

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.121

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ РІДИННОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩ*Коробко І. В., Писарець А. В., Місяць А. С.**Національний технічний університет України**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна**E-mail: i.korobko@kpi.ua, anna.v@ukr.net, andrii.misiats@gmail.com*

У роботі представлені результати удосконалення метрологічного обладнання для дослідження динамічних характеристик вимірювальних перетворювачів витрати рідиннофазних середовищ. Визначення швидкодії засобів вимірювання витрати і кількості середовища особливого значення набуває у зв'язку із актуалізацією проблеми реєстрації витрати та кількості речовин за їх швидкозмінного, як за градієнтом, так і в часі, плину.

У статті для оцінювання динамічних властивостей засобів вимірювання витрати та кількості рідиннофазних середовищ наведено запропонований алгоритм роботи автоматизованої метрологічної установки на базі мікроконтролера із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Проведена модернізація витратовимірної установки дозволяє: призначати режим здійснення досліджень; обирати алгоритм роботи установки; визначати параметри вхідного динамічного збурення; фіксувати результати вимірювання у режимі реального часу, здійснювати обробку результатів, що надає можливість оцінювати динамічні якості засобів вимірювання, які базуються на різних методах вимірювання, у широкому діапазоні умов їх експлуатаційного застосування.

Ключові слова: *витратовимірювальна установка, автоматизація, динамічна характеристика, імпульсна витрата, гідродинамічний перетворювач витрати.*

Вступ. Постановка проблеми

Однією із актуальних проблем сьогодення є вимірювання витрати і кількості різноманітних середовищ. Особливо це відноситься до реєстрації речовин при їх швидкозмінному плинні, як у часовому проміжку, так і за градієнтом.

Одним із чинників оцінки якості методів, приладів і систем вимірювання високодинамічних процесів є можливість отримання мінімального значення динамічної похибки, яка є однією із найважливіших метрологічних характеристик. Допустиме значення динамічної похибки, як правило, покладено в основу критерію синтезу таких засобів вимірювання із раціональними параметрами конструкції та оптимальними якостями.

Це в першу чергу стосується галузей, пов'язаних із забезпеченням життєдіяльності людини, таких як медицина, фармакологія, а також двигунобудування, авіаційної та ракетної техніки, при здійсненні широкого класу наукових досліджень та оптимізації технологічних процесів.

Виходячи з цього, надзвичайно важливими є проведення досліджень динамічних параметрів засобів вимірювання витрати та кількості плинного середовища. Це дозволяє оцінювати реальні експлуатаційні параметри приладів і синтезувати їх за вимогами умов реального використання.

Постановка завдання

Для напівнатурних та метрологічних досліджень засобів вимірювання (ЗВ) витрати і кількості енергоносіїв використовують випробувальні витратовимірювальні установки (ВУ), більшість з яких призначені для отримання статичних метрологічних характеристик [1, 2].

При оцінюванні динамічних характеристик ЗВ застосовуються спеціальні ВУ, які відтворюють плин рідиннофазних потоків із різними параметрами і дозволяють оцінити інерційність та інші метрологічні показники досліджуваного приладу у широкому діапазоні.

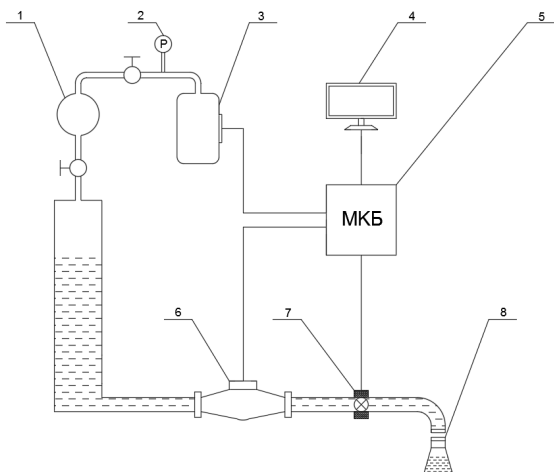
За характером відтворювання процесу плину середовища і відповідно витрати засоби динамічних випробувань поділяються на імпульсні, періодичні та детерміновані. Доцільність вибору типу установки визначається очікуваним часом встановлення показів досліджуваного ЗВ [3].

Існує велика кількість схемних рішень динамічних витратовимірювальних установок, але їх структура практично однакова.

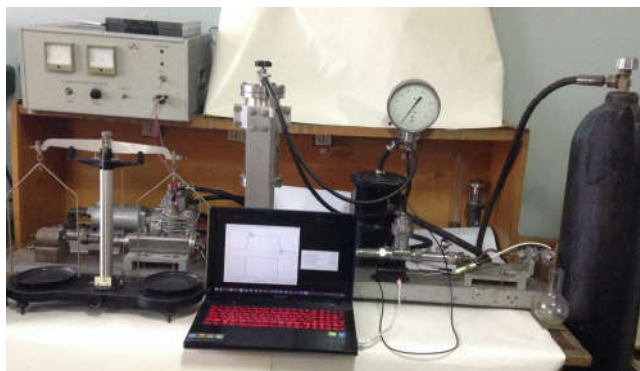
Узагальнена автоматизована ВУ містить: пристрої відтворення витрати із різною динамікою її плину (напірні пристрої, система стабілізації витрати та засоби реєстрації витрати), генератор-здатчик динамічних змін витрати із блоком керування (виконавчий механізм), випробувальну магістраль із

ділянкою для встановлення досліджуваного приладу, систему реєстрації часу, пристрої заправлення та збереження робочої рідини, реєстратор вимірювальної інформації, систему вимірювання параметрів змінної витрати [3].

Метою роботи є автоматизація управління ВУ, реєстрації експериментальних даних та обробки результатів вимірювання із створенням програмного додатку для керування роботою витратомірної уста-



а)



б)

Рис. 1. Випробувальна установка: а) – принципова схема; б) – зовнішній вигляд; 1 – ресивер; 2 – датчик тиску; 3 – компресор; 4 – комп'ютер; 5 – мікроконтролерний блок; 6 – досліджуваний вимірювальний перетворювач витрати; 7 – електромагнітний клапан; 8 – приймач робочого середовища

У ВУ швидкість плинину робочої рідини забезпечується тиском повітря, що створюється джерелом тиску 3 із ресивером 1. Мікроконтролерний блок (МКБ) 5 та комп'ютер 4 за допомогою вбудованого реле формують імпульси, які на певний час відкривають електромагнітний клапан 7.

Установка працює таким чином: за допомогою компресора 3 встановлюється необхідний тиск у ВУ, ресивер 1 запобігає пульсаціям тиску. При відкритті електромагнітного клапану 7 за допомогою комп'ютера 4 та МКБ 5, рідина починає пересуватися робочою магістраллю. При проходженні рідини крізь досліджуваний ЗВ 6, останній фіксує значення витрати та передає його на МКБ 5, який у свою чергу, відправляє дані на комп'ютер 4 для подальшої обробки. Після витратоміра рідина крізь електромагнітний клапан потрапляє до приймача робочого середовища 8 для контрольної перевірки витрати [4].

Дослідження удосконаленої ВУ здійснено при випробуванні витратоміра гідродинамічного класу, мірою витрати якого є деформація чутливого елемента (ЧЕ) у формі консольно закріпленої балки. Деформація ЧЕ реєструється тензOMETричними перетворювачами [5, 6].

Для керування ВУ розроблено програмний додаток, характерними особливостями якого є: інтуї-

новки, вимірювання вихідного сигналу витратоміра, оцінювання параметрів перехідного процесу та динамічних характеристик.

Комп'ютерно-інтегрована випробувальна установка

Для автоматизації, яка здійснена на базі комп'ютера та мікроконтролера, обрано імпульсну випробувальну витратомірну установку (рис. 1).

тивно-зрозумілий інтерфейс; можливість одночасного перегляду зміни у часі вхідного і вихідного сигналів випробуваного приладу.

Створений програмний додаток дозволяє: обирати режим проведення досліджень; налаштувати параметри випробування; проводити вимірювання зміни вихідного сигналу у часі; аналізувати отримані результати (рис. 2).

Установка має декілька режимів відтворення плинину робочого середовища (рис. 3, рис. 4):

- моделювання одиничного імпульсу витрати із різною тривалістю;
- моделювання серії імпульсів витрати із тривалістю та скважністю у широкому часовому діапазоні;
- стаціонарний за різної величини витрати.

При роботі у режимі одиничного імпульсу задається його тривалість; параметрами серії імпульсів є частота слідування, тривалість імпульсів і пауз (скважність). Тривалість імпульсів і пауз можна змінювати у межах від 0,01 до 10 мс.

Робота установки у стаціонарному режимі передбачає відтворення заданої, відповідно умовам дослідження, програмним комплексом величини витрати рідиннофазного середовища шляхом моделювання відповідної швидкості його плинину, від-

криття електромагнітного клапану і утримання його у цьому положенні до надходження команди «Стоп». Такий режим роботи ВУ дозволяє досліджувати засоби вимірювальної техніки за сталих витрат і оцінювати динамічні характеристики ЗВ за усталеного потоку.

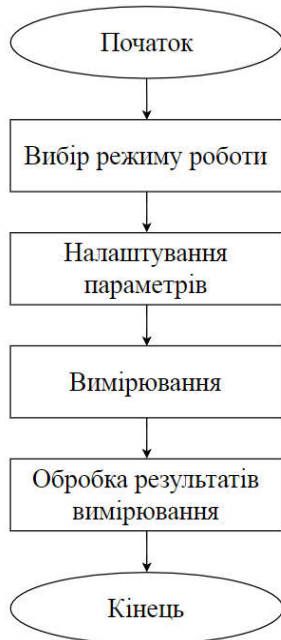


Рис. 2. Алгоритм проведення досліджень

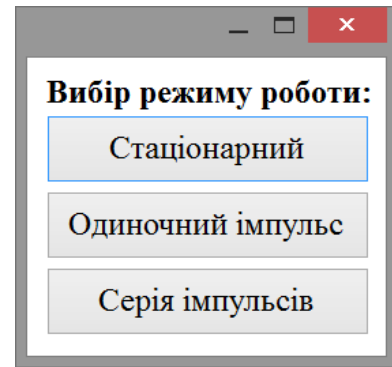
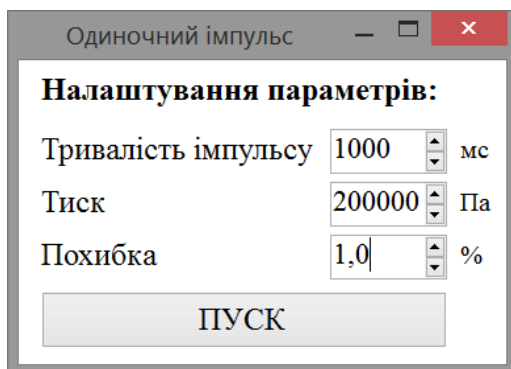


Рис. 3. Головна форма

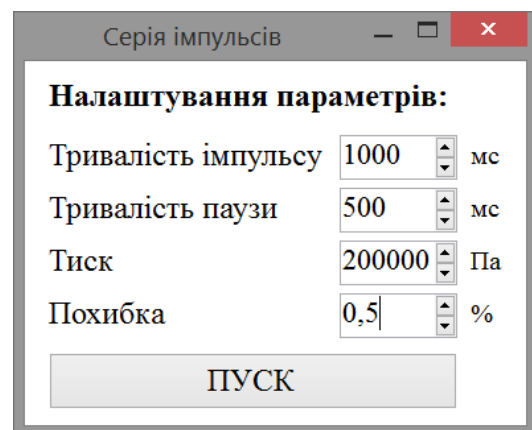
За будь-якого режиму роботи установки дослідження починається із моменту надходження команди «Пуск», що відкриває клапан та ініціює неперервний процес реєстрації вихідного сигналу ЗВ. Кожне виміряне значення вихідного сигналу випробуваного приладу передається на ЕОМ.

Ознакою завершення дослідження у режимі одиночного імпульсу є усталене значення вихідного сигналу ЗВ після закриття клапану. В інших режимах роботи ВУ – команда «Стоп».

При дослідженні характеристик ЗВ здійснюється синхронізація роботи пристроїв відтворення витрати і системи реєстрації вимірювальної інформації та її обробка відповідно до вимог нормативних документів.



а)



б)

Рис. 4. Налаштування параметрів: а) – одиночний імпульс; б) – серія імпульсів

Незалежно від режиму досліджень результати вимірювання зберігаються у файлі "res.txt".

Перейти до нового дослідження можна натисканням кнопки «ВИБІР РЕЖИМУ» (рис. 5); натискання кнопки «ОЦІНКА КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ» відкриває форму з результатами обчислень (рис. 6).

Отримані дані дозволяють визначити параметри

при перехідних процесів досліджуваного витратоміра для подальшої оцінки його якості.

Характер отриманої дослідним шляхом перехідної функції зумовлює алгоритм обробки експериментальних даних [7, 8]. У випадку гідродинамічних ЗВ витрати маємо чітко виражений коливний характер перехідного процесу [5, 6].

Критеріями якості перехідного процесу є: час перехідного процесу; час встановлення або час наростання перехідного процесу; перерегулювання; число коливань; частота коливань [7 – 10].

Коливний процес додатково характеризується часом t_M , за який регульована величина досягає максимального значення, і значенням x_{max} . Величини x_{max} і часу регулювання визначають область допустимих відхилень регульованої величини в перехід-

ному процесі [8].

Напівнатурні дослідження ВУ здійснені для гідродинамічного витратоміра DN15 (рис. 6).

За отриманими результатами досліджень ЗВ оцінюються їх реальні динамічні характеристики, це особливо важливо при використанні таких приладів у системах автоматики та керування різними технологічними процесами.

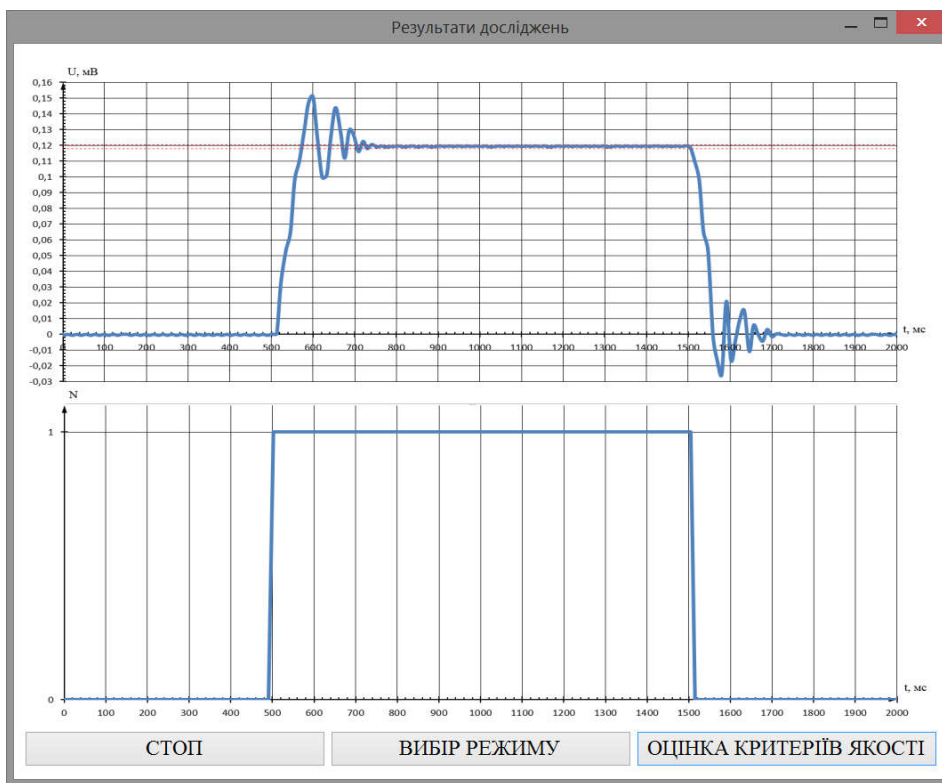


Рис. 5. Вікно результатів досліджень

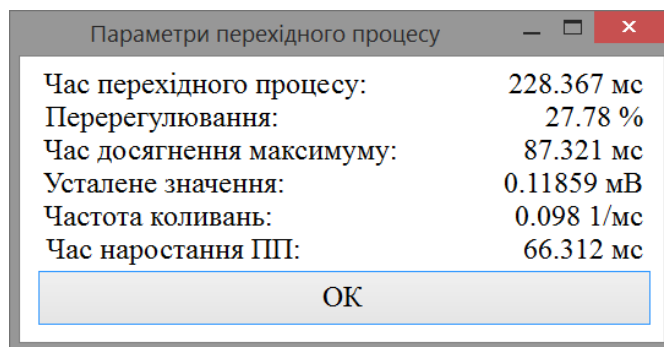


Рис. 6. Оцінка перехідного процесу

Висновки

Проведена модернізація ВУ дозволила: призначати режим здійснення досліджень; обирати алгоритм роботи установки; визначати параметри вхідного динамічного збурення; фіксувати результати вимірювання у режимі реального часу; здійс-

нювати обробку результатів, що надає можливість оцінювати динамічні якості ЗВ у широкому діапазоні умов їх експлуатаційного застосування.

Вдосконалена ВУ дозволяє ефективно здійснювати дослідження динамічних характеристик ЗВ витрати рідиннофазних середовищ, що базуються

на різних методах вимірювання.

Подальшу роботу буде спрямовано на уточнення алгоритмів визначення параметрів перехідного процесу.

Література

- [1] Test Benches Sensus [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://sensus.webdamdb.com/bp/#/search/50536010?q=%22Fully%20Automated%20Test%20Bench%22&filters=%257B%257D>
- [2] Автоматизированные поверочные установки для проверки преобразователей объемного и массового расхода, водосчетчиков, теплосчетчиков, объемных и массовых расходомеров-счетчиков жидкости // Экспозиция Нефть Газ. - 2012. № 2 (20). С. 46 – 47. [Електронний ресурс]. Доступно: http://www.s-ng.ru/pdf/main_1123.pdf
- [3] Б. В. Бирюков, М. А. Данилов, С. С. Кивилис, *Испытания расходомеров*. Москва, СССР: Изд-во стандартов, 1987.
- [4] А. В. Писарець, та А. С. Місяць, “Дослідження динамічних характеристик витратомірів” на XVII Міжнар. наук.-техн. конф. "ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи", Київ, 2018, с. 195 – 196.
- [5] І. В. Коробко, та А. В. Писарець, “Вплив гаусової кривизни поверхні чутливого елемента і гідродинамічних характеристик потоку на метрологічні показники перетворювачів витрати”, *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань “Машинобудування та металообробка”, “Інженерна механіка”, “Металургія та матеріалознавство”)*, № 48, с. 116 – 120, 2015.
- [6] І. В. Коробко, “Визначення коливальної маси чутливого елемента вимірювального перетворювача витрат гідродинамічного типу”, *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*, Вип. 4, Том 22, с. 87 – 93, 2003.
- [7] Дорф Р. и Бишоп Р. *Современные системы управления* / Пер с англ. Б. И. Копылова. Москва, Россия: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
- [8] Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Учеб. для машиностроительных вузов. Москва, СССР: Машиностроение, 1976.
- [9] ГОСТ 8.009-84. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. [Введ. 01.01.1986]. Москва, Россия: Изд-во стандартов, 1986.
- [10] ГОСТ 8.407-80. Расходомеры несжимаемых жидкостей. Нормируемые метрологические характеристики. [Введ. 01.01.1982]. Москва, СССР: Изд-во стандартов, 1983.

І. В. Коробко, А. В. Писарець, А. С. Місяць

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

АВТОМАТИЗАЦІЯ ІССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМІЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА ЖИДКОСТЕЙ

В работе представлены результаты усовершенствования оборудования для исследования динамических характеристик измерительных преобразователей расхода жидкостей. Определение быстродействия средств измерений расхода и количества жидкостей приобретает особое значение в связи с актуализацией проблем регистрации расхода и количества жидкостей при их быстропеременном как по градиенту, так и во времени, течении.

Одним из критериев оценки качества методов, приборов и систем измерения высокочастотных процессов является получение минимального значения динамической погрешности, – одной из главнейших метрологических характеристик, что положено в основу критерия синтеза таких средств измерения с оптимальными параметрами конструкции.

Это, в первую очередь, касается сфер, связанных с обеспечением жизнедеятельности человека, таких как медицина, фармакология, а также авиационной и ракетной техники при осуществлении широкого класса научных исследований и оптимизации технологических процессов.

В статье для оценки динамических свойств средств измерения расхода и количества жидкостей приведен предложенный алгоритм работы автоматизированной метрологической установки на базе микроконтроллера с применением современных информационных технологий.

Проведенная модернизация расходомерной установки позволяет: выбирать режим проведения исследований и алгоритм работы установки; определять параметры входного динамического воздействия; фиксировать результаты измерений в режиме реального времени; осуществлять обработку результатов, что дает возможность оценивать динамические качества средств измерений, имеющих различные принципы действия, в широком диапазоне условий эксплуатации.

Ключевые слова: расходомерная установка, автоматизация, динамическая характеристика, импульсный расход, гидродинамический преобразователь расхода.

I. Korobko, A. Pysarets, A. Misiats*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine***RESEARCH AUTOMATION OF FLUID FLOW TRANSDUCERS DYNAMIC CHARACTERISTICS**

In the article the results of the equipment improvement for the investigation of the dynamic characteristics of fluid flow measuring transducers are presented. The response time determination of the medium flow and quantity measuring instruments takes on special significance. This is due to the actualization of recording problems for liquids flow rate and quantity because of their rapidly varying along by gradient and by time.

One of the criteria for evaluating the quality of methods, instruments and measurement systems for highly dynamic processes is to obtain the minimum value of dynamic error - one of the most important metrological characteristic. This is the basis of the criterion for the synthesis such measuring instruments with optimal design parameters.

This first concerns field related with human maintenance like medicine, pharmacology, as well as aviation and rocket technology in a wide class of scientific research and optimization of technological processes.

In the article, shown proposed algorithm for the operation of an automated metrology test bench based on a microcontroller using modern information technologies to evaluate the dynamic characteristics of liquids flow rate and quantity measuring. The possibilities of the developed software for controlling the test bench operation, output signal measuring, estimating the parameters for the transient process and dynamic characteristics of the measuring instrument are considered.

The modernization of the test bench allows: select the research mode and the processing algorithm; determine the parameters of the input dynamic effects; record the measurement results in real time; process the results, which makes possible to evaluate the dynamic features of measuring instruments with different operation principles in a wide range of using conditions.

Keywords: test bench, automation, dynamic characteristic, pulse flow, hydrodynamic flow transducer.

Надійшла до редакції

18 жовтня 2018 року

Рецензовано

01 листопада 2018 року