

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАФТОПРОДУКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

***Анотація.** Реалізовано моделювання системи автоматизованого контролю якісних показників нафтопродуктів на основі гідродинамічного методу вимірювання в режимі реального часу засобами MATLAB Simulink і Real-Time Windows Target. Встановлені динамічні та статичні властивості системи. Результати моделювання використано при розробці дослідного зразка автоматизованої системи контролю якісних показників нафтопродуктів.*

***Ключові слова:** динамічна в'язкість, густина, система автоматизованого контролю, моделювання технічної системи в реальному часі.*

***Аннотация.** Осуществлено моделирование системы автоматизированного контроля качественных показателей нефтепродуктов на основе гидродинамического метода измерений в режиме реального времени средствами MATLAB Simulink и Real Time Windows Target. Установлены динамические и статические свойства системы. Результаты моделирования использованы при разработке опытного образца автоматизированной системы контроля качественных показателей нефтепродуктов.*

***Ключевые слова:** динамическая вязкость, плотность, система автоматизированного контроля, моделирование технической системы в реальном времени.*

***Abstract.** Modeling of the system of automated control of oil products quality characteristics based on hydrodynamic measuring method in real-time mode is implemented by means of MATLAB Simulink and Real-Time Windows Target. Dynamic and static properties of the system are established. The simulation results are used in the development of an experimental specimen of automated system of oil products quality characteristics control.*

***Keywords:** dynamic viscosity, density, automated control system, real-time technical system modeling.*

1. Вступ

Важливою умовою підвищення ефективності виробничих процесів, пов'язаних із використанням технологічних рідин і паливно-мастильних матеріалів, є необхідність неперервного контролю і аналізу їх якості. Основними фізико-хімічними параметрами, що характеризують склад та структуру нафтопродуктів, є в'язкість і густина. На їх основі розраховуються інші важливі показники якості продукту. Визначення в'язкості і густини є трудомістким вимірювальним процесом. Особливо складно визначати ці параметри одночасно та в залежності від зміни температури продукту в широкому діапазоні. Впровадження автоматизованих систем контролю якісних показників нафтопродуктів на основі сучасних програмно-технічних засобів є актуальним для багатьох галузей народного господарства.

Для вимірювання в'язкості та густини рідини успішно використовуються первинні гідродинамічні перетворювачі на основі мостових дросельних схем [1]. З'єднання гідродинамічних дроселів у мостові схеми дозволяє суттєво зменшити систематичні похибки вимірювань. Отримані значення фізико-хімічних параметрів можуть бути використані для розрахунків інших показників якості нафтопродуктів, наприклад, цетанового числа дизельних палив [2] та октанового числа бензинів. При цьому актуальною залишається проблема визначення в'язкісно-температурних залежностей та приведення параметрів до заданих температур або їх визначення при різних температурах [1, 2].

Розроблення нових науково обґрунтованих методів та автоматизованих систем контролю якості нафтопродуктів вимагає використання новітніх інформаційних технологій, комп'ютерних засобів моделювання та проектування систем.

2. Моделювання системи в реальному часі

Для оптимізації параметрів та відпрацювання алгоритмів роботи автоматизованої системи контролю якісних показників рідин проведено її моделювання в інтегрованому середовищі MATLAB Simulink. Підключення до Simulink підсистеми імітаційного моделювання в масштабі реального часу у вигляді пакетів розширення Real Time Windows Target і Workshop та наявність у комп'ютері додаткових апаратних засобів у вигляді плат вводу/виводу серії PCI-1710, які підтримуються в MATLAB, забезпечили можливість моделювання процесів у реальному часі. Перевагами такого моделювання є його математична і фізична наочність. При цьому отримується потужний засіб управління реальними об'єктами і технічними системами із середовища MATLAB. У компонентах моделей Simulink можна не тільки фіксувати параметри, але й задавати математичні співвідношення, що описують поведінку моделей. Крім того, вказані розширення дозволяють генерувати виконувані коди моделей.

Дослідна установка складається із мостового дросельного перетворювача (МДП), утвореного паралельним з'єднанням попарно ідентичних ламінарних Др1, Др4 і турбулентних Др2, Др3 гідравлічних дроселів. Досліджуваний продукт прокачується через МДП за допомогою шестерінчастого насоса НШ. Продуктивність насоса змінюється шляхом зміни швидкості обертання асинхронного двигуна М, приєднаного до частотного перетворювача ПЧ Altivar 31. В момент рівноваги моста, що фіксується за сигналом дифманометра PDE-1 у діагоналі моста, кінематична в'язкість ν пропорційна об'ємній витраті Q , яка вимірюється турбінним витратоміром FE,

$$\nu = K_\nu Q. \quad (1)$$

При цьому густина продукту ρ прямо пропорційна загальному перепаду тиску ΔP_Σ на гідравлічному мості, що вимірюється другим дифманометром PDE-2,

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

Коефіцієнти пропорційності K_ν та K_ρ визначаються конструкцією і геометричними розмірами дроселів.

Уніфіковані електричні сигнали з датчиків витрати FE, температури TE, перепаду тиску PDE-1 і PDE-2 системи заведено на аналогові входи AI універсальної плати вводу/виводу PCI-1711 фірми Advantech, встановленої в персональний комп'ютер PC.

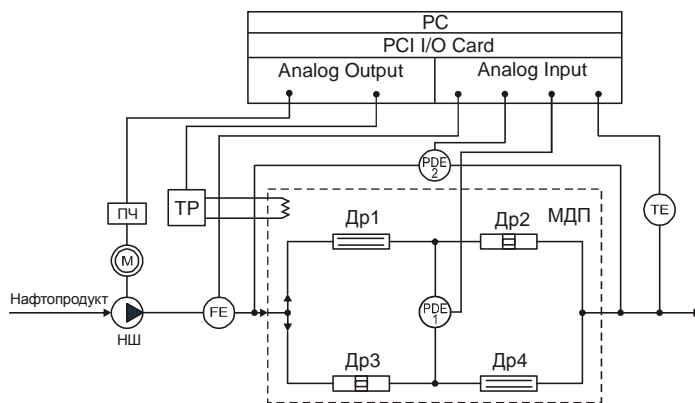


Рис. 1. Схема експериментальної установки

Аналоговий сигнал керування на вхід частотного перетворювача Altivar 31 надходить із аналогового виходу АО плати. В контур регулювання температури включено твердотільне реле TR та електричний підігрівник. Схему експериментальної установки наведено на рис. 1.

Для реалізації режиму реального часу в Real Time Windows Target Blokset використано типові блоки Analog Input, Analog Output. Кожен блок відповідає одному із каналів плати введення/виведення. Для побудови моделі в контур можуть бути включені інші стандартні блоки бібліотек. Далі встановлюється режим моделювання External та проводиться компіляція моделі в DLL, яка при моделюванні взаємодіє з Simulink через резидентний компонент Matlab – Real Time Windows Kernel. При цьому період дискретизації по часу складає 1с, а час моделювання може бути не обмежений.

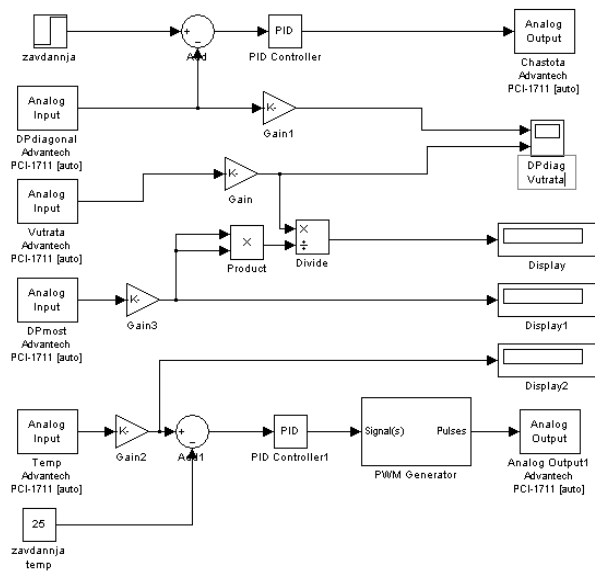


Рис. 2. Simulink – модель управляючого пристрою системи автоматизованого контролю параметрів нафтопродуктів

Simulink – модель управляючого пристрою автоматизованої системи, що реалізує функції автоматичного астатичного урівноваження гідравлічного моста, вимірювання витрати рідини та загального перепаду тиску в моменти урівноваження, а також розрахунок параметрів досліджуваної рідини і керування температурним режимом представлено на рис. 2.

3. Результати моделювання

Особливу увагу в моделі приділено налаштуванню контура автоматичного зрівноваження МДП, де використано блок аналогового PID-регулятора. Для забезпечення можливості автоматичного зрівноваження статичну характеристику прецизійного дифманометра фірми АВВ зсунуто таким чином, щоб

при рівновазі камер вихідний сигнал був рівний половині його діапазону зміни. Блок задання формує послідовність одноступінчастих сигналів, перший із яких короткий, тривалістю 4 с, має величину більшу ніж при зрівноваженні і необхідний для виникнення початкового сигналу відхилення та включення насоса в роботу. Далі, через величину сигналу блока, задання зменшується до величини, що відповідає сигналу рівноваги гідравлічної мостової камери. Як модельна рідина використовувалась суміш гліцерину та дистильованої води. Суміш циркулювала за схемою: ємність, насос, первинний перетворювач, ємність.

Результати моделювання динамічних властивостей контура астатичного зрівноваження гідравлічної мостової схеми при різкій зміні в'язкості модельної рідини з $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ до $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ показано на рис. 3.

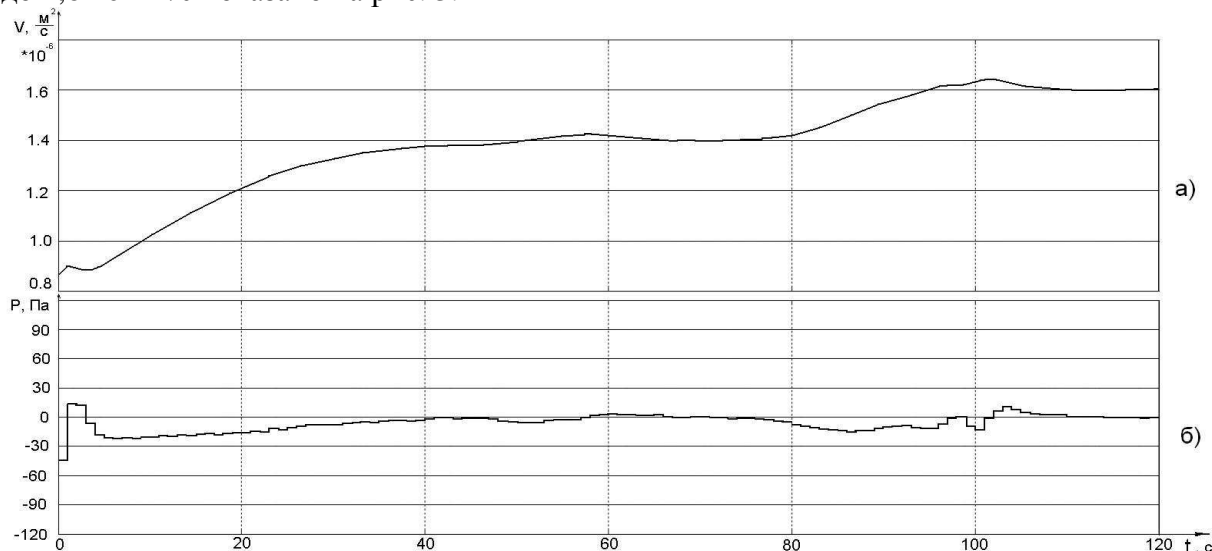


Рис. 3. Часові діаграми зміни динамічної в'язкості – а та відхилення – б при зрівноваженні гідравлічної мостової схеми

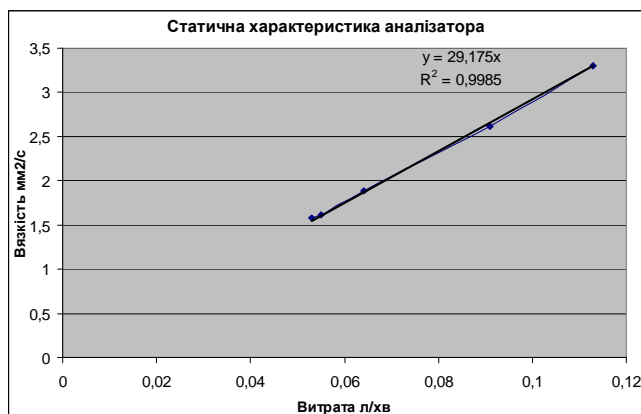


Рис. 4. Статична характеристика аналізатора

тв проводилося в діапазоні динамічної в'язкості 1... 3 мм²/с. В усталеному режимі при досягненні балансу мостової схеми визначалась витрата продукту для різних значень його в'язкості. При цьому температура продукту -20⁰С стабілізувалася автоматичним регулятором. Дійсне значення кінематичної в'язкості при тій же температурі визначалося за допомогою зразкового капілярного скляного віскозиметра типу ВПЖ-4, заводський номер 147 з діаметром капіляра 0,34 мм та сталюю рівною 0,002752 мм²/с². У результаті експерименту було побудовано статичну характеристику аналізатора (рис. 4) та визначено коефіцієнт пропорційності K_v , що становить 1750,5 мм²/л.

4. Висновки

Результати моделювання використані в розробці багатофункціональної інформаційно-вимірювальної системи автоматизованого контролю якості нафтопродуктів, призначеної для забезпечення оперативного персоналу засобами комплексного контролю фізико-хімічних характеристик нафтопродуктів.

Система автоматичного управління процесом вимірювання та первинної обробки даних реалізована в швидкодіючому програмованому логічному контролері (ПЛК) – VIRA System 100V. Підтримка в ПЛК промислових комунікаційних мереж дозволяє інтегрувати вимірювальний комплекс у системи керування технологічним обладнанням. Для налаштування регуляторів і організації алгоритму управління використано результати моделювання системи в реальному часі.

Людино-машинний інтерфейс (HMI) та аналіз і обробку первинної інформації реалізовано засобами SCADA-системи Trace Mode. В межах Trace Mode здійснюється управління логікою та режимами роботи інформаційно-вимірювального комплексу. Передбачено управління бізнес-процесами при використанні інформаційно-вимірювального комплексу на виробництві. Система легко інтегрується в автоматизовані системи вищого рівня, що дозволяє підвищити точність контролю якості та визначення складу нафтопродуктів, забезпечує проведення технологічних процесів при оптимальних умовах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Древецький В.В. Вимірювання в'язкісно-температурних характеристик параметрів нафтопродуктів / В.В. Древецький // Вісник Інженерної академії України. – 2007. – № 1. – С. 35 – 38.
2. Бойченко С.В. Моторные топлива и масла для современной техники / Бойченко С.В., Иванов С.В., Бурлака В.Г. – Киев: НАУ, 2005. – 216 с.

Стаття надійшла до редакції 09.07.2010

Із рис. 3. видно, що після запуску системи на перше усталене значення $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ вона виходить за час, рівний 40 с. В момент часу 75 с в'язкість рідини була різко змінена до $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. З перехідних характеристик знаходимо час регулювання -30 с та перерегулювання -3 %. Таким чином, оновлення результатів вимірювання в'язкості може проводитися з періодом 1 або 2 с.

Дослідження статичних характеристик багатофункціонального аналізатора показників якості нафтопродуктів