

СЕКЦІЯ 2. МЕТРОЛОГІЯ, ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.317

Я.А. Вакарюк, студент МТ-1

О.О. Лугових, ст. викладач кафедри МтаІВТ
Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ЄМНОСТІ ТА ІНДУКТИВНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ

Індуктивність та ємність – дві основні властивості ланцюгів RLC. Котушки індуктивності та конденсатори, які пов'язані з індуктивністю та ємністю відповідно, зазвичай використовуються в генераторах сигналів та аналогових фільтрах. Ключове різницю між індуктивністю і ємністю у тому, що індуктивність – це властивість провідника зі струмом, що створює магнітне полі навколо провідника. в той час як Ємність – це властивість пристрою утримувати та накопичувати електричні заряди.

Індуктивність – це «властивість електричного провідника, завдяки якому зміна струму через нього викликає електрорушійну силу у самому провіднику». Коли мідний дріт обертається навколо залізного сердечника і два краї котушки поміщаються на клеми батареї, вузол котушки стає магнітом. Це відбувається через властивості індуктивності.

Ємність пристрою вимірює здатність утримувати в ньому електричний заряд. Основний конденсатор складається з двох тонких плівок металевого матеріалу та діелектричного матеріалу, затиснутого між ними. Коли дві металеві пластини подається постійне напруга, ними накопичуються протилежні заряди. Ці заряди залишаються, навіть якщо напруга буде знята.

Індуктивність L і ємність C вимірюють в основному непрямым методом за допомогою амперметра, вольтметра і ватметра, для отримання більш точних результатів застосовують мостовий метод.

В пристроях дуже часто виходять з ладу конденсатори та котушки індуктивності. Для того щоб знайти та замінити дані елементи потрібно виміряти їх значення. Так, як це здійснюється непрямыми методами, то потрібно або застосовувати формулу для обрахунку, або налаштовувати пристрій на потрібний режим роботи, що є незручно для кінцевого користувача. Тому розробка пристрою вимірювання ємності та індуктивності електронних схем з виводом вже обрахованих значень є актуальною задачею.

Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання ємності та індуктивності компонентів електронних схем представлена на рис.1.



Рис. 1. Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання ємності та індуктивності компонентів електронних схем

Схема складається з наступних елементів:

- Мікроконтролер PIC16F628A для управління пристроєм вимірювання;
- Блока живлення на 9В для живлення пристрою;
- Стабілізатора напруги 7508

- Двох світлодіодів для показу вимірювання, що є активним при вимірюванні: ємність чи індуктивність;
- Реле для вибору режиму вимірювання ємності чи індуктивності
- Частотомір зібраний на транзисторах, частота якого змінюється в залежності від вимірюваних величин індуктивності або ємності, і в результаті обчислюється;
- Роз'єму X1 куди підключаються щупи для вимірювання
- Кнопки включення чи виключення пристрою вимірювання;
- Дисплей для виведення результату вимірювання ємності чи індуктивності
- Чотири кнопки для калібрування пристрою вимірювання.

Основою даного пристрою буде служити генератор, що виконаний на біполярних транзисторах та радіокомпонентах обв'язування. Його робоча частота визначається параметрами LC коливального контуру, який складається з невідомої ємності конденсатора Cx і паралельно підключеної котушки L1, в режимі визначення невідомої ємності - контакти X1 і X2 повинні бути замкнуті, а в режимі вимірювання індуктивності Lx, вона послідовно підключається з котушкою L1 і паралельно з'єднаному конденсатору C1.

З підключенням до LC-метра невідомого елемента починає працювати генератор на якійсь частоті, яка фіксується дуже простим частотоміром, зібраним на транзисторах. Потім значення частоти перетворюється на постійний струм, який відхиляє стрілку мікроамперметра.

Після закінчення процесу загального складання необхідно буде відкалібрувати конструкцію у всіх діапазонах. Калібрування здійснюється за допомогою підбору опорів двох підстроювальних резисторів при підключенні до вимірювальних виводів радіоелементів із заздалегідь відомими номіналами.

Цей точний LC метр зібраний на мікроконтролері PIC16F628A. В основі конструкції LC метра лежить частотомір з LC осцилятором, частота якого змінюється в залежності від величин індуктивності або ємності, що вимірюються, і в результаті обчислюється. Точність частоти сягає 1 Гц.

Реле RL1 вирисовується для вибору L або C режиму вимірювання. Лічильник працює на основі математичних рівнянь. Для обох невідомих L та C, рівняння обрахунку є загальними.

$$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

$$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_{cat})}} \quad (2)$$

$$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C + C_x)}} \quad (3)$$

$$F_4 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C(L + L_x)}} \quad (4)$$

$$C_x = \frac{\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1} \times C_{cat} \quad (5)$$

$$C_x = \left\{ \left(\frac{F_1}{F_4} \right)^2 - 1 \right\} \times \left\{ \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^2 - 1 \right\} \times \frac{1}{C_{cat}} \times \left(\frac{1}{2\pi f} \right)^2 \quad (6)$$

Запропонована схема вимірювача ємності конденсаторів та індуктивності котушок, виконана всього на п'яти транзисторах і, незважаючи на свою простоту та доступність, дозволяє у великому діапазоні визначати з прийнятною точністю ємність та індуктивність котушок. Є чотири піддіапазони для конденсаторів і цілих п'ять піддіапазонів котушок. Після досить простої процедури калібрування, із застосуванням двох підстроювальних опорів, максимальна похибка буде близько 3 %, що є достатньо для визначення ємності та індуктивності компонентів електронних схем.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВНУТРИШНЬОСХЕМНИХ ВИМІРЮВАНЬ ОПОРУ

Опір вимірюється в омах, для міжнародного позначення яких використовується грецька літера омега (Ω). Ця одиниця виміру названа на честь Георга Сімона Ома.

Зазвичай опір вимірюється визначення стану компонента чи ланцюга:

1. Чим вищий опір, тим менша сила струму. Однією з багатьох причин дуже високого опору можуть бути провідники, які перегоріли або пошкоджені через корозію. Усі провідники виділяють кілька тепла, тому перегрів часто пов'язані з опором.

2. Чим нижчий опір, тим вища сила струму. Можливі причини: ізолятори пошкоджені через перегрівання або вплив вологи.

Багато компонентів, такі як нагрівальні елементи та резистори, мають фіксоване значення опору. Ці значення часто вказуються на паспортних табличках компонентів або в посібниках як довідкова інформація. Вибір методу вимірювань залежить від очікуваного значення опору, що вимірюється, і необхідної точності. Основними методами вимірювання опорів постійного струму є непрямий, метод безпосередньої оцінки та мостовий метод.

Якщо зазначений допуск, виміряне значення опору має бути в межах зазначеного діапазону. Значна зміна фіксованого значення опору зазвичай свідчить про проблему. Актуальність вимірювання опору полягає в усунення проблем та виявлення несправностей у схемі.

Структурна схема комп'ютеризованої системи внутрішньосхемних вимірювань опору представлена на рис. 1.

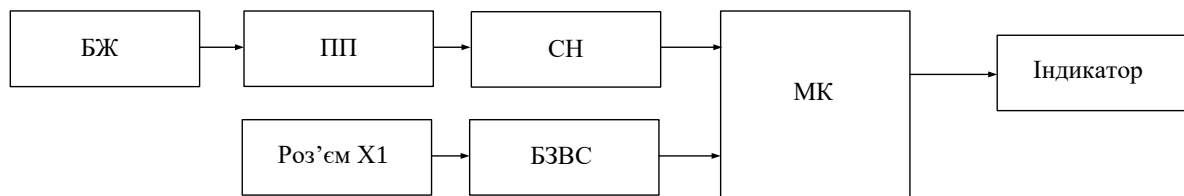


Рис. 1. Структурна схема комп'ютеризованої системи вимірювання опору в схемі

Схема складається з наступних елементів:

- Мікроконтролеру PIC16F690 для управління пристроєм вимірювання;
- Блока живлення на 3В для живлення пристрою;
- Підвищуючий перетворювач напруги на елементах NCP140SN33, дроселя, трьох конденсаторів та діода Шоткі;
- Стабілізатора напруги;
- Роз'єму X1 куди підключаються щупи для вимірювання
- Боку завдання вимірюючого струму, що складається з двох резисторів та відкритий транзистор;
- Індикатор для виведення результату вимірювання опору.

Виміряне значення отримується непрямим методом за формулою (1):

$$R_x = \frac{N \times R_0}{1023 \times K_{op} - N}, \quad (1)$$

де $R_0 = R_6 + R_1$, K_{op} – коефіцієнт посилення (КП), N – величина відліку АЦП.

Як видно з формули, результат не залежить від напруги живлення (при його рівності з напругою, що подається на R_6) і взагалі не залежить від активних елементів. Як результат, дана схема за своєї простоти забезпечує більш високу точність вимірювань, ніж при використанні активного джерела струму.

Ю.О. Подчашинський, д.т.н., професор, зав. кафедри М та ІВТ
Т.С. Воронова, асистент кафедри М та ІВТ
Л.О. Чепюк, к.т.н., доц. кафедри М та ІВТ
Державний університет «Житомирська політехніка»
О.В. Дерев'янка, к.пед.н.
Житомирський професійний ліцей

ВИКОРИСТАННЯ ТАБЛИЧНО-АЛГОРИТМІЧНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ФУНКЦІЙ У СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Одним з основних напрямків прискорення процесів обробки інформації є апаратна реалізація функцій програмного забезпечення. Такий підхід є особливо актуальним для систем реального часу. Особливість режиму реального часу полягає в тому, що на реакцію системи накладаються обмеження з боку зовнішніх чинників. Система повинна відреагувати на події, що відбуваються на об'єкті управління, за певний проміжок часу, величина якого визначається особливостями об'єкта управління. До систем реального часу відноситься широкий клас систем управління (системи числового програмного керування, навігації і т.п.). Для них характерним є необхідність вирішення траскторних задач, що вимагають обчислення різних функціональних залежностей, тому важливим завданням є розробка апаратних засобів для обчислення різних функцій, що дозволяють забезпечити мінімальний час обчислення.

Високу швидкість відтворення функції забезпечує табличний метод, заснований на зберіганні в пам'яті повної таблиці функції. Для отримання значення функції досить одного звернення до пам'яті. Необхідно мати $K \cdot 2^n$ біт пам'яті, де K – число відтворюваних функцій, а n – розрядність операндів. При великих значеннях K та n забезпечити таку ємність таблиць не завжди можливо. З метою зменшення витрат апаратури використовують таблично-алгоритмічні методи, які поєднують звернення до таблиць і обробку отриманої інформації, наприклад, з використанням поліноміальної апроксимації. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки швидкодіючих операційних пристроїв для обчислення многочленів.

Проектування спеціалізованих обчислювальних систем (наприклад, бортових обчислювальних пристроїв) має свої особливості, пов'язані зі специфікою вирішуваних завдань і умов експлуатації.

Специфічні завдання, які вирішуються обчислювальними пристроями, встановленими на борту рухомих об'єктів, характеризуються високою частотою звернення до операцій по обчисленню тригонометричних функцій (синуса, косинуса, тангенса і котангенса). Завдання управління рухом або наведенням об'єкта вимагають отримання значень тригонометричних функцій практично без запізнення. Все це призводить до необхідності синтезу окремого швидкодіючого тригонометричного обчислювача, що виконує обчислення тригонометричних функцій, пов'язаного безпосередньо з датчиками кутів і є блоком спеціалізованого бортового обчислювача.

Жорсткі вимоги до часу обчислення тригонометричних функцій, що пред'являються в алгоритмах управління неможливо задовольнити ні програмними, ні мікропрограмними засобами реалізації. Одним із шляхів збільшення швидкодії є перехід до апаратної реалізації функцій.

Розроблено різні методи апаратної реалізації типових обчислювальних операцій. Табличний метод заснований на використанні мікросхем пам'яті, в якій зберігаються заздалегідь обчислені результати виконання операцій. Аргумент перетворюється у адресу комірки пам'яті, в якій зберігається значення функції для даного аргументу. У разі тригонометричних функцій цей метод практично непридатний в силу громіздкості тригонометричних таблиць, що підлягають зберіганню (різке збільшення обсягу пам'яті), що неприпустимо для багатьох бортових обчислювачів. У зв'язку з цим актуальною є розробка тригонометричних обчислювачів на основі таблично-алгоритмічного методу, що є розвитком табличного методу і дозволяє значно скоротити обсяг необхідної пам'яті (приблизно в 100 разів).

Таблично – алгоритмічний метод відноситься до таблично-інтерполяційних методів і поєднує програмні і апаратні принципи обчислення. Обчислення значення функції в деякій точці здійснюється за значеннями функції в опорних точках, що зберігаються в пам'яті скороченого обсягу, з використанням заданого закону зміни функціональної залежності. У разі тригонометричних функцій зручно розбити аргумент на дві частини $x = k + \Delta k$, де k – ціле число градусів у діапазоні від 1^0 до 90^0 з дискретністю 10, а Δk – дробове число градусів в діапазоні від 0^0 до 1^0 з дискретністю 0.010. Тоді k має 90 значень і для подання k досить сім двійкових розрядів, а Δk має 100 значень і для подання Δk досить дев'яти двійкових розрядів, так як $0.0110 = 0.0000001012$. У цьому випадку загальна кількість опорних точок дорівнюватиме 190. Обсяг пам'яті ПЗП визначається необхідністю зберігання значень тригонометричних функцій в цих опорних точках з похибкою не більше 0,003 %, що може бути досягнуто при наявності 15-ти розрядного двійкового коду значення тригонометричної функції.

Ю.О. Подчашинський, д.т.н., професор, зав. каф. М та ІВТ
Л.О. Чепук, к.т.н., доц. каф. М та ІВТ
Л.Й. Шавурська, асистент каф. М та ІВТ
В.Д. Тарарака, доц. каф. М та ІВТ
Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА НАЛИВУ НАФТОПРОДУКТІВ

Специфіка сучасного ринку нафтогазовидобувного комплексу, природно-кліматичні умови і соціальна інфраструктура районів видобутку змушують безупинно шукати шляхи підвищення рентабельності виробництва, удосконалювання процесу керування і планування. При цьому, у самому загальному випадку, основними способами збільшення ефективності підприємств є оптимізація і модернізація виробництва, зниження виробничих втрат і технологічної витрати енергоносіїв, збільшення вірогідності і швидкості одержання інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень.

Постійне підвищення вимог до якості, надійності і безпеки систем моніторингу і управління технологічними процесами переробки, приготування, збереження нафтопродуктів і відпустки їх споживачам — характерна риса сучасного виробництва. Ця обставина приводить до необхідності постійно розробляти відповідні інформаційно-керуючі системи. При цьому, якщо експлуатаційні особливості, точність роботи і надійність вузлів системи, що є об'єктами контролю і управління (датчики, сигналізатори, вимірники, насоси, заслінки і т.п.), не будуть відповідати функціональним і комутаційним можливостям пристроїв мікропроцесорної техніки (контролери, робочі і операторські станції і т.п.), то розраховувати на істотне поліпшення властивостей системи, що розроблюється, навряд чи потрібно.

Основними завданнями для створення комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи процесом наливу нафтопродуктів є:

- облік нафтопродуктів в автоматичному режимі;
- контроль технологічних параметрів нафтопродуктів; зменшення трудових ресурсів та впливу людського фактора;
- забезпечення ефективного управління технологічним процесом за допомогою надання інформації оперативному персоналу в достатньому обсязі.

Впровадження комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи процесом наливу нафтопродуктів у залізничні цистерни забезпечує збільшення надійності й економічності роботи наливної естакади в цілому за рахунок:

- реалізації більш складних алгоритмів контролю і керування;
- забезпечення персоналу більш повною, достовірною і своєчасною інформацією про роботу устаткування;
- поліпшення діагностики устаткування і протікання технологічних процесів;
- різкого зменшення кількості експлуатованого приладового устаткування;
- різкого зменшення площі, займаної устаткуванням системи у щитовій, у порівнянні з традиційними засобами автоматизації;
- забезпечення можливості створення інтегрованої інформаційно-керуючої системи в цілому.

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система повинна забезпечувати контроль та дистанційну передачу наступних параметрів:

1. Вимірювання:

- тиску нафтопродуктів в резервуарі;
- тиск нафтопродуктів в нагнітальному трубопроводі;
- рівень нафтопродуктів в резервуарі;
- температури нафтопродуктів в резервуарі;
- температури охолоджуючої рідини в СБТУ (судина-бачок торцевого ущільнення);
- рівня охолоджуючої рідини в СБТУ;
- тиск в лінії всмоктування;
- тиск нафтопродуктів на виході резервуара;
- рівень охолоджуючої рідини в СБТУ;
- вібрацію насоса;
- вібрацію електродвигуна;
- температури підшипників електроприводу насоса;
- температури підшипників насоса;
- витрати нафтопродуктів на вході резервуара;
- витрати нафтопродуктів на вході насосного агрегату;

- витрати нафтопродуктів на виході резервуара;
- витрати нафтопродуктів в магістральному нафтопроводі;
- напруги живлення електроприводу насоса;
- споживаного струму електроприводу насоса.

2. Індикацію:

- параметрів, що вимірюються на дисплеї автоматизованого робочого місця (АРМ);
- аварійних ситуацій на дисплеї АРМ.

3. Сигналізацію:

- перевищення максимального допустимого тиску на вході та виході;
- зниження рівня охолодної рідини в СБТУ;
- зниження рівня нафтопродуктів в резервуарі нижче критичної позначки.

Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи процесом наливу нафтопродуктів у залізничні цистерни складається з трьох рівнів і представлена на рис. 1.

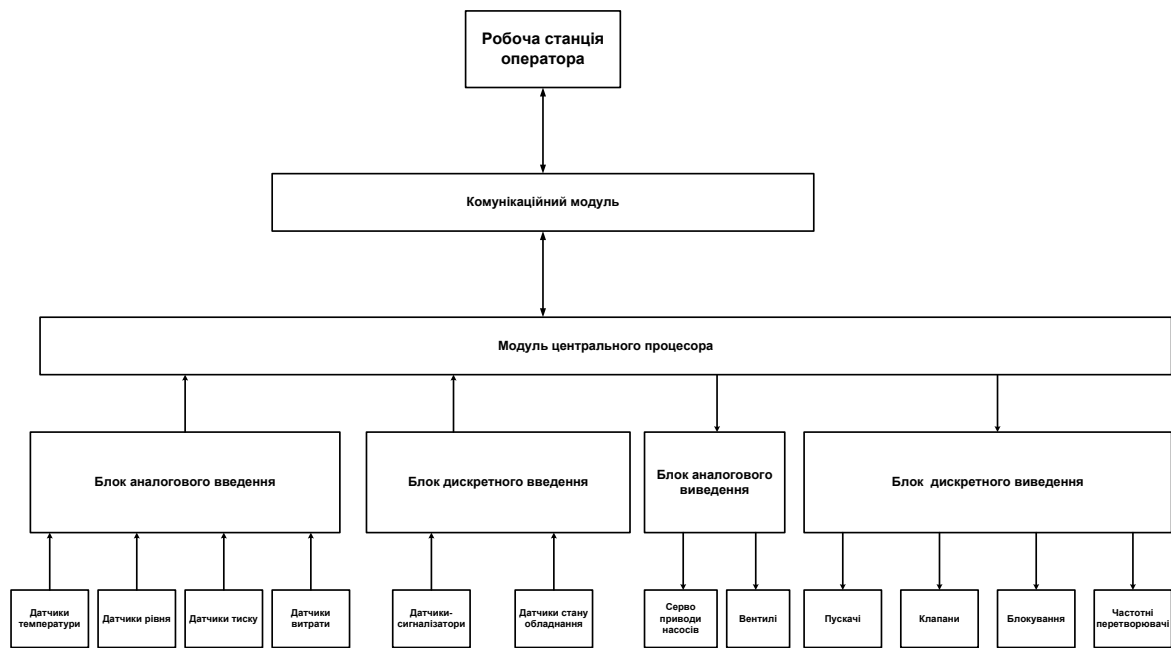


Рис. 1. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи процесом наливу нафтопродуктів у залізничні цистерни

Нижній рівень (польовий) складається з первинних датчиків (вимірювальних перетворювачів), що здійснює збір інформації про параметри технологічного процесу, та виконавчих пристроїв, які реалізує регулюючу та керуючу дію. Виконавчим пристроєм електропривод насосного агрегату.

Середній рівень (контролерний) складається з програмованого логічного контролера (ПЛК), який здійснює:

- виконання команд верхнього рівня;
- обмін інформацією з верхнім рівнем;
- збір та первинну обробку інформації про стан обладнання та параметри технологічного процесу;
- автоматичне регулювання.

Верхній рівень (інформаційно-обчислювальний) складається з комп'ютера, який з'єднаний з ПЛК мережею Ethernet, як середовище, що передає, використовується мідна кручена пара.

Динаміка роботи системи:

- Мінімальний період опитування датчиків на контролері:
 - 100 мкс – дискретний вхід;
 - 1 мс – аналоговий вхід.
- Мінімальний час реакції на аварійні сигнали:
 - при обробці з метою аварійного захисту на рівні контролерів – від 7 до 100 мкс
 - при передачі до станції оператора – 200 мс.
- Цикл зміни даних на пульті оператора при наявності до 200 динамічних елементів у кадрі від 0,15 до 1 сек. Цикл зміни кадрів – 0,2 до 1,5 сек.
- Мінімальний час реакції на команду оператора – 0,2 сек.

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ГАЗУ

Принцип вимірювань за допомогою ультразвукового перетворювача витрати (УЗПВ) заснований на тому, що ультразвуковий імпульс, спрямований уздовж потоку, поширюється швидше за ультразвуковий імпульс, що спрямований проти потоку.

Різниця часу проходження ультразвукового імпульсу, а також час проходження імпульсів у напрямку потоку газу та проти нього залежать від середньої швидкості газу вздовж акустичного шляху.

Формула для розрахунку середньої швидкості потоку вздовж акустичного шляху має вигляд:

$$\bar{u} = \frac{L_p^2 (\tau_1 - \tau_2)}{2d \tau_1 \tau_2} = \frac{L_p^2 \Delta \tau}{2d \tau_1 \tau_2}, \quad (1)$$

Методи визначення часу проходження ультразвукового імпульсу

Середня швидкість потоку вздовж акустичного шляху може бути визначена шляхом прямого вимірювання часів проходження ультразвукового імпульсу у напрямку і проти напрямку руху потоку газу (часо - імпульсним методом), а також з використанням фазового або частотного методу.

Фазовий метод заснований на вимірі фазових кутів двох постійних ультразвукових коливань з циклічною частотою ω та їх фазових зрушень, що виникають від різниці часів проходження цими коливаннями однієї й тієї ж відстані по потоку і проти нього.

Циклічна частота залежно від частоти коливань визначається за такою формулою:

$$\omega = 2\pi f. \quad (2)$$

При проходженні ультразвукового імпульсу однієї й тієї ж відстані по потоку і проти нього фазові кути набудуть значення:

$$\chi_1 = \omega \tau_1 = 2\pi f \tau_1; \quad (3)$$

$$\chi_2 = \omega \tau_2 = 2\pi f \tau_2. \quad (4)$$

З рівнянь (6.1), (6.3) та (6.4) випливає, що

$$\bar{u} = \frac{L_p^2 \pi f (\chi_1 - \chi_2)}{d \chi_1 \chi_2}. \quad (5)$$

Частотний метод заснований на залежності різниці частот повторення коротких імпульсів або пакетів ультразвукових коливань від різниці часів проходження цими коливаннями однієї відстані L_p по потоку і проти нього.

У частотно-імпульсних витратомірах виробляються короткі імпульси, які надходять до ПЕА з інтервалами, рівними часу проходження ультразвуку у напрямку потоку та проти нього.

Тоді:

$$f_1 = \frac{1}{\tau_1}; \quad (6)$$

$$f_2 = \frac{1}{\tau_2}; \quad (7)$$

$$f_2 - f_1 = \frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} = \frac{\Delta \tau}{\tau_1 \tau_2}. \quad (8)$$

Формула (1) з урахуванням рівняння (8), набуде вигляду:

$$\bar{u} = \frac{L_p^2}{2d} (f_2 - f_1). \quad (9)$$

Мале значення величини $f_2 - f_1$ у частотних витратомірів є істотним недоліком, що утруднює точне вимірювання витрати газу.

У частотно-пакетних витратомірах виробляються не короткі імпульси, а безперервні сигнали протягом усього часу проходження ними акустичного шляху.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ДАТЧИКІВ У ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Сучасні датчики, які є найважливішими частинами мікропроцесорних систем управління технологічними об'єктами і виробництвом в цілому, з однофункціональних засобів визначення поточних значень вимірюваних величин поступово перетворюються в багатофункціональні засоби автоматизації, які вирішують ще цілий ряд завдань з діагностики, перетворення вимірювальної інформації, виконання простих алгоритмів управління і т. п.

У останні роки за датчиками, в які вбудований мікропроцесор, закріпилася назва «інтелектуальні датчики». Функції інтелектуалізації датчиків наведено на рис. 1.

Невід'ємною частиною інтелектуального датчика також є можливість самонавчання і самовідновлення при виникненні одиничного збою. Такі пристрої можуть функціонувати в автономному або інтерактивному режимах, забезпечувати стабільну роботу протягом тривалих періодів часу при зміні умов експлуатації.

Впровадження подібних інтелектуальних вимірювальних приладів дозволяє не тільки проводити вимірювання різноманітних величин, але і записувати в пам'ять дані ряду вимірювань, проводити їх обробку та аналіз, відображати на цифрових або графічних індикаторах і здійснювати передачу на зовнішні (периферійні) пристрої.

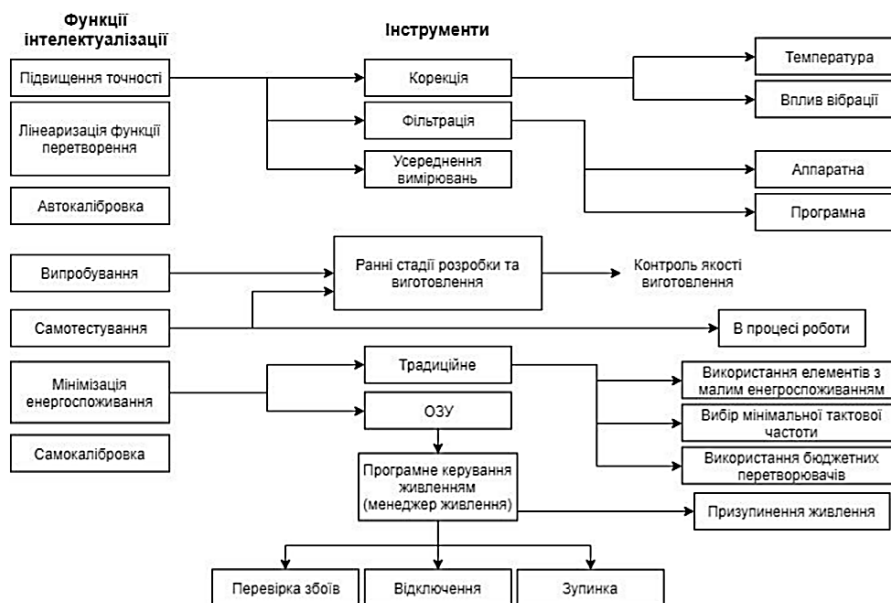


Рис. 1. Функції інтелектуалізації датчиків

Необхідність розширення функціональних можливостей приладу, таких як збір, реєстрація, обробка даних, а також функцій інтерфейсу оператора при необхідності отримання оперативної інформації та візуалізації результатів вимірювань тягне за собою значне ускладнення алгоритмів функціонування інтелектуальних приладів, збільшення продуктивності процесора, обсягу пам'яті програм і оперативної пам'яті.

Аналізуючи визначення з цих та інших джерел, можна виділити наступні загальні фактори «інтелектуальності», починаючи з найбільш суттєвих:

1. Наявність обчислювального блоку (мікроконтролера, мікропроцесора) в датчику і первинна обробка даних в самому датчику;
2. Виконання обчислювальним блоком коригуючої функції (зниження впливу зовнішніх факторів);
3. Виконання обчислювальним блоком інших додаткових функцій, в числі яких - статистична обробка даних, калібрування і самодіагностика, зберігання даних, перетворення даних до різних форматів передачі на наступний рівень.

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ВЕЙВЛЕТ-ФІЛЬТРАЦІЇ

При реалізації швидких алгоритмів розкладання сигналу в базисі вейвлет-функцій довжину вибірки доцільно вибирати рівній мірі числа 2 ($N = 2^l$), так як перехід від одного рівня до іншого (більш детального) супроводжується зменшенням вдвічі довжини вибірки. Проілюструємо основну ідею цього підходу на прикладі часового ряду $x(i) = x(i\Delta T)$.

При проходженні сигналом НЧ – фільтра з характеристикою $g(i)$ отриманий вихідний сигнал являє собою згортку вхідного сигналу і характеристики фільтра

$$y_{\text{нч}}(k) = (x * g)(k) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x(i)g(k-i).$$

Характеристика взаємопов'язаного ВЧ-фільтра $h(i)$ задається наступним чином

$$g(i) = (-1)^i h(2M - i - 1),$$

де постійна M визначає довжину області завдання вейвлета. Збільшення M дозволяє використовувати більш регулярні функції (які мають M нульових моментів), що забезпечує можливість більш сильного стиснення сигналу, а також згладжування помилок при його відновленні, до яких призводить фільтрація. Поряд з цим, збільшення M супроводжується істотним зростанням коефіцієнтів фільтра, що також має свої недоліки (найбільш очевидний – це істотне збільшення часу обчислень, що може бути небажано). Осцилюючі «хвости» вейвлет – функцій при великих M служать додатковим недоліком при вирішенні ряду задач. Тому вибір вейвлета повинен здійснюватися в залежності від пріоритетів при проведенні цифрової обробки сигналів.

У більшості практичних завдань в якості базисних функцій для реалізації ДВП застосовують вейвлети Добеши. Вони являють собою сімейство функцій, часто використовуваних в різних додатках. Для проведення розрахунків запропоновані спеціальні процедури швидкого вейвлет – перетворення на основі даних вейвлетів.

Для $M \in \mathbb{N}$, вейвлет Добеши D^{2M} являє собою функцію виду $\psi \in L^2(\mathbb{R})$, яка визначається виразом

$$\psi(x) = \sqrt{2} \sum_{k=0}^{2M-1} (-1)^k h_{2M-1-k} \varphi(2x-k),$$

де $h_0, \dots, h_{2M-1} \in \mathbb{R}$ – постійні коефіцієнти, що задовольняють умові

$$\sum_{k=0}^{M-1} h_{2k} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \sum_{k=0}^{M-1} h_{2k+1},$$

а для $l = 0, 1, \dots, M-1$ виконується вимога

$$\sum_{k=2l}^{2M-1+2l} h_k h_{k-2l} = \begin{cases} 1, & l = 0, \\ 0, & l \neq 0. \end{cases}$$

Приклад скейлінг - функції і вейвлета Добеши наведено на рис. 3. При малих M коефіцієнти h_k можуть бути записані у вигляді точних виразів, наприклад, вейвлет D^4 задається коефіцієнтами

$$h_0 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 + \sqrt{3}); \quad h_1 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 + \sqrt{3});$$

$$h_2 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 - \sqrt{3}); \quad h_3 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 - \sqrt{3}).$$

При збільшенні M визначення h_k проводиться шляхом вирішення алгебраїчних рівнянь ступеня M . Незважаючи на те, що ці рівняння можуть бути вирішені за будь-якої необхідної точністю, значення h_k задаються у вигляді таблиць (із заздалегідь визначеним числом розрядів).

У практичних обчисленнях зазвичай використовуються коефіцієнти з точністю до 32-х або 64-х десяткових розрядів.

МЕТОД ЗВАЖЕНОЇ ЗМІННОЇ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ НАСТРОЙКИ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЮЮЧОГО ВПЛИВУ НА М'ЯЗОВЕ ВОЛОКНО ЛЮДИНИ

Оскільки організм людини можна розглядати, як систему з багатьма коливальними ланками з різними параметрами, то використання автоматизованої системи регулювання (АСР) з оптимізованими параметрами настроювання для забезпечення ефективного впливу на організм людини з лікувальною метою, є актуальною задачею сьогодення [1-5].

Метою даної роботи є кількісна оцінка дозованого, чітко прогнозованого впливу на організм людини електростимулюючого сигналу по методу зваженої змінної.

Для прогнозного електростимулюючого впливу на м'язове волокно та побудови відповідної АСР часто використовують принцип прогнозування поведінки часових рядів. При цьому похибка прогнозування є незначною. Однак, застосування методу часових рядів для прогнозного впливу на м'язове волокно людини має певні недоліки: деяку складність, велику кількість розрахунків, не завжди достатню глибину розрахунків. Доцільніше застосовувати метод зваженої змінної для розрахунку параметрів настройки електростимулюючого впливу на м'язове волокно людини або комплексний параметр z-показник, який широко використовується для оцінки правильності роботи лабораторій.

Розрахунок та способи використання даного показника описано в ISO/IEC 17043:2010. Кількісний показник z-індекс розраховується за формулою:

$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}, \quad (1)$$

де: x – результат учасника; X – приписане значення; σ – стандартне відхилення для оцінки кваліфікації.

Як наведено в ISO 13528, σ може бути розраховане на основі: відповідності рівня функціонування призначенням, що визначається експертною оцінкою або документом (задане значення); оцінки з попередніх етапів перевірки кваліфікації або припущень, заснованих на досвіді; оцінки із статистичної моделі (основна модель); результатів прецизійного експерименту; результатів учасників (звичайне або робастне стандартне відхилення, засноване на результатах). Ці дані при адаптації методу можна застосувати для розрахунку параметрів налаштування АСР.

Графічне відображення результатів розрахунків наведено на рис 1-3.

Як видно з графіків, Z-показник найбільш точно описує розвиток процесу у прогнозі.

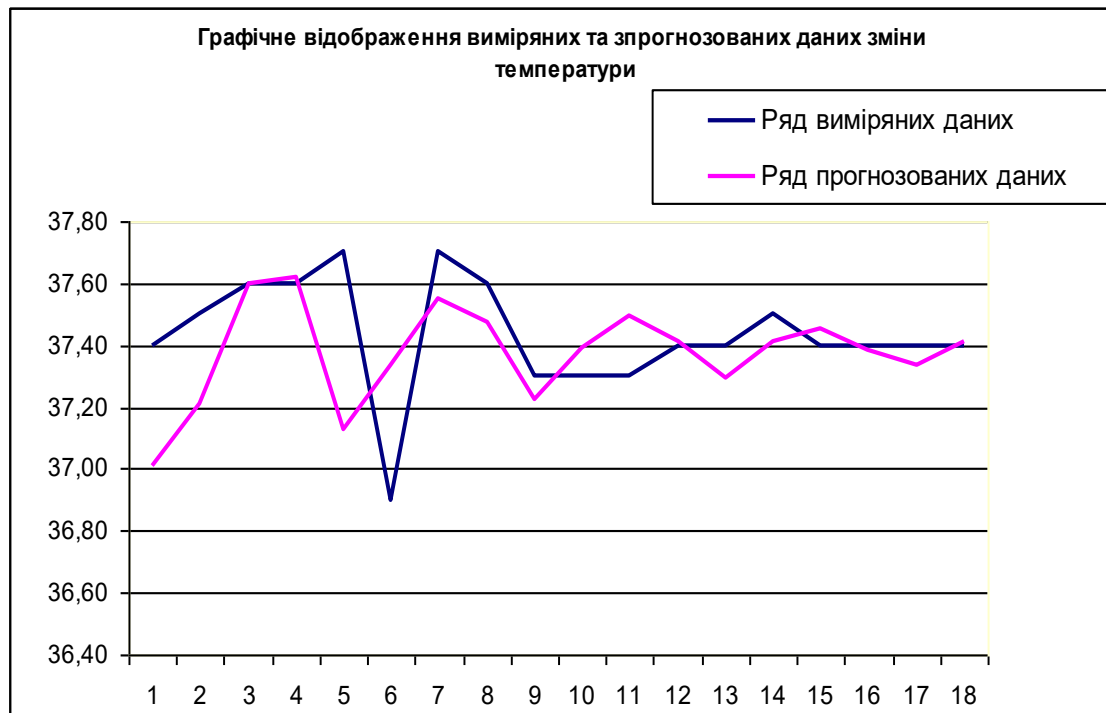


Рис. 1. Графічне відображення виміряних та прогнозованих змін температури



Рис. 2. Графічне відображення результатів розрахунку прогнозованих даних



Рис. 3. Графічне відображення по z-показнику

Показано перспективність використання методу зваженої змінної для розрахунку параметрів настройки АСП та запропоновано алгоритм розрахунку параметрів настройки АСП та проілюстровано результати прогнозування за допомогою наведених моделей.

Список використаної літератури:

1. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>.
2. Рекомендации EUROLAB–Украина по внедрению требований ISO/IEC 17025: 2005 в практику испытательных и калибровочных лабораторий ЕА - 4/02. Выражение неопределенности измерения при калибровках. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.euroacademia.com.ua/site/menu/ru/view/9>.
3. Новицкий П.В. Динамика погрешностей средств измерений /П.В. Новицкий, И.А. Зограф, В.С. Лабунец. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 192 с.
4. Микийчук М.М. Метрологічне забезпечення якості продукції на стадії виготовлення: дис. д-ра техн. наук / М.М. Микийчук. – Львів, 2015. – 292 с.
5. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений и других технических средств, имеющих точностные характеристики: дисс. д-ра 102 Вимірювальна техніка та метрологія, № 74, 2013 р. техн. наук / А.Э. Фридман. – М., 1994 – 423 с.

О.М. Безвесільна, д.т.н., професор каф. АСНК,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського»
А.Г. Ткачук, к.т.н., доц., зав. кафедри А та КІТ ім. професор Б.Б. Самотокіна
І.О. Омельчук, ст. викладач каф. МІВТ
Державний університет «Житомирська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ У ГАЛУЗІ ПРОГНОЗНОГО СТИМУЛЮЮЧОГО ВПЛИВУ НА М'ЯЗОВЕ ВОЛОКНО

Аналіз досліджень у галузі прогнозного стимулюючого впливу на м'язове волокно є актуальним. Інформацію можна використати при реабілітації поранених, при лікуванні травм у спорті та ін.

Існуючі методи у галузі прогнозного впливу на м'язове волокно мають ряд суттєвих недоліків, які є причиною того, що у даний час найбільш ефективним, з огляду оптимального управління, методом знаходження настроювань регулятора є експериментальний пошук. Якість будь-якої автоматизованої системи регулювання (АСР) визначається величиною похибки. Але функцію похибки для будь-якого моменту часу важко визначити, оскільки вона описується за допомогою диференціального рівняння високого порядку і залежить від великої кількості параметрів системи. Тому оцінюють якість систем керування за деякими її властивостями, які визначають за допомогою критеріїв якості. Серед усіх відомих критеріїв якості найбільш універсальним є інтегральний критерій якості, який оцінює узагальнені властивості автоматичної системи регулювання (АСР): точність, запас стійкості, швидкодію [1-6].

Можна виділити наступні напрями дослідження методів ідентифікації керованих об'єктів, які засновані на: методі найменших квадратів [1]; методі інструментальних змінних [2]; ідентифікації по частотних характеристиках [3]; рандомізованих алгоритмах ідентифікації [4]; активній ідентифікації з використанням додаткового випробувального сигналу [5, 6]. Загальними недоліками застосування цих методів є наступні: негарантована збіжність динамічних процесів ідентифікації, слабка застосовність цих методів у випадку задач великої кількості невідомих параметрів, значна вартість відповідного програмного забезпечення. З аналізу літератури [1-6] видно, що розробка методів розрахунку оптимальних настроювань регулятора є важливою та перспективною задачею, надто коли системи регулювання використовуються у медичній практиці.

Оскільки організм людини теж можна розглядати, як систему з багатьма коливальними ланками з різними параметрами, то використання АСР з оптимізованими параметрами настроювання для забезпечення ефективного впливу на організм людини з лікувальною метою, є актуальною задачею сьогодення [1-6]. М'язові волокна також можна розглядати, як об'єкт регулювання з наявністю власних коливань.

Отже, проаналізовано відомі методи прогнозного впливу на м'язове волокно. Загальними недоліками застосування цих методів є наступні: негарантована збіжність динамічних процесів ідентифікації, слабка застосовність цих методів у випадку задач великої кількості невідомих параметрів, значна вартість відповідного програмного забезпечення. Також з аналізу відомих робіт видно, що розробка методів розрахунку оптимальних настроювань регулятора є важливою та перспективною задачею, надто коли системи регулювання використовуються у медичній практиці.

Список використаної літератури:

1. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений и других технических средств, имеющих точностные характеристики: дисс. д-ра 102 Вимірювальна техніка та метрологія, № 74, 2013 р. техн. наук / А.Э. Фридман. – М., 1994 – 423 с.
2. Данилевич С.Б. Метрологическое обеспечение производства и качества продукции /С.Б. Данилевич, С.С. Колесников //Законодательная и прикладная метрология. – 2017. – № 2. – С. 6–9.
3. Данилов Е.А. Хорошо ли продолжительный межповерочный интервал для теплосчетчиков при расширенном диапазоне измерения расхода/А.Е. Данилов, И.Н. Бригаденко, Г.Н. Иванова, Е.Ю. Парамонова// Энерго - сбережение, 2015, №5 – 17 с.
4. РМГ 74- 2004 ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://metrology.com.ua/>
5. ГОСТ 8.565-99. ГСИ. Порядок установления и корректировки межповерочных интервалов эталонов.
6. Микийчук М.М. Актуальні питання метрологічної надійності промислових ЗВТ/М.М. Микийчук // Методи та прилади контролю якості: наук.-техн. журнал Івано-Франківського національного технічного університету нафти та газу. – 2019. – № 23. – С. 126–129.

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНА ГРАВИМЕТРИЧНА СИСТЕМА З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ИНТЕЛЕКТУ

Сучасна гравірозвідка для пошуку корисних копалин потребує застосування сучасних інноваційних технологічних методів опрацювання даних щодо гравітаційних аномалій у складних ситуаціях у режимі реального часу. Особливо гостро стоїть проблема підвищення точності швидкодіючих, автоматизованих інтелектуальних гравіметричних систем (АІГС), призначених для вимірювання гравітаційних аномалій.

Сьогодні відомі різні автоматизовані гравіметричні системи (АГС) для дистанційного пошуку корисних копалин. Однак, в жодній із відомих АГС не використовується штучний інтелект, не використовуються сучасні технології. Це обмежує точність та швидкодію відомих систем [1-6 та ін.].

Метою роботи є розробити АІГС з елементами штучного інтелекту підвищеної точності і швидкодії для вимірювань прискорення сили тяжіння (ПСТ) (або його аномалій) та пошуку корисних копалин на рухомій основі. Запропонована АІГС з елементами штучного інтелекту (АІГС) створена, як рівнева сукупність певних технічних засобів з неоднорідними властивостями.

Перший рівень (1-level) даної АІГС – рівень створення вхідного вимірювального сигналу α_{in}^A . Він представлений як *підсистема ПСТ*, чутливим елементом якої є *двоканальний ємнісний гравіметр (ДЄГ)*. У двох каналах ДЄГ розміщено однакові одноканальні ємнісні гравіметри (ЄГ). Вони представляють собою дві металеві пластини, розділені діелектриком (рис. 2). Одна із пластин рухома, друга - закріплена жорстко. До пластин прикріплено інерційні маси m_1 та m_2 . Під дією ПСТ змінюється відстань між пластинами. Зміна відстані між пластинами викликає зміну ємності C конденсатора. Зміна ємності C призводить до зміни напруги U . Для двоканальної схеми необхідно додавати значення вихідних напруг на виході двох ЄГ. У результаті отримаємо подвоєний сигнал ПСТ.

На першому рівні вимірюється значення ПСТ, яке перетворюється у цифровий двійковий 12-бітний сигнал: $\alpha_{in}^A \rightarrow \alpha^D: [U(t) \rightarrow (|D_2| = 12\text{-bit})]$, α^D – несе інформацію $2g(t)$. Другий рівень (2-level) це *підсистема узгодження і перетворення інформації* 12-бітного двійкового сигналу подвоєного значення ПСТ у число десяткової системи числення, що відображає ПСТ $g(t)$. Основний елемент даного рівня - мікрокомп'ютер для перетворення сигналу. Третій рівень (3-level) *інтелектуальної Fuzzy АІГС* це підсистема обробки вхідного сигналу та відображення ймовірності наявності корисних копалин у зручному для сприйняття вигляді. Основний елемент третього рівня - *нечітка система (база) прийняття рішень*, яка складається: з нечітких правил і лінгвістичних змінних; блоків фазифікації; дефазифікації; прийняття рішень. Вона реалізована як спеціальний програмний додаток на ЕОМ. Функції блоків наступні: блок фазифікації перетворює чисельні вхідні значення у ступінь відповідності до лінгвістичних змінних; блок дефазифікації перетворює вихідні результати у чисельні значення; блок прийняття рішень вибирає відповідні нечіткі правила та виводить результат у режимі реального часу.

В даній роботі надано опис розробленої АІГС з елементами штучного інтелекту. Показано, що за даними, отриманими шляхом використання запропонованої АІГС з елементами штучного інтелекту, можна визначати наявні корисні копалини з певною ймовірністю та більшими точністю і швидкодією.

Список використаної літератури:

1. Безвесільна О. М. Автоматизована гравіметрична система для вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння на базі МЕМС-гравіметра / О.М. Безвесільна, А.О. Просюк // Тези І Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення». – 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/358> (Дата звернення 01.11.2021).
2. Безвесільна О. М. Апаратно-програмний комплекс для експериментального дослідження ємнісного гравіметра / О.М. Безвесільна, К. С. Козько // Вісник інженерної академії України. – 2013. – № 2. – С. 15-17.
3. Тювин А.В. Особенности использования функционально-избыточных блоков акселерометров в бесплатформенных навигационногравиметрических комплексах/ Тювин А.В., Афонин А.А., Сулаков А.С.// Труды МАИ. Выпуск № 91, – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://trudymai.ru/upload/iblock/60d/tyuvin_afonin_sulakov_rus.pdf?lang=ru&issue=91
4. Бусыгин Б.С. Специализированная геоинформационная система Рапид: структура, технологии, задачи / Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. // Геоинформация – 2016 – №1 – с.22-36 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.karbon-service.com.ua/wp-content/uploads/2015/01/2-1-2016.pdf>
5. Балк П.И. Обратные задачи гравиразведки как проблема принятия решения в условиях неопределенности и риска / П.И. Балк, А.С. Долгалъ // Физика Земли – 2017 – № 2 – С. 45-61 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.psu.ru/files/docs/personalnye-stranitsy-prepodavatelej/dogal/FZE0045.pdf>
6. Johanna Torppa. Unsupervised clustering and empirical fuzzy memberships for mineral prospectivity modelling/ Johanna Torppa, Vesa Nykänen, Ferenc Molnár // Ore Geology Reviews. – 2019 – № 107 – С. 58-71 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169136818305195>.

ДОСЛІДЖЕННЯ У ГАЛУЗІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сьогодні актуальними є розробка та дослідження автоматизованих інтелектуальних гравіметричних систем (АГС), призначених для вимірювання гравітаційних аномалій, інформація яка свідчить про залягання родовищ корисних копалин, наявність підводних човнів тощо. На жаль, у відомій літературі [1-6] відсутній аналітичний огляд проведених у цій галузі досліджень. Тому мета роботи – надати аналіз відомих досліджень у визначеній вище галузі. Сьогодні відомі різні автоматизовані гравіметричні системи (АГС) для дистанційного пошуку корисних копалин. Вони відрізняються по будові, точності, швидкодії, рівню автоматизації при обробці інформації.

У роботі [1] представлено АГС для вимірювання прискорення сили тяжіння (ПСТ) на базі МЕМС-гравіметра, що має більшу точність ($1 \text{ мГал} = 10^{-5} \text{ м с}^{-2}$) від відомих. Та інформація у роботі надана занадто обмежено і не дає уявлення про принципи роботи АГС та обробки її інформації. В [2] представлено комплекс для дослідження ємнісного гравіметра (ЄГ). Показано принципову схему комплексу і схеми підключення ЄГ до ЕОМ для отримання інформації про ПСТ. Надано інтерфейс програмного забезпечення комплексу для введення параметрів та отримання результатів роботи. У статті не наведено дані, що забезпечують використання ЄГ для вимірів ПСТ. В [3] представлено безплатформний навігаційно-гравіметричний комплекс, його датчики та алгоритми роботи. Однак дані надано так обмежено, що не можливо скласти чітку уяву про роботу комплексу. У [4] викладено основні відомості про геоінформаційну систему, яка орієнтована на обробку наземних та космічних даних. Система опрацьовує та аналізує великі об'єми даних. Система працює лише за умови використання наявних гравіметричних карт. Це унеможливує використання цієї системи у режимі реального часу при гравіметричній розвідці нових родовищ. Не описано методи отримання інформації. Технології застосування даних ПСТ представлено фрагментарно. В [5] надано алгоритми рішення обернених задач гравіметрії. Найкраще рішення обирається за допомогою критеріїв оптимальності з теорії прийняття рішень, адаптованих до гравіметрії. Надана концепція здобуття інформації про джерела гравітаційних аномалій. Приймається не одне оптимальне рішення задачі, а – набір окремих рішень. У цій роботі, як джерела інформації, використовують евристичні припущення. Це знижує достовірність результатів. У роботі [6] показано роль емпіричних методів визначення ПСТ шляхом кластеризації наданих даних щодо ПСТ та застосування правил нечіткої логіки. Однак має місце декларативність і фрагментарність описів нечітких правил, що взято за основу методів визначення ПСТ.

Тобто, результати досліджень [1-6] фрагментарні та декларативні, у них відсутній єдиний комплексний підхід на основі використання штучного інтелекту. Це не забезпечує високих точності та швидкодії вимірювань. Очевидним, що необхідно розробити АГС з елементами штучного інтелекту підвищеної точності і швидкодії для вимірювань ПСТ та пошуку корисних копалин на рухомій основі. Шляхом проведеного аналізу відомих проведених досліджень, показано, що надзвичайно перспективним є за даними, отриманими шляхом використання АГС з елементами штучного інтелекту, визначати родовища корисних копалин з певною ймовірністю та більшими точністю і швидкістю.

Список використаної літератури:

1. Безвесільна О.М. Автоматизована гравіметрична система для вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння на базі МЕМС-гравіметра / О.М. Безвесільна, А.О. Просюк // Тези І Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення». – 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/358>.
2. Безвесільна О.М. Апаратно-програмний комплекс для експериментального дослідження ємнісного гравіметра / О.М. Безвесільна, К.С. Козько // Вісник інженерної академії України. – 2013. – №2. – С. 15–17.
3. Тювин А.В. Особенности использования функционально-избыточных блоков акселерометров в бесплатформенных навигационногравиметрических комплексах/ А.В. Тювин, А.А. Афонин, А.С. Сулаков // Труды МАИ. Выпуск № 91, – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://trudymai.ru/upload/iblock/60d/tyuvin_afonin_sulakov_rus.pdf?lang=ru&issue=91.
4. Бусыгин Б.С. Специализированная геоинформационная система Рапид: структура, технологии, задачи / Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. // Геоинформация – 2016 – №1 – С. 22–36 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cutt.ly/cNBILgb>.
5. Балк П.И. Обратные задачи гравиразведки как проблема принятия решения в условиях неопределенности и риска / П.И. Балк, А.С. Долгалъ // Физика Земли – 2017 – №2 – С. 45–61 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.psu.ru/files/docs/personalnye-stranitsy-prepodavatelej/dogal/FZE0045.pdf>.
6. Johanna Torppa. Unsupervised clustering and empirical fuzzy memberships for mineral prospectivity modelling/ Johanna Torppa, Vesa Nykänen, Ferenc Molnár // Ore Geology Reviews– 2019 – №107 – С. 58–71 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169136818305195>.