

Комп'ютеризовані та автоматизовані системи управління. Приладобудування

УДК 531.7

В.В. Волотовська, студентка гр. СІ-70
Науковий керівник – Л.О. Чепюк, к.т.н.
Житомирський державний технологічний університет

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЦЕЮ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ПЕЧЕРИЦЬ

На сьогоднішній день вирощування грибів в теплиці - це досить популярний і досить прибутковий бізнес. Найбільше для цього підходять саме печериці, оскільки коштують вони набагато дорожче будь-яких інших грибів. Відносна вологість повітря в теплиці має триматись на рівні 86–88 %. Більше зниження вологості призводить до висихання покривного шару, компосту і зменшення врожаю.

Температура повітря – 16–19°C (мінімальна температура – 14°C, максимальна – 20°C). Постійна оптимальна температура забезпечує хороший ріст грибів. Часті і різкі перепади температури призводять до зниження врожаю; низькі температури – до зупинки росту грибів і втрати активності компосту; високі температури – до швидкого зростання і розкриття капелюшків, а також до значного зниження якості грибів і їх маси. Коли гриби перебувають в інкубаційному періоді, приміщення необхідно провітрювати: вентиляція необхідна, як тільки печериці починають плодоносити. Гриби не люблять надлишку вуглекислого газу. Температура ґрунту +24°C. Вологість ґрунту – 70 %. Печериця, не потребує регулювання освітлення.

Система автоматизованого керування (САК) теплицею для вирощування печериць дозволить регулювати вологість, температуру і кількість вуглекислого газу в повітрі теплиці за допомогою датчиків і мікроконтролера. Як тільки якийсь показник не відповідає нормі, має спрацювати відповідний пристрій, щоб показник повернути до норми. Значення температури повітря та ґрунту у °C, вологості повітря та ґрунту у %, рівня вуглекислого газу в повітрі у ppm виводитимуться по черзі на РКІ-дисплей при натисненні однієї з трьох кнопок на пульті керування.

САК теплицею розроблятиметься в програмному середовищі Proteus - інтегрованому середовищі для розробки електронних схем, в т.ч. на мікроконтролерах, в якому є можливість протестувати вбудоване ПЗ ще до фізичного виготовлення дослідного зразка системи і змодельовати роботу мікроконтролера, який виконує задану програму.

Програмне забезпечення для мікроконтролера створюватиметься у програмному середовищі Code Vision AVR. САК теплицею розроблятиметься на базі мікроконтролера Atmega324PA. Це 8-бітний швидкодіючий малопотужний КМОН AVR-мікроконтролер з наступними характеристиками:

- 32 кб flash-пам'яті;
- 1 кб ПЗП;
- 2 кб ОЗП;
- 4 порти вводу / виводу даних;
- 32 регістри загального призначення;
- Вбудований 8-канальний 10-бітний АЦП;
- 2-провідний послідовний інтерфейс типу UART.

В якості датчика CO₂ обрано датчик з аналоговим виходом S-CO₂. Напруга на його виході змінюється від 0 до 10 В. Оскільки значення опорної напруги АЦП становить 3.3 В, змінний резистор підключений до дільника напруги, який зменшує 10 В до значення 3.3 В. Діапазон вимірювання S-CO₂ від 0 до 2000 ppm. Кількість CO₂ в повітрі розраховується за формулою:

$$CO_2 = 1,955 \cdot ADC$$

Датчик відносної вологості HH-5030 має діапазон вимірювання від 0 до 100 % та аналоговий вихід. Напруга на виході змінюється від 0.5 В до 2.59 В. Відносна вологість розраховується за формулою:

$$H = (ADC / 6,51) - 23.821$$

В якості датчика температури обрано датчик температури DALLAS 18B20 у вологозахисному корпусі, що має широкий діапазон вимірюваних температур від -55 до + 125 ° C. Даний датчик працює по шині 1-Wire. Інформація про вимірювану температуру зберігається в оперативній пам'яті датчика, яка складається з 9 байт. 1 і 2 байти зберігають інформацію про температуру. 3 і 4 байти зберігають відповідно верхній і нижній межі температури. 5 і 6 байти зарезервовані. 7 і 8 байти використовуються для надточного вимірювання температури. 9 байт зберігає завадостійкий CRC код попередніх 8 байт.

Т.В. Жовтан, студ., 3 курс, гр. КНІТ 31, інт. ННІ АКОТ
Науковий керівник – Ю.Й. Тулашвілі, д.пед.н., проф.
Національний університет водного господарства та природокористування

СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ SMART-ТУРИЗМУ

Використання сучасних інформаційних технологій у туристичній галузі сприяє її популяризації та динамічному розвитку. Особливо це відчутно для такого напрямку туристичної індустрії як культурний туризм, серед якого можна виділити міський. Впровадження нових туристичних ІТ-продуктів в сфері міського культурного туризму забезпечує просування туристичних послуг, підвищення рівня їх інформаційно-консультаційного забезпечення, є запорукою ефективного економічного росту безпосередньо цього виду туризму.

Інтернет-ресурси сьогодні є найпоширенішими засобами туристичної реклами та менеджменту туристичного бізнесу. В сфері міського культурного туризму вони широко використовуються для реклами, комунікації, інформаційного супроводу, онлайн резервування та придбання готельних місць і проїзних квитків, автоматизації управління та обліку, розширенню міжнародних зв'язків для просування національного туристичного продукту на світовому ринку. Створення інформаційних порталів на основі Інтернет-сервісів та програмного забезпечення сучасних гаджетів сьогодні є одним з перспективних напрямів розвитку туристичної галузі. Прикладні системи поєднуючись із Smart-методом сприяють впровадженню концепції регіонального Smart-туризму, формуванню «розумних міст».

Метою проведеного дослідження є розвиток сучасної концепції використання інтегрованих інформаційних систем (ІС), що поєднують Інтернет-сервіси та програмні додатки сучасних гаджетів. Це обумовлено необхідністю синтезу інформаційної технології із Smart-методом в сфері міського культурного туризму шляхом створення нових інформаційних систем для управління доступом до інформаційних потоків мережі туристичних послуг, що являє собою актуальне науково-прикладне завдання.

Загально визнано, що ІС розглядається як ієрархічно організований комплекс організаційних методів, технічних, програмних, алгоритмічних та інформаційних засобів, які мають модульну структуру та забезпечують наскрізне узгоджене управління потоками інформації. За результатами аналізу наявних типових інформаційних ресурсів, які активно використовуються споживачами туристичної продукції та туроператорами визначено, що позитивний ефект від запровадження ІС як інформаційного порталу з функціями інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму може бути отримано із застосуванням концепції сховищ даних (Data Warehouse, DW) і системи оперативної аналітичної обробки даних (Online Analytical Processing, OLAP) на принципах відкритих систем, з дотриманням визнаних стандартів і використання апробованих рішень.

Обрання інформаційно-інтелектуально-аналітичної компоненти проектованої ІС дає змогу забезпечити ефективність інформаційного супроводу та надання сервісних послуг користувачам міського культурного туризму. Реалізація такої архітектури дає можливість для проведення аналізу даних залучати зовнішні інформаційні ресурси (сайти туристичних агентств) та для сервісної підтримки використовувати апробовані програмні додатки з вільним доступом.

Накопичення інформації щодо туристичних об'єктів (дестинацій) здійснюється у централізованому сховищі даних (ЦСД) шляхом застосування процесу пошуку інформації на сайтах з відкритим доступом. ЦСД, своєю чергою, є основним джерелом даних у ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму.

Кожен турист в межах ІС стає автономною одиницею споживання туристичних послуг міського культурного туризму та користувачем системи, що оперує розширеними інформаційними потоками, програмними та іншими ресурсами. Зв'язок користувача міського культурного туризму зі ЦСД забезпечується через програмний мобільний додаток (МД). МД також виконує роль засобу видобування, завантаження, перетворення та переміщення даних від користувача міського культурного туризму до ЦСД, що забезпечує можливість інтеграції та накопичення різномірних даних, сформованих туристами у формі постів. Різномірність інформаційних ресурсів, що формуються користувачами міського культурного туризму із застосуванням МД як вузлів мережі ІС, надає інформації додаткової гнучкості, здатності бути адаптованими до реальних умов Smart-процесів в туризмі, бути поширеним у середовищах Smart-туризму.

Повнофункціональна ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму, має загальний вигляд, який представлений на рис. 1, та охоплює зокрема такі процеси:

- формалізовані описи об'єктів міського культурного туризму (джерела інформації ДІфо);
- маршрути подорожей (джерела інформації ДІпод);
- зв'язки між туристичними об'єктами та готельною інфраструктурою (джерела інформації ДІгот);

- зв'язки з онлайн-системами резервування та придбання готельних місць (сервісний центр СЦгот);
- зв'язки з онлайн-системами резервування та придбання проїзних квитків (сервісний центр СЦтр);
- зв'язки з онлайн-системами геолокаційних засобів (сервісний центр СЦлок).

На рис. 1 пунктирною лінією відокремлено МД та ЦСД, подані зв'язки з сервісом системи геолокації. Для визначення місцеположення туристів та закладів різноманітних послуг за допомогою геолокації використовується загальноновживаний сервісний додаток GOOGLE MAPS, що вже інтегровано входить до складу більшості мобільних пристроїв. Всі ці компоненти після агрегування дають можливість реалізувати ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму.

В основу ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму покладено процеси споживання туристичного продукту. Відповідно, основними елементами (сутностями) ІС є:

- турист - фізична особа, що є споживачем туристської послуги, яка постійно використовує Smart-елементи;
- ЦСД - Інтернет ресурси, що ґрунтуються на використанні даних у сховищах на основі хмарних технологій;
- сервіси - сайти сервісних центрів резервування та продажу готельних місць та проїзних квитків;
- мобільний додаток GOOGLE MAPS - сервіс, що здійснює геолокацію місцеположення туриста та геолокацію різних закладів обслуговування.

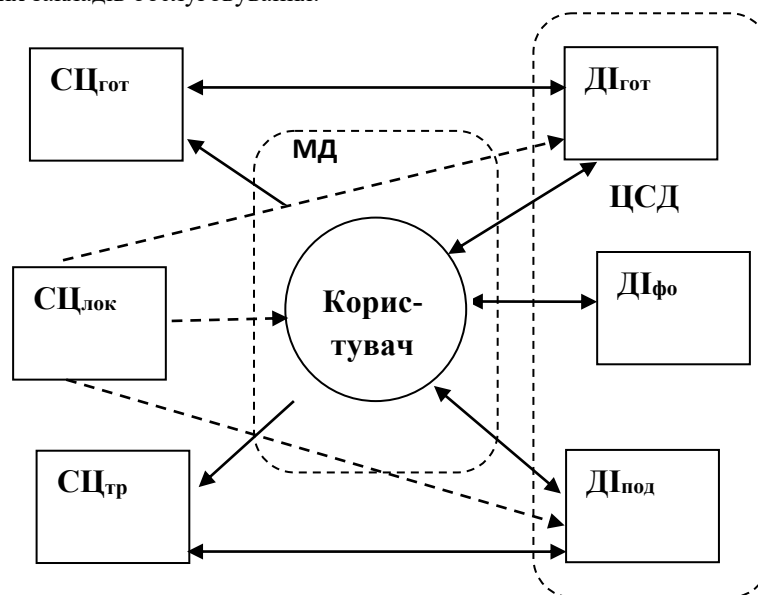


Рис. 1. Загальний вигляд структури додатку інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму

Таким чином, у результаті проведених досліджень визначено основні складові елементи та функції окремих елементів ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму. До складу елементів входять знання туристичних об'єктів, їх можливості та параметри, що формують данні інформаційного супроводу за допомогою ЦСД, периферійні сервіси онлайн резервування та придбання готельних місць і проїзних квитків та здійснення геолокації місцеположення туриста та геолокації різних закладів обслуговування. Розроблено базову структуру інтегрованої інформаційної системи та визначені принципи взаємодії в середині туристичної дилерської мережі з вільним доступом. Запропонована структура реалізує методи інтеграції ресурсів системи підтримки туристів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на поглиблення знань про об'єкти запропонованої ІС інформаційного супроводу та надання сервісних послуг в сфері міського культурного туризму та уточнення взаємозв'язків в середині системи, а саме:

- конкретизацію структури баз даних;
- створення методів оптимальної інтеграції інтелектуальних інформаційних систем;
- оцінку повноти та оперативності надання послуг туристам.

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ БЕТОНОЗМІШУВАЛЬНИМ ВУЗЛОМ

Сучасний бетонозмішувальний вузол (БЗВ) – це комп'ютеризована система, що гарантує високу точність дозування компонентів, однорідність і стабільність состава одержуваної суміші і забезпечує самонастроювання при зміні властивостей заповнювачів. Ця система повинна задовольняти цілому ряду технологічних вимог. Якщо взяти їх за основу, то можна привести наступний перелік основних вимог, пропонованих до сучасного БЗВ:

- Автоматичне (штатний режим роботи) і ручне керування процесом готування бетонних (розчинних) сумішей та керування дозувальним, змішувальним обладнанням, піднімальними пристроями (скіпи, транспортери підйому), пристроями прискорення вивантаження, якщо такі є в наявності.

- Візуалізація стану технологічного обладнання і параметрів процесу.

- Можливість перегляду діаграм роботи обладнання.

- Постійний контроль функціонування виконавчих механізмів з видачою повідомлень про виниклі позаштатні ситуації і несправності.

- Виконання необхідних технологічних блокувань для виключення аварійних ситуацій дозувально-змішувального обладнання.

- Блокування помилкових команд оператора.

- Багаторецептурне готування сумішей та паралельне дозування нового і перемішування попереднього замісу з метою скорочення часу виконання заявок.

- Завантаження вмісту дозаторів у змішувач по заданому регламенту вивантаження (якщо в силу прийнятої технологічної схеми неможливо одночасне вивантаження всіх дозаторів у змішувач, застосовується задана послідовність розвантаження дозаторів).

- Можливість завдання індивідуальних регламентів вивантаження компонентів сумішей з дозаторів у змішувачі для кожного класу продукції.

- Можливість завдання залежно від виду продукції індивідуальних технологічних параметрів і характеристик обладнання: часу перемішування, часу вивантаження зі змішувача, місткості змішувача.

- Коректування кількості води, що дозується по рецепту, і інертних компонентів (щебнів, гравію, піску і т.п.) з урахуванням їх вологості.

- Наявність широкої номенклатури вироблених сумішей, у тому числі і твердих сумішах з водоцементним відношенням 0,30...0,41, для виробництва яких необхідно кругове впорскування води в бетонозмішувач і виконання ряду інших спеціальних умов.

- Стабілізація водоцементного відношення по НВЧ-вологоміру.

- Можливість оперативного введення оператором відхилення від рецепта води як для всієї заявки, так і для окремих замісів (дана опція корисна в ситуації різкої зміни вологості наповнювачів).

- Можливість зміни рецептур, параметрів системних і технологічних настроювань із урахуванням прав доступу користувача до функцій системи.

- Реєстрація втручання у процес автоматичного керування, фіксація змін рецептур, системних і технологічних параметрів.

- Облік дозування компонентів у ручному режимі, захист від розкрадань компонентів.

- Формування архівів відвантажень, витрати, подій і друк відповідних звітів.

- Контроль тиску повітря в магістралі, видача повідомлень про падіння тиску нижче припустимої величини із припиненням процесу відвантаження.

- Контроль рівнів матеріалу в бункерах і цементних силосах.

- Контроль і підтримка температури гарячої води, контроль температури бетонної суміші.

- Керування завантаженням інертних компонентів і цементу в бункери дозаторів.

- Забезпечення багаторічної безвідмовної роботи в режимі двох- або трьох змінної експлуатації.

Даним вимогам не відповідає більшість вироблених у нашій країні БЗВ, у яких дотепер використовуються релейно-контактні схеми, давно забуті на Заході. З іншого боку, саме відповідність цим вимогам дає можливість конкурувати із провідними західними фірмами.

М.В. Куликівський, старший викладач

Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова

І.А. Пількевич, д.т.н., проф.

Житомирський державний технологічний університет

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО РАДІОЕЛЕКТРОННОГО КОНТРОЛЮ ЗАХИЩЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ

Одним з ефективних шляхів виявлення витоків інформації каналами побічних електромагнітних випромінювань є спостереження за окремими об'єктами за допомогою системи комплексного радіоелектронного контролю захищеності інформації. Аналіз матеріалів показує, що система комплексного контролю повинна складатися з трьох основних модулів:

- 1) модуля радіоконтролю;
- 2) модуля радіотехнічного контролю;
- 3) модуля контролю захисту технічних засобів передачі та обробки інформації.

Основними елементами кожного з модулів є антена система (as), конвертори (c), блок антенних комутаторів (bp), радіоприймальний (радіовимірний) пристрій (rd), пристрій аналізу та оцінювання інформації (dai), а також електронно-обчислювальна машина (esm) управління апаратурою та обробки інформації.

Концептуальна модель ефективності системи комплексного радіоелектронного контролю захищеності інформації побудована з використанням методики оцінювання інформаційних систем по вектору критеріїв, запропонованої професором О. О. Писарчуком. Відповідно до зазначеної методики на ефективність інформаційної системи впливають три фактори: технічні (t), ергономічні (er) та економічні (ec).

На підставі структури основних модулів системи комплексного контролю та факторів, що характеризують її ефективність, сформульовані показники ефективності системи комплексного радіоелектронного контролю захищеності інформації:

- технічні ($F_{as}^t, F_c^t, F_{bp}^t, F_{rd}^t, F_{dai}^t, F_{esm}^t$);
- ергономічні ($F_{as}^{er}, F_c^{er}, F_{bp}^{er}, F_{rd}^{er}, F_{dai}^{er}, F_{esm}^{er}$);
- економічні ($F_{as}^{ec}, F_c^{ec}, F_{bp}^{ec}, F_{rd}^{ec}, F_{dai}^{ec}, F_{esm}^{ec}$).

На основі сформульованого переліку показників ефективності системи радіоелектронного контролю захищеності інформації в роботі отриманий вектор критеріальних вимог до системи, ефективність якої оцінюється. Сформульований критерій ефективності системи є суперечливим, оскільки технічні та ергономічні критерії повинні бути максимальними, а економічні – мінімальними.

З метою вироблення остаточного рішення в роботі здійснено зведення сформульованих критеріїв до інтегрованої оцінки ефективності, для формування якої використовувалась нелінійна схема компромісів відповідно до згортки професора А. М. Вороніна, що має вигляд:

$$Y(y_0) = \sum_{i=1}^b \gamma_{0i} (1 - y_{0i})^{-1} \rightarrow \min ,$$

де $i = 1..b$ – кількість включених у згортку частинних критеріїв ефективності системи;

γ_{0i} – нормований ваговий коефіцієнт;

y_{0i} – нормований частинний критерій оптимальності.

Процедура нормування частинних критеріїв ефективності системи радіоелектронного контролю захищеності інформації реалізована відповідно до методики, запропонованої професором О.О. Писарчуком.

Інтегрована оцінка, яка складає $E_{s0} = 0,75$, показує на те, що система радіоелектронного контролю захищеності інформації характеризується “високою” лінгвістичною категорією ефективності.

Таким чином, концептуальна модель ефективності системи радіоелектронного контролю захищеності інформації за технічною, ергономічною та економічною категоріями дозволила об'єднати суперечливі показники до інтегрованої оцінки, розрахунок якої показує високу ефективність застосування системи радіоелектронного контролю захищеності інформації з метою виявлення витоків інформації каналами побічних електромагнітних випромінювань.

О.Р. Кульчицький, студ., IV курс, гр. СІ-70, факультет ІКТ
Т.М. Локтікова, ст. викладач
Житомирський державний технологічний університет
О.С. Іщенко, техн. директор
ПП «Науково-виробниче підприємство «ПРОМЕКС»

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КОНФІГУРУВАННЯ ТЕЛЕМЕХАНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Система автоматичного конфігурування або конфігуратор телемеханічних засобів – це програма (або додаток), яка виконує функцію інтерфейсу взаємодії із користувачем та дозволяє створити та налагодити систему телемеханіки швидко, зручно, без обов'язкового залучення персоналу з високим рівнем кваліфікації. Конфігуратор є реалізацією принципу використання шаблонів: якщо існує клас типових задач, то чому б їх не розв'язувати автоматично, з мінімальним залученням людських ресурсів, але разом із цим, конфігуратор не повинен бути тільки набором готових шаблонів.

Зокрема, існує цілий клас задач з налаштування, вирішувати які навіть фахівець високого рівня хотів би у пакетному режимі, шаблонно. Це – завдання початкового налаштування, які виникають при встановленні системи.

По-перше, під час встановлення виникає потреба налаштувати одразу всі параметри системи – або, принаймні, встановити їх в якийсь стан за замовчуванням. Кількість таких налаштувань обчислюється тисячами, і завжди є ймовірність того, що людина припуститься помилки. Застосування шаблонів при налаштуванні зменшує ймовірність появи помилки, і якщо, навіть, вона з'явиться, то буде мати мінімальний вплив, і її можна буде виправити потім.

По-друге, на повне прописування всіх параметрів сучасної системи вручну сьогодні, навіть із використанням відповідних довідників, таке налаштування займе надто багато часу.

По-третє, більшість (практика показує, що близько 80 %) налаштувань за замовчуванням, якщо вони проставлені автоматично або на основі короткого діалогу, згодом змінювати не доведеться взагалі. Це налаштування мови, апаратури, мережі і т. д.

Головна перевага конфігуратора – вирішення задач користувача. Чим ширше коло цих задач, тим цікавіший сам конфігуратор – із умовою, що інтерфейс не надто виходить за межі користувацької об'єктної моделі.

Оскільки конфігуратор налаштовує саму систему телемеханіки, то він має широкий діапазон галузей застосування: енергооб'єкти, шахти, трамвайно-тролейбусні управління, зовнішнє освітлення міст, залізничний транспорт, метрополітени, великі промислові об'єкти, нафтопромисли, аеропорти, водоканали.

Структура сучасної системи телемеханіки або однорівневого інформаційно-управляючого телемеханічного комплексу (ІУТК) містить такі основні складові частини (рис. 1): ЦППС – центральна приймально-передавальна станція (пристрій пункту управління); RTU – remote terminal unit (пристрій контролюваного пункту); ЩД – диспетчерський щит (або інтерактивна відеостіна); ПД – пульт диспетчера; ДПМКС – датчики повідомлюваних, метрологічних, кодових сигналів; ВМ – виконавчі механізми;

ПЕОМ – персональна ЕОМ; пристрої можуть сполучатися РЛЗ – радіальними лініями зв'язку; МЛЗ – магістральними лініями зв'язку; ТЛЗ – транзитними (або ланцюжковими) лініями зв'язку.

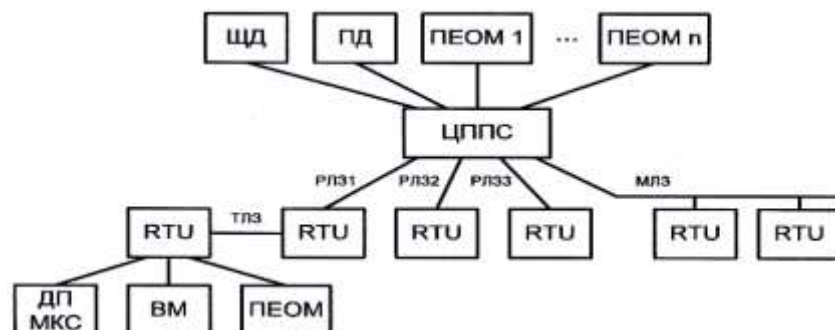


Рис. 1. Структура однорівневого ІУТК

Структура багаторівневого ІУТК характеризується тим, що у його складі є дві та більше ЦППС. Організований прямий інформаційний зв'язок між RTU різних рівнів. При цьому ІУТК набуває рангу мережевої системи. Пристрої ПУ (ЦППС) і КП (RTU) можуть бути побудовані за різними принципами:

– магістрально-модульним. Пристрій телемеханіки має у своєму складі: внутрішню магістраль; контролер внутрішньої магістралі; модулі різних типів, які забезпечують виконання відповідних функцій. Лінії внутрішньої магістралі використовуються для передавання-приймання управляючих, діагностичних та інформаційних сигналів. Контролер внутрішньої магістралі являє собою концентратор супервізорного управління і регулює обмін даними між RTU та оброблювальним центром ЦППС.

– розподіленим. Пристрій телемеханіки складається з контролера-концентратора, зовнішніх магістральних шин, до яких під'єднані модулі або пристрої.

– змішаним. Принцип, який поєднує магістрально-модульний та розподілений.

На сьогоднішній день використовується три варіанта автоматизації об'єктів телемеханіки ІУТК Гранит-микро.

Централізована система: обладнання зконцентроване в одному або декількох RTU, який містить певний набір функціональних модулів відповідно до локального телемеханічного завдання. Стан датчиків передається без обробки по шлейфу до відповідних модулів RTU, де відбувається обробка та діагностика даних, далі дані формуються у повідомлення, які захищаються кодуванням і відправляються (по певному інтерфейсу) відповідно до структури системи до вищого RTU, або на ЦППС до диспетчера.

Розподілена система: має концентратор, який у свою чергу з'єднується інтерфейсами (RS-485, Ethernet) з відповідними «комірками», або іншими концентраторами, пристроями. Інформація від датчиків обробляється у «комірці» та по лініям зв'язку інтерфейсу RS-485 передається до концентратора і через мережу передається на ЦППС до диспетчера.

Змішана система: усереднений варіант між централізованою та розподіленою системою телемеханіки.

Пропонується розробка конфігуратора, що відповідає всім вищевказаним вимогам і працює із телемеханічними засобами згідно із протоколами IEC 870–5–101, IEC 870–5–104, Modbus RTU, Modbus TCP, Гранит, Гранит-микро. Має ергономічний вигляд та локалізацію на трьох мовах – українській, англійській та російській.

Знайомство користувача з конфігуратором розпочинається з представлення основних складових системи у деревоподібному вигляді. Вибравши один із вузлів дерева, можна отримати всю інформацію про цей об'єкт. Якщо інформації про об'єкт занадто багато, то передбачена можливість відкриття додаткового вікна з розширеним його описом. Наприклад, для RTU це реалізовано у вигляді вікна, де у графічній формі наочно зображується вибраний RTU, його модулі та канали, якими він сполучається із верхнім і нижнім RTU відповідно до ієрархії. Паралельно з цим відображається докладніша деревоподібна структура і при виборі вузла також приводиться його повний опис. Кожен об'єкт у системі має індивідуальний ідентифікаційний номер (ID), що дозволяє ефективно працювати з об'єктами, які не зв'язані структурно. Наведена наочність інтерфейсу користувача дозволяє легко розібратись у структурі телемеханічної системи та швидко налаштувати необхідні засоби, додати датчики, розширити або навпаки – видалити частину пристроїв.

Збереження проекту здійснюється у форматі xml. Це надає можливість легко доповнювати або змінювати модель, без суттєвих затрат, що дозволяє спеціалісту налаштувати телемеханічну систему віддалено або проаналізувати її без використання якихось спеціалізованих програм. Конфігуратор розроблений із застосуванням мови C#, яку визначено флагманською мовою корпорації Microsoft, тому що вона найповніше використовує нові можливості .NET, підтримує багато сучасних технологій відображення інформації, взаємодії з різними базами даних тощо. При створенні конфігуратора враховані такі важливі моменти. Оскільки конфігуратор – це програмний продукт, то одноразово написане доповнення повинно зберігати працездатність в будь-яких майбутніх версіях програми, якщо тільки новий конфігуратор декларує зворотню сумісність зі старою версією. При цьому поява будь-яких інших додатків не має заважати роботі раніше написаного (за винятком випадку, коли нове доповнення робиться замість старого).

Також розглядаються можливі залежності між об'єктами рівня користувальницької і системної моделей. Коли зміна малої частини верхнього рівня призводить до зміни залежної від неї частини нижнього, то ця зміна відіб'ється і на інших частинах верхнього рівня.

Дуже гостре питання – це залежність модулів програми (тобто конфігуратора). Тому в конфігураторі повинен бути присутнім спосіб вирішення ситуації конфлікту модулів по ресурсам, інакше розробка кожного нового доповнення буде справою все більш трудомісткою і ненадійною.

«Правильний» конфігуратор повинен надавати зручні інструменти для моделювання користувальницької і системної областей, для написання логіки перетворення зверху вниз і знизу вгору та для створення інтерфейсу, а також інструменти взаємодії між модулями і управління ними.

ОПТИМІЗАЦІЯ АЦИКЛІЧНОГО СУМАТОРА БІНАРНИХ КОДІВ

Суматор бінарних кодів присутній у більшості цифрових електронних схем, включаючи цифрові сигнальні процесори (DSP) і є одним із засобів мікропроцесорної обробки даних. Продуктивність операції додавання у позиційній системі числення залежить від способу перенесення одиниці до старшого розряду. Мінімізація складності та глибини логічних схем є однією з центральних і практично важливих проблем у цій теорії. На даний час оптимізацію схеми до певної міри вирішують програмні засоби, однак у загальному задача оптимізації логічної схеми (зокрема схем суматорів) і сьогодні вирішувалася емпірично. У зв'язку з цим актуальним є необхідність математичного дослідження процесу формування результату обчислень у схемі суматора, що дає можливість управління схемою на етапі проектування.

На даний час побудова схем суматорів бінарних кодів, що ґрунтується на використанні властивостей ациклічного графа є задачею невирішеною. У зв'язку з цим у даній роботі розглядається модель ациклічного суматора [1], що, таким чином, розширює апарат синтезу паралельних багаторозрядних суматорів з паралельним способом перенесення для їхнього використання у цифрових технологіях.

Метою роботи є побудова оптимального паралельного ациклічного суматора бінарних кодів та оцінка динаміки глибини схеми суматора при збільшенні його розрядності.

Принцип обчислення для моделі ациклічного суматора визначається ациклічним графом, коли одночасно додаються сусідні пари доданків, а потім їх суми (табл. 1), що є алгоритмом здвоювання (або алгоритмом логарифмічного підсумовування), який у підсумку дає *одноетапний* спосіб вироблення сигналу суми і перенесення.

Таблиця 1

Алгоритм здвоювання ($n=2^3=8$)

Кроки	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
1	$x_1 + x_2$		$x_3 + x_4$		$x_5 + x_6$		$x_7 + x_8$	
2	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4$				$x_5 + x_6 + x_7 + x_8$			
3	$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8$							

Здійснення порозрядного додавання бінарних кодів, за невеликими відмінностями можливе за допомогою алгоритму здвоювання, що застосовується при багатооперандному підсумовуванні. Якщо $n = 2^k$, де n – число доданків, то алгоритм здвоєння складається з k кроків (тактів): на першому кроці виконується $n / 2$ додавань, на другому – $n / 4$, ..., на останньому – одне додавання. Кількість кроків k визначається за формулою:

$$k = \log_2 n. \quad (1)$$

Такий варіант багатооперандного додавання реалізується каскадною схемою (ациклічним графом) [2].

Використовуючи процедуру багатооперандного додавання за допомогою каскадної схеми легко бачити, що для процесу паралельного додавання бінарних кодів парами даних тут будуть біти однойменних розрядів, для кожної з яких обчислюється сигнал суми і перенесення.

Далі, аналогічно процедурі багатооперандного додавання, всі отримані суми однойменних розрядних пар бінарних кодів, зі своєю специфікою, також розбиваються на пари і знову виконується додавання значень пар і т. д. У підсумку значення старшого розряду суми бінарних кодів можна співставити зі значенням загальної суми при багатооперандному додаванні. Крім суми старшого розряду у процесі паралельного додавання бінарних кодів автоматично виникають проміжні результати у вигляді значень сум попередніх розрядів бінарних кодів.

Список літератури:

1. Solomko, M. The Parallel Acyclic Adder [Text] / Mykhailo Solomko, Petro Olshansky // 2017 14th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM), Lviv, 2017, pp. 125-129.
2. Solomko, M., Krulikovskiy, B. (2016) Study of carry optimization while adding binary numbers in the rademacher number-theoretic basis [Electronic resource]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Mathematics and Cybernetics – applied aspects, Volume 3, № 4(81), 2016, pp: 56-63. <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/70355>

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ КОНТРОЛЕР ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ НАПОЇВ

Безалкогольні напої є одним з широко розповсюджених і популярних видів харчових продуктів. Асортимент безалкогольної продукції як на світовому ринку, так і в Україні постійно розширюється в основному за рахунок використання нових, нетрадиційних видів сировини, а також різних харчових добавок, що додають напоям бажаного смаку, кольору, зовнішнього вигляду та підвищують їхню стійкість. Впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) для процесу приготування безалкогольних напоїв в даний час є дуже актуальним питанням. Централізоване диспетчерське керування процесами дає можливість дистанційно контролювати всі виробничі процеси, стежити за станом техніки, дотриманням норм і вимог, які пред'являються в даній галузі виробництва. Головними ж труднощами впровадження автоматизованої системи управління технологічного процесу виготовлення безалкогольних напоїв є її висока ціна. Дорого коштує не тільки саме устаткування, але також і послуги з його впровадження, обслуговування, навчання персоналу для роботи з ним.

Дана робота присвячена автоматизації технологічного процесу виготовлення соковмісних безалкогольних напоїв на етапі приготування купажного сиропу. Аналізуючи вже існуючу технологічну схему приготування газованих напоїв, можна зробити висновок, що багато задач виконуються вручну, особливо задачі зважування матеріалів – у тарі, в якій ці матеріали постачаються, та змішування компонентів, що полягають у ручному насипанні чи переливанні з тари (бутлів, мішків тощо) в мірні ємності. Все це потребує безпосередньої участі операторів та характеризується низькою точністю процесів дозування та змішування. Зокрема для здійснення автоматизованого дозування (відмірювання кількості) та подачі компонентів вже існуючу технологічну схему доповнено ємностями запасу компонентів, з яких є можливою автоматизована подача речовин, а також необхідною запірною апаратурою та насосами для перекачування речовин.

Враховуючи те, що процес приготування напоїв є багатостадійним процесом, що реалізується на множині обладнання, розподіленого на значній території, представляється доцільним виконати автоматизацію даного процесу шляхом побудови розподіленої АСУТП, що в свою чергу реалізується як модульна телемеханічна система (ТМС). В даній роботі пропонується реалізувати контролер процесу змішування компонентів у вигляді одного з модулів такої ТМС.

Розподілені автоматизовані системи управління (АСУ), побудовані на принципах телемеханічних комплексів, виконують різного роду задачі диспетчеризації, керування віддаленими об'єктами, збору та передачі інформації з / до віддалених об'єктів. В такому випадку АСУ будуються як багаторівневі розподілені системи, що мають ієрархічну (деревоподібну) вузлову структуру. В ролі вузлів виступають так звані «пункти управління» (ПУ) та «контрольовані пункти» (КП). Верхній рівень АСУ утворений пунктом управління та автоматизованим робочим місцем оператора – керуючою ЕОМ, а також, при необхідності, диспетчерським щитом. Нижні рівні утворені мережею контрольованих пунктів, що виконують функції передачі даних від одного вузла до іншого (ретрансляції) та/або взаємодіють з об'єктами керування.

Як правило, в існуючих телемеханічних системах функції керування виконуються лише на верхньому рівні (в керуючій ЕОМ), до якого зводиться інформація від об'єктів про їх поточний стан. У відповідь з верхнього рівня надсилаються посилки про зміну стану виконавчих механізмів. Такий принцип функціонування є ефективним, коли керуючі дії з верхнього рівня на нижній передаються достатньо рідко – зокрема в задачах віддаленого керування дискретними об'єктами (наприклад, дистанційне ввімкнення/вимкнення вимикачів на електричних підстанціях, насосів, світла, переключення колій на залізничному транспорті тощо). В задачах керування технологічними процесами, де необхідно виконувати регулювання неперервними параметрами (на основі співставлення заданих та поточних значень параметрів), такий підхід являє собою значну проблему, оскільки реалізація регулювання параметрами віддалених об'єктів обумовлює, з однієї сторони, інтенсивний обмін посилками від нижніх рівнів до верхнього та навпаки, а з іншої, призводить до суттєвого зростання інерційності реакції системи (інерційність у формуванні керуючих впливів) на зміну стану об'єкта (оскільки тривалість циклу обміну даними з керуючою ЕОМ може становити суттєвий інтервал часу).

Збільшення ефективності роботи АСУ (оперативність реагування на зміни стану об'єктів) можна досягнути шляхом перенесення деяких функцій керування з верхнього рівня до місцевих контролерів, на які надсилати посилки про задані значення та отримувати з них інформацію про об'єкти лише з метою видачі довідникової інформації для оператора. При цьому функції регулювання (забезпечення

дотримання необхідних значень параметрів) повністю мають виконувати місцеві контролери, що можуть бути виконані як функціональні модулі вузлів АСУ. Це забезпечить легку можливість побудови та модифікації АСУ різного роду розподіленими промисловими об'єктами.

При цьому сучасним підходом до побудови вузлів (ПУ та КП) є використання набору уніфікованих функціональних блоків або модулів. Таким чином, кожен КП (а також ПУ) має модульну структуру, утворену функціональними модулями, які з'єднані внутрішньою шиною даних. Функціональність вузла забезпечується шляхом комбінації функціональних модулів потрібних типів, що визначається призначенням (функціональністю вузла). Модулі беруться в такій кількості, яка визначається необхідністю реалізувати потрібну кількість каналів введення чи виведення даних (каналів керування). В ПУ та КП, що виступають в ролі проміжних вузлів ретрансляції даних, застосовуються відповідні модулі зв'язку. В КП, які безпосередньо взаємодіють з технічними об'єктами, застосовують модулі взаємодії з об'єктами (введення / виведення аналогової та/або дискретної інформації, спраження по спеціальним інтерфейсам с пристроями, датчиками тощо), а також один або декілька модулів зв'язку. Таким чином, будь-який КП може виконувати або лише задачі передачі інформації до / з підлеглих вузлів (ретрансляції даних), або лише задачі керування об'єктами, або суміщати в собі обидві задачі. В якості поширених шин даних можуть виступати шини I2C або SPI тощо. Представляється доцільним застосувати викладений вище підхід зокрема для керування устаткуванням технологічного процесу виготовлення безалкогольних напоїв. Таким чином, для керування ділянкою приготування купажного сиропу доцільною є розробка мікропроцесорного контролера (функціонального модуля для вузлів ТМС), який дозволяє локально керувати процесом дозування та змішування компонентів, а з іншої сторони – інтегруватися як один з модулів в контрольованих пунктах за допомогою інтерфейсу SPI.

Отже, метою даної роботи є автоматизація технологічного процесу виготовлення соковмісних безалкогольних напоїв на етапі приготування купажного сиропу шляхом розробки мікропроцесорного контролера, що реалізує задачі автоматизованого дозування (відмірювання кількості), подачі компонентів та їх перемішування із дотриманням необхідної температури впродовж визначеного часу, а також має можливості об'єднання з іншими контролерами інших ділянок технологічного процесу в єдину систему керування.

Для здійснення автоматизованого керування обрано керовані та контрольовані параметри, визначено склад контурів керування та їхню взаємозалежність, визначено типи датчиків та виконавчих механізмів. Все це утворює логіку керування даним процесом, що втілена у функціональній схемі (рис. 1).

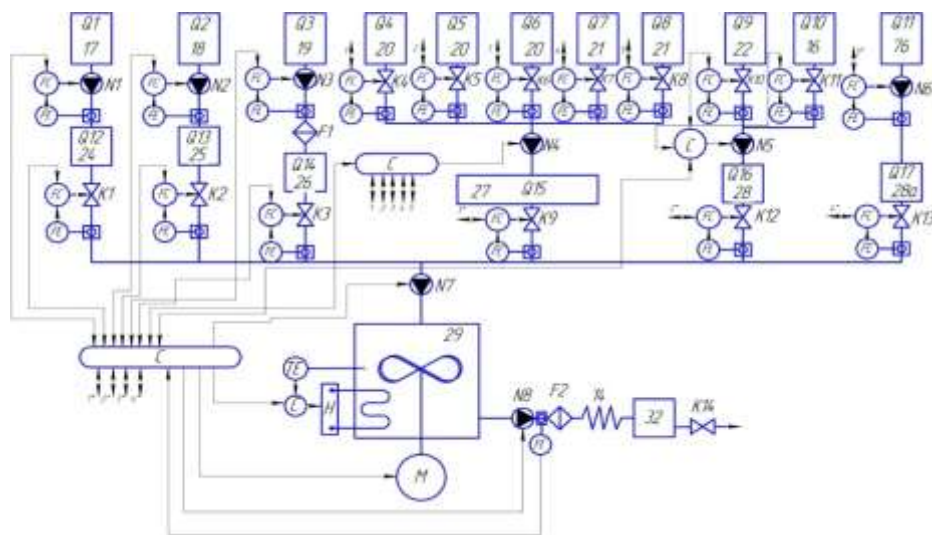


Рис. 1. Функціональна схема автоматизації

Для реалізації поставленої мети розроблено структурну та принципову електричну схему контролера, а також алгоритмічне забезпечення. Виконані розробки дозволять підвищити ефективність виробництва шляхом реалізації централізованого диспетчерського керування віддаленими об'єктами, зокрема ділянкою дозування та змішування компонентів.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТУ

У основі виробництва йогурту лежить молочнокисле бродіння, тобто перетворення лактози (молочного цукру) на молочну кислоту за допомогою молочнокислих бактерій. Після внесення закваски до молока починається молочнокисле бродіння, в результаті якого утворюються молочна кислота і вуглекислий газ.

Класичний спосіб виробництва йогурту – термостат: молоко з внесеною закваскою розливають в пляшки і відправляють в термостат. При такому підході продукт виходить густим.

Проте сьогодні з міркувань економії витрат йогурт виготовляють в основному резервуарним способом при періодичному перемішуванні. Через це щільний згусток руйнується, і напій виходить рідшим по консистенції.

При резервуарному способі виготовлення кисломолочних напоїв процеси заквашування, охолодження та дозрівання проходять у великих резервуарах (танках). Під час резервуарного способу виробництва молоко після пастеризації поступає у великі металеві резервуари, обладнані мішалкою, куди попередньо вносять закваску. Молоко залишають для сквашування до кислотності 85°Т, потім у міжстінковий простір танка подають холодну воду та включають мішалку для розмішування згустку. Перемішування продовжують періодично, поки згусток не набуде однорідної сметаноподібної консистенції. У цих же танках йогурт охолоджують і залишають для дозрівання.

Ділянка для виробництва йогурту комплектується: керуючими пристроями, які забезпечують контроль температури у технологічних ємностях та трубопроводах; дистанційним керуванням електродвигунами та клапанами, які є на даній ділянці; світловою сигналізацією роботи двигунів та технологічного обладнання.

Контроль температури продукту у трубопроводах здійснюється за допомогою електроконтактного показуючого приладу типу ТПГ-СК, який призначений для вимірювання температури рідких неагресивних середовищ при підвищеному тиску. Межа вимірювань даного приладу від 0 до 100 °С.

На щиті температура регулюється за допомогою вторинного показуючого самописного приладу типу ПВ 10.19 з вбудованою станцією керування. Також регулювання температури здійснюється за допомогою регулятора системи «Старт».

У витримувачі та танку температура регулюється за допомогою манометричного термометра марки ТПГ 4 з пневматичною дистанційною передачею, який має межі вимірювання від 0 до 100 °С.

Контроль в гомогенізаторі відбувається за допомогою манометра технічного загального призначення марки МЭД 22 365, що має межі вимірювання 16 МПа.

Рівень молока в технологічних ємностях керується за допомогою регулятора-сигналізатора рівня марки ЭРСУ-3, який призначений для контролю рівня рідких електропровідних середовищ.

В системі управління ділянкою з виробництва йогурту передбачено контроль кислотності за допомогою комплексу рН-метра РН-261 з електричного пневмо-перетворювача марки ЭПП - 63. Система управління лінією розливу має пускову і сигнальну апаратуру електродвигунів, мішалок та насосів.

Основними завданнями автоматизованої системи керування процесом виробництва йогурту є:

- збір й обробка технологічної інформації,
- взаємодія із програмувальним логічним контролером, датчиками, виконавчими механізмами;
- візуалізація технологічного процесу;
- автоматизоване регулювання температури в пастеризаторі;
- збір даних по "історії" роботи системи, подання їх у вигляді графіків, таблиць, звітів і т.п.

В системі використовується аналогові датчики (температури, тиску, витрат) та дискретні датчики (рівнів мінімального і максимального в ємностях, стану роботи обладнання). В якості виконавчих механізмів в системі використовуються насоси, клапани, електродвигуни.

Щит контролю і керування призначений для керування технологічним процесом виготовлення ряжанки. Щит виконаний у виді шафової конструкції з 3-х частин (двох шаф і кабельної секції для вступних кабелів між ними, установлених на цоколях). Всередині шаф у нижній частині на панелях з листового металу розташовані магнітні пускачі, реле, автоматичні вимикачі, клеми і т.п. У верхній частині розташовані органи контролю і керування – кнопки, реєструючий прилад, перемикачі і т.п. Мікропроцесорна система керування технологічним процесом дозволяє досягти: забезпечення якості продукції, збільшення економічності виробництва, підвищення надійності функціонування встаткування, підвищення продуктивності, забезпечення екологічності і безпеки праці обслуговуючого персоналу.

Для рішення даних завдань пропонується використати автоматизовану систему керування технологічним процесом, що має ієрархічну тривірневу структуру (рис. 1): до нижнього рівня відносяться датчики й виконавчі механізми; до середнього рівня програмований мікропроцесорний контролер; до верхнього рівня (рівень оперативного керування) – АРМ оператора (технолога), реалізоване на базі персонального комп'ютера.

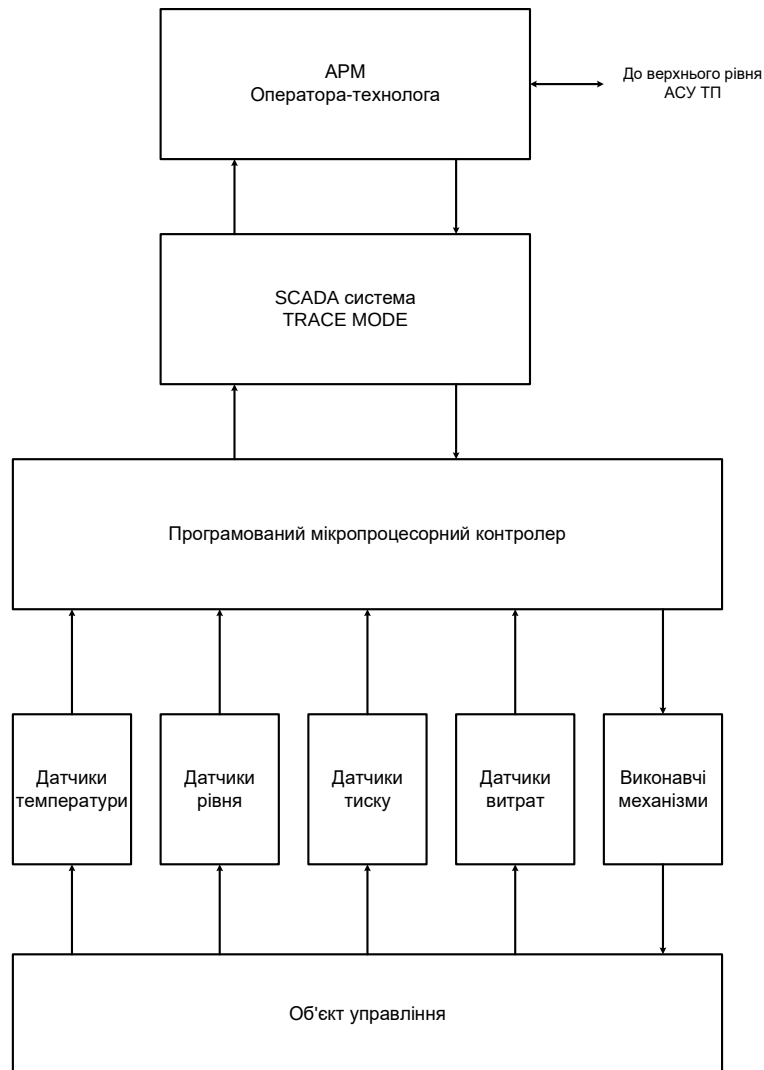


Рис. 1. Структурна схема системи управління технологічним процесом виробництва йогурту

АРМ виконує наступні функції:

- забезпечення цілодобового обміну інформацією з контролерами;
- обробка отриманої інформації, формування баз даних вимірів, а також передісторії поточних подій;
- відображення отриманої інформації у вигляді таблиць і мнемосхем з можливістю показу, як повного переліку параметрів, так і параметрів по конкретній технологічній підсистемі;
- побудова графіків тенденцій розвитку технологічних процесів;
- дистанційне керування устаткуванням;
- формування і друкування звітно-облікових документів.

Парфенюк О.І., старший лаборант кафедри АЕКІТ

Науковий керівник – Сафоник А.П., д.т.н., доц.

Національний університет водного господарства та природокористування

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОТУЖНІСТЮ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ
УСТАНОВОК НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ МАМДАНІ**

Алгоритм Мамдані, ґрунтується на нечіткому логічному виведенні, який дозволяє уникати надмірно великого обсягу обчислень. Основною перевагою алгоритму Мамдані є те, що він працює за принципом «чорного ящика», для якого виділяють тільки вхідні і вихідні параметри, не виділяючи в явному вигляді математичні методи побудови «чорного ящика», представляючи його у вигляді деякої апроксимації розглянутих процесів.

В роботі розроблено систему автоматизованого керування внутрішнім освітленням приміщення на основі нечіткого висновку Мамдані. Згідно алгоритму Мамдані необхідно дотримуватися наступних етапів:

- 1) Формування бази знань у вигляді продукційних правил.
- 2) Фазифікації вхідних змінних.
- 3) Агрегування передумов в нечітких продукційних правилах.
- 4) Активізація або композиція висновків в нечітких продукційних правилах.
- 5) Акумуляування висновків нечітких продукційних правил.
- 6) Дефазифікація вихідної змінної.

Розглянемо операційні дії кожного етапу для поставленого завдання дослідження.

1) В системі керування освітлювальними установками на етапі фазифікації відбувається встановлення відповідностей між значеннями вхідної змінної і значенням функції приналежності відповідного їй стану лінгвістичної змінної. У блоці нечіткого виведення відбувається прийняття рішення на основі вхідних змінних «Освітленість» і «Присутність»

Вхідні нечіткі множини A_1 і A_2 , які визначаються наступним чином:

$$A_1 = \{B, \mu_{A_1}(B); B \in X_1\},$$

$$A_2 = \{E, \mu_{A_2}(E); E \in X_2\},$$

де B – вхідна змінна «Присутність»;

$\mu_{A_1}(B)$ – функція приналежності B до нечіткої множини A_1 ;

X_1 – множина значень змінної «Присутність»;

E – вхідна змінна «Освітленість»;

$\mu_{A_2}(E)$ – функція приналежності E до нечіткої множини A_2 ;

X_2 – множина значень змінної «Освітленість».

Вихідною нечіткою множиною A_3 являється:

$$A_3 = \{P, \mu_{A_3}(P); P \in X_3\},$$

де P – вихідна змінна «Потужність»;

$\mu_{A_3}(P)$ – функція приналежності P до нечіткої множини A_3 ;

X_3 – множина значень змінної «Потужність»;

Для всіх станів вхідних і вихідних змінних вибрана функція приналежності на основі функції розподілу Гауса.

Змінна «Присутність» матиме такі стану і відповідні їм значення параметрів виразу для функцій власності на інтервалі від 0 до 1: «відсутні» ($a = 0$; $b = 0.35$); «Присутні» ($a = 1$; $b = 0.35$);

Для вхідної змінної «Освітленість» на інтервалі від 0 до 300 люкс: «Нульова» ($a = 0$; $b = 10$); «Дуже низька» ($a = 50$; $b = 10$); «Низька» ($a = 100$; $b = 10$); «Середня» ($a = 150$; $b = 15$); «Вище середньої» ($a = 230$; $b = 15$); «Висока» ($a = 300$; $b = 25$);

Для вихідної змінної «Потужність» на інтервалі від 1 до 100%: «Нульова» ($a = 0$; $b = 5$); «Дуже низька» ($a = 20$; $b = 5$); «Низька» ($a = 40$; $b = 5$); «Середня» ($a = 60$; $b = 5$); «Вище середньої» ($a = 80$; $b = 5$); «Висока» ($a = 100$; $b = 5$).

Відповідні даним термам функції приналежності для всіх змінних зображені на рисунку 1.

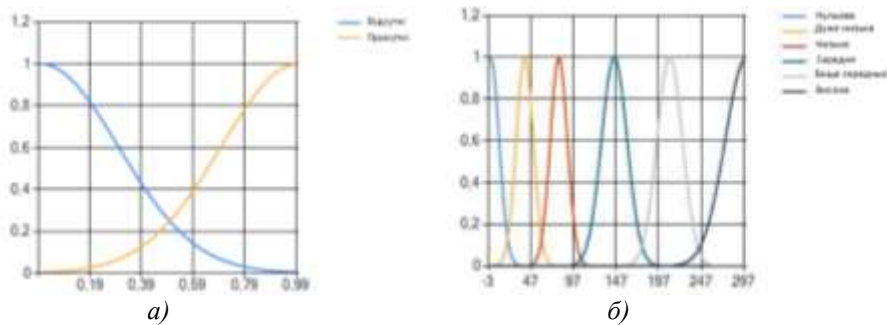


Рис. 1. Функції приналежності лінгвістичних змінних: а) – присутність; б) – освітленість

2) У відповідності з введеними станами, були розглянуті приклади можливих комбінацій вхідних змінних і визначено множину лінгвістичних правил $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$. Приклади розроблених правил:

R_1 - Якщо «Присутність» «відсутні» і «Освітленість» «нульова», то «Потужність» «нульова»;

R_2 - Якщо «Присутність» «присутні» і «Освітленість» «нульова», то «Потужність» «висока»;

R_3 - Якщо «Присутність» «присутні» і «Освітленість» «висока», то «Потужність» «нульова».

3) Агрегування. Так як у всіх правилах використовується тільки операція «І», то агрегування проводиться за методом логічної кон'юнкції:

$$b_i = \min\{\mu(P); \mu(E)\}.$$

4) В якості методу виведення висновків (активації) використовується метод мінімального значення, що виконує активацію логічного висновку по формулі:

$$\mu_i(P) = \min\{c_i, \mu(P)\},$$

де $\mu(P)$ – функція належності терму, що є значенням вихідної змінної P ;

c_i – елемент множини $C = \{c_i\}$, яка визначається, як алгебраїчна сума елементів b_i множини B і значень вагових коефіцієнтів F для кожного з правил системи нечіткого виведення.

5) Акумуляція або процес знаходження функції приналежності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних $P = \{P_i\}$, виконується за формулою:

$$\mu_i(P) = \max\{\mu_i(P)\},$$

де $\mu(P)$ – функція приналежності, отримана в результаті активації лінгвістичних правил.

6) Результатом дефазифікації є кількісні значення вихідної змінної «Потужність» в процентах. Дефазифікація виконується за методом найбільшого модального значення:

$$P = \max(P_M),$$

де P_M – модальне значення нечіткої множини для вихідної змінної P після акумуляції, визначається таким чином:

$$P_M = \arg \max\{\mu(P)\},$$

де $P = [0, 100]$.

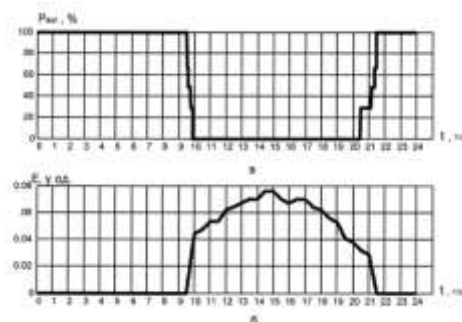


Рис. 2. Результати моделювання алгоритму управління: а – потужність включення; б – зовнішня освітленість.

Перевагами розробленої АСУ на основі алгоритму Мамдані є:

- керування освітленням здійснюється по двох вхідних змінних;
- система здійснює оперативний контроль освітленості приміщення відповідно до нормативних значень;
- визначає оптимальну потужність світильників, забезпечуючи ефективний режим роботи.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФРАКТАЛЬНОГО СТИСНЕННЯ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИМІРЮВАЛЬНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖІ

Вступ. На сьогодні частка графічної інформації серед усього цифрового інформаційного контенту є надзвичайно вагомою і продовжує зростати. У зв'язку з широким розповсюдженням інформації виникають проблеми, пов'язані з її зберіганням та обробкою. Розвиток сучасних інформаційних систем і мереж привів до широкого використання цифрових зображень. Все більшої популярності набувають мультимедійні типи даних – відео-, аудіозаписи й цифрові зображення. Хоча рівень розвитку сучасних носіїв інформації дає змогу з легкістю зберігати весь цей наплив графічної інформації, його ресурси, все ж, обмежені і потребують використання різноманітних наявних (а також удосконалення вже наявних та розроблення нових) методів стиснення (компресії) графічної інформації.

Розробка ефективних методів компресії мультимедійних даних є однією з найбільш актуальних проблем застосування сучасних інформаційних технологій, зокрема – до графічної інформації. Цифрові зображення при зберіганні займають великі обсяги пам'яті. Для прикладу, растрове зображення розміром 1024 на 1024 точок з глибиною кольору 24 біти займає 3 Мб. Зрозуміло, що зберігання і передача групи зображень у такому вигляді є досить трудомісткою задачею.

Використання зображень в мережі відіграє на сьогодні неабияку роль, щодня по всесвітній павутині передається велика кількість зображень, більшість яких були зроблені неякісно (наприклад камерою на телефоні). Після стиснення зображення для передачі, частка інформації може стати не зрозумілою для кінцевого користувача. Тому виникає необхідність не тільки швидко передати зображення але й зберегти його початкову якість. Тому в даній роботі за мету поставлена задача збільшити якість зображення при цьому застосовуючи його стиснення.

Аналіз існуючих рішень. На цей час вже розроблено надзвичайно велику кількість різноманітних методів стиснення зображень. Їх використовують на практиці як окремо, так і в симбіозі один з одним, усі вони мають свої переваги та недоліки. Проте виокремимо два з них, а саме: метод JPEG і фрактальний метод, оскільки JPEG на сьогодні є монополістом ринку компресії зображень, а фрактальний метод є найбільш перспективним і може скласти достойну конкуренцію першому. Алгоритм JPEG базується на дискретному косинусному перетворенні (ДКП), що застосовується до матриці зображення для отримання нової матриці коефіцієнтів. Для отримання відновленого зображення використовується зворотне дискретне косинусне перетворення. Переваги алгоритму JPEG: задається ступінь стиснення; кольорове зображення може мати глибину кольору 24 біта на точку.

Недоліки алгоритму JPEG: при підвищенні ступеня стиснення зображення розпадається на окремі квадрати (8x8). Це пов'язане з тим, що відбуваються більші втрати даних про низькі частоти зображення і повністю відновити вихідні дані стає неможливо. Проявляється ефект Гіббса – ореоли по межах різних переходів кольорів. В автоматизованих системах до цифрових зображень різноманітних промислових виробів також доцільно застосовувати методи алгоритмічної обробки на основі теорії фракталів. При цьому забезпечується підвищення точності та компактності вимірювальної інформації про геометричні параметри виробів у порівнянні з іншими методами. Основною операцією, що реалізується фрактальними методами, є зменшення об'єму відеозображень при їх накопиченні та зберіганні в автоматизованій системі.

Необхідність цих дій обумовлена дуже великим об'ємом зображень з вимірювальною інформацією. Об'єм одного зображення виробу у сучасних відеокмерах досягає декількох десятків мегабайт. Вимірювання параметрів руху виробничого обладнання та виробів в процесі їх виготовлення потребує реєстрації часових послідовностей відеозображень. Все це вимагає значних затрат технічних ресурсів та ускладнює вимірювання геометричних параметрів та параметрів руху виробів. З іншого боку, зображення мають значну надлишковість по відношенню до корисної вимірювальної інформації про геометричні параметри. Звідси випливає можливість зменшення об'єму зображень шляхом виключення надлишкової інформації, що не має суттєвого впливу на точність результатів вимірювання геометричних параметрів. Існуючі методи зменшення об'єму цифрових зображень орієнтовані на досягнення їх високої візуальної якості. Але такий підхід не ефективний при вимірюванні геометричних параметрів і не забезпечує мінімізації похибки автоматизованої системи.

Найбільш сучасним та перспективним методом є зменшення об'єму зображень промислових виробів на основі теорії фракталів. Застосування фракталів дозволяє зменшити об'єм зображень у декілька сотень разів при їх високій якості. Основа методу фрактального кодування - це виявлення самоподібних ділянок у зображенні. Метод використовує системи доменних і рангових блоків зображення, тобто

блоків прямокутної форми, що покривають все зображення. Цей підхід став основою для більшості методів фрактального кодування, що застосовуються зараз. Відповідно до даного методу зображення розбивається на множину неперекритих рангових підзображень і визначається множина неперекритих доменних підзображень. Для кожного рангового блоку алгоритм кодування знаходить найбільш подібний доменний блок і афінне перетворення, що переводить цей доменний блок у даний ранговий блок. Структура зображення відображається в систему рангових блоків, доменних блоків і перетворень. Основна складність фрактального стиснення полягає в тому, що для знаходження відповідних доменних блоків потрібен повний перебір всіх точок цифрового зображення. Оскільки при цьому переборі щоразу повинні порівнюватися два масиви даних, вказана операція виходить досить тривалою. Вирішення цієї проблеми можливе на основі застосування штучних нейронних мереж (наприклад, мережі Кохонена) для знаходження подібних блоків у зображенні та оптимізації за часом методу фрактального стиснення зображень.

Процес фрактального кодування-декодування. Схема кодування зображень містить такі етапи:

1. Зображення розділяється на суміжні одна з одною області розміром $N \times N$ (рангові області)
 2. Задається набір доменних областей. Доменні області можуть перекриватись, вони не повинні обов'язково закривати всю поверхню зображення. Розміри доменних областей звичайно вибирають $2N \times 2N$. Для кожної рангової області підбирається доменна область, яка після афінних перетворень найбільш точно апроксимує рангову область. На практиці застосовується вісім варіантів відображення одного квадрата в інший з використанням афінних перетворень. Це повороти зображення на кути 0, 90, 180, 270 градусів відносно його центра і перетворення симетрії відносно ортогональних осей, які проходять через центр фрагменту перпендикулярно його сторонам

3. Точність апроксимації F визначається за допомогою середньоквадратичного критерію:

$$F = \sum_{i,j} (S_{ij} + O_{ij} - r_{ij})^2 \quad (1)$$

де d_{ij} – значення отримані в результаті усереднення по фрагментах з розмірами 2×2 елементів доменної області, що приводить її розмір до розміру рангової області; r_{ij} – значення елементів рангової області; S_{ij} та O_{ij} – базове значення та зміщення, які можуть бути як константою так і описуватись поліномами першого, другого або третього порядків.

Прирівнявши до нуля часткові похідні від виразу (1) по S і O :

$$\frac{dF}{dS} = 0, \frac{dF}{dO} = 0, \quad (2)$$

знайдемо значення S і O , при яких досягається мінімум виразу (2):

$$O = \frac{1}{n^2} \left(\sum_{i,j} r_{ij} - S \sum_{i,j} d_{ij} \right), \quad (3)$$

$$S = \frac{n^2 \sum_{i,j} r_{ij} d_{ij} - \sum_{i,j} r_{ij} \sum_{i,j} d_{ij}}{n^2 \sum_{i,j} d_{ij} - \left(\sum_{i,j} d_{ij} \right)^2} \sum_{i,j} (S_{ij} + O_{ij} - r_{ij})^2. \quad (4)$$

У вихідний файл записуються координати доменної області з найменшим значенням $F_{\min}$, значення O і S отримані згідно виразів (3, 4) та номери афінного перетворення.

Декодування стисненого зображення носить ітераційний характер і складається з таких етапів:

- створюються два зображення однакового розміру A і B . Розмір цих зображень не обов'язково дорівнює розміру початкового зображення. Початковий вміст областей A і B будь-який;
- зображення B розбивається на рангові області, так як на першій стадії процесу стиснення. Для кожної рангової області зображення B виконується афінне перетворення відповідної доменної області зображення A і результат поміщається в B ;
- виконуються ідентичні операції, тільки зображення A і B міняються місцями; багатократно повторюються другий і третій кроки до тих пір поки зображення A і B не стануть подібними.

Висновок: в роботі було досліджено процес фрактального стиснення на основі нейромережі. Створено метод стиснення, що дозволяє стиснути зображення та зберегти його початкову якість. Як і очікувалось, процес стиснення займає багато часу, але отримане зображення має більшу схожість з початковим зображенням, ніж при стисненні іншими методами.

Полухович О.О., асистент кафедри АЕКІТ

Науковий керівник – Сафоник А.П. д.т.н., доц.

Національний університет водного господарства та природокористування

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЙНОЇ
ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

В останні роки, незважаючи на зниження темпів розвитку промисловості, суттєво загострилися проблеми із забрудненням води. Одним з шляхів забруднення є використання систем очищення вод, які вже давно відпрацювали свій ресурс. Час напрацювання на віднову таких систем давно вийшов і використання зношених систем не забезпечує необхідних концентрації допустимих домішок. Потрапляння забруднення у навколишнє середовище несе згубний вплив природним екосистемам. Для забезпечення екологічної безпеки одним з першочергових завдань є розроблення сучасних систем водоочищення.

Розроблено математична модель процесу електрокоагуляційної очистки стічних вод, яка враховує процеси, що протікають в середині реактора та дає можливість змінювати керуючі впливи, такі як: величина сили струму, швидкість потоку рідини, геометричні розміри реактора та вхідна концентрація завислих речовин. Що надають можливість зменшити витрати електроенергії за рахунок оптимізації роботи електрокоагулятора.

Для дослідження використаємо модельну задачу процесу очищення стічних вод від забруднення запропонованому в [2]. Особливостями такої постановки проблеми є те, що в системі рівнянь (1) враховано процеси, що проходять в реакторі, як сукупність взаємодії різних факторів в залежності від: концентрації завислих речовин у воді, прикладеної сили струму, швидкості потоку та температур рідини, зовнішнього середовища, води в реакторі, конструктивних параметрів коагулятора. Вихідну модельну задачу представимо в наступному вигляді:

$$\begin{cases} \frac{dC}{d\tau} = \frac{L}{V}(C_{in} - C) - (a_0 + a_1 t + a_2 C + a_3 I); \\ T_2 \frac{dt}{d\tau} = \frac{(a_0 + a_1 t + a_2 C + a_3 I) V H}{K S} - (t - t_z) - \frac{c \rho L (t - t_{in})}{K S}. \end{cases} \quad (1)$$

$$C(0) = C_0, t(0) = t_0, \quad (2)$$

де C – концентрація цільового компоненту у воді; C_{in} – концентрація забруднення на вході в електролізер; t – температура води в реакторі; t_z – температура зовнішнього середовища; t_{in} – температура вхідної рідини; I – сила струму; $a_0 \dots a_3$ – емпіричні коефіцієнти; S – площа поверхні робочої зони апарата; L – об'ємні витрати рідини; V – об'єм робочої зони електролізера; c – питома теплоємність рідини; ρ – густина води; K – коефіцієнт тепловіддачі; H – тепловий ефект процесу (реакції електрокоагуляції); T_2 – стала часу.

Для моделювання роботи системи рівнянь (1) за умов (2) використаємо додаток Simulink програмного середовища Matlab, який дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і вдосконалювати проекти [4].

До вхідних параметрів даної моделі відносяться: концентрація забруднення на вході в електролізер, об'ємна витрата рідини, об'єм робочої зони реактора, прикладена сила струму, тепловий ефект реакції електрокоагуляції, коефіцієнт тепловіддачі коагулятора, площа поверхні робочої зони апарата, температури зовнішнього середовища та вхідної рідини, стала часу нагрівання, питома теплоємність та густина рідини, а вихідним параметром буде концентрація забруднення цільового компоненту на виході з реактора.

Для дослідження впливу зміни величини струму на якість очищення стічних вод розроблено імітаційну модель, яка складається з 3 реакторів в яких всі вхідні дані є спільними крім густини струму. Для кращої наочності отриманих результатів всі графіки побудовані в одній координатній площині.

На основі розроблених імітаційних моделей проведено дослідження впливу величину сили струму на концентрацію іонів нікелю. В якості вихідних даних використовували ДСТУ згідно з яким концентрація іонів нікелю у стічних водах не повинна перевищувати 3.2 мг/л, але в зв'язку з інерційністю регулятора та системи в якості допустимої концентрації домішок використаємо завдання 3.0 мг/л. Також для моделювання використовували експериментальні дані за якими за 35 хв система повинна забезпечувати допустиму концентрацію домішок. Отже, при моделюванні керувалися наступним принципом: за 35 хвилин система має очистити концентрацію іонів нікелю до 3.0 мг/л. При зміні концентрації забруднення на вході отримували значення сили струму, яку необхідно прикласти.

В результаті отримали залежність зміни сили струму від вхідної концентрації іонів нікелю, що представлено рівнянням (3) та виступає в системі як П-регулятор.

$$I = 0,1265 \cdot C_{vx} - 0,3738. \quad (3)$$

Для перевірки роботи регулятора розроблено імітаційну модель, яка складається з двох субсистем «Regulator» та «Koagulator».

В підсистемі «Regulator» реалізовано залежність (1), яка оптимізує силу струму, що протікає між катодом і анодом та дозволяє економити витрати електроенергії. Проте в реальних системах струм не міняється миттєво, а інерційно, тому додатково введено передавальну функцію, яка описує інерційність системи.

Після проведення моделювання отримано результати які представлено на рисунку 1, де в якості вхідної концентрації забруднення використано випадковий сигнал, що формується блоком «Random number», що відповідає значенню вхідної концентрації в заданому діапазоні.

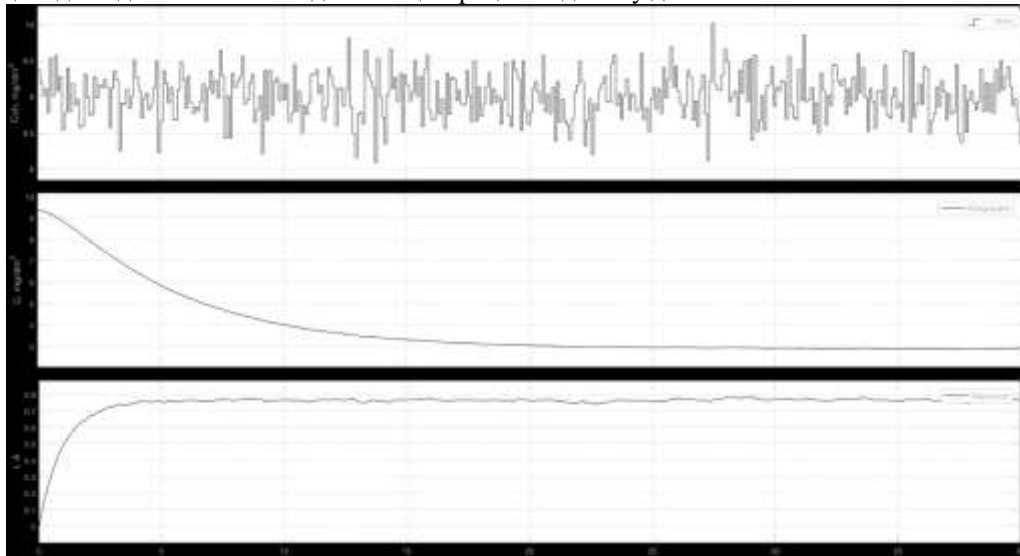


Рис. 1. Результати моделювання: *Vhid* – розподіл вхідної концентрації, *Koagulator* – розподіл вихідної концентрації, *Regulator* – розподіл струму

В результаті було досліджено процес очищення стічної води методом електрокоагуляції для забезпечення допустимої концентрації шестивалентного хрому на виході з системи. Розроблено математичну модель електрокоагулятора, на основі якої проведено математичне моделювання технологічного процесу з визначенням оптимальних параметрів системи [1–3].

Показано залежність, що густина струму впливає на якість очищення стічних. По суті, отримана модель дозволяє оптимізувати параметрами процесу, розрахувати при якій величині прикладеної сили струму будуть забезпечуватися задані показники концентрації цільового компонента, що відповідають встановленим екологічним нормам. Також отримана модель дозволяє дослідити динаміку зміни вихідної концентрації забруднення не тільки при сталих вхідних параметрах, а й при змінних, як в реальних системах.

Список літератури:

1. *Филипчук В.Л.* Очищення багатокомпонентних металовміщуючих стічних вод промислових підприємств. – Рівне: УДУВГП. 2004. 232с.
2. *Гончаров Ф.І.* Аналітичне дослідження електролізних процесів системи безпечного водопостачання промислових об'єктів / Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа // Вісник НАУ. – 2010. – № 10. – С. 240–244.
3. *Яковлев С.В.* Водоотведение и очистка сточных вод : учеб. для вузов / С.В.Яковлев, Ю.В.Воронов; под общ.ред. Ю.В. Воронова. - 4-е изд., доп.и перераб. – М. : Изд-во АСВ, 2006. – 702 с.
4. *Adetola V.* Adaptive estimation in nonlinearly parameterized nonlinear dynamical systems / V. Adetola, D. Lehrer, M. Guay // American Control Conference on O'Farrell Street. – San Francisco, USA. – 2011. – P. 31–36.

НЕЙРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА МАТЕРІАЛАМИ АЕРОКОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

В останні десятиліття об'єм, різноманітність та якість матеріалів аерокосмічної зйомки суттєво зросла. Значна частина матеріалів аерокосмічної зйомки отримують в цифровому вигляді, в даній області здійснений перехід до цифрових методів обробки дистанційної інформації. Виявлення об'єктів часто страждає кількома зростаючими проблемами, включаючи великі варіації візуального вигляду об'єктів, обумовлені зміною точки зору, фоном підсвічування, тінню, вибуховий матеріалів в кількості і якості, а також різноманітні вимоги нових областей застосування. Ефективність використання дистанційних матеріалів залежить не тільки від картографо-фотограмметричних особливостей вхідного знімка, але і від прийнятої методики роботи з ним і застосовуваних методів обробки. Саме на етапі вибору відповідних методів і алгоритмів роботи часто виникають суттєві труднощі, так як методи в цій галузі є переважно проблемно орієнтованими і загального підходу до поліпшення зображень не існує.

Однією з актуальних задач, що виникають при обробці зображень, отриманих за допомогою аерокосмічних засобів спостереження, є задача розпізнавання наземних об'єктів. Правильно виконана класифікація об'єктів на аерокосмічних знімках значно спрощує процес їх розпізнавання, а також дозволяє реалізувати оперативний моніторинг та попередження надзвичайних подій і катастроф природного та техногенного характеру. Розвиток методів класифікації об'єктів і розробка систем автоматизованого розпізнавання, що працюють в реальному масштабі часу, стоять в ряду пріоритетних наукових завдань.

З розвитком техніки машинного навчання, особливо потужними уявленнями про функції виділення ознак і класифікатори, багато підходів розглядали виявлення об'єктів як проблему класифікації і досягли значні поліпшення. Виявлення об'єктів може бути здійснено шляхом вивчення класифікатора, який фіксує варіацію виникнення об'єкта і перегляди з набору навчальних даних з навчанням або без навчання. Вхід класифікатора являє собою набір областей (плаваючих вікон або характеристик об'єктів) з їх відповідними представлення методів, а вихід – це їх відповідні прогнозовані мітки, тобто об'єкт або ні. Виділення ознак, об'єднання ознак та зменшення розмірів (необов'язково), а також тренування класифікаторів грають найважливіші ролі в продуктивності виявлення об'єктів.

Виділення ознак – це перетворення від сирих пікселів зображень в дискримінанту модель об'єкта. Широко використовують наступні методи для виявлення ознак: гістограмо-орієнтованих градієнтів (HOG) і його розширення, мультимножини слів, текстурних ознак, розріджене представлення, Хара-подібний і т.д.

Об'єднання ознак та зменшення розмірів застосовується для подальшого вдосконалення моделі об'єкту для збільшення швидкості обробки даних.

Після виконання попередніх дій класифікатор може бути підготовлений, використовуючи кількість можливих підходів з метою мінімізації неправильної класифікації помилки на тренуванні набір даних. На практиці можна вибрати безліч різних навчальних підходів, включаючи, але не обмежуючись ними метод опорних векторів (SVM), AdaBoost, k-найближчий сусід (kNN), умовне випадкове поле (CRF), розріджена класифікація на основі представлення (SRC) та штучна нейронна мережа (ANN).

З проведеного порівняльного аналізу роботи різних методів машинного навчання при класифікації наземних об'єктів найбільш якісно враховують ознаки об'єктів та їх залежності штучні нейронні мережі глибокого навчання. Глибокі мережі особливо корисні для проблем дистанційного зондування, чії фізичні моделі складні, наприклад, нелінійні або навіть не зрозумілі, або не можуть бути узагальнені. Об'єднання фізичного моделювання та глибокої нейронної мережі є перспективним напрямком. Матеріали дистанційного зондування є прямим продуктом фізичних процесів, таких як світловідбиття, мікрохвильові розсіювання і т. д. Воно повинно вдатися до синергії моделей на основі фізики, які описують апріорне знання про процес, що стоїть за образами, і нещодавно розвинутими нейротехнологічними технологіями. Окрім зосередження уваги на технічних проблемах, глибоке вивчення матеріалів дистанційного зондування відкриває нові можливості для нових програм, таких як моніторинг глобальних змін або оцінювання стратегій для зменшення споживання ресурсів, при якому дистанційне зондування може змінити ситуацію.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПТАХОФЕРМОЮ

Автоматизована система управління птахофермою з застосуванням мікропроцесорних технологій складається з приладового забезпечення (датчики, нормуючі перетворювачі, аналого-цифрові перетворювачі, керуючий обчислювальний комплекс, цифро-аналогові перетворювачі, релейні блоки, виконавчі механізми); програмного забезпечення (набір програм управління обчислювальним комплексом і технологічним обладнанням).

Автоматизована система управління птахофермою повинна вирішувати наступні завдання:

- автоматичної підтримки температури повітряного середовища в пташниках, камерах інкубаторної машини та камерах молодняку відповідно до заданого значення;
- автоматичної підтримки вологості повітряного середовища відповідно до заданих значень;
- керування освітленням;
- керування опаленням;
- керування поворотом лотків в камерах інкубаторної машини у ручному і автоматичному режимах;
- керування повітряними заслінками в автоматичному режимі;
- керування процесами годування і напування;
- керування процесами прибирання посліду;
- автоматичного блокування; світлової і звукової сигналізації;
- керування і контролю від ЕОМ верхнього рівня;
- обліку статистики технологічних процесів

Структурна схема автоматизованої системи управління птахофермою наведена на рисунку 1.

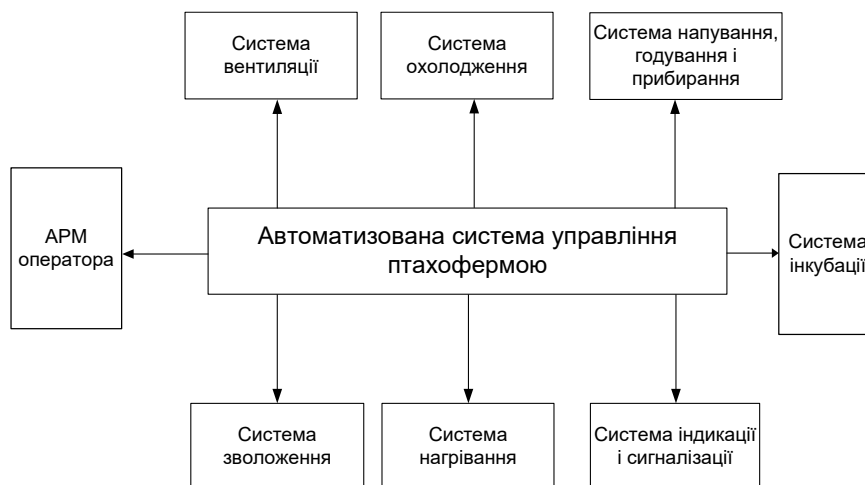


Рис. 1. Схема автоматизованої системи управління птахофермою

Система вентиляції виконує безперервний контроль обертів двигуна і сигналізацію зниження заданого значення обертів: автоматичний процес надходження і видалення повітря за рахунок регулювання приводом положення припливної і витяжної заслінок; відведення надлишку вологи. Система охолодження - водяне охолодження подається через соленоїдний клапан у трубчастий радіатор: порційна подача води в радіатор по команді від блоку управління відповідно до алгоритму регулювання; повітряне охолодження додатково у випадку аварійного перевищення температури. Система зволоження - дворазове випаровування дрібної фракції води в повітряному потоці вентилятора: порційна подача води через соленоїдний клапан на розпилювач або через насос із форсункою відповідно до алгоритму регулювання; контролює і відображає поточні значення вологості; сигналізація при відхиленні вологості від заданого значення.

Система інкубації – система керування процесом інкубації яєць: автоматичне і ручне керування поворотом візків лотків; лічильник поворотів, контроль поворотів, сигналізація несправностей.

Система нагрівання - керування електричними або газовими нагрівачами через контактор або тиристорний модуль: тривалість включення нагрівачів визначається по швидкості наростання температури відповідно до алгоритму керування; контроль і відображення поточного значення

температури; сигналізація аварійних відхилень температури. Система напування, годування і прибирання виконує функції, необхідні для забезпечення життєдіяльності пташиного поголів'я: підтримка заданих режимів вирощування; відображення контрольованих параметрів; сигналізація відхилень; оповіщення несанкціонованих дій.

Мережне підключення - ведення централізованого контролю і керування режимами технологічного процесу за допомогою комп'ютера: роздавати завдання по температурі, вологості; переглядати графіки зміни температури і вологості; створювати і виводити на друк зведення відхилень від заданого режиму за добу, весь період, по партіях; контролювати і фіксувати відхилення параметрів від допусків, збоїв в роботі виконавчих елементів, включення/вимикання; видавати голосове повідомлення про відхилення в режимах по конкретному приміщенні; створювати графіки чергувань операторів; працювати з архівами.

Для реалізації системи була обрана дворівнева розподілена структура управління, яка давно і добре зарекомендувала себе при автоматизації різних технологічних процесів (рис. 2.).

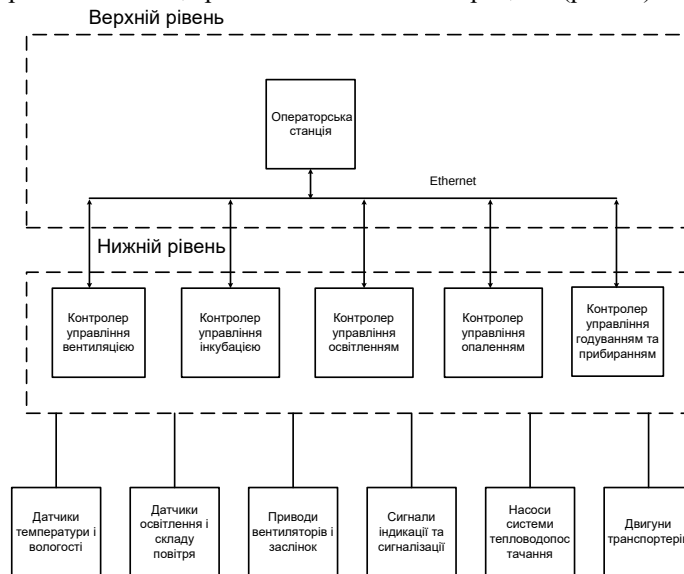


Рис. 2. Дворівнева розподілена структура управління

Система складається з двох рівнів. На нижньому рівні розташовані контролери, що забезпечують первинну обробку інформації, що надходить безпосередньо з об'єктів управління, і здійснюють управління обладнанням птахоферми. Верхній рівень АСУ ТП складається з операторської станції, в якості якої використовуються ПЕОМ, оснащена 27-дюймовим монітором. На робочому місці оператора встановлений офісний комп'ютер, в задачі якого входить забезпечення людино-машинного інтерфейсу. Основні задачі контролю і регулювання покладені на контролери, кожний з яких здійснює керування однією із систем пташника. Зв'язок операторського пульта керування з контролерами здійснювалася через послідовний інтерфейс RS-485. Застосування дворівневої системи дозволяє централізувати інформацію про хід технологічного процесу і зосередити керування на одному робочому місці оператора. Це дає можливість організувати керування пташником одному оператору і забезпечити комфортабельні умови для його роботи, у той же час скоротити витрати на організацію робочих місць. На екрані комп'ютера доступна інформація про хід технологічного процесу в кожному із помешкань пташника, і забезпечується можливість контролювати його як в автоматичному, так і в ручному режимі. У той же час наявність в контролері повної програми регулювання і захисних механізмів для агрегатів дозволяє зберігати працездатність системи навіть у випадку виходу з ладу комп'ютера оператора або порушення зв'язку з ним. При цьому зберігається можливість вносити зміни в програму технологічного процесу або перейти в ручний режим керування за допомогою локальної консолі. Таке рішення забезпечує підвищення стійкості системи і можливість автономної роботи.

МІНІМІЗАЦІЯ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ КОМБІНАТОРНИМ МЕТОДОМ

Проблема мінімізації ДНФ є однією з багато-екстремальних логіко-комбінаторних задач і зводиться до оптимального зменшення кількості логічних елементів вентильної схеми без втрати її функціональності [1–3]. Слід зазначити, що у загальній постановці дана задача до тепер не вирішена, але добре досліджена у класі диз'юнктивно-кон'юнктивних нормальних форм.

Від результату мінімізації булевої функції залежить швидкодія обчислювального пристрою, його надійність та енергозбереження. Об'єктом вирішення задачі мінімізації булевої функції комбінаторним методом є блок – схема з повторенням, властивості якої, у свою чергу, дозволяють доповнити правила алгебри логіки новими правилами спрощення логічної функції. Алгоритм мінімізації булевої функції є однією з центральних та практично важливих проблем, яка постає під час проектування обчислювальних пристроїв. У зв'язку з цим вивчення нових правил алгебри логіки, встановлення їх властивостей є актуальним для спрощення алгоритму мінімізації булевої функції без втрати її функціональності при збільшенні кількості змінних.

При комбінаторному методі мінімізації логічна функція подається блок-схемою з повторенням [4], а її мінімізація проводиться у декілька кроків. На першому кроці виявляють блоки зі змінними, які можна склеювати. Наступним кроком здійснюють пошук наборів пар блоків з можливістю їх мінімізації заміщенням (склеювання, поглинання) змінних у цих парах. Отримані набори блоків знову мінімізують аналогічним способом, і т.д. – до отримання мінімізованої функції. Наостанньому кроці перевіряють мінімізовану функцію заданою таблицею істинності.

Комбінаторний метод мінімізації логічної функції дозволяє зменшити число обчислювальних процедур порівняно з традиційними методами мінімізації логічної функції та передбачає її автоматизований пошук. Метод може знайти практичне застосування в сучасних системах комп'ютерного моделювання та інформаційних технологіях.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є спрощення комбінаторного методу мінімізації булевої функції за допомогою нової алгебричної операції – супер-склеювання змінних та встановлення властивостей такої процедури.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- 1) встановити адекватність застосування алгебричної операції супер-склеювання змінних для процесу мінімізації булевої функції;
- 2) визначити властивості операції супер-склеювання змінних при використанні структур повної та неповної бінарних комбінаторних систем з повторенням;
- 3) здійснити верифікацію комбінаторного методу при застосуванні правила супер-склеювання змінних та встановити оцінку складності алгоритму мінімізації булевої функції комбінаторним методом;
- 4) провести порівняльний аналіз продуктивності та зменшення складності алгоритму мінімізації булевих функцій, отриманих за допомогою правила супер-склеювання змінних, з прикладами мінімізації функції іншими методами.

Використана методика дослідження:

- бінарна комбінаторна система з повторенням;
- комбінаторний метод мінімізації булевих функцій;
- алгебрична операція супер-склеювання змінних.

Список літератури:

1. Матвієнко М. П. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. – К.: ТОВ «Центр навчальної літератури», 2012. – 288 с.
2. Игошин В. И. Математическая логика и теория алгоритмов. Учебное пособие. – М.: Изд. Центр «Академия», 2007. – 304 с.
3. Кутюра Л. Алгебра логики. – М.: Либроком, 2011. – 128 с.
4. Тончев В. Комбинаторные конфигурации. Блок-схемы, коды, графы. – К., 1988. – 178 с.

А.М. Шарварчук, студ., гр. АТ-21-2м, ФІКТ
 Науковий керівник – Л.О. Чепюк, к.т.н.
 Житомирський державний технологічний університет

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ СУШИЛЬНИМ БАРАБАНОМ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

На даний час рівень автоматизації багатьох заводів будівельних матеріалів не достатній. Велика кількість обладнання потребує заміни або капітального ремонту. Відсутність системи обліку не дозволяє точно контролювати обсяг готової продукції сировини і напівфабрикатів. Багато процесів проводяться із застосуванням ручної праці, що безумовно знижує якість продукції. Тому поряд із заміною обладнання, доцільно здійснити заміну старої системи автоматизації на нову з застосуванням сучасної мікропроцесорної техніки. Це дозволяє зменшити собівартість продукції за рахунок наступних факторів: зменшення витрат сировини і матеріалів ведення в процес відповідних регуляторів дозволить більш точно проводити дозування сировини, підвищити якість продукції та її вихід; зменшення кількості обслуговуючого персоналу та ін.

Сушка – тепловий процес обезводнення твердих матеріалів шляхом випару вологи і відведення пари, що утворилася. При цьому в речовині відбувається перенесення тепла і дифузійне переміщення вологи. Продуктивність процесу сушіння визначається інтервалом часу, необхідним для пониження вологомисткості матеріалу від початкового значення M_n до кінцевого M_k .

Мета управління сушінням полягає в забезпеченні висушування вологого твердого матеріалу, що надходить до заданого значення при певній продуктивності установки за вологим матеріалом.

Основним збуренням процесу є зміна витрати, початкової вологості і дисперсного складу часток твердого матеріалу, а також зміна витрати і початкової температури сушильного агента – теплоносія (рис. 1).

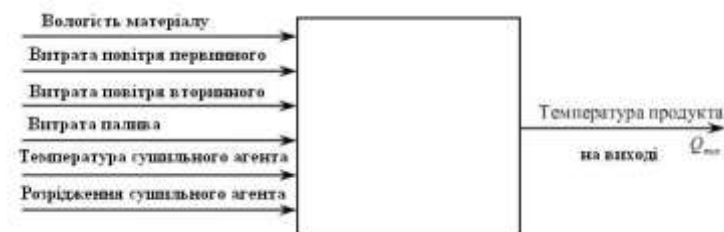


Рис. 1. Параметри регулювання

Основна регульована величина процесу – це залишкова вологість твердого матеріалу. Внаслідок відсутності надійних вимірювальних перетворювачів залишкової вологості твердого матеріалу при автоматизації процесу як регульовані величини використовують температуру або вологість сушильного агента. Мета створення системи:

- заміна морально застарілих технічних засобів автоматизації, що перебувають в експлуатації;
- забезпечення підвищення точності й стабільності виміру й підтримки технологічних параметрів;
- підвищення ефективності спалювання палива й, як наслідок, його економія, поліпшення техніко-економічних показників роботи;
- забезпечення оперативного й об'єктивного контролю поточних значень технологічних параметрів у вигляді чисел (поточних значень) і графіків;
- формування архівів даних про хід технологічних процесів сушіння добавок;
- підвищення якості продукції й зниження обсягів браку за рахунок поліпшення технологічних режимів і контролю параметрів.

У складі АСУТП сушіння реалізовані наступні підсистеми:

1. Підсистема контролю й регулювання технологічних параметрів сушки;
2. Підсистема протипаварійного захисту (паз).

АСУТП сушки добавок реалізована як трьох рівнева ієрархічна система керування:

1) перший рівень ієрархії керування, призначений для одержання інформації про роботу об'єкта керування й здійснення керуючих впливів на об'єкт, містить у собі датчики технологічних параметрів; регульовальні органи з виконавчими механізмами; електроприводи заслінок; електромагнітні клапани;

2) другий рівень ієрархії керування, призначений для перетворення інформації з першого рівня керування, її обробки, формування керуючих впливів на виконавчі пристрої першого рівня, підготовки інформації для передачі її на третій рівень керування - комплектні шафи автоматики(КША) контролю й управління (КША КУ) на базі сучасних мікропроцесорних контролерів;

3) третій рівень ієрархії керування представляє собою автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора. Призначений для одержання інформації із другого рівня, її обробки й зберігання, подання операторові-технологові в зручному для ухвалення рішення виді. Також на цьому рівні реалізоване дистанційне керування технологічним процесом через технічні пристрої другого рівня.

Структурна схема автоматизованої системи управління сушильним барабаном для будівельних матеріалів представлена на рисунку 2.

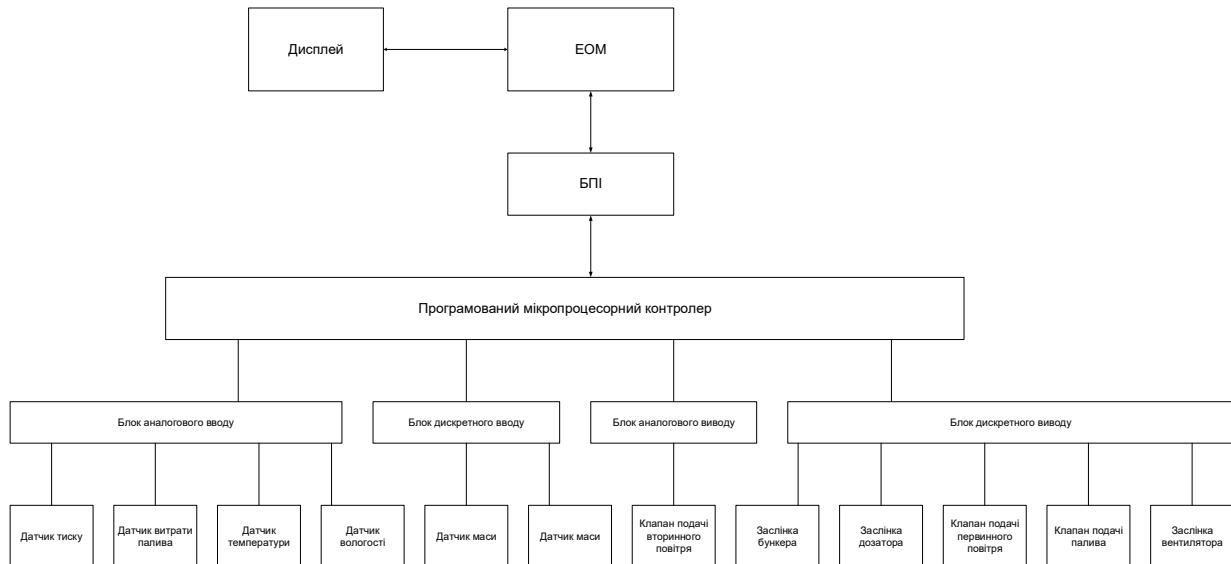


Рис. 2. Структурна схема системи АСУ сушильним барабаном для будівельних матеріалів

АСУТП сушильним барабаном для будівельних матеріалів забезпечує наступні режими роботи:

1. Автоматичне керування технологічним процесом сушки добавок для, здійснюється мікропроцесорним контролером відповідно до заданого алгоритму керування від АРМ оператора;

2. Ручне керування - керування з місцевого пульта оператора й органів керування, розташованих на лицьовій панелі КША КУ;

3. Дистанційне керування – керування встаткуванням і арматурами сушильного барабану здійснюється шляхом впливу з операторської панелі, розташованої на передніх дверях шафи на електричні виконавчі механізми регулювальних органів.

Основною задачею керування даного технологічного процесу є забезпечення висушування вологого твердого матеріалу до заданої залишкової вологості, лише при невеликих по величині змінах вхідних величин процесу сушіння. Процес сушіння зазвичай регулюють по вологості теплоносія на виході з сушильного барабану. Процес сушіння в барабанній сушарці – складний технологічний процес, для якого характерні: багатоманітність параметрів, їх складний взаємозв'язок, наявність неконтрольованих зовнішніх збурень. Модель такого складного об'єкту можна характеризувати сукупністю наступних параметрів:

1) група вхідних параметрів X_1 , що поєднує контрольовані, але не регульовані технологічні параметри процесу, наприклад кількість і вид матеріалу, що висушується (розмір, початкова вологість);

2) група неконтрольованих вхідних параметрів X_2 , що характеризують вплив таких факторів, як зміна навколишнього середовища, старіння і знос устаткування, неоднорідність матеріалу і нерівномірність розподілу його по об'єкту регулювання і т.п.;

3) група керуючих параметрів U , що характеризує регулюючі впливи, що підтримують заданий режим, сюди відносяться кількість тепла і швидкість обертання сушильного барабану;

4) група вихідних параметрів Q , що характеризують якість матеріалу, що висушується, наприклад задана кінцева вологість;

5) група вихідних параметрів E , що характеризує економічну ефективність об'єкта регулювання, а саме: найменшу тривалість процесу сушіння при збереженні якості речовини, що висушується, і ККД сушильної установки.

А.В. Шатна, здобувач

Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування

Науковий керівник – С.В. Шатний, старший викладач

Національний університет водного господарства та природокористування

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЗБОРУ, ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ

Захворювання серцево судинної системи посідає перше місце за кількістю хворих. Компактний пристрій, за допомогою якого можна зробити електрокардіограму та проаналізувати її в домашніх умовах з мінімальним людським фактором і медичними знаннями, вирішив би цю проблему. Саме тому розробка мікропроцесорної системи для забезпечення збору та обробки даних електрокардіограми є дуже актуальною темою.

Метою роботи є розробка малогабаритного пристрою, завдання якого: читання вхідних сигналів, перетворення, попередній аналіз і передача даних до прикладного програмного забезпечення для подальшого аналізу і візуалізації.

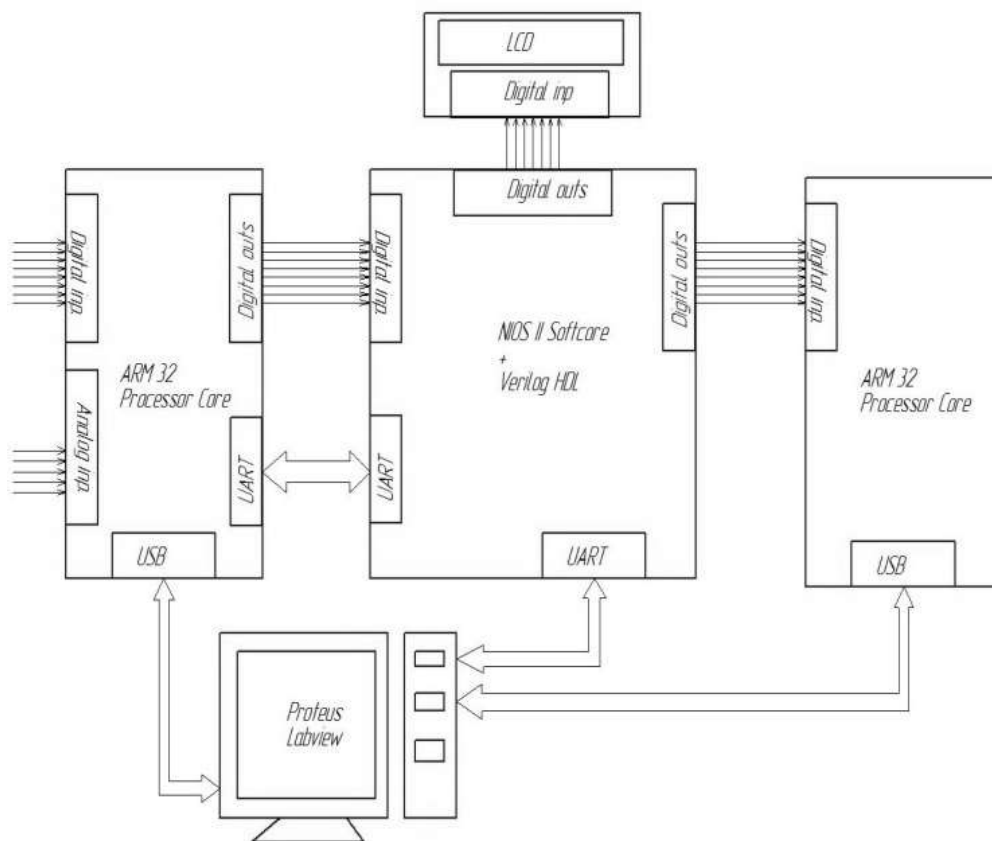


Рис. 1. Структурна схема розроблюваної системи

Існуючі методи ідентифікації сигналів використовують складний математичний апарат та застосовуються для цього числові методи наведені в [1]. Недоліком даних методів є значний об'єм математичних розрахунків, що ускладнює реалізацію і впровадження технічних пристроїв та вбудованих систем.

Задача була вирішена шляхом розробки програмно-апаратного комплексу, який включає в себе пристрій збору, первинної обробки, передачі вхідних сигналів та системи верхнього рівня, реалізованої в середовищі LabView. Даний комплекс являє собою зв'язок верхнього та нижнього рівня систем а також алгоритмів штучної нейронної мережі.

Основою пристрою є восьмирозрядний мікроконтролер виробництва Microchip PIC18F4550, який являє собою мікросхему із вбудованими додатковими модулями, зокрема, десятирозрядним аналогово-цифровим перетворювачем, розширеним модулем послідовної передачі даних та модулем USB.

Конструктивно пристрій виконано в уніфікованому радіотехнічному корпусі, що дозволяє використовувати його як в лабораторних умовах так і на виробництві. Пристрій має 5 аналогових входи, що дозволяє сприймати одночасно п'ять вхідних сигналів, які невизначено змінюються в часі один відносно іншого.

Мікроконтролер сприймає сигнал та перетворює його у цифровий код. За один машинний цикл відбувається опрацювання всіх аналогових входів, перетворення сигналу в код, відображення поточного значення на екрані рідкокристалічного індикатора, формування кадру передачі вимірюваного значення. Підпрограма формування кадру організована таким чином, щоб передати в одній строці значення всіх вимірних сигналів, тому реалізоване розділення числових значень текстовими мітками у вигляді X1aX2bX3c.

Програма верхнього рівня реалізована в середовищі LabView і дозволяє в режимі реального часу відслідковувати та аналізувати зміну вимірних сигналів. Особливістю системи в цілому є те, що параметри сигналів зберігаються в графічному вигляді. Таким чином для ідентифікації ми змогли перейти від класичних числових методів до методу розпізнавання образів із застосуванням нейронної мережі. Після запуску пристрою та програми на передній панелі відбувається відображення сигналу, також можна задати форму та параметри так-званого еталонного сигналу, якщо всі вхідні параметри задані вірно, то кнопка аналізу стає активною і після її натиснення відбувається перетворення всіх сигналів у відповідні їм графічні файли. Для вирішення поставленої задачі, а саме ідентифікації найбільших за значенням сигналів із масиву $N[5]=\{0.1, 0.1, 0.3, 0.1, 0.2\}$ при $N_{\max}=N_3=0.3$, було розроблено тришарову нейронну мережу із алгоритмом навчання за зворотнім поширенням помилки. Основні дані для аналізу ефективності роботи нейронної мережі є кількість ітерацій при навчанні, точність визначення рівнів сигналу, середньоквадратична похибка та середній час роботи мережі. Після проведення моделювання роботи мережі були отримані наступні результати: кількість ітерацій навчання – $5 \cdot 10^4$ епох, середньоквадратична похибка на кінець навчання складає $4502 \cdot 10^{-4}$, час навчання $3.577 \cdot 10^3$ с., час виконання після навчання $3.58 \cdot 10^{-1}$ с.

Особливістю є те, що для збереження одного значення сигналу у графічному файлі необхідно виділити 2 біти даних (для координати X та Y), тоді як для збереження значень в текстових файлах необхідно виділити 1 байт даних. Таким чином Ми вирішуємо одразу дві задачі: зменшення об'єму контейнерів для збереження даних сигналу та більш ефективного використання ресурсів при реалізації вбудованих систем.

Отже після дослідження системи на предмет достовірності класифікації та ідентифікації вхідних сигналів, дійшли висновку що ефективність залежить від первинного пристрою, розрядності АЦП та швидкості передачі інформації. Подальше вдосконалення системи полягає у розробці додаткового пристрою із використанням логічних матриць FPGA, що дозволить реалізувати алгоритм штучної нейронної мережі на мікросхемі паралельних розрахунків.

Список літератури:

1. P. Tymoshchuk, S. Shatnyi. A hardware implementation of neural circuit of maximal/minimal value discrete-time signal identification - Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – 2015. – № 828. – С. 27–34.
2. Shatnyi S. Circuitry Implementation Using Altera FPGA - САПР у проектуванні машин. Питання впровадження та навчання: матеріали двадцять другої Міжнар. українсько-польської конф. CADMD2014, 10–11 жовтня 2014., Львів, Україна /Л.: Вид-во Нац.ун-ту «Львів. політехніка», 2014. – С. 84–90.
3. Shatnyi S. Neural Network-based Information Technology for Biomedical Signal Processing - Microwaves, Radar and Wireless Communications: Proc. of 20th International Conference on Poland. Volume 1. pp. 140–142 – Bibliogr.: 15 titles. , 16–18 June 2014, Gdansk, Poland.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ АВТОКЛАВНОЮ ОБРОБКОЮ СІЛІКАТНИХ ВИРОБІВ

Автоклавна обробка силікатних виробів виконується в автоклавах насиченою парою, тиск якого не нижче 0,8 Мпа (8 кг/см²). Повний цикл автоклавної обробки складається з циклів:

- подача пари й установлення температури в автоклаві 100 °С;
- підвищення температури й тиску пари до призначених максимальних величин;
- ізотермічна витримка при постійному тиску (чим вище тиск, тим коротше режим автоклавної обробки);
- зниження тиску пари із заданою швидкістю до атмосферного й зниження температури до 100 °С;
- подальше зниження температури, при якій відбувається остигання виробів в автоклаві, після чого - вивантаження їх з автоклава.

Для проведення автоклавної обробки розробляється система технологічного контролю й програмного автоматичного регулювання й керування, що здійснює:

- контроль підготовленості автоклава до випуску пари, тобто закриття кришок автоклава поворотом до упору байонетних кілець, відкриття впускного (аварійного) вентиля пари автоклава, включення системи безперервного видалення конденсату з автоклава. Технічні рішення цих питань здійснюються заводом-виготовлювачем автоклавів, що поставляє комплектно з автоклавом відповідну апаратуру й шафовий щит, від якого виробляється контроль і сигналізація роботи, а також місцеве керування вузлами автоклава;
- програмне автоматичне регулювання температури середовища при продувці автоклава й тиску - на інших етапах обробки;
- програмне керування запірними трубопровідними арматурами автоклава виробляється повністю автоматично (при малій кількості спільно працюючих автоклавів) або оператором у режимі дистанційного заблокованого щитового керування (при великій кількості автоклавів). При перепуску пари з одного автоклава в іншій застосовується безконтактна техніка керування як більше надійна. При використанні режиму дистанційного заблокованого керування, необхідно передбачати світлову й звукову сигналізацію;
- контроль зміни швидкості наростання температури корпусу автоклава за допомогою приладів, що поставляються заводом-виготовлювачем комплектно з автоклавом;
- автоматичний випуск конденсату з автоклава; система видалення конденсату поставляється заводом-виготовлювачем автоклава;
- вимір і запис регульованих параметрів (для контролю якості регулювання). Як прилади використовуються серійні прилади й засоби автоматизації (перетворювачі, термоелектричні й автоматичні потенціометри для контролю температури, манометри із вторинними приладами для контролю тиску), апаратура поставляється заводом-виготовлювачем автоклавів;
- контроль протоки охолодної води через прокладки ущільнення кришок (для деяких типів автоклавів). Як сигналізатори використовуються реле протоки;
- закінчення автоклавної обробки – шляхом відключення системи регулювання й керування, з поверненням запірної й регулюючої трубопровідної арматури у початкове положення.

Облік теплової енергії, що виробляється в цілому на автоклавне відділення, з виміром і реєстрацією наступних параметрів:

- а) тиску пари в магістралі, що подає, з метою визначення можливості використання автоматичного режиму регулювання. Для забезпечення працездатності систем регулювання, тиск у магістралі, що подає, перед автоклавами повинен перевищувати тиск витримки середовища в автоклаві на 0,05–1,0 Мпа;
- б) витрати пари, що подається до автоклавів, за допомогою дифманометра - витратоміра із звукуємим пристроєм і вторинним приладом з лічильником витрати пари.

Нова система зможе повністю замінити застарілу контрольно-вимірювальну апаратуру і повинна бути побудована на базі сучасної обчислювальної техніки і давати можливість нарощування. Кількість автоклавів може бути до 20. Кожний автоклав повинен мати датчики температури, датчики тиску, 2 клапани і 4 засувки для керування подачею пари.

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер
ПАТ «НВО «КЗА»

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАБІЛІЗАТОРІВ ОЗБРОЄННЯ

Стабілізатори озброєння (СО) використовуються при модернізації існуючих і розробці нової легкої броньованої техніки (ЛБТ). Призначені для стабілізованого наведення і супроводу у горизонтальній і вертикальній площинах наземних, повітряних і надводних цілей для ефективної стрільби з місця, на ходу і на плаву.

Режими роботи комплексів стабілізаторів озброєння:

- автоматичний (АВТ) – для стрільби по наземним і надводним цілям;
- напівавтоматичний (ПАВ) – для стрільби по повітряним і швидко маневруючим наземним цілям;
- керований (УПР) – для стрільби протитанковими керованими ракетами;
- цілевказівки (ЦУ) – для екстреного розвороту на цілі, обрані командиром;
- готовність (ГТВ) – приведення озброєння у вихідний стан при русі по вузьких трасах;
- готовий (ГТ) – технологічне відключення силового електроживлення приводів у процесі пусконаладжувальних робіт;

• діагностика (Д) – автоматична діагностика справного стану блоків стабілізаторів на фоні режимів основної роботи;

• наверх-вниз – обводи елементів конструкції виробів БТР, БМП, що перешкоджають повороту башти й блоку озброєнь.

Комплекс стабілізатора озброєння забезпечує:

- швидке перенацілювання башти на цілі, вибрані командиром;
- режими установки на кути заряджання;
- приведення блоку озброєння й башти у вихідне положення.

Відмінні особливості:

Цифрові СО СВУ-500-3Ц і СВУ-500-4Ц останнього покоління відрізняються від СО СВУ-500, 2 Е36 і 2 Е5 2 ЛБТ реалізацією законів керування рухом озброєння та режимами роботи у цифровому виді на сучасній елементній базі й обміну інформацією між цифровими блоками керування та пультами керування стрільбою по завадостійкому стандартному цифровому інтерфейсу.

Настроювання параметрів ПК здійснюється оператором від пульта керування стрільбою без маніпуляцій регульовальними елементами на блоках керування. Інформація про режими роботи і справності ПК відображається на цифровому дисплеї пульта керування у буквеному і цифровому вигляді.

За рахунок оптимізації схемно-технічних рішень і законів керування, скорочено приладовий состав (виключено компенсаційний гіротахометр і окремий блок фільтрів) і зменшено масу.

Комплектність:

До складу стабілізатора СВУ-500-3Ц входять:

- 2 гіротахометри (ГТ46 по вертикальному каналу й ГТ46-01 по горизонтальному каналу);
- цифровий блок керування БУ 1022-03;
- 2 підсилювачі потужності УУД 14-02;
- 2 електродвигуни ЭДМ20М;
- цифровий пульт керування стріляниною ПУ03-05;
- прилад цілевказівки командира ПЦУ01-01;
- статичний перетворювач електроживлення СП10-01;
- 2 датчики кута ДУ04 повороту озброєння в горизонтальній і вертикальній площинах;
- комплект кабелів міжблочних зв'язків.

Стабілізатор озброєння СВУ-500-4Ц

Склад стабілізатора СВУ-500-4Ц відрізняється від стабілізатора СВУ-500-3Ц наявністю другого пульта керування стрільбою для командира і відсутністю приладу ПЦУ01-01, оскільки режим цілевказівки здійснюється від приладу панорамного огляду, що не входить до складу СВУ-500-4Ц.

Основні тактико-технічні характеристики:

Діапазон кутів наведення:

- у горизонтальній площині – кругове обертання;
- у вертикальній площині від -7° до $+70^\circ$;

Потужність приводів вертикального й горизонтального наведення 500 Вт;

Швидкість наведення в горизонтальній і вертикальній площинах: максимальні не менш:

- у режимі ПАВ – 35°/сек;
 - у режимі АВТ – 6°/сек;
 - у режимі УПР – 0,5°/сек;
- мінімальні не більше:
- у режимі ПАВ – 0,1°/сек;
 - у режимі АВТ – 0,07°/сек;
 - у режимі УПР – 0,02°/сек;

Серединна помилка стабілізації, т.д. (кутових хвилин) – не більше 1 (3,6).

Статичні помилки в режимах, т.д. (кутових хвилин), не більше:

- ГТВ 25;
- ЦУ 15.

Неплавність наведення на малих швидкостях не більше 0,3 т.д.

Термін служби:

- гарантійний 7 років;
- загальний 20 років.

Маса не більше:

- СВУ-500-3Ц – 65кг;
- СВУ-500-4Ц – 68кг.



Рис. 1. Комплекс цифрового стабілізатора озброєння СВУ-500-10Р

Таблиця 1

Тактико-технічні характеристики:

Час готовності, с, не більше	2
Неплавність швидкості наведення, т.д., не більше	1
Максимальна швидкість наведення в вертикальній й горизонтальній площинах, град/с, не менш	25
Мінімальна швидкість наведення в вертикальній й горизонтальній площинах, град/с, не більше	0,07
Кути наведення, град, у площинах: горизонтальній вертикальній від	360 -5 до +45

Цифровий стабілізатор озброєння СВУ-500-7Ц розроблений, досліджений та встановлений на машині БТР3Е1 ПАТ «НВО «КЗА» (рис. 1) – це ПК, що складається із гіростабілізованої платформи, системи вібро – ударозахисту, чутливих елементів КВГ. Розробку та дослідження КВГ започатковано Казенним підприємством спеціального приладобудування «Арсенал». Зважаючи на перспективність КВГ, у ПАТ «НВО «КЗА розроблено пакет конструкторської документації та нові модифікації КВГ, проведено всебічні дослідження КВГ у складі ПК СВУ-500-7Ц, встановленого на бойовій машині БТР3Е1.

12.12.2013р. ПАТ «НВО «КЗА» (державний пакет акцій якого знаходиться в управлінні ДК «Укроборонпром») презентовано нову розробку підприємства – цифровий СО СВУ-500-7Ц. У якості чутливого елемента в СО використано КВГ. Використання сучасної елементної бази дозволило значно покращити технічні характеристики всієї системи. У подальшому комплекси стабілізаторів ЛБТ мають індекси, які визначають їх застосованість у конкретних типах ЛБТ, а саме:

- СВУ-500-7Ц для установки у виріб БМП-2, що знаходиться на озброєнні у військах МОУ;
- СВУ-500-7Ц-01 для установки у виріб БТР-80, що знаходиться на озброєнні у військах МОУ (БТР-80 на цей час мають тільки ручні нестабілізовані приводи);
- СВУ-500-7Ц-03 для установки у виріб БТР-3Е1, замість СВУ-500-4Ц при укладанні нових контрактів на поставки закордонним замовникам;
- СВУ-500-7Ц-04 для установки у виріб БТР-4Е замість СВУ-500-4Ц-01 при поставках у війська МОУ та закордонним замовникам.

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер
М.В. Ільченко, провідний інженер-конструктор
ПАТ «НВО «КЗА»

ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАБІЛІЗАТОРА

Призначення стабілізатора озброєння ЛБМ

Стабілізатор СВУ-500 призначений для стабілізованого наведення у горизонтальній і вертикальній площинах блока озброєння виробу (БВ) при стрільбі з ходу, з місця і на плаву по наземних і повітряних цілях. Основні технічні характеристики стабілізатора наведено у таблицях 1 і 2.

Стабілізатор забезпечує:

- стабілізоване наведення БВ у горизонтальній і вертикальній площинах при стрільбі по наземних цілях (режим АВТ);
- стабілізоване наведення БВ у горизонтальній і вертикальній площинах з підвищеними швидкостями при стрільбі по повітряних і наземних цілях, що швидко маневрують (режим ПАВ);
- стабілізоване наведення БВ у горизонтальній і вертикальній площинах на знижених швидкостях при стрільбі ПТУР (режим У);
- при взаємодії із СУО обвід елементів конструкцій виробу блоком озброєнь (режими ВВЕРХ й ВНИЗ).

Стабілізатор зберігає працездатність під дією:

- а) зміни напруги бортової мережі від 22,5 В до 28,5 В;
- б) підвищеної відносної вологості повітря 98 % при температурі до +25° С;
- в) температури довкілля від -40°С до +50° С (робочий діапазон), гранична мінусова температура -50° С;
- г) інею, роси та морського соляного туману;
- д) парів масел, бензину, гасу, дизельного палива та охолоджувальних рідин, які замерзають при низьких температурах;
- е) зниженого тиску до 450 мм рт. ст.;
- ж) вібраційного впливу в діапазоні частот від 10 Гц до 120 Гц із прискоренням до 6g;
- і) ударного впливу багаторазової дії із прискоренням 20g, тривалістю від 5 мс до 15 мс;
- к) акустичних шумів рівнем до 135 дБ;
- л) крену $\pm 15^\circ$ і забезпечує функціонування при крені $\pm 35^\circ$.

Таблиця 1

Основні технічні характеристики стабілізатора

Найменування параметра	Величина параметра
1 Час готовності, хв, не більше	2
2 Споживана середня потужність при русі БВ з перекидною швидкістю, кВт, не більше	1,5
3 Споживана пікова потужність у режимі стабілізації при включенні ЕДМ кожного з каналів (при $U_{жив}=28,5В$ і сумарному опорі джерела живлення й шин, що підводять живлення до СВУ, рівному 0,1 Ом), кВт, не більше	3
4 Нерівномірність швидкості наведення на малих навідних швидкостях, т.д., не більше	1
5 Жорсткість стабілізатора, кгм/т.д., не менш: - у вертикальній площині - у горизонтальній площині	17 40
6 Серединна похибка стабілізації БВ в обох площинах при русі виробу по нормалізованій трасі зі швидкістю (25-30) км/год, т.д., не більше	1
7 Швидкість відведення БВ у вертикальній і горизонтальній площинах (регулюється з ПУ), т.д. /хв, не більше: - у режимі АВТ - у режимі ПАВ	25 70

Стабілізатор зберігає працездатність після дії таких факторів:

- а) циклічної зміни температури довкілля від -60° С до +70° С;
- б) вібраційного впливу в діапазоні частот від 10 Гц до 120 Гц із прискоренням 3g;
- в) ударного впливу багаторазової дії із прискоренням 20g, тривалістю від 5 мс до 15 мс;

г) зниженого тиску до 90 мм рт. ст.;

д) спеціального режиму роботи відповідно до вимог групи 1У ДЕРЖСТАНДАРТ В20.39.305-83.

Технічні характеристики стабілізатора озброєння

Технічні характеристики стабілізатора забезпечуються при напрузі $(27 \pm 1,5)$ В, функціонування – при напрузі $27^{+1,5}_{-4,5}$ В.

Таблиця 2

Основні технічні характеристики стабілізатора в різних режимах роботи

Режим роботи	Канал	Діапазон кутів наведення, град	Швидкості наведення, °/с			Демпфування при гальмуванні з числом перебігів
			мінімальна, не більше	максимальна, не менш	перекидна, не менш	
АВТ	ГН	кругове обертання	0,07	6,0	35	0-3
	ВН	від - 6 до +65	0,07	6,0	-	0-2
ПАВ	ГН	кругове обертання	0,1	35	-	0-4
	ВН	від - 6 до +65	0,1	35	-	0-2
У	ГН	кругове обертання	0,02	0,5	-	0-3
	ВН	від - 6 до +65	0,02	0,5	-	0-2

Склад стабілізатора озброєння

До складу стабілізатора (таблиця 3) входять прилади і сполучні кабелі.

Таблиця 3

Комплектація стабілізатора озброєння

Найменування	Кіл. шт.	Примітка
Блок УУД14-01	2	УУД-ГН, УУД-ВН
Гіртахометр ГТ46	2	ГТ-ВН, ГТ-К
Гіртахометр ГТ46-01	1	ГТ-ГН
Блок керування БУ1022-02	1	
Пульт керування ПУ03-01	2	ПУ-О, ПУ-К
Тахометр ТГ02	1	
Фільтр живлення ФП03	1	
Перетворювач СП10	1	
Двигун ЕДМ20М	2	ЕДМ-ВН, ЕДМ-ГН
Кабель С2	1	
Кабель С3	1	
Кабель С4	1	

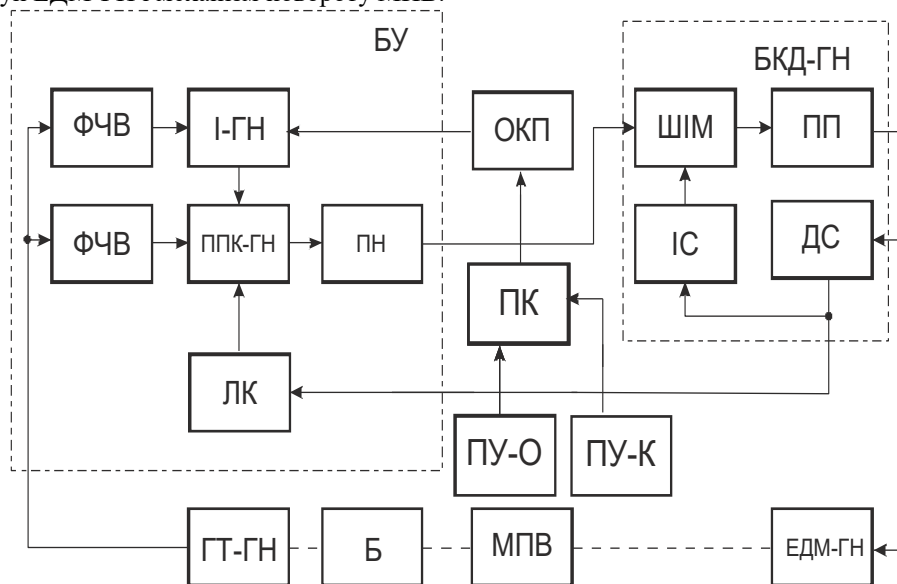
Сигнал датчика струму з ланки корекції і сигнал, пропорційний швидкості зміни похибки стабілізації (сума сигналів ТГ і ГТ-К), підсумовуються в підсумовуючому підсилювачі із сигналом інтегратора. Далі, після підсилення й перетворення, сумарний сигнал надходить на ЕМ-ВН.

Для захисту електродвигуна ЕДМ і підсилювача потужності від перевантажень, які виникають при істотному збільшенні моментів опору повороту БО (і при заклинюванні БО), у тракті керування передбачений інтегральний захист щодо струму, що складається з інтегратора струму ІТ і схеми обмеження струму в якорній обмотці двигуна ЕДМ.

Наведення БО у вертикальній площині здійснюється від ПУ-О або ПУ-К залежно від вибору, що задається на ПК. Сигнал наведення від обраного ПУ-О (ПУ-К) із шасі виробу через ОКП надходить у БУ на вхід інтегратора і підсумовується із сигналом ГТ-ВН. З виходу інтегратора сигнал, пропорційний сумі сигналів ГТ-ВН і ПУ-О(ПУ-К), надходить на підсумовуючий підсилювач, підсумується із сигналами датчика струму, ГТ-К, ТГ і далі, після посилення й перетворення, сумарний сигнал надходить на ЕДМ-ВН. ЕДМ-ВН через механізм підйому повертає БО у напрямку і зі швидкістю, що відповідають знаку й величині сигналу ПУ-О(ПУ-К).

Тому що ГТ-ВН разом із ТГ вимірює тільки кутову швидкість відхилень БО і корпусу виробу в площині ВН, то лінійні переміщення виробу по вертикалі, а відповідно й БО щодо цілі, а також переміщення самої цілі необхідно компенсувати наведенням БВ на ціль від ПУ-О(ПУ-К).

Привод ГН. Основними елементами (рис. 2), що забезпечують роботу привода ГН є: гіротахometr ГТ-ГН, пульти керування ПУ-О(ПУ-К), інтегратор І-ГН, підсилювач підсумовуючий ППК-ГН, підсилювач напруги ПН, підсилювач потужності БКД-ГН, датчик струму ДС, ланка корекції ЛК, електродвигун ЕДМ-ГН і механізм повороту МПВ.



Примітка - ОКП і ПК до складу СВУ-500 не входять

Рис. 2. Схема функціональна привода ГН

Принцип дії привода ГН при стабілізації і наведенні аналогічний принципу дії привода ВН.

На відміну від привода ВН, де сигнал ГТ-ВН (аналогічний ГТ-ГН), надходить тільки на інтегратор, у приводі ГН сигнал ГТ-ГН надходить і на інтегратор і на підсилювач підсумовуючий (замість суми сигналів ТГ і ГТ-К у приводі ВН).

ГТ-ГН вимірює тільки кутову швидкість переміщення БО у горизонтальній площині і тому лінійні переміщення виробу в горизонтальній площині, а відповідно і БО щодо цілі, а також переміщення самої цілі необхідно компенсувати наведенням БО на ціль від ПУ-О(ПУ-К).

АВТОКОРИГОВНИЙ ТЕРМОМЕТР ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЗНАЧЕНЬ

Автокоригувний термометр призначений для контролю температур різних середовищ, які справляють дестабілізуючий вплив на ТЕП, а також для застосування на різних об'єктах та середовищах, де важко приступитися до ТЕП, щоб періодично робити перевірку. Підвищити точність термометра – це насамперед зменшити вплив на остаточний результат вимірювання прогресу похибки термоелектричного перетворювача (ТЕП). Нині це роблять, застосовуючи конструктивно-технологічні методи, які передбачають розробку й створення нових ТЕП із стабільними термоелектричними властивостями. Проте, по багатьом раніше проведеним дослідженням та науково обґрунтованих методах, одержання сплавів із заданими термоелектричними властивостями розкриті не у повному обсязі, немає також і необхідної теоретичної бази для пошуку їх складу, а тому вартість розробки такого автокорегованого термометра підвищеної точності значно зростає. Водночас пропонувані алгоритмічні методи вимірювання дають змогу створювати вимірювання температури підвищеної точності на базі серійних первинних вимірювальних ТЕП та засобів вимірювань.

Тому, було запропоновано модель термометра, який перетворює виміряну температуру на пропорційну електричну напругу, незалежну від переважної корегованої похибки ТЕП. Автокоригувний термометр, побудований на серійних елементах, алгоритм роботи якого дає змогу в процесі тривалої експлуатації термометра діставати остаточні результати вимірювання, незалежні від прогресу вальної похибки на робочий спай ТЕП.

При проходженні струму від джерела, температура робочого спаю термопар буде зростати до значення:

$$T_2 = T_1 + \Delta T_1,$$

де ΔT_1 – температура перегрівання робочого спаю відносно вимірюваної температури, котру спричинює додаткова кількість теплоти Пельтьє, виділеної в спаї.

В установленому стані температура перегрівання робочого спаю

$$\Delta T = \frac{P_{1,2} I}{\alpha F}$$

У перехідному режимі температура спаю зростає поступово, за експоненціальним законом:

$$T_2 = T_1 + (1 - e^{\frac{-t_1}{t_{c,T}}}) \Delta T_1,$$

де t_1 – час нагрівання; $t_{c,T}$ – теплова стала часу, яка залежить від маси й теплоємності спаю.

Надалі термо ЕРС ТЕП підсилює диференціальний підсилювач, де першу гармоніку змінної складової напруги від дії перемикавання заданих ключів вирізняє й підсилює даний підсилювач.

Коли одночасно працюють два підключених вузлів спаїв ТЕП, тоді, термо ЕРС ТЕП зазнає модуляції унаслідок як періодичних змін опору вхідного кола диференціального підсилювача, так і періодичного підігрівання робочого спаю подвійного ТЕП струмом джерела. У цьому разі зростання термоЕРС ТЕП від струму підігрівання супротивне дії зменшення коефіцієнта передавання вхідного кола диференціального підсилювача. Проте через теплову інерційність спаю змінна складова термоЕРС від періодичного нагрівання спаю відстає за фазою приблизно на 90° від змінної складової термоЕРС, яку спричинюють періодичні зміни опору вхідного кола диференціального підсилювача. Для компенсації фазової затримки від теплової інерції ТЕП ключем буде керувати напруга мультівібратора через одно вібратор з регульованою затримкою. Тому обидві змінні на виході підсилювача мають однакову форму за рахунок його вибірності, а їхні фази ставлять із зсувом на 180° , тобто в протифазі.

Коефіцієнт передавання температури вхідного кола диференціального підсилювача, беремо близьким до одиниці:

$$T = \frac{R_2}{R_2 + R_1} = 0.95 \dots 0.99 \quad (R_1 \ll R_2);$$

Тому компенсацію змінної складової термоЕРС від дії ключа забезпечують невеликі перегрівання робочого спаю, що їх створює струм I_0 під час замикаання ключа $14 / \Delta T_2 = 0,01 \dots 0,05 T_1 /$.

Розглянутий алгоритм функціонування термометра дає змогу підвищити точність вимірювання температури за рахунок, по-перше, забезпечення лінійної залежності вихідного сигналу термометра від вимірюваної температури, а по-друге, незалежності кінцевого результату перетворення під переважної прогресованої похибки ТЕП.

ОГЛЯД РАМ КВАДРОКОПТЕРІВ З ПІДЙОМНОЮ ВАГОЮ ДО 1500 ГРАМ

Головною складовою квадрокоптера є його рама. Рами в залежності від розташування променів можуть бути декількох компоновок (Quad X; Quad H; Quad +), та класифікуватися за підйомною вагою на три великі групи. Найбільш розповсюдженою серед них є група з підйомною вагою до 1.5 кг (або середня), вона налічує більше 100 різних конфігурацій, що пристосовані до різних польотних умов.

Основними характеристиками будь-якої рами є: діагональний розмір, вага, матеріали виготовлення та стійкість. Матеріали для виготовлення повинні бути легкими, та мати високу міцність. Адже висока вага рами призведе до зниження ККД усієї системи. Зазвичай використовують наступні матеріали: вуглеволокно, скловолокно, ABS пластик, та PLA пластик, що відповідають усім вимогам та є економічно вигідними. Діагональний розмір визначає вибір більшості компонентів, які ви будете використовувати у складанні. Більш потужний коптер потребує більшої рами для довших гвинтів і великих двигунів, тоді як менший коптер буде використовувати коротші гвинти і менші, менш потужні двигуни. Добре розроблена рама повинна бути міцною, стійкою до ударів та жорсткою.

Якщо є вигин або викривлення в рухах, під час польоту, квадрокоптер буде схильний до проблемних вібрацій. В результаті чого він може складно налаштовуватися.

Найбільш виразними представниками даної групи є рами наступних марок: ZMR 250; FY 450; MWC X-mode X50; Q380. Усі вони прості, зручні у складанні, і завдяки своїй конструкції та матеріалам виготовлення є досить легкими. Головною проблемою даних моделей є вологозахищеність складових елементів, що робить неможливим політ під дощем та небезпечними польоти над водоймами і значно зменшує польотні можливості.

Існує два шляхи вирішення даної проблеми. Одним з яких є покриття спеціальним лаком усіх компонентів. Лак має відмінні ізолюючі властивості, прекрасну адгезію і протистоїть короточасному підвищенню температури. Робоча температура знаходиться в межах від -40 до +60 ° C, пікова 100 ° C. Легко справляється з підвищеною вологістю, неорганічними кислотами і парами їдких речовин, завдяки чому провідники і поверхні плати служать дуже довго без втрати характеристик. Мінусом даного способу є неможливість покриття лаком барометра, що робить його вразливим, а значить залишає можливість пошкодження усієї системи.

Другий спосіб підбір вологозахищеної конструкції рами, він хоч і економічно не вигідний, та все ж набагато ефективніший. Квадрокоптери з вологозахищеними рамами можуть не просто літати дощем, а й досить довго перебувати у воді. Більшість їхніх конструкцій є абсолютно герметичними, що запобігає потраплянню води на комплектуючі. Вагомим мінусом при створенні герметичної конструкції є значне збільшення ваги, що як наслідок знижує польотні характеристики, а складність виготовлення робить такі рами у декілька разів дорожчими. Найбільш якісними вологозахищеними рамами можна назвати наступні моделі: Splash Drone Waterproof; Mini BULLFROG-FRAME; Aquacopters X-FRAME. Найбільшим мінусом яких є висока ціна та недоступність для покупки в Україні.

Порівнявши вище описані способи досягнення вологозахищеності. Можна дійти до висновку, що перший спосіб, незважаючи на неможливість покриття лаком барометра, використовувати більш доцільно, адже вибір вологозахищеної рами несе за собою збільшення ваги та вартості у декілька разів.

Також проаналізувавши ринок квадрокоптерів можна впевнено говорити про те, що більше ніж 30% усіх рам коптерів є недоступною для покупки в Україні, що значно обмежує можливості побудови квадрокоптерів. Це зв'язано з відсутністю масового попиту на дану продукцію. Виробникам економічно не вигідно створювати спеціалізовані магазини. Якщо звичайну раму ще можна знайти в інтернет магазинах. То вологостійку доведеться замовляти із закордону.

Спираючись на вище написане можна виділити дві основні проблеми при виборі рами квадрокоптера. Перша – відсутність вологозахищеності. Друга- недоступність для покупки в Україні, як наслідок висока вартість. Що вірогідно, з часом зникнуть під впливом наростання попиту на дану продукцію.

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер

ПАТ «НВО»КЗА»

В.О. Мордань, магістрант, ПБФ

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

РОЗРОБКА НОВОГО СТАБІЛІЗАТОРА СВУ-500-7Ц ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ НА НОВИХ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТАХ

У цей час як в Україні, так і в Росії стрільба протитанковими керованими ракетами проводиться з нерухомих бронемашин у зв'язку з підвищеними вимогами до точності стабілізації блока озброєння, обумовленими особливостями керування польотом ПТУР і наведенням її на ціль за променем.

У сучасних умовах можливих бойових дій із застосуванням бронетехніки, включаючи основні бойові танки (ОБТ), можливість ураження ОБТ зброєю з ЛБТ досить актуальна, при цьому не тільки з нерухомої бронемашини, але й у русі, тим більше що БТР (БМП) на ходу менш уразливий для супротивника.

Для підвищення бойових якостей перспективної та існуючої в Україні ЛБТ потрібно забезпечити необхідні умови для ефективної стрільби ПТУР при русі бронемашини по нерівномірній трасі, що викликає коливання лінії прицілювання щодо напрямку на ціль.

Ці умови можуть бути забезпечені тільки за рахунок підвищення точності стабілізації.

Відповідно до експлуатаційної документації на стабілізатори БМП-2 і БМП-3, точність стабілізації характеризується величиною середньої похибки наведення на імітатор цілі при русі бронемашин зі швидкістю (25-30) км/год по спеціально підготовленій трасі з перешкодами певних розмірів.

Переміщення крапки імітатора цілі фіксується на кіноплівку, потім осереднюється у 2 етапи.

Отримане в результаті значення осередненої похибки стабілізації повинне відповідати 1 т. д. (3,6 кут. хв.) для стабілізатора 2Э36-1 БМП-2 і 0,6 т. д. для стабілізатора 2Э52 БМП3 по кожному каналу - горизонтальному і вертикальному.

Аналіз приладового складу, структури й динамічних параметрів блоків стабілізаторів СВУ-500-4Ц і СВУ-500-4Ц-01 показав, що:

- керуючі моменти електродвигунів ЕДМ20 потужністю 400 Вт достатні для подолання моментів, що збуджують у стаціонарних режимах, а в перехідних режимах, які мають місце при русі бронемашини по пересіченій місцевості, для компенсації швидких змін моментів, що збуджують, мають значення швидкості наростання керуючих моментів і обертів ротора двигунів.

- режимами роботи електродвигунів керують цифрові канали стабілізації, що включають гіротахметри ГТ46 із пружною торсіонною пружиною, що має смугу пропускання частот 30 Гц, числовий обчислювач із дискретністю роботи щодо часу рівному 2,5 мс і підсилювач потужності з LC-фільтром живлення з постійною часу 8 мс.

- швидкодія КС характеризується смугою пропускання частот, постійними часу електродвигунів, підсилювачів і моментом інерції навантажень на електроприводи, а також дискретністю за часом цифрового обчислювача.

Істотне збільшення смуги пропускання гіротахметра (орієнтовно в 2 рази) забезпечується при застосуванні гіротахметрів так званого компенсаційного типу, у яких компенсація гіроскопічного моменту відбувається спеціальним електричним датчиком моменту (електричною пружиною).

Більше підвищення швидкодії, зменшення вартості КС досягається при використанні гіроскопів нового покоління - коріолісових вібраційних гіроскопів (КВГ), у яких смуга пропускання розширена 100 Гц і більше. Розробку та дослідження КВГ започатковано у ЦКБ «Арсенал» під керівництвом чл. кор. НАНУ М.І. Лихоліта.

На ПАТ «НВО «КЗА» проведено розробку конструкторської документації, виготовлення КВГ та всебічні випробування, у тому числі, у складі стабілізатора СВУ-500-7Ц і бойової машини БТРЗЕ1.

Подальше застосування КВГ у стабілізаторах СВУ-500-7Ц визнано доцільним. Новизну деяких технічних рішень щодо КВГ підтверджено патентами України.

Наступним фактором, що забезпечує підвищення точності стабілізації, є підвищення швидкості обробки інформації у цифровому обчислювачі блока керування, що у БУ1022-07 збільшено у 2,5 рази в порівнянні з БУ1022-04 стабілізаторів СВУ-500-4Ц (тривалість 1 такту роботи обчислювача становить 1 мс у порівнянні з 2,5 мс).

Експериментальні дослідження виявили можливість зменшити індуктивність дроселів в LC-фільтрах підсилювачів потужності зі збереженням припустимого рівня пульсацій, створюваних

силовими мостовими комутаторами, що працюють у режимі ШИМ на активно-індуктивне навантаження обмоток якорів електродвигунів.

У результаті цих досліджень постійну часу підсилювачів потужності зменшено до 0,3 мс у порівнянні з 8 мс.

Крім зазначених вище вдосконалень чутливих елементів цифрового обчислювача та підсилювачів потужності, у модернізованому стабілізаторі СВУ-500-7Ц використано нові розроблені електродвигуни ЕДМ03 з підвищеними пусковими струмами й зниженими постійними часу, що також прискорює протікання перехідних процесів і збільшує швидкість стабілізатора при парированні збуджуючих динамічних моментів, які виникають при стрільбі й русі машини по пересіченій місцевості.

Окрім того, ПАТ «НВО «Київський завод автоматики» досліджує питання доцільності застосування у СВУ-500-7Ц гіроскопів типу MEMS і ВОГ.

У закордонній бронетехніці (Швеція, країни НАТО, РФ) широко застосовуються гіроскопи MEMS, а останнім часом волоконно-оптичні гіроскопи (ВОГ), так, наприклад, ВОГ 8088009-114 і ВОГ 8088009-141 виробництва фірми SAAB (Швеція) використовуються для стабілізації гармат, прицілів, антен і ракет.

В умовах існуючої та наростаючої конкуренції у галузі продаж озброєнь і, зокрема ЛБТ, віддавати перевагу гіроскопам, що виготовляються закордонними країнами (потенційними конкурентами), недоцільно.

За підсумком проведених НДР за участю автора, визначився технічний вигляд модернізованого приладового комплексу стабілізатора підвищеної точності і надійності **СВУ-500-7Ц, що відрізняється від серійно виготовлених у цей час покращеними характеристиками** (у дужках зазначені значення для СВУ-500-4Ц):

1. Максимальні кутові швидкості наведення в режимі ПАВ не менш 40°/с (35°/с);
2. Мінімальні кутові швидкості наведення в режимі УПР (стрільба УПР) не більше 0,01°/с (0,02°/с);
3. Середня похибка стабілізації блока озброєння при русі по нормалізованій трасі зі швидкістю 25+5 км/год не більше 0,5 т. д. (1 т. д.);
4. Динамічна похибка при відпрацьовуванні синусоїдального сигналу $A_0 = 2,5^\circ \sin \Omega t$ при частоті 0,8 Гц не більше 2 т. д. (вимоги не було);
5. Амплітуда першого перебігу при відпрацьовуванні кута 3° не більше 15 т. д. (вимоги не було);
6. Неплавність наведення в режимах АВТ і УПР не більше 0,3 т. д. (0,8 т. д.);
7. Введений режим автоматичного супроводження цілей за сигналами системи керування вогнем зі швидкостями: максимальна 35°/с, мінімальна 0,07°/с (режим автоматичного супроводження цілей був відсутній);
8. Гарантійний наробіток 5000 годин (500 годин).

Технічне завдання на розробку ДКР «Модернізація цифрових стабілізаторів озброєння для легкої броньованої техніки на базі сучасних чутливих елементів», індекс зразка СВУ-500-7Ц, затверджене ГК «Укроборонпром» у вересні 2012 р.

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер
ПАТ «НВО «КЗА»
Д.С. Козюков, магістр
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІРОТАХОМЕТРА ГТ46

У відомій літературі відсутні відомості щодо розрахунково-моделюючих робіт приладового комплексу стабілізатора озброєння ЛБТ.

З метою вивчення можливості покращення характеристик щодо точності стабілізатора озброєння, було проведено моделювання з використанням датчика кутової швидкості (ДУС) ГТ46.

Зазначені датчики мають широку галузь застосування, у тому числі, вони використовуються для стабілізації платформ із установленими на них вимірювальними пристроями та у системах керування рухомими об'єктами різного класу, у вимірювальних блоках для інерціальної навігації. Технічні характеристики гіротахометра ГТ46 наведені у таблиці 1.

Були проведені оцінки впливу смуги пропускання та дискретності обчислювальних операцій гіротахометра ГТ46 та ДУС MEMS G20-075-100 зі смугою пропускання 100 Гц і ВОГ ВГ910Ф зі смугою пропускання 450 Гц. При моделюванні використовувалась математична модель гіроскопічних вимірювачів швидкості ГТ46, які представлені на рисунку 1. У процесі моделювання похибка гіротахометра ГТ46 враховувалася у вигляді ланки, що моделює білий шум зі спектральною щільністю $1,44 \cdot 10^{-6} / 100$ відповідної середньоквадратичної похибки (рис. 1. Band-limited White Noise).

Таблиця 1

Технічні характеристики гіротахометра ГТ46

Параметри	Одиниці	Значення
Вимірюваний діапазон	град/сек	± 50
Смуга частот	Гц	20÷30
Масштабний коефіцієнт (МК)	Вс/град	не менш 0,17
Асиметрія вихідної характеристики	%	не більше 10
Поріг чутливості	град/сек	не більше 0,015
Зона застою підвісу	мВ	не більше 20
Нульовий сигнал в умовах експлуатації	мВ	не більше 90

Дослідження можливості підвищення точності стабілізатора при використанні гіротахометра ГТ46 було проведено з урахуванням таких основних положень:

1. З метою покращення характеристик щодо точності стабілізатора озброєння, було проведено оптимізацію коефіцієнта передачі гіротахометра ГТ46 і постійної часу інтегратора, а також коефіцієнтів, що настроюються, у контурах керування.

Оптимізація проводилася на підставі мінімізації H_2 -норми замкнутої передатної функції лінійної моделі стабілізатора

$$H_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \text{tr}(\mathbf{W}(j\omega)^* \mathbf{W}(j\omega)) d\omega},$$

де $\mathbf{W}(j\omega)$ – передатна функція замкнутої системи стабілізації,

* – символ комплексно-спряженої матриці.

Обраний критерій забезпечує високу точність процесів керування з урахуванням можливості зміни параметрів системи.

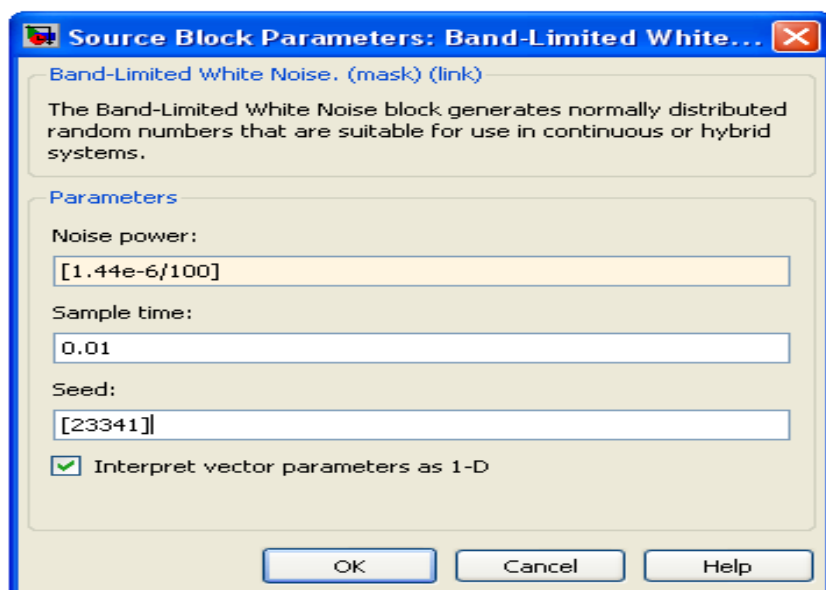
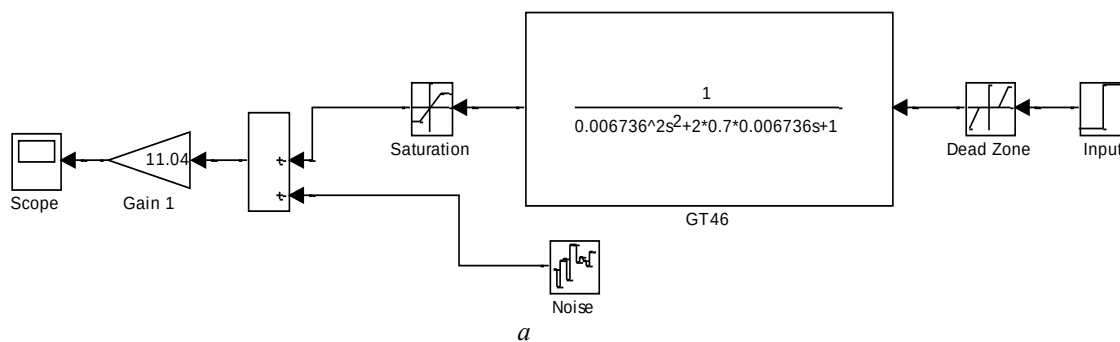


Рис. 1. Математичні моделі ДУС: а – GT46, б – Band-limited White Noise

2. У процесі оптимізації було визначено варіанти оптимальних значень коефіцієнтів, що настроюються, блока керування, значення яких наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Оптимальні значення настроювальних коефіцієнтів блока керування

	Коефіцієнт підсилення тракту керування $U(0 \div 136)$	Коефіцієнт передачі сигналу гіротахметра $IT(0 \div 125)$	Коефіцієнт передачі в ланцюзі зворотного зв'язку по струму $DT(0 \div 125)$
Варіант 1	102	9	10
Варіант 2	85	7	8
Варіант 3	44	6	8
Варіант 4	102	7	10
Варіант 5	109	6	2
Варіант 6	109	7	2

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»***В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер***ПАТ «НВО «КЗА»***К.К. Байбурдов, магістр***Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»***МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БЕЗПЕРЕРВНОГО І ДИСКРЕТНОГО ТРАКТУ УПРАВЛІННЯ
КАНАЛУ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАВЕДЕННЯ СО**

Тракт управління каналу ГН включає у себе чотири основних складових, що надходять на суматор. Перша складова формується на підставі сигналу гіротахметра і пульта управління, які підсумовуються, а потім надходять на інтегратор. Друга і третя складові формуються на основі сумарного сигналу гіротахметра і сигналу зворотного зв'язку по струму з використанням фільтрів високих частот і смугового фільтра відповідно. Четверта складова визначається сигналом зворотного зв'язку по струму, в її формуванні беруть участь фільтри високих і низьких частот. За кожною складовою введені обмеження, відповідні обмеженням реальних сигналів (± 10 В).

Для забезпечення можливості підвищення якості процесів управління передбачені коефіцієнти налаштування КуГН; ГТ; ДТ.

Модель тракту управління була розроблена в безперервному і дискретному вигляді. Перехід від безперервної до дискретної форми подання передавальних функцій був виконаний за допомогою Z-перетворення. Правильність переходу перевірялася шляхом порівняння логарифмічних амплітудно-частотних характеристик безперервного і дискретного варіантів.

Обчислювальна схема безперервного каналу горизонтального наведення блоку управління стабілізатором з відповідними передавальними функціями представлені на рисунках 1, 2.

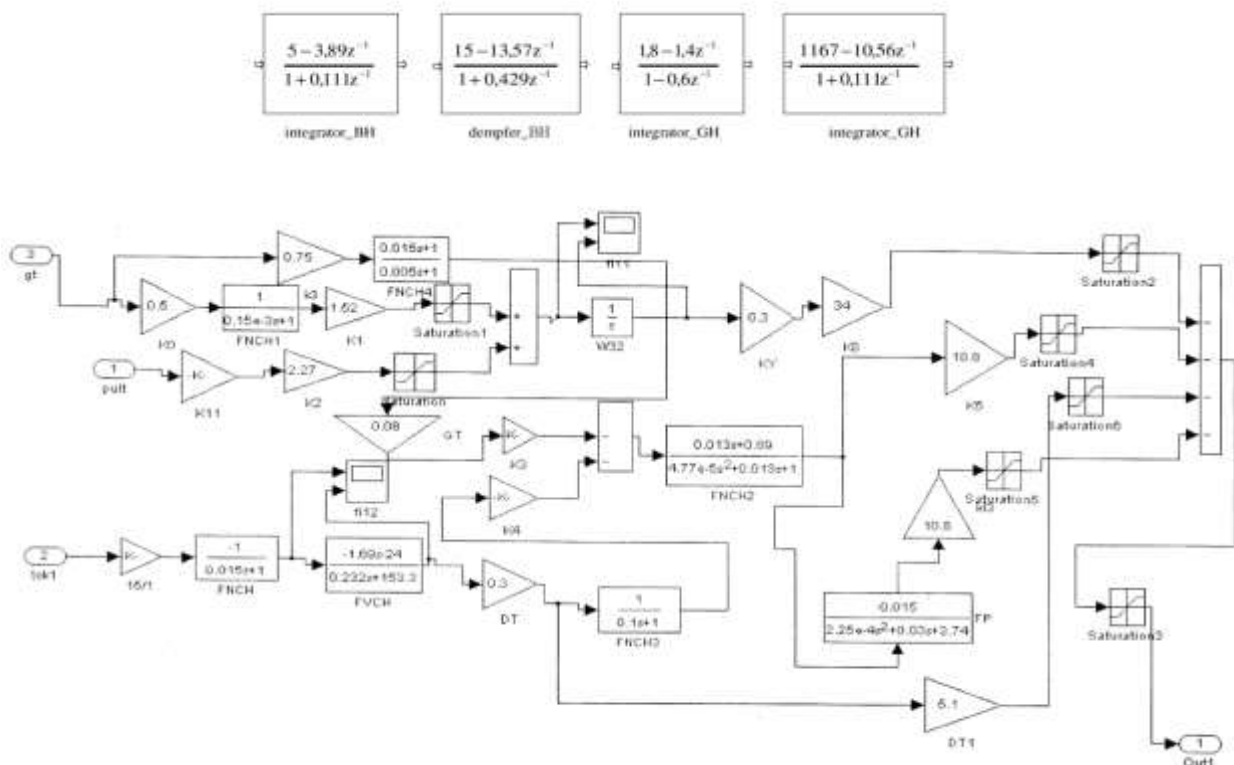


Рис. 1. Обчислювальна схема безперервного каналу ГН блоку управління стабілізатора

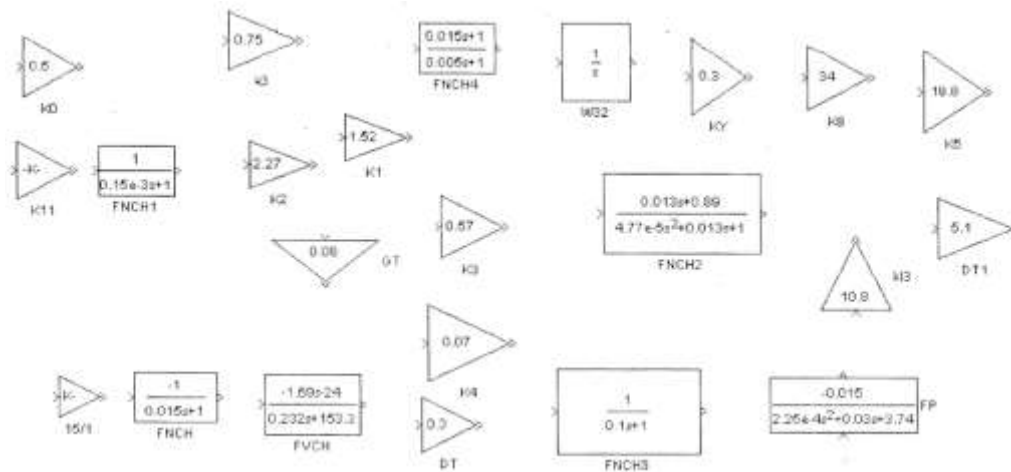


Рис. 2. Передатні функції до рис. 1.

Обчислювальна схема дискретного каналу горизонтального наведення блоку управління стабілізатором (дискретність перетворення 2,5 мс) представлена на рис. 3. На цій схемі показані аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворення відповідних сигналів. На рис. 4 показані передатні функції обчислювальної схеми, представленої на рисунку 3.

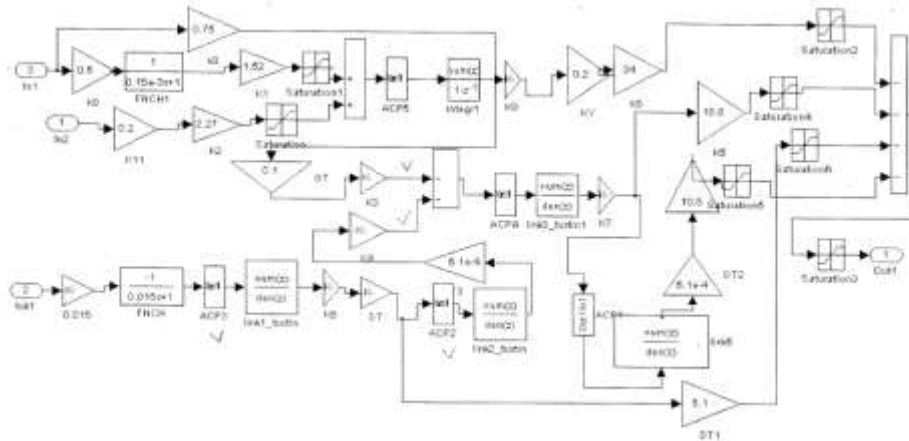


Рис. 3. Обчислювальна схема дискретного каналу ГН блоку управління стабілізатора

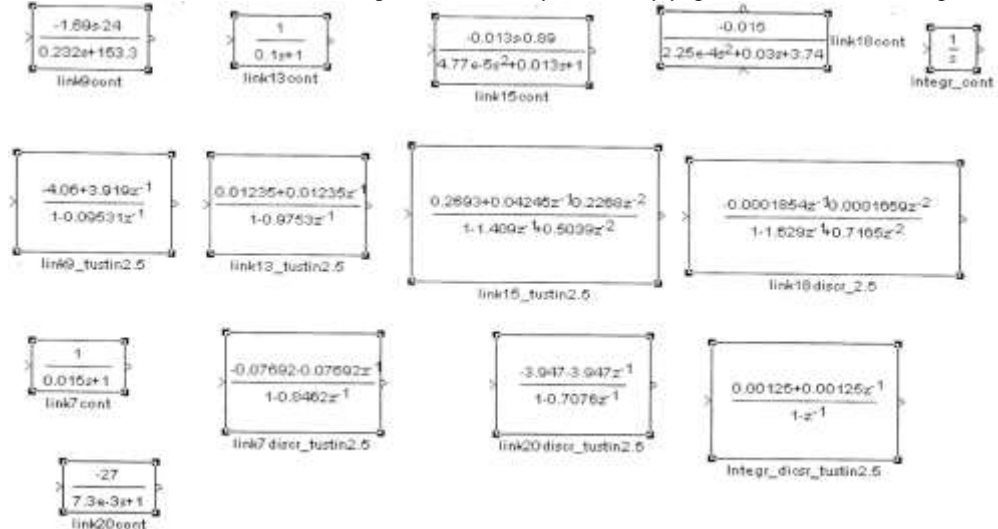


Рис. 4. Передатні функції до рис. 3

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОШУКУ ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ НА БАЗІ МІНІ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

На сьогоднішній день питання якості повітря стоїть досить гостро і тому проводиться велика кількість досліджень у цьому напрямі. Адже багато шкідливих речовин не мають запаху і можуть не відчуватися, але у високих концентраціях впливати на здоров'я і самопочуття як, наприклад, угарний газ вдихання якого може швидко привести до смерті. Аналіз повітря на вміст шкідливих газів необхідний в повітрі робочої зони- там, де є специфічні джерела шкідливих речовин. Наприклад, в повітрі котельень або авторемонтних майстерень нерідко можна виявити перевищення концентрацій чадного газу і оксидів азоту, а в повітрі каналізаційно-насосних станцій можуть багаторазово перевищувати сірководень або аміак. В таких робочих умовах нерідко джерела витoku газів можуть знаходитись у небезпечних або важкодоступних місцях. Саме тому важливо впровадити надійну систему виявлення небезпечних газів, щоб запобігти цим проблемам.

Різноманітність умов і особливостей виробництв вимагає різних сценаріїв моніторингу та планування контролю. В такому випадку система виявлення повинна задовольняти певним вимогам, а саме: автономність, надійність, точність, простота у базуванні та розгортанні на місцевості. Крім того, бажано щоб було наявне віддалене управління та контроль.

Платформою для системи, що розробляється, було обрано міні безпілотні літальні апарати (БПЛА). На сьогодні квадрокоптери використовуються не тільки у військовій сфері але також і у широкому колі цивільних місій, таких як спостереження, картографія, пошук та локалізація тощо.

Підключення, програмування та калібрування датчиків буде проводитись на базі апаратної обчислювальної платформи для аматорського конструювання Arduino YUN. Вона була обрана з причин можливості використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (рисунок друкованої плати, специфікації елементів, програмне забезпечення) знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч.

Калібрування датчиків газу буде проводитись за допомогою програмних середовищ Arduino IDE та MATLAB. Перевірятиметься швидкість реакції датчика на зміну газового середовища та точність показників. Для цього кожен з обраних датчиків буде підключено до плати Arduino YUN за схемою, яка наведена на рисунку 1 та буде розроблено програмний код для перевірки вказаних параметрів.

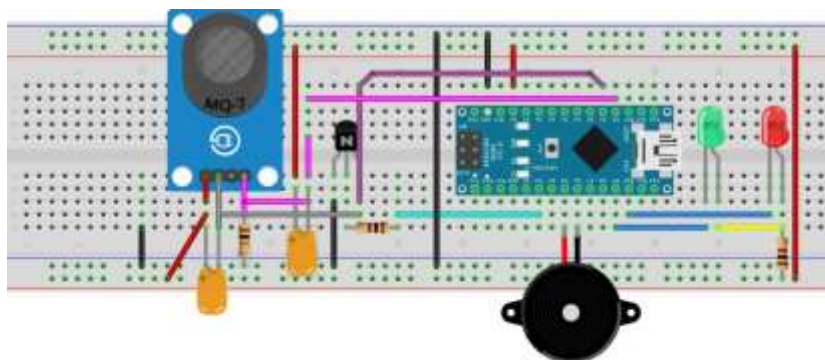


Рис. 1. Схема підключення датчиків газу для калібрування

Спираючись на наші вимоги та аналізуючи можливості використання БПЛА в місіях повітряного моніторингу, ми вважаємо, що розробка системи моніторингу стану забруднення атмосферного повітря шкідливими газами залишається актуальним завданням.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ НАПІРНИМ ЯЩИКОМ

Папір – листовий матеріал, що складається в основному з рослинних волокон, відповідним чином оброблених і з'єднаних у тонкий лист, в якому волокна пов'язані між собою поверхневими силами зчеплення. Все частіше останнім часом при виробленні спеціальних видів паперу застосовують волокна як синтетичні (органічного походження), так і мінеральні (азбестові, скляні та ін.). Процес формування паперової маси поділяється на декілька етапів. На виході з машинних басейнів маса дозується і направляється в папероробну машину, перед надходженням на машину вона розбавляється зворотною водою, очищається від сторонніх забруднень. Паперова маса, розбавлена до необхідної концентрації та очищена від сторонніх включень, надходить у натискний ящик папероробної машини, необхідна ступінь розведення маси для відливу паперу на сітці папероробної машини залежить від маси паперу, роду волокна і ступеня помелу маси. Напуск маси на сітку здійснюється за допомогою надавлюваного пристрою – натискного ящика, для нормальної роботи машин при швидкостях 450–500 м/хв потрібен напір маси в натискному ящику 2,5–3 м, при швидкості 600 м/хв – близько 4,2 м і т.д.

Аналізуючи вже існуючі методи формування паперової маси, вирішено використати автоматичне регулювання наступних параметрів, враховуючи, що ці параметри є залежними один від одного:

$$h_{\Pi} = \frac{Q_{\Pi}}{V_c p L}, \quad (1)$$

де h_{Π} – товщина паперової маси, Q_{Π} – витрати паперової маси, V_c – швидкість руху сітки, p – густина паперової маси, L – ширина подачі паперової маси.

Отже, для зміни та регулювання товщини паперової маси, потрібно відповідно змінювати та регулювати витрати паперової маси, а також швидкість руху сіткової частини папероробної машини. На практиці є доцільним пов'язати товщину паперової маси пропорційно з подачею, деяким коефіцієнтом і змінювати швидкість руху сітки для зміни товщини контролюючи інші змінні в заданих значення. Для виконання керування всіма операціями з одного пункту, автоматизована система керування повинна мати підсистеми дистанційного контролю, захисту і автоматичного регулювання технологічних параметрів. Виконуючи поставлену задачу, було прийнято рішення у якості основного елемента системи керування використовувати ПД-регулятор ТРМ148 фірми ОВЕН, що дозволяє виконувати незалежне регулювання до восьми параметрів технологічного процесу, а також формувати закони керування на основі даних з датчиків стану пов'язаних між собою технологічних параметрів.

Наведено структурну схему розробленої системи керування напірним ящиком (рис. 1).

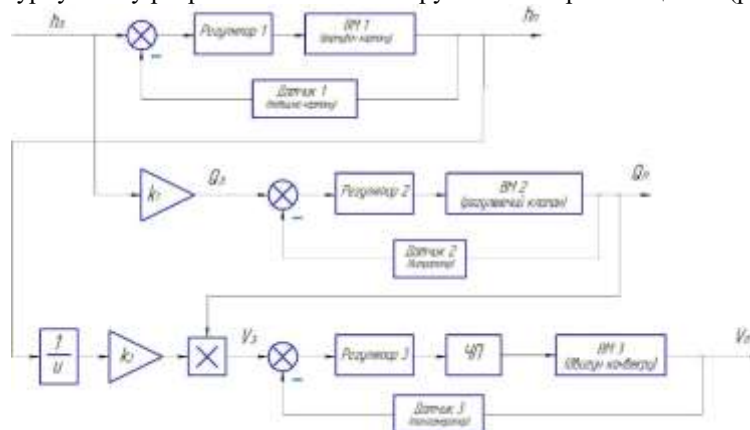


Рис. 1. Структурна схема розробленої системи керування

Взаємопов'язане регулювання вказаних технологічних параметрів дозволить отримати продукцію із заданими показниками якості.

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»***В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер***ПАТ «НВО «КЗА»***О.М. Шафінська, магістрант, ПБФ***Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БЕЗПЕРЕРВНОГО І ДИСКРЕТНОГО ТРАКТУ УПРАВЛІННЯ КАНАЛУ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВЕДЕННЯ СО

Тракт управління каналу вертикального наведення (ВН) включає в себе чотири основних складових, що надходять на суматор. В основу формування першої складової покладено сумарний сигнал від гіротахометра і пульта управління, який піддається інтегруванню і проходженню через фільтри. Друга складова формується на основі сигналу гіротахометра і сигналів зворотного зв'язку по струму і напрузі. Третя складова формується на основі тільки сигналу зворотного зв'язку по струму. Остання четверта складова включає в себе сигнали зворотного зв'язку по струму і напрузі. Особливістю моделі каналу вертикального наведення є наявність обмежувачів пристроїв і перемикачів, тому що в деяких випадках вид передавальної функції залежить від рівня сигналу. У схемі також виконується приведення до єдиної розмірності сигналів зворотного зв'язку по струму і напрузі.

Модель тракту управління була розроблена для безперервного і дискретного варіантів. Обчислювальна схема безперервного каналу вертикального наведення блоку управління стабілізатором показана на рис. 1. Передатні функції обчислювальної схеми безперервного каналу показані на рис. 2.

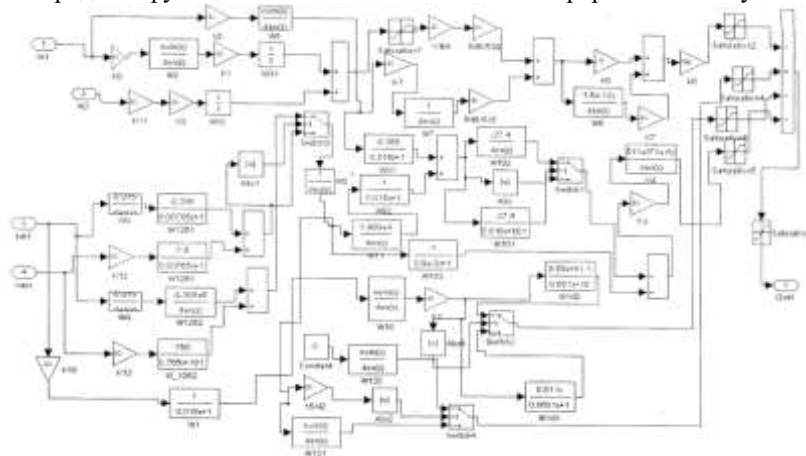


Рис. 1. Обчислювальна схема безперервного каналу ВН блоку управління стабілізатором



Рис. 2. Передатні функції до рис. 1

Обчислювальна схема дискретного каналу вертикального наведення блоку управління стабілізатором (для дискретності перетворення 2,5мс) представлена на рис. 3. Передатні функції обчислювальної схеми дискретного каналу показані на рис. 4.

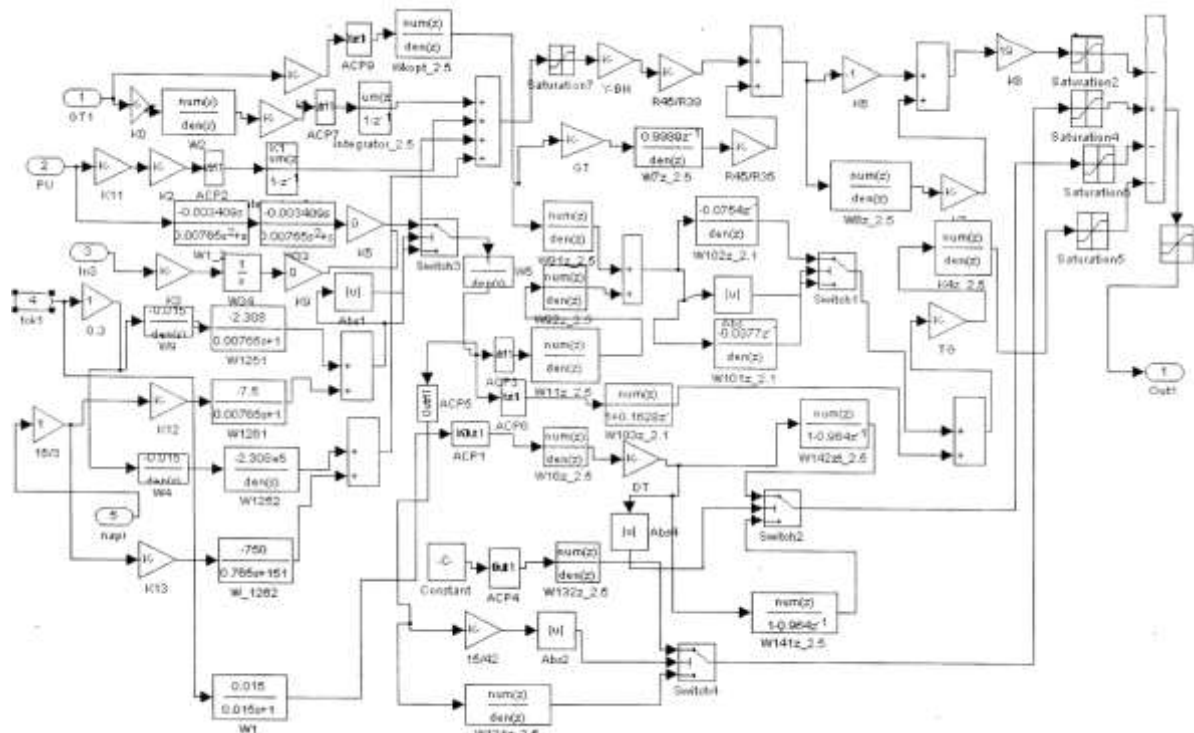


Рис. 3. Обчислювальна схема дискретного каналу ВН блока керування стабілізатора

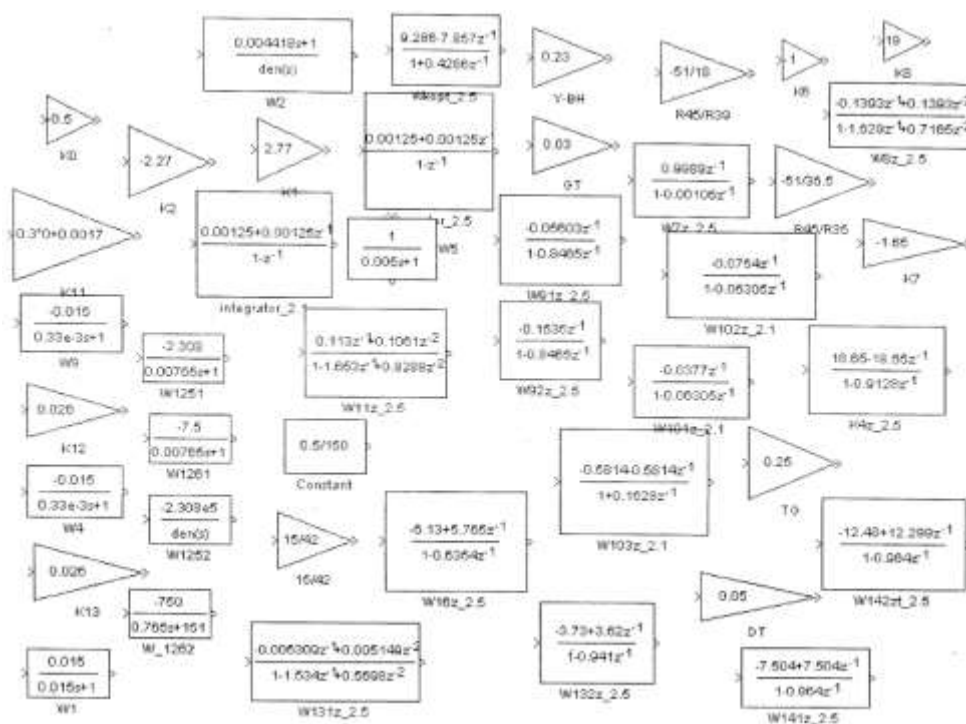


Рис. 4. Передатні функції до рис. 3

Об'єкт випробувань. Випробування піддавалися:

- БУ 1022-03 №89010 з УАЦ 06 №089; СВУ-500-3Ц №89010;
 - БУ 1022-04 №89010 з УАЦ 06-01 №026; СВУ-500-4Ц №89010
- з відкоригованими ПАЗ 01, ПАЗ 02.

Обсяг і методика випробувань

– Зібрати схему автономних випробувань і блоку БУ 1022-03 (04). Послідовно подавати від імітатора ДС КВПа сигнали, що імітують струм двигуна 200, 150, 120, 90, 40, 35А та визначити час формування сигналу ПЗС ВН (ГН). Всі вимірювання тимчасових інтервалів проводити електронним секундоміром.

– Зібрати схему випробувань СВУ-500-3Ц (4Ц). Зміною моменту опору повороту СТМ 02 встановити струм ЕДМ 20 рівним 40А при русі з максимальною швидкістю в режимі УПР і визначити час формування сигналу ПЗС ВН (ГН).

– Зміною значень коефіцієнтів ГТ, ДТ, ТГ перевести СВУ в режим автоколивань і визначити час формування сигналу ПЗС ВН (ГН).

Результати випробувань БУ 1022-03 (04) наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати випробувань БУ 1022-03 (04)

Сигнал імітатора ДС, В (імітованим струм, А)	Час формування сигналу ПЗС, сек			
	БУ 1022-03		БУ 1022-04	
	ГН	ВН	ГН	ВН
+3,0 (200)	0,81	0,75	0,85	0,80
-3,0 (200)	0,87	0,70	0,70	0,85
+2,25 (150)	1,35	1,40	1,2	1,05
-2,25 (150)	1,25	1,32	1,4	1,4
+1,8 (120)	1,72	2,0	1,7	1,4
-1,8 (120)		1,75	1,9	
+1,35 (90)		2,8	3,6	
-1,35 (90)		3,2	3,47	
+0,6 (40)		23,0	25,0	
-0,6 (40)		21,0	25,0	
+0,525 (35)		36,0	40,0	
-0,525 (35)		49,0	37,0	

Результати випробувань СВУ-500-3Ц (4Ц) наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати випробувань СВУ-500-3Ц (4Ц)

Режим роботи СВУ	Час формування сигналу ПЗС, сек			
	СВУ-500-3Ц		СВУ-500-4Ц	
	ГН	ВН	ГН	ВН
«УПР» $I_{\text{ЕДМ (сф)}} = 40\text{А}$	22	22	23	23
Автоколивання ВЧ (ДТ = 60) ГН: $f = 91\text{ Гц}$ $I_{\text{ЕДМ (ампл.)}} = 132\text{А}$ ВН: $f = 100\text{ Гц}$ $I_{\text{ЕДМ (ампл.)}} = 100\text{А}$	2,9	2,75		
Автоколивання НЧ (ГТ = 0) ГН: $f = 1,75\text{ Гц}$ $I_{\text{ЕДМ (ампл.)}} = 152\text{А}$ ВН: $f = 5\text{ Гц}$ $I_{\text{ЕДМ (ампл.)}} = 100\text{А}$	1,6	4,0		
Автоколивання ВЧ (ДТ = 60) ГН: $f = 100\text{ Гц}$ $I_{\text{(ампл.)}} = 103\text{А}$ $I_{\text{(сф)}} = 70\text{А}$ ВН: $f = 81\text{ Гц}$ $I_{\text{(ампл.)}} = 103\text{А}$ $I_{\text{(сф)}} = 70\text{А}$			3,03	3,1
Автоколивання НЧ (ГТ = 0) ГН: $f = 2,5\text{ Гц}$ $I_{\text{(ампл.)}} = 133\text{А}$ $I_{\text{(сф)}} = 80\text{А}$ ВН: $f = 5\text{ Гц}$ $I_{\text{(ампл.)}} = 123\text{А}$ $I_{\text{(сф)}} = 80\text{А}$			2,47	2,81

Висновки. Програмний блок формування сигналу ПЗС ГН (ВН) розроблений з Додатком №4 до ТЗ №63600, забезпечує захист апаратури СВУ-500-3Ц (4Ц) від перевантажень по струму, в т.ч. в режимах автоколивань, за рахунок формування сигналу ПЗС за час близький до розрахункового (з урахуванням похибки змін і розкиду параметрів БО і СТМ 02).

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.*Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»***В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер***ПАТ «НВО «КЗА»***І. Гунов, бакалавр, ПБФ***Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»***КОНСТРУКЦІЯ КОРІОЛІСОВОГО ВІБРАЦІЙНОГО ГІРОСКОПУ**

На рис. 1 показані компоненти чутливого елементу (ЧЕ) коріолісового вібраційного гіроскопу (КВГ). ЧЕ складається всього з трьох компонентів: основи, резонатора і кришки. Резонатор кріпиться на основу стандартним гвинтом. Із-за простоти конструкції ЧЕ і малої кількості складальних одиниць його складання технологічне і придатне до масового виробництва. Єдиний високотехнологічний елемент - це резонатор, який має бути виготовлений з високою точністю.



Рис. 1. Компоненти ЧЕ



Рис. 2. ЧЕ КВГ у складанні



Рис. 3. КВГ в корпусі

Вісім п'єзoeлектродів приклеюються через 45° до нижньої тоншої частини циліндра. Така конструкція дозволила перекласти вимоги високої точності виготовлення тільки на обід циліндра. Під кришкою створюється тиск близько 10-4 атм. ЧЕ з резонатором діаметром 25 мм, габарити якого $\varnothing 40 \times h 27$ мм і вага 80 гр., представлений на рис. 2, 3.

Алгоритм управління і обробки інформації реалізований на процесорі Sharc компанії Analog Devices. На рис.4 показані плати, що забезпечують роботу КВГ. Плати мають розмір 45×45 мм із загальною вагою 30 гр.



Буферна плата



Плата цифрового управління



Плата живлення

Рис. 4. Електроні плати КВГ

Таблиця 1

Середній час напрацювання на відмову КВГ

Умови довкілля по застосуваннях	СЧНВ Довір. інтервал 95 % годин (років)	СВНО Довір. інтервал 99 % годин (років)	СВНО Довір. інтервал 99.9 % годин (років)
Наземні нерухомі об'єкти, (контрольовані умови) GB, $\pi E = 1.0$	2 509 145 (286)	1 632 170 (186)	1 087 719 (124)
Наземні нерухомі, неконтрольовані умови GF, $\pi E = 2.0$	125 472 (143)	816 085 (93)	543 859 (62)
Наземні рухоми об'єкти Gm, $\pi E = 4.0$	627 286 (71)	408 042 (46)	271 929 (31)

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

В.Г. Цірук, к.т.н., головний інженер

ПАТ «НВО «КЗА»

С.О. Нечай, к.т.н., доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

СТАБІЛІЗАТОРИ ОЗБРОЄННЯ СВУ-500-4Ц

Стабілізатори озброєння застосовуються в системах управління вогнем бойового модуля Шквал виробів БТР 3Е і БМП 1М (СВУ-500-3Ц) і бойових модулів Штурм і Парус виробів БТР 3Е1 і БМП 4 (СВУ-500-4Ц) (рис. 1). Стабілізатори можуть використовуватися при модернізації існуючих і розробці нової легкої броньованої техніки БТР, БМП, БМД та інш. Призначені для стабілізованого наведення і супроводу у горизонтальній і вертикальній площинах наземних, повітряних і надводних цілей для ефективної стрільби з місця, на ходу і на плаву.



Рис. 1. Модернізований цифровий стабілізатор озброєння СВУ-500-4Ц ЮКАИ.461314.001-04

Стабілізатори забезпечують роботу в режимах:

- автоматичний (АВТ) для стрільби по наземних і надводних цілях;
- напівавтоматичний (ПАВ) для стрільби по повітряним і швидко маневруючим наземним цілям;
- керований (УПР) для стрільби протитанковими керованими ракетами;
- цілевказівки (ЦУ) для екстреного розвороту на цілі, вибрані командиром;
- готовність (ГТВ) приведення озброєння в початковий стан при русі по вузьких трасах;
- готовий (ГТ) – технологічне відключення силового електроживлення приводів в процесі пусконаладжувальних робіт;
- діагностика (Д) – автоматична діагностика справного стану блоків стабілізаторів на фоні режимів основної роботи;
- вгору-вниз (обводи) – обводи елементів конструкції виробів БТР, БМП, що перешкоджають повороту башти і блоку озброєнь.

Цифрові стабілізатори СВУ-500-3Ц і СВУ-500-4Ц останнього покоління відрізняються від стабілізаторів СВУ-500, 2Е36 і 2Е52 ЛБТ реалізацією законів управління рухом озброєння і режимами роботи у цифровому вигляді на сучасній елементній базі та обміну інформацією між цифровими блоками управління і пультами управління стрільбою по заводській стандартному цифровому інтерфейсу. Налаштування параметрів стабілізаторів здійснюється оператором безпосередньо від пульта управління стрільбою без маніпуляцій регульовальними елементами на блоках управління. Інформація про режими роботи та справності стабілізаторів відображається на цифровому дисплеї пульта управління у буквеному та цифровому вигляді. За рахунок оптимізації схемно-технічних рішень і законів управління скорочено приладовий склад (виключені компенсаційний гіротахометр, окремий блок фільтрів) і зменшено масу.

До складу стабілізатора СВУ-500-3Ц входять: 2 гіротахометра (ГТ46 по вертикальному каналу і ГТ46-01 по горизонтальному каналу); цифровий блок управління БУ 1022-03; 2 підсилювача потужності УУД 14-02; 2 електродвигуна ЕДМ20М; цифровий пульт управління стрільбою ПУ03-05; прилад вказівника цілі командира ПЦУ01-01; статичний перетворювач електроживлення СП10-01; 2 датчика кута ДУ04 повороту озброєння в горизонтальній і вертикальній площинах; комплект кабелів міжблочних зв'язків.

Склад стабілізатора СВУ-500-4Ц відрізняється від стабілізатора СВУ-500-3Ц наявністю другого пульта управління стрільбою для командира і відсутністю приладу ПЦУ01-01. Режим визначення цілі здійснюється від приладу панорамного огляду, що не входить до складу СВУ-500-4Ц.

РОЗУМНИЙ ДІМ

Автоматизація – один з напрямів науково-технічного прогресу, спрямований на застосування саморегульованих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем керування, що звільняють людину від участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів чи інформації, істотно зменшують міру цієї участі чи трудомісткість виконуваних операцій. Автоматизація, окрім об'єкта керування, вимагає додаткового застосування давачів (сенсорів), керуючих пристроїв (контролерів із засобами вводу-виводу), виконавчих механізмів та у переважній більшості базується на основі використання електронної техніки та методів обчислень, що іноді копіюють нервові і розумові функції людини.

«Розумний дім» – це централізоване здійснення функцій опалення, освітлення, вентиляції, сигналізації, а також контроль над ними, та інженерних систем, які до них приєднуються. Всі вони організовані єдиним інтелектуальним керуванням та ним же контролюються.

Наприклад, користувач може не хвилюватися про праску або електроплиту які він забув, тому що після його виходу вони відключаються автоматично. Зовсім не обов'язково, що Intellhouse – це окрема будівля або котедж. Інтелектуальною може стати і квартира – це питання обладнання та проекту.

Можливості «розумного дому» або квартири широкі, а вигоди, які може отримати споживач, дуже суттєві. При тому, що на підтримання комфорту власник житла витрачає порівняно багато часу, він економить матеріальні кошти, тому що всі компоненти працюють на зберігаючих режимах.

Система «інтелектуальний дім» – система для автоматизованого контролю та керування інженерним обладнанням будівлі. Система інтелектуальний дім зв'язує всі прилади та системи (обігріву, освітлення, вентиляції та ін.), які раніше функціонували незалежно один від одного, та інтегрує їх в економічно ефективну систему, оптимально адаптовану до індивідуальних вимог користувача.

Система «інтелектуальний дім» розширює можливості сучасної електроінсталяції, і тому з'являються функції, які раніше були взагалі неможливими або реалізувати їх було дуже складно. Наприклад, натисканням одної кнопки тепер можна вимкнути світло в підвалі, якщо ви про це забули, або відключити праску. Висновок один: система інтелектуальний дім покращує умови проживання людей у домі, підвищує безпеку та ефективність. І так день за днем протягом всього життя. Вона виконує роль автоматичного диспетчера, який відповідає за роботу приладів та систем в домах та квартирах, промислових та офісних будівлях. Сенсори, в тому числі датчики руху та термостати, посилають сигнали на так звані виконавчі пристрої, які в свою чергу можуть активізувати або деактивізувати, наприклад, освітлювальні прилади або обігрівальну систему.

Вимоги, які виставляються сьогодні до систем енергопостачання, високі, як ніколи. Електричні мережі сучасної будівлі повинні забезпечувати зручність монтажу, ефективність, економічність, надійність, комфорт, гнучкість. Електросистеми будівель стають все більш складними та розгалуженими, містять велику кількість пристроїв розподілу, переключення та керування, з'єднаних між собою великою кількістю проводів та кабелів. Витрати на проектування та прокладання таких електричних мереж дуже великі. Змінювати структуру електричних мереж дуже важко, що також вимагає великих затрат. Уникнути вищеперерахованих проблем та задовольнити постійно зростаючі вимоги до систем енергопостачання дозволяють практично безмежні можливості системи інтелектуальний дім.

Система інтелектуальний дім однаково ефективна для об'єктів самого різного призначення. Банки та офіси, готелі та спортивні споруди, приватні будинки та квартири – всюди система інтелектуальний дім дозволяє знайти оптимальне рішення проблем енергопостачання. Електричне обладнання будь-якої будівлі включає в себе пристрої для виконання наступних функцій:

- керування енергоспоживанням;
- керування освітленням;
- керування мікрокліматом (опалення, кондиціонування, вентиляція);
- оперативний контроль, індикація та моніторинг;
- охорона та сигналізація;
- взаємодія з іншими системами.

Раніше всі ці функції забезпечувалися багатьма автономними системами. Сьогодні система інтелектуальний дім одна бере на себе виконання всіх вищезазначених функцій.

Один кабель – об'єднує всі електричні пристрої будівлі. При цьому спрощуються кабельні системи будівлі, затрати на їх проектування та прокладання суттєво знижуються, тому що тепер, задачею кабельних систем є тільки підведення живлення безпосередньо до споживаючих пристроїв. Скорочується

час монтажу, зменшується ризик виникнення пожежі. Система інтелектуальний дім має величезну гнучкість. Розширення системи та зміна функцій досягаються простою перестановкою, додаванням або ж перепрограмуванням компонентів системи.

Система інтелектуальний дім дозволяє керувати електросистемами будівлі як локально (в конкретному приміщенні), так і централізовано (з диспетчерського пульта або комп'ютера). Використання програмованих таймерів, датчиків освітлення, сили вітру, температури, руху та ін. робить можливим повністю автоматичне функціонування електросистем будівлі залежно від пори року, дня тижня (робочий день/вихідний) та конкретних зовнішніх умов. Це мінімізує витрати електроенергії та створює виключно комфортні умови у приміщеннях. Програмування та взаємодія сенсорів та виконавчих пристроїв забезпечується спеціалістом виходячи з індивідуальних потреб клієнта. Людині набагато простіше користуватися благами системи інтелектуальний дім, маніпулюючи звичайними вимикачами, віддаючи команди по телефону або з сенсорного екрану.

Ця система нам дає можливість змінювати алгоритм або нарощувати функції системи на свій розсуд та в будь-який зручний для вас час. Система інтелектуальний дім робить дім слухняним волі господаря. Вона гнучко реагує на зміни його побажань незалежно від пори доби, сезону, настрою.

Очевидно, що можна досягнути не тільки високого рівня комфорту та безпеки людини, але й економії природних ресурсів та затрат. Це стає актуальним і в Україні, де росте кількість забезпечених людей, готових не тільки платити за зручність, але й дотримуватись світових тенденцій цивілізованого споживання.

Архітектура та будівельні тенденції є відображенням епохи. Ракети давно борознять космічні простори, генна інженерія зовсім вже не новина, ЕОМ успішно спрощують фізичну і розумову роботу людини, місце книг зайняли кінематографія і барвисті передачі BBC. Автомобілі і всіляка техніка прискорили життя настільки, що у нас не вистачає терпіння добиратися на своїх двох до розташованого у кварталі від будинку магазину, – краще їхати на автобусі або таксі. Нами керують ринок, конкуренція, зомбують робота мас-медіа та ін. Погляди на світ помінялися: ми хочемо все і відразу, чим швидше, тим краще, докладаючи мінімум зусиль і заощаджуючи максимум часу. Шурупи! І ті давно вже не вкручуються вручну. У чому є свої плюси і мінуси. Сучасне будівництво замських будинків сформувалося у вище описаних умовах.

Ділянка, на якій буде здійснюватися будівництво приватного будинку повинна бути не тільки оціненою, але і вивченою, притім заздалегідь. Кожна ділянка, відведена під будівництво будинку, повинна піддаватися ретельній експертизі. Фахівці досліджують ґрунт, місця розташування ґрунтових вод, рельєф, знімають геофізичні показники, а також роблять аналіз кліматичної специфіки, оскільки на вибір технології, по якій буде здійснюватися будівництво приватного будинку або будівництво котеджів, впливають температура і вологість повітря, а також сонячна радіація і вітер. Після цих маніпуляцій фахівці дають рекомендації з місця розташування будинку, господарських будівель, ландшафтному проектуванню, а також підбирають матеріал, з якого доцільніше всього здійснити будівництво будинку.

На сьогоднішній день існує чотири основних види технологій, по яких здійснюється будівництво будинків і будівництво котеджів:

- канадська технологія (каркасне будівництво будинків);
- блокова технологія, що включає облицювання цеглою (будівництво котеджів з газо- і піно-блоків);
- будівництво житлових будинків і будівництво котеджів цілком з цегли;
- будівництво дерев'яних будинків і котеджів із бруса.

Для постійного проживання рекомендується будівництво будинків з цегли або блоків з легких бетонів, що забезпечують міцність стін і доступність цін. Однак сьогодні аматори екологічно чистого стилю віддають перевагу будівництву дерев'яних будинків, як найбільше екологічно чистих.

Основним моментом, що впливає на термін служби житлового будинку, є, у першу чергу якість основи, тобто фундаменту й інших несучих конструкцій: стін, перекриттів, а також покрівлі. Тому підготовка до будівництва будинку, повинна починатися з визначення хімічного складу ґрунту. Саме на підставі аналізу ґрунту робиться введення в план гідроізоляції необхідного ступеня якості або зміцнення фундаменту палями (на піщаних і болотистих ґрунтах).

С.С. Котляр, к.т.н., асистент

А.А. Ткаченко, студ., ПБФ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ІНКРЕМЕНТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ

З середини минулого століття для лінійних вимірювань застосовують механічні головки або індикатори, пневматичні і індуктивні прилади. В процесі їх експлуатації були виявлені обмеження застосування приладів на зазначених принципах дії – нелінійність характеристик, що в свою чергу при збільшенні діапазону вимірювання значно збільшувала похибку вимірювання, тому діапазон вимірювань залишався обмеженим. Такі прилади використовувались тільки для порівняльних (відносних) вимірювань з налаштуванням за зразком або кінцевій мірі довжини. Розвиток техніки вимагав збільшення діапазону вимірювань і застосування абсолютних вимірювань. Пізніше було розроблено інкрементні перетворювачі, або енкодери, які вимірюють невеликі прирости вимірюваної координати при переміщенні вимірювача (звідси їх назва, increment – приріст), і підсумовують їх, отримуючи величину переміщення. Перевага таких перетворювачів принципова відсутність нелінійності характеристики і необмежені діапазони вимірювання.

Принцип дії енкодерів розробили задовго, проте точність була недостатньою для лінійних вимірювань у зв'язку з недостатнім розвитком електроніки. Значний вплив на точність, якість і габаритні розміри чинила відсутність нових матеріалів. Розробці сучасних енкодерів сприяв розвиток координатних вимірювань (наприклад, координатно-вимірювальних машин) і поява верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ), а також розвиток мікроелектроніки, інформаційно-обчислювальної техніки і поява нових технологій виробництва. Сучасні інкрементні перетворювачі мають дуже високу точність і дуже великі діапазони вимірювань (до декількох метрів).

У вимірювальній техніці і на верстатах з ЧПУ на даний час випускають і широко застосовують декілька типів лінійних і кутових енкодерів: ємкісні; індуктивні; оптоелектронні (фотоелектричні); магнітні. Ємкісні енкодери мають лінійність лише 0,2 % від кроку T , проте дуже чутливі до вологості навколишнього середовища. Лінійність індуктивних енкодерів знаходиться на такій самій межі, як і у ємкісних, проте вони доволі чутливі до впливу паразитних ємностей. Точність фотоелектричних перетворювачів досягає менше 1,0 мкм, проте такі прилади потребують великої споживчої потужності. Точність магнітних перетворювачів визначається можливостями виготовлення надрукованої шкали, до їх недоліків відносять недостатню лінійність.

У більшості випадках для точних вимірювань на контрольно-вимірювальних машинах (КВМ), мікроскопах, проекторах застосовують оптоелектронні перетворювачі, для ручного мобільного переносного електронного інструменту (мікрометри, штангенциркулі, індикатори) застосовують ємкісні і індуктивні енкодери. Саме поява і випуск надійних лінійних і кутових енкодерів сприяли розвитку верстатів з ЧПУ, КВМ і багатьох приладів для координатних вимірювань, дозволяючи забезпечити повну автоматизацію роботи верстата або приладу.

Ємкісні і індуктивні енкодери (рис. 1) вигідно відрізняються невеликою потужністю, що споживається для зчитування інформації зі шкали приладу. Тому ємкісні і індуктивні енкодери найбільш зручні для застосування у вимірювальних системах з жорсткими обмеженнями на споживану потужність. Їх широко використовують в ручному вимірювальному інструменті з цифровим відліком з живленням на батарейках.

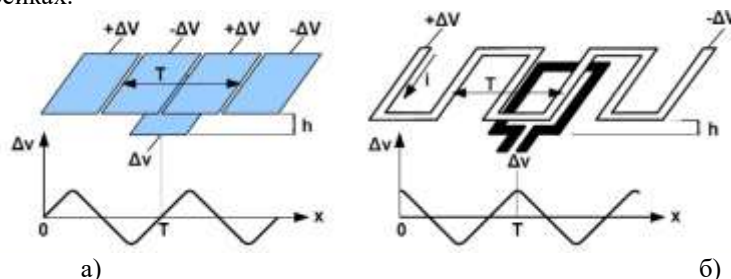


Рис. 1. Спрощені схеми енкодерів: а) ємкісного; б) індуктивного

де Δv – змінна напруга, що подається і знімається з електродів перетворювача;

T – крок, період змінної напруги;

h – відстань між електродами.

С.С. Котляр, к.т.н., асистент

В.Ю. Колесник, студент, ПБФ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПРИЛАД РЕЄСТРАЦІЇ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

У сучасного суспільства постійно росте потреба у використанні електричної енергії. По-перше це пов'язано з ростом вартості природних ресурсів і із збільшенням кількості засобів побутової техніки, що спрощує щоденну працю людини. Розробка нових видів приладів і пристроїв, збільшення кількості електромобілів і електроустаткування підвищують вимоги до якості електричної енергії в мережі.

Основними показниками якості електроенергії, відповідно до ГОСТ 13109-97, є: відхилення напруги, відхилення частоти, глибина і тривалість провалу напруги, коефіцієнт і тривалість тимчасової перенапруги, коефіцієнт спотворення синусоїдальної напруги, коефіцієнт n-ої гармонічної складової напруги та ін. Для аналізу всіх цих показників використовують реєстратори якості показників електроенергії.

Робота реєстратора заснована на використанні принципу аналого-цифрового перетворювача з використанням «методу вибірок». Напруга з мережі електропостачання загального призначення однозначного змінного струму через вимірювальний подільник і підсилювач надходить до контролера. Контролер виконує оцифрування інформаційного сигналу, його накопичення разом з картою пам'яті (SD) і зберігання оперативної і довгострокової інформації про параметри електричної мережі постачання.

Данні записуються на окремий файл RAV (WAV-файл) з розширенням «.wav», створення файлів відбувається кожні 24 години.

Структурна схема реєстратора представлена на рис. 1 і складається з таких основних вузлів:

- контролер – призначений для перетворення аналогового сигналу в цифровий код, а також для опрацювання даних та запису їх на карту пам'яті;
- панель керування – призначена для керування режимами реєстратора;
- блок живлення - забезпечує автономну роботу реєстратора під час відключення його від мережі, та у випадках зникнення або виходу за допустимі межі напруги мережі 220 В;
- індикатор – призначений для відображення дати, часу та режимів роботи реєстратора;
- карта пам'яті – це енергонезалежна пам'ять стандарту SD, виконана у вигляді знімної карти, призначена для реєстрації, накопичення і перегляду виміряних даних;
- USB роз'єм - призначений для підключення до ПК по інтерфейсу USB.

ПК призначений для:

- встановлення та корекції годинника реального часу;
- обробки, аналізу та відображення зареєстрованих реєстратором даних;
- оцінки відповідності показників якості електроенергії вимогам ГОСТ 13109-97 та виводу на друк протоколу.



Рис. 1. Структурна схема реєстратора

Кирилович В.А., д.т.н., проф.
Кравчук А.Р., магістрант, ФІКТ
Дудченко В.Ю., магістрант, ФІКТ
Житомирський державний технологічний університет

РОБОТИЗОВАНА СИСТЕМА СОРТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА КОЛЬОРОМ

Задачі розпізнавання технологічних об'єктів (ТО) (заготовок, виробів, напівфабрикатів тощо) за різними технологічними ознаками та подальша робота з цими об'єктами (сортування, обробка, контроль (вияв дефектів) тощо) є одним із перспективних напрямків функціонування гнучких виробничих комірок (ГВК) в різних галузях сучасного автоматизованого виробництва.

Метою даної роботи є розробка лабораторного стенда для демонстрації роботи роботизованої системи на базі двох промислових роботів (ПР), яка реалізує розпізнавання та сортування ТО за червоним, зеленим та синім кольорами.

Структурно пропонується роботизована система складається з наступних складових: чутливі елементи (датчики); керуючі елементи (контролери, комп'ютери тощо); основне та / або допоміжне технологічне обладнання (на стенді це навчальні промислові роботи, в конкретних виробничих умовах це металорізальні верстати, виробничі лінії, промислові роботи, орієнтовані та інші пристрої).

Управляючу складову реалізовує група з двох контролерів Arduino UNO Rev3 WiFi та мінікомп'ютер Raspberry Pi 3 model B+. Група має ієрархію типу Master (виконує Raspberry) – Slave (виконують Arduino). Передача команд забезпечується використанням класичних (дротових) та бездротових інтерфейсів управління. Допоміжним обладнанням є навчальні роботи мод. TinkerKit Braccio robotic arm сферичної системи координат, що мають маніпулюючу систему із 5 ступенями рухомості та які є зменшеними моделями широко розповсюджених промислових роботів різних європейських та світових виробників.

Спрощена структурно-функціональна схема роботи лабораторного стенда представлена на рис. 1.



Рис. 1. Спрощена структурно-функціональна схема стенда сортування ТО за кольором

Система працює за наступним узагальненим алгоритмом. Через панель управління оператор задає режим роботи всієї системи (ручний або автоматичний). Ручний режим передбачає керування окремими серводвигунами ланок ПР. В автоматичному режимі роботи мінікомп'ютер Raspberry Pi посилає керуючий сигнал до контролера Arduino UNO, який відпрацьовує підпрограму для промислового робота № 1. Після відповідного переміщення ПР №1 передає ТО ПР № 2 за схемою «із схвата в схват». ПР № 2 переміщує ТО до робочої зони датчиків та камери, де визначаються технічні параметри ТО (відеозображення з камери оброблює Raspberry Pi, а Arduino UNO зчитують дані з датчиків). Raspberry Pi оброблює всі прийняті дані і в залежності від параметрів ТО (колір, положення, форма, розмір) визначає подальшу технологічну послідовність роботи основного та / або допоміжного технологічного обладнання ГВК. В залежності від кольору ТО Raspberry Pi посилає керуючі сигнали на контролери, які визначають підпрограму роботи ПР № 1 та ПР № 2 (переміщення ТО до різних зон). Автоматичний цикл роботи системи виконується до його зупинки оператором.

Розроблений лабораторний стенд є основою для проведення лабораторних робіт з курсів «Мехатроніка та робототехніка» та «Передові технології в автоматизованому виробництві».

ЛЮФТ РЕДУКТОРА СТАБІЛІЗОВАНОЇ ПЛАТФОРМИ

Сучасний стан вітчизняного виробництва легкої броньованої техніки (ЛБТ) характеризується значним підвищенням вимог до точності та швидкодії приладового комплексу стабілізатора (КС) озброєння.

Сьогодні на кафедрі приладобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» та кафедрі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна Житомирського державного технологічного університету ведуться розробки нових типів чутливих елементів – двоканальні та трикоординатні п'єзоелементи, двоірокопні прилади (ДГ) на основі гіроінтегратора лінійних прискорень (ГЛП), які можуть бути використані як у складі АГС, так і у складі стабілізаторів озброєння як чутливі елементи для вимірювання прискорення.

Стабілізатори озброєння застосовуються в системах управління вогнем різних бойових модулів для багатьох зразків бронетехніки. Сьогодні досить детально розглянуто шляхи підвищення точності стабілізатора озброєння, проте не враховано в обчисленнях його інструментальної похибки вплив люфту редуктора між виконавчим двигуном і стабілізуючою платформою. Тому метою роботи є проведення аналізу впливу такого люфту на точність стабілізації.

Для врахування пружності редуктора Р між виконавчим двигуном Д і стабілізуючою платформою П введемо позначення, зазначені на рис. 1. Пружність редуктора показана у вигляді пружини між вихідним валом редуктора і платформою; α_2 – приведений до осі стабілізації кут повороту двигуна щодо рухомої основи; α' – кут повороту платформи щодо рухомої основи.

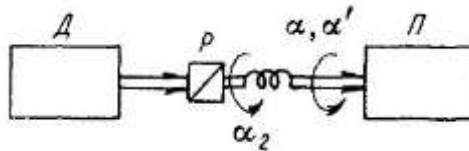


Рис. 1. Пружний редуктор

Диференційні рівняння системи стабілізації мають наступний вигляд:

$$\begin{aligned} J_0 p^2 \alpha &= M_T \operatorname{sign} p \alpha_2 - R(\alpha_2 - \alpha'); \\ R(\alpha_2 - \alpha') &= n M_D + J_D n p^2 [(-1)^i \theta - n \alpha_2]; \\ M_D &= k_D U - s n p \alpha_2; \\ U &= W_y(p) [k_{\alpha} \alpha - \frac{B(p)}{W_{y1}(p)} \alpha' + C(p) \theta]; \\ \alpha &= \theta - \alpha'. \end{aligned}$$

де J_0 – момент інерції платформи, приведений до осі стабілізації; J_D – момент інерції ротора двигуна з редуктором, приведений до осі двигуна; n – передатне число редуктора, що має i пар зубчастих передач; M_B – сумарний збурює момент зовнішніх сил па осі стабілізації (момент сухого тертя і т.д.); M_D – момент стабілізуючого двигуна; R – коефіцієнт жорсткості редуктора; U – напруга управління цього двигуна; k_D і s – коефіцієнти, що характеризують двигун; $k_{\alpha, e}$ – коефіцієнт передачі чутливого елемента; $W_y(p) = W_{y1}(p) W_{y2}(p)$.

Передостаннє рівняння записано для випадку, коли блок $B(p)$ створює сигнал по похідним від кута повороту платформи щодо рухомої основи. Якщо ж використовується сигнал по похідним кута повороту ротора стабілізуючого двигуна, то рівняння дещо змінюються, так як при пружному редукторі швидкості його вхідного і вихідного валів однозначно не пов'язані. Люфт у редукторі може викликати небажані автоколивання у системі стабілізації. Аналіз системи з люфтом може бути виконаний методом гармонійної лінеаризації з використанням рівнянь системи з пружним редуктором. Люфтові автоколивання можуть бути відсутніми лише у системах з астатизмом не вище першого порядку.