

НАФТОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 665.7:681.2.08

В.В. Древецький, д.т.н.
С.П. Воробюк
М.М. Клепач

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМАТИЧНИЙ АНАЛІЗАТОР ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ

Національний університет водного господарства та природокористування
E-mail: sergiy.vorobyuk@gmail.com

Розглянуто спроектований на основі гідродинамічного методу багатофункціональний автоматичний аналізатор показників якості нафтопродуктів.

Ключові слова: автоматичний аналізатор, в'язкість, густина, контролер.

Вступ

Впровадження ефективних багатофункціональних вимірювальних систем для оперативного контролю фізико-механічних параметрів нафтопродуктів потребує використання сучасних програмно-технічних засобів на основі прогресивних інформаційних технологій та технологій проектування нового покоління. Створення новітніх автоматизованих інформаційних вимірювальних систем є одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасних комп'ютерних технологій [1].

Відомі методи і пристрої вимірювання показників якості нафтопродуктів не можуть повністю задовольнити вимогам сучасності. Тому є актуальним розроблення автоматизованих багатофункціональних вимірювальних систем, які б забезпечували високу точність та оперативність збирання даних про поточні значення технологічних параметрів та керування виробничими процесами на основі цих значень. Одним з перспективних шляхів вирішення даної проблеми в нафтопереробній та нафтохімічній промисловостях є створення автоматичного багатофункціонального аналізатора показників якості нафтопродуктів.

Мета роботи

Метою даного дослідження є створення багатопараметричної вимірювальної системи, що має вирішити наступні завдання:

- вимірювання основних показників якості нафтопродуктів (кінематична в'язкість, густина, динамічна в'язкість);
- вимірювання та обрахунок додаткових показників якості. Використовуючи дані про основні показники якості досліджуваного середовища забезпечити можливість обрахунку октанових чисел для бензинів, цетанових чисел для дизельних палив, індексу в'язкості для змащувальних мастил;
- реалізацію зручного, інформативного, візуального представлення отриманої інформації в режимі реального часу;
- накопичення часової послідовності зміни параметрів досліджуваного нафтопродукту.
- забезпечення можливості гнучкої зміни налаштувань системи при переході від одного середовища до іншого;
- уніфікацію використаного обладнання для швидкої заміни складових аналізатора та забезпечення його роботи в різноманітних промислових умовах;
- інтегративність розробленої системи в автоматизовані системи управління технологічними процесами вищого рівня, та забезпечення передачі вимірювальної інформації без обмеження дистанційності.

Основний матеріал статті

В розробленій системі для вимірювання в'язкості та густини нафтопродуктів використано гідродинамічний метод і синтезований на його основі дросельний мостовий перетворювач (ДМП) [2]. Гідралічна мостова схема утворена двома ламінарними та двома турбулентними дросельними елементами. Принцип вимірювання полягає у неперервному прокачуванні досліджуваного нафтопродукту через ДМП та автоматичному астатичному зрівноваженні

моста шляхом зміни об'ємної витрати продукту. За величиною об'ємної витрати і загального перепаду тиску на ДМП, визначених в момент рівноваги, розраховуються кінематична в'язкість та густина нафтопродукту.

На основі отриманих значень густини і в'язкості розраховуються інші показники якості нафтопродуктів, наприклад, цетанове число дизельного палива.

Структурна схема аналізатора для вимірювання показників якості нафтопродуктів приведена на рис. 1.

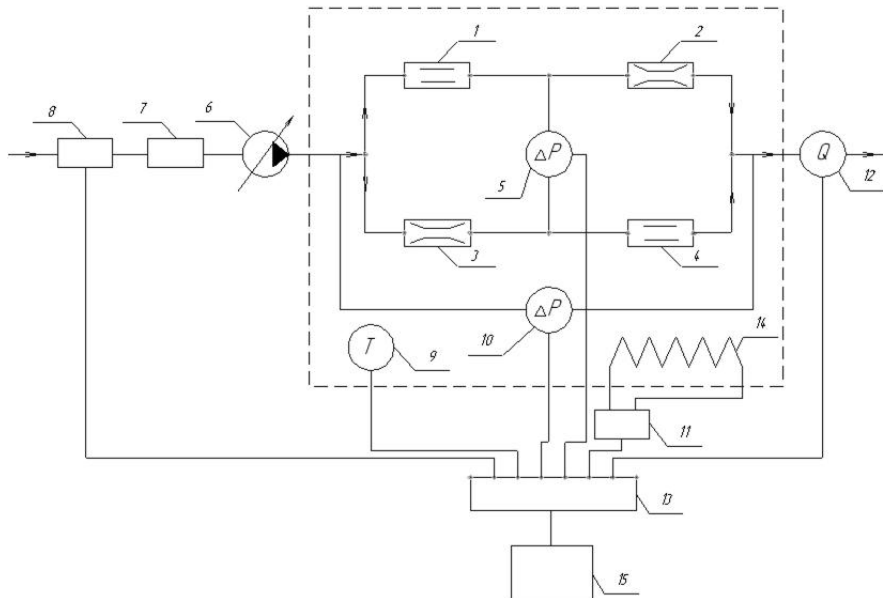


Рис. 1. Структурна схема багатофункціонального аналізатора показників якості нафтопродуктів

1, 4 – ламінарні дроселі; 2, 3 – турбулентні дроселі; 5 – нуль-індикатор; 6 – насос; 7 – асинхронний двигун; 8 – частотний перетворювач; 9 – давач температури; 10 – дифманометр; 11 – твердотільне реле; 12 – витратомір; 13 – програмований логічний контролер (ПЛК); 14 – нагрівальний елемент; 15 – автоматизоване робоче місце (АРМ).

Ламінарні та турбулентні дроселі 1-4 утворюють гідравлічний міст, який служить первинним перетворювачем аналізатора. Дифманометр 5 є нуль-індикатором, вихідне значення сигналу небалансу якого поступає на аналоговий вхід програмованого логічного контролера 13. Залежно від сигналу отриманого з нуль-індикатора ПЛК формує завдання для частотного перетворювача 8, від вихідної частоти якого залежить швидкість обертання ротора асинхронного двигуна 7 з яким з'єднаний шестерінчастий насос 6, що прокачує досліджувану рідину. Залежно від вихідного значення отриманого з давача температури 9 контролер подає сигнал на твердотільне реле 11, яке керує увімкненням нагрівального елемента 14 з метою стабілізації температури досліджуваного нафтопродукту. На основі величини витрати, визначеної при рівноважному стані мостової дросельної схеми за допомогою витратоміра 12, ПЛК обраховує значення кінематичної в'язкості досліджуваної рідини за виразом

$$v = kQ, \quad (1)$$

де v - кінематична в'язкість досліджуваного продукту; k - коефіцієнт що залежить від геометричних розмірів дроселів у вимірювальному мості, Q - об'ємна витрата продукту. На основі значення загального перепаду тиску на мості, виміряного диференціальним манометром 10, та величини витрати через міст, контролером по відомій залежності [2] обраховується густина рідини за формулою

$$\rho = k_p \frac{\Delta P_{\Sigma}}{Q^2}, \quad (2)$$

де ρ - густина досліджуваного середовища; k_p - коефіцієнт пропорційності, що визначається конструкцією і геометричними розмірами дроселів; ΔP_{Σ} - загальний перепад тиску на первинному перетворювачі.

Залежно від значення густини та кінематичної в'язкості ПЛК також визначає динамічну

в'язкість згідно рівняння

$$\mu = \nu\rho \quad (3)$$

де μ - динамічна в'язкість.

Для дизельних палив аналізатором передбачена можливість визначення цетанового числа (ЦЧ), залежність якого від густини та кінематичної в'язкості пального визначається за наступною формулою [3]:

$$ЦЧ = (n + 17,87) \frac{1,5879}{\rho} \quad (4)$$

де n - кінематична в'язкість дизпалива в $[мм^2/с]$; ρ - густина дизпалива в $[г/см^3]$.

Обраховані та виміряні дані програмований логічний контролер передає на автоматизоване робоче місце 15, на якому відображається та зберігається інформація про кінематичну в'язкість, густину, динамічну в'язкість, температуру досліджуваної рідини та значення ЦЧ для дизпалив.

Автоматизоване робоче місце оператора реалізовано на основі сучасної SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) системи Trace Mode 6.

Система диспетчерського управління та збору даних дає змогу провести обробку та зручне представлення отриманих з контролера даних. Вся зібрана інформація архівується відповідно до часу свого надходження в SCADA систему. В склад монітору реального часу супервізора входять наступні екрани: основна мнемосхема роботи багатофункціонального аналізатора показників якості нафтопродуктів (рис. 2.), тренди відображення кінематичної в'язкості та температури, екран завдання параметрів досліджуваного нафтопродукту, тренди загального перепаду тиску та динамічної в'язкості, зміни тиску в індикаторній діагоналі та керування.

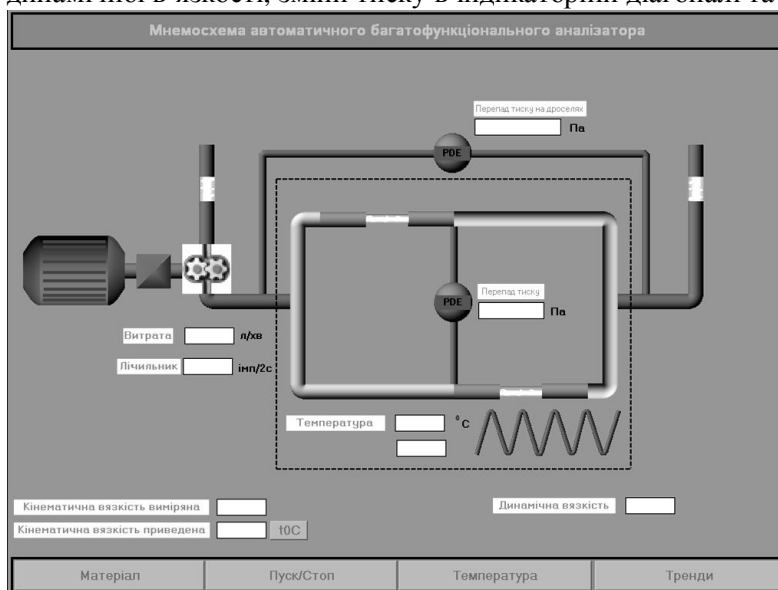


Рис. 2. Мнемосхема головного екрану АРМ аналізатора

В якості програмованого логічного контролера (ПЛК) використовується VIPA 114-6BJ02 System 100V, що являє собою малоканалний багатофункціональний універсальний програмно-апаратний засіб. Обмін даними в реальному часі між SCADA-системою та контролером VIPA System 100V ґрунтується на програмних технологіях зв'язування і вбудовування об'єктів для систем промислової автоматизації технологічних процесів (OLE for Process Control). Vipa OPC-сервер, в основі котрого лежить технологія DA (Data Access), служить універсальним фіксованим програмним інтерфейсом, що забезпечує збір технологічних даних, передачу команд керування та виконання заданих процедур на основі стану каналів зв'язку.

Програмне забезпечення аналізатора розроблено в інструментальному середовищі WinPLC7, яке також служить для конфігурування та відлагодження програм. Програмування використаного ПЛК може відбуватися за допомогою використання однієї з трьох мов стандарту MEK (6) 1131-3 : STL, FBD, LAD. Зв'язок контролера з персональним комп'ютером та завантаження програм в ПЛК здійснюється по інтерфейсу MP²I за допомогою відповідного адаптера.

Запрограмований контролер (ПЛК) реалізовує наступні функції: збір даних з наявних в

системі давачів, первинне їх оброблення, зрівноваження перепаду тиску в індикаторній діагоналі мостової схеми, стабілізація заданого значення температури в системі.

Контур регулювання витрати рідини працює наступним чином. В усталеному режимі при перепаді тиску в індикаторній діагоналі рівному нулю насос працює з постійною продуктивністю. При зміні динамічної в'язкості або густини аналізованого продукту виникає перепад тиску в індикаторній діагоналі мостової схеми перетворювача. Ця зміна через диференціальний манометр надходить на вхід ПІД-регулятора, який в залежності від знаку і величини вхідного сигналу за заданим законом виробляє сигнал керування, що поступає на вхід частотного перетворювача. В результаті частотний перетворювач змінює частоту напруги живлення асинхронного двигуна, який призводить до зміни частоти обертів двигуна та відповідно продуктивності насоса так, щоб перепад тиску в індикаторній діагоналі знову став рівний нулю. За величиною витрати в момент рівноваги мостової схеми перетворювача аналізуюча система визначає кінематичну в'язкість згідно (1), а за величиною витрати та загальним перепадом тиску на мостовій схемі визначаємо спочатку густину рідини згідно (2) та динамічну в'язкість на основі залежності (3).

Стабілізація температури продукту на заданому значенні забезпечується шляхом періодичного увімкнення нагрівального елемента. Температура теплоносія у термостаті вимірюється за допомогою термоопору. Величина опору лінеаризується та перетворюється в уніфікований електричний сигнал і поступає на аналоговий вхід мікроконтролера. Отримане значення температури порівнюється із заданою величиною. Залежно від сигналу розузгодження ПІ-кроковий регулятор змінює скважність імпульсу. Залежно від скважності, регулятор подає на вхід твердотільного реле керуючі імпульси, від тривалості котрих залежить час включення нагрівача.

Оскільки в якості генератора витрати використовується шестерінчастий насос з жорсткою напірною характеристикою, то значення витрати в системі вимірюється шляхом підрахунку імпульсів за заданий період часу, які надходять на вхід ПЛК з давача кутового обертання (енкодера). Енкодер за допомогою спеціальної муфти з'єднується із ротором двигуна. Двигун, в свою чергу, через редуктор під'єднаний до шестерінчастого насосу. Витрата насосу лінійно залежить від кількості обертів та не залежить від параметрів досліджуваної рідини, в тому числі від в'язкості, густини та температури. Отримане значення кількості імпульсів контролером передається в SCADA-систему, де на його основі обраховуються значення показників якості нафтопродуктів.

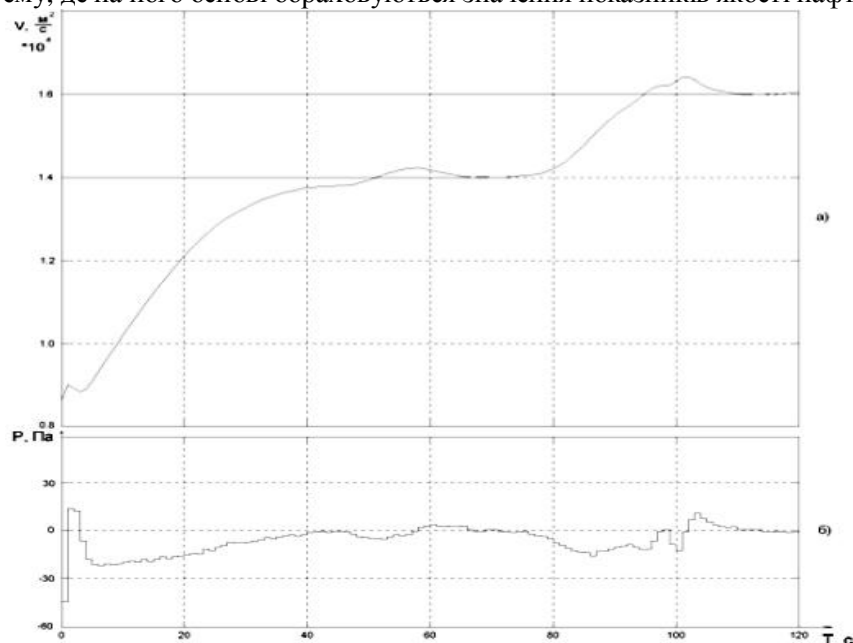


Рис. 3. Перехідна характеристика по в'язкості (а), та зміна тиску в індикаторній діагоналі ДМП (б).

При експериментальних дослідженнях макета автоматичного аналізатора з використанням двох нафтопродуктів, що мали різні значення кінематичної в'язкості, було отримано наступні графіки зміни параметрів:

З наведеного вище рисунку видно, як під час експерименту нуль-індикатором змінюється різниця тиску в діагоналі гідравлічного мосту (рис. 3, б). Під час роботи аналізатора

розузгодження усувається і відбувається зрівноваження мосту. На дану процедуру системою витрачається певний час. Розроблений аналізатор має властивість при зміні налаштувань свого програмного забезпечення досягати оптимального значення тривалості, та забезпечення заданих показників якості перехідних процесів. З рис. 3, а) видно, якими є динамічні властивості макету при стрибкоподібній зміні в'язкості аналізованого середовища. Для повного зрівноваження ДМП одразу після початку процесу вимірювання аналізатором витрачається час в 70 секунд, а в процесі роботи при різкій зміні в'язкості це значення становить 25-30 с.

Як відомо в'язкість суттєво залежить від температури. Тому під час дослідження роботи макету було проведено серію експериментів із зрівноваженням витратою ДМП при зміні температури продукту (рис.4.):

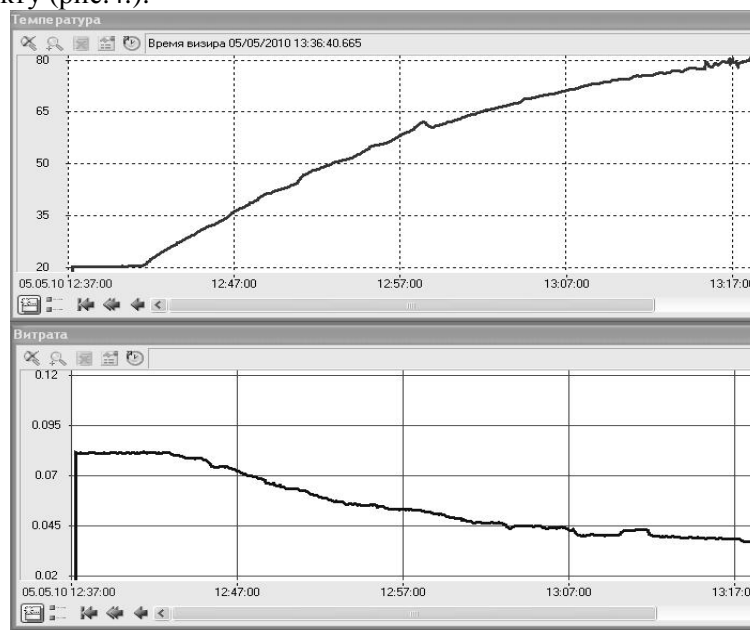


Рис. 4. Результати дослідження в'язкісно-температурних властивостей нафтопродуктів

При зрівноваженні ДМП, від моменту увімкнення нагрівального елемента до реальної зміни витрати досліджуваного продукту проходить певний час (рис.4). Дане запізнення пояснюється тепловою інерційністю корпусу блоку гідравлічного мосту. Оскільки витрата, згідно (1), прямо пропорційна кінематичній в'язкості, то наведений вище рисунок є графічним відображенням в'язкісно-температурної залежності досліджуваного нафтопродукту.

Висновки

На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено багатофункціональний автоматичний аналізатор показників якості нафтопродуктів. Проведено дослідження макету експериментального зразка автоматичного аналізатора, та визначено основні його експлуатаційні та метрологічні характеристики.

Розроблений аналізатор може використовуватись як мобільна лабораторна установка по дослідженню показників якості нафтопродуктів. Передбачено також застосування створеного аналізатора та комплексу програмних і технічних засобів для автоматизації управління технологічним обладнанням на підприємствах нафтопереробної промисловості.

Список літературних джерел

1. Древецкий В.В., Клепач М.М., Воробюк С.П. Система комплексного контролю фізичних параметрів нафтопродуктів Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. Тези допо-відей Міжнародної науково-практичної конференції. м. Вінниця, 19–21 травня 2010 року. – Вінниця: ВНТУ, 2010. С.33-34.
2. Древецкий В.В. Измерения физико-механических параметров жидкостей с использованием дроссельных преобразователей // Сучасні наукові дослідження 2006: міжн. – наук. – прак. – конф. 20–28 лют. 2006.: тези доп. – Дніпропетровськ, 2006. – Т14. – С.85-89.
3. С. В. Бойченко, С. В. Иванов, В. Г. Бурлака. Моторные топлива и масла для современной техники / Киев, : НАУ, 2005. -216 с.