, а не до окремої групи виробів виробництва.

У Міжнародній організації по стандартизації існує Комітет з робототехніки ISO / TC 299. Його мета полягає в тому, щоб розробити стандарти високої якості для забезпечення безпечності промислових і сервісних роботів, виходу на ринок якісних інноваційних робототехнічних засобів та систем. Крім того, ще однією метою комітету є сприяння зростанню ринку робототехніки шляхом введення стандартів в таких областях, як термінологія, агрегування, випробування, вимірювання параметрів та експлуатаційних характеристик робототехнічних засобів тощо.

Крім того, видами стандартів, які розробляє даний комітет, є вся область робототехніки, виключаючи іграшки і робототехнічні засоби військового (подвійного призначення).

Міжнародні організації по стандартизації (ISO, IEC, ASTM, IEEE, ANSI) виділяють наступні групи стандартів в галузі робототехніки, якими слід керуватися виробникам і споживачам [3, 4]:

- загальні положення у галузі робототехніки;
- стандарти на терміни та визначення понять;
- стандарти безпеки;
- стандарти на роботи та робототехнічні засоби по персональному догляду;
- стандарти для промислових роботів;
- стандарти для сервісних роботів;
- стандарти для медичного електротехнічного обладнання, включаючи екзоскелети та екзоскостюми;
- стандарти на робототехнічні засоби, які застосовуються у медицині;
- стандарти на безпілотні системи;
- стандарти взаємодії та інтерфейсу;
- стандарти на методи випробувань;
- стандарти на робототехнічні засоби військового та спеціального призначення;
- стандарти щодо застосування робототехнічних засобів (етичні стандарти);
- тощо.

Розглянемо деякі групи стандартів.

До основоположних стандартів, та стандартів на терміни та визначення понять відносяться такі стандарти:

1. Стандарт ISO 8373:2012 Robots and robotic devices - Vocabulary (Роботи і робототехнічні засоби. Терміни та визначення) визначає терміни, що використовуються стосовно роботів та роботизованих засобів, що працюють як у промисловому, так і в непромисловому середовищі.

До найбільш вагомих термінів у галузі робототехніки можна віднести такі терміни та їх визначення:

Робот (robot) - виконавчий механізм, програмований за двома або більш високими ступенями рухомості, що володіє певним ступенем автономності та здатний до переміщення у зовнішньому середовищі з метою

виконання завдань за призначенням. Існує ще одне функціональне визначення терміна робот. Роботом можна назвати будь-який пристрій (механізм), виконує призначені йому дії, яке одночасно відповідає трьом умовам:

- сприймати навколишній світ за допомогою сенсорів;
- розуміти навколишній фізичний світ і будувати моделі поведінки, для того щоб виконувати призначені йому дії;
- впливати на фізичний світ, тим чи іншим способом.

Робототехніка (robotics) - наука і практика проектування, виробництва і застосування роботів.

Робототехнічний пристрій (robotic device) - виконавчий механізм, що володіє характеристиками промислового або сервісного робота, але не має необхідної кількості програмних ступенів рухливості або автономності (наприклад - пристрій надання фізичної допомоги; телекерований пристрій; двоходовий промисловий маніпулятор).

Маніпулятор (manipulator) – машина (механізм), яка зазвичай складається із послідовності сегментів, які обертаються або переміщуються поступально один відносно другого з метою захоплення і / або переміщення об'єктів (деталей або інструментів) зазвичай за кількома ступенями свободи.

Промисловий робототехнічний комплекс (система) (industrial robot system) – комплекс (система), що складається з промислового робота, робочих органів і будь-яких механізмів, устаткування, приладів, зовнішніх додаткових осей або датчиків, що забезпечують виконання роботом функціонального призначення (завдання).

Стандарт ISO 8373:2012 також містить терміни та визначення щодо класифікації роботів. До них можна віднести такі терміни:

Промисловий робот (industrial robot) - автоматично керований, програмуємий та реконфігуруємий маніпулятор, який програмується за трьома або більше ступенями рухливості, та який може бути встановлений стаціонарно або переміщатися для застосування в цілях промислової автоматизації. До складу промислового робота входять:

- маніпулятор, включаючи приводи;
- контролер;
- комунікаційний інтерфейс (апаратний і програмний).

Сервісний робот (service robot) - робот, який виконує завдання, корисні для людини або обладнання, за винятком застосувань з метою промислової автоматизації. В свою чергу сервісні роботи можна розділити на такі види:

Персональний сервісний робот (сервісний робот для персонального використання) [personal service robot (service robot for personal use)] - сервісний робот, який використовується в некомерційних цілях, зазвичай непрофесіоналами (наприклад - домашній обслуговуючий робот; автоматизоване крісло на колесах; робот, що допомагає при реабілітації втраченої рухливості; робот для тренування тварин тощо).

Професійний сервісний робот (сервісний робот для професійного використання) [professional service robot

(service robot for professional use)] - сервісний робот, який використовується в комерційних та інших професійних цілях, зазвичай керований належним чином підготовленим оператором. (наприклад – роботи військового призначення, роботи для пошуку, ідентифікації та розмінування вибухонебезпечних предметів, робот-прибиральник для громадських місць, робот-постачальник для офісів або лікарень, пожежний робот, реабілітаційний робот і хірургічний робот в лікарнях.

Мобільний робот (mobile robot) - робот, здатний пересуватися під своїм власним керуванням. Мобільний робот може бути мобільною платформою з маніпуляторами або без них.

2. Стандарт ISO 9787:2013 Robots and robotic devices - Coordinate systems and motion nomenclatures (Роботи та роботизовані пристрої - Системи координат та номенклатури руху) визначає та встановлює системи координат роботів. Він також містить номенклатуру, включаючи позначення, для основних рухів робота. Він призначений для допомоги при налаштуванні, тестуванні та програмуванні роботів. ISO 9787: 2013 застосовується до всіх роботів та роботизованих засобів, як визначено в ISO 8373.

3. Стандарт ISO 19649:2017 Mobile robots - Vocabulary (Мобільні роботи – Словник) визначає терміни, що стосуються мобільних роботів, які переміщуються по твердій поверхні та стосуються як промислових роботах, так сервісних роботів. Він визначає терміни, що використовуються для опису рухливості, пересування мобільних роботів тощо.

До стандартів, які розповсюджуються на сервісні роботи можна віднести такі:

1. ISO 18646-1:2016 Robotics - Performance criteria and related test methods for service robots - Part 1: Locomotion for wheeled robots (Роботи і робототехнічні засоби. Робочі характеристики і відповідні методи випробувань сервісних мобільних роботів).

Цей стандарт встановлює методи для визначення і оцінки робочих характеристик пересування колісних роботів в закритих приміщеннях.

2. ISO 18646-2:2019 Robotics - Performance criteria and related test methods for service robots - Part 2: Navigation (Робототехніка. Критерії ефективності та відповідні методи випробування сервісних роботів. Частина 2: Навігація).

Цей стандарт описує методи визначення та оцінки навігаційних характеристик роботів мобільних сервісних роботів. Продуктивність навігації в цьому документі вимірюється точністю і повторюваністю місця розташування, а також здатністю виявляти та уникати перешкод. Інші показники продуктивності навігації доступні, але не розглянуті в цьому документі. Критерії та відповідні методи випробування застосовуються лише до мобільних платформ, які контактують з поверхнею, по якій пересується робот. Для оцінки характеристик маніпуляторів застосовується стандарт ISO 9283.

До стандартів, які розповсюджуються на методи випробувань сервісних мобільних роботів можна віднести такі:

1. Стандарт ASTM E2853 - 12(2021) Standard Test Method for Evaluating Emergency Response Robot Capabilities: Human-System Interaction (HSI): Search Tasks: Random Mazes with Complex Terrain (Роботи і робототехнічні пристрої методи випробувань сервісних мобільних роботів для роботи в екстремальних умовах Взаємодія людини з роботом при виконанні пошукових робіт. Довільні лабіринти на складній місцевості).

Цей стандарт поширюється на телекеровані наземні мобільні роботи з масогабаритними параметрами, порівнянними з параметрами людини, і встановлює метод випробувань, випробувальне обладнання, порядок проведення випробувань і показники для кількісної оцінки здатності телекерованих наземних роботів здійснювати пошукові роботи в лабіринті.

Можливість здійснювати пошукові роботи в будівлях, що нагадують лабіринти, є однією з характеристик телекерованих наземних роботів для роботи в екстремальних умовах. Проходи, утворені на складних ділянках місцевості і володіють складними і візуально схожими відгалуженнями, представляють тип зовнішнього середовища, який зустрічається як в умовах аварійних ситуацій, так і при інших зовнішніх умовах.

2. Стандарт ASTM E2521 - 16 Standard Terminology for Evaluating Response Robot Capabilities (Роботи і робототехнічні засоби. Методи випробувань сервісних мобільних роботів для роботи в екстремальних умовах. Терміни та визначення).

Цей стандарт встановлює терміни та визначення понять в області стандартних методів випробувань сервісних мобільних роботів для роботи в екстремальних умовах, включаючи наземні, водні і повітряні середовища застосування. Стандарт повинен застосовуватися разом зі стандартами на конкретні методи випробувань.

3. ASTM E2566 - 17a Standard Test Method for Evaluating Response Robot Sensing: Visual Acuity (Стандартний метод випробування для оцінки зорової чутливості робота. Гострота зору).

Метою цього методу випробування є визначення пристроїв, процедур та показників продуктивності, необхідних для кількісного вимірювання гостроти зору робота, яка відображаються віддаленому оператору або алгоритму оцінки зорової чутливості робота.

Крім вищезазначених стандартів, Міжнародні організації по стандартизації (ISO, IEC, ASTM, IEEE, ANSI) розробили ряд стандартів в галузі робототехніки, які знаходяться у стадії затвердження та які стосуються маніпуляторів, безпечності робототехніки, метрологічного забезпечення робототехнічних засобів, систем автоматизованого управління роботами, систем візуалізації тощо [3].

Як показав аналіз, в Україні діють тільки 4 національних стандарти, які встановлюють тільки вимоги щодо безпечності промислових роботів та роботів для персонального догляду:

- ДСТУ EN ISO 10218-1:2014 (EN ISO 10218-1:2011) Частина 1. Роботи; Роботи та роботизовані пристрої. Вимоги щодо безпеки для промислових роботів.

- ДСТУ EN ISO 10218-2:2018 (EN ISO 10218-2:2011) Роботи та роботизовані пристрої. Вимоги щодо безпеки для промислових роботів. Частина 2. Робототехнічні системи та інтеграція;

- ДСТУ EN 775:2005 (EN 775:1992) Роботи промислові. Безпека;

- ДСТУ EN ISO 13482:2014 (EN ISO 13482:2014) Роботи і роботизовані пристрої. Вимоги щодо безпеки до роботів для персонального догляду.

Для можливості інтеграції в ЄС та НАТО на правах рівного партнерства Україна потребує впровадження позитивного досвіду міжнародного та європейського співтовариства зі стандартизації у сфері робототехніки, що дасть можливість ефективно розробляти й реалізувати концепції, доктрини, процедури та проекти для досягнення й підтримання функційної сумісності, а також для оптимізації, використання ресурсів для оперативних, технічних і адміністративних потреб.

Наміри України приєднатися до європейського співтовариства потребують не лише бажання, а також аналізування міжнародного та європейського досвіду зі створення та впровадження національної системи стандартизації у сфері оборони, включаючи робототехнічні засоби та системи військового та спеціального призначення.

Є 2 шляхи вирішення цієї проблеми:

1. Розробка національних нормативних документів на робототехнічні засоби та системи військового та спеціального призначення, які гармонізовані з міжнародними та європейськими нормативно-правовими актами у галузі стандартизації та системи технічного регулювання. Цей шлях вимагає великі фінансові витрати та тривалий час на впровадження стандартів.

2. Прийняття в Україні міжнародних і регіональних стандартів та кодексів усталеної практики як національних, що передбачено вимогами Закону України від 5 червня 2014 р. № 1315-VII «Про стандартизацію» та пряме застосування міжнародних стандартів, що передбачено вимогами ДСТУ 1.1:2015 (ISO/IEC Guide 2:2004, MOD) Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Словник термінів.

Цей шлях потребує незначних фінансових витрат та нетривалий час на впровадження стандартів у практичну сферу діяльності.

III. ВИСНОВКИ

В даному матеріалі проведено аналіз сучасного стану міжнародних нормативних документів на роботизовані засоби спеціального призначення та можливості їх застосування в Україні. Як показав аналіз, в Україні діють тільки 4 національних стандарти, які встановлюють тільки вимоги щодо безпечності промислових роботів та роботів для персонального догляду.

Вирішення проблеми приведення нормативних документів на робототехнічні засоби та системи військового та спеціального призначення може бути вирішено такими шляхами:

1. Розробкою національних нормативних документів на робототехнічні засоби та системи військового та спеціального призначення, які гармонізовані з міжнародними та європейськими нормативно-правовими актами у галузі стандартизації та системи технічного регулювання.

2. Прийняття в Україні міжнародних і регіональних стандартів та кодексів усталеної практики як національних та пряме застосування міжнародних стандартів, що передбачено вимогами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Чепков І. Б. Концептуальні засади створення вітчизняних ударно-розвідувальних наземних роботизованих комплексів важкого класу / І. Б. Чепков, А. С. Довгополий, О. М. Гусяков // Озброєння та військова техніка. - Київ: ЦНДІ ОВТ. - 2019. - №3 (23). - С. 16-25.
- [2] Струтинський В. Б. Розвиток основних положень проектування маніпуляторів мобільних роботів спеціального призначення адаптованих для роботи з небезпечними об'єктами / В. Б. Струтинський, О. Я. Юрчишин, О. М. Кравець // Матеріали ХХІІ міжнародної НТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021.- С. 129-131.
- [3] Aggregated Standards List [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://robotistry.org/standards/StandardsList.html>.
- [4] Common Requirements for Robots [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nrp.gov.sg/engineering/standards/>.

Наукове видання

**НЕВЛЮДОВ Ігор Шакирович,
ЄВСЄЄВ Владислав В'ячеславович,
БАБАК Ірина Миколаївна**

**М Міжнародна Конференція
«Виробництво & Мехатронні Системи»**

(укр., англ., рос. мовою)

Відповідальний редактор – Невлюдов І.Ш.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ)
61166, Харків, проспект Науки, 14
корпус "А"
ауд. 162-1
тел. : +38 (057) 702-14-86
e-mail: m_ms@nure.ua

Підписано до друку 10.10.2021
Формат А4 (210x297мм). Папір 80г/м².
[електронний друк]