

**Орлов О.І.**

Одеський національний політехнічний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ РІВНЯ ВОДИ В ГІДРАВЛІЧНІЙ ЄМНОСТІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РІВНЯ ВОДИ З РОЗРОБЛЕННЯМ НАУКОВОГО СТЕНДУ Й АПАРАТНИХ ПРИСТРОЇВ

*У статті досліджена модель автоматичної системи регулювання зміни рівня води в гідравлічній ємності з можливістю зміни завдання рівня і ступеня відкриття заслінок зливу і збурення витоку, математична модель зміни рівня води в гідравлічній ємності, розроблений програмний код для управління кутом повороту заслінок, включення і виключення насоса через реле напруги з використанням різних бібліотек, датчиків і модулів. Все це має вигляд навчального лабораторного стенду.*

*Технічна і програмна реалізація заснована на використанні сучасного мікропроцесорного комплексу Arduino Uno, який має широкий спектр прилеглих до нього можливостей налаштувань, бібліотек і евайсів, що робить його універсальним для багатьох об'єктів регулювання. Навчально-лабораторний стенд має замкнутий контур із відсутністю необхідності додавання рідини і можливості заповнення системи, витоку.*

*Науково-лабораторний стенд був зібраний на основі лабораторного столу, що дозволило розмістити досить об'ємні агрегати, не займаючи багато корисної площі. Габарити стенду і розміри ємностей дозволяють ефективно досліджувати перехідні процеси регулювання і вживати всіх необхідних заходів для управління об'єктом. Стенд оснащений широким екраном для візуалізації перехідних процесів регульованої величини і відображення положення заслінки, клавіатурою для завдання керуючого впливу і переміщення по меню управління стендом у реальному часі, пультом управління зміни завдання рівня.*

*Враховано можливість підключення до мікропроцесора Arduino для перепрограмування контролера, додані місця для можливості удосконалення стенду різними модулями і датчиками. Модернізація лабораторної бази для підготовки фахівців з автоматизації передбачає створення нових навчальних лабораторій для дослідження комп'ютерно-інтегрованих систем управління рівня рідини. Навчання студентів із використанням цієї лабораторної установки дозволить сформулювати необхідні практичні навички і виробити необхідні компетенції для їх майбутньої професійної діяльності.*

**Ключові слова:** автоматична система регулювання, зміна рівня води, гідравлічна ємність, математична модель, навчальний стенд.

**Постановка проблеми.** У багатьох галузях сучасної промисловості економічна і безпечна робота з високою продуктивністю технологічних процесів вимагає використання сучасних методів і приладів вимірювання, які стежать за станом обладнання і ходом процесів. Одним із таких завдань є контроль за рівнем і витратою рідини. В енергетичному, хімічному, нафтохімічному та нафтопереробному виробництвах, у харчовій промисловості, виробництві будівельних матеріалів, у системах екологічного моніторингу та в багатьох інших галузях вимірювання рівня рідин – один із ключових моментів, оскільки перелив або спустошення ємності може призвести до серйозних негативних наслідків.

Для контролювання зміни рівня використовують спеціальні датчики. Вони бувають декількох видів:

1. Поплавкові.
2. Електроодні.
3. Гідростатичні.
4. Радарні.
5. Ємнісні.

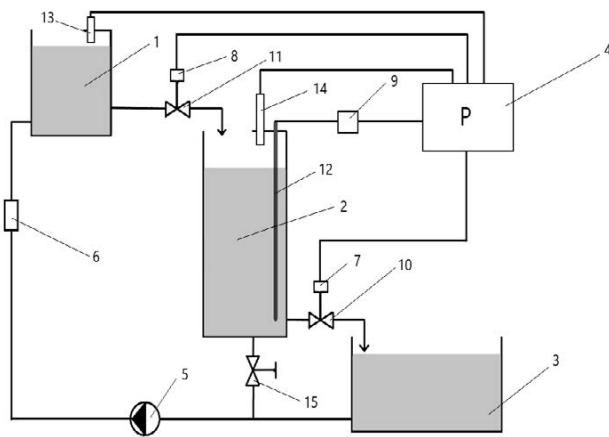
Перші три можна віднести до приборів контактного типу, оскільки вони безпосередньо взаємодіють із робочим середовищем (рідиною), четвертий та п'ятий – безконтактні.

**Постановка завдання.** Основною метою статті є розробка автоматизованої системи регулювання зміни рівня води в гідравлічній ємності з використанням сучасних засобів автоматизації, а саме мікропроцесорний комплекс Arduino Uno; розроблення інтерфейсу для ручного та автоматичного керування процесом; розроблення аспр та монтажу у вигляді навчального стенду.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Принципова схема розробленого стенду зображена на рис. 1. Установка складається з трьох ємностей, виконаних із оргскла, наповнених дистильованою водою. Загальна кількість дистильованої води – 10 л. Циркуляція рідини відбувається за допомогою насоса 5, знятого з пральної машини, потужністю 30 ватт. Регулювання рівня проходить у центральній ємності 2 розміром 10x10x35. Щоб уникнути переливання рідини в першій та другій ємностях, на їх краях встановлені запобіжні датчики 13 і 14, а об'єм ємності 3 вміщає в себе рідину з усього стенду. Надходження рідини з першої ємності в другу відбувається самопливом та обмежується заслінкою 11 зі сервоприводом 8. Між першою ємністю та насосом встановлений зворотній клапан 6, щоб запобігти потраплянню повітря в систему. У другій ємності встановлена силіконова трубка, яка слугує чутливим органом для датчика 9 тиску MPXV5050GP. Злив рідини з другої ємності також відбувається самопливом за допомогою заслінки 10 зі сервоприводом 7. Для збурення системи використовується клапан ручної дії 15. За регулювання всієї системи відповідає блок «Регулятор» 4, який складається із:

- основного блоку живлення 12В;
- реле вкл. /викл. насосу;
- дисплея для відображення інформації;
- джойстика управління меню на дисплеї;
- мікропроцесора Arduino Uno.



**Рис. 1. Принципова схема установки:**

- 1 – ємність для подачі рідини;
- 2 – ємність з регулюванням рівня; 3 – збиральна ємність; 4 – блок-регулятор Arduino Uno;
- 5 – насос; 6 – зворотній клапан; 7 – сервопривід на заслінці зливу; 8 – сервопривід на заслінці подачі; 9 – датчик тиску MPXV5050GP;
- 10 – заслінка зливу; 11 – заслінка подачі;
- 12 – чутливий орган датчика; 13, 14 – запобіжні датчики переливу; 15 – заслінка збурення

Стенд має два режими роботи – авто та ручний, які вмикаються в меню управління. При автоматичному режимі регулятор координує градус відкриття / закриття заслінок, а при ручному режимі – можна задати цей градус самостійно. Обидві заслінки відкриваються або закриваються за допомогою сервоприводів з інвертним регулюванням. Сервоприводи Towerpro MG996R мають живлення від 4,8 до 7,2 В та пусковий момент 10 кг\*см, який дає змогу легко повертати заслінку на 90 градусів. Циркуляційний насос живиться від 220 В та включається через кожні 50 с за допомогою реле SRD-05VDC-SL-C AC250V 10A, щоб наповнити ємність 1 до відсічки кінцевим датчиком 13.

Для вимірювання рівня був використаний п'єзрезистивний перетворювач MPXV5050GP – сучасний датчик тиску для широкого спектра застосувань, який добре працює з мікроконтролерами або мікропроцесорами з А / Ц входами. Весь процес був реалізований на базі Arduino Uno. Arduino Uno побудовано на мікроконтролері ATmega328 – це остання версія базової плати Arduino, а також перша за популярністю. Серія Un, яка відрізняється від попередніх плат тим, що не використовує мікросхему FTDI USB-to-serial перетворювача.

Мікроконтролер ATmega328 має 32 Кб флеш пам'яті, з яких 0,5 Кб використовується для зберігання завантажувача, а також 2 Кб ОЗУ (SRAM) і 1 Кб EEPROM. Основна інформація виводиться на дисплей ARDUINO LCD. Перше, що радує, – низька ціна, друге – наявність готових бібліотек під Arduino, але для підключення цього дисплея потрібен модуль ІС, І2С, TWI SPI, який використовується для роботи з 1602 ЖК-дисплеєм через інтерфейс ІС. Оскільки ресурсу контактів після підключення ряду модулів на контролері Arduino часто стає недостатньо, виникає необхідність у їх економії, наприклад за допомогою цього модуля. Вже на підключеному дисплеї бачимо кілька розділів меню:

- вибір режиму керування;
- положення сервоприводів;
- налаштування регулятора ПІД;
- меню задачі рівня.

За допомогою такого стенду отримані експериментальні криві розгону (рис. 2) по каналу управління (а) та каналу збурення (б).

Розроблений стенд функціонує згідно такого алгоритму: Так на початку роботи зі стендом вмикається реле пуску насосу та наповнюється перша ємність до відсічки. Після наповнення

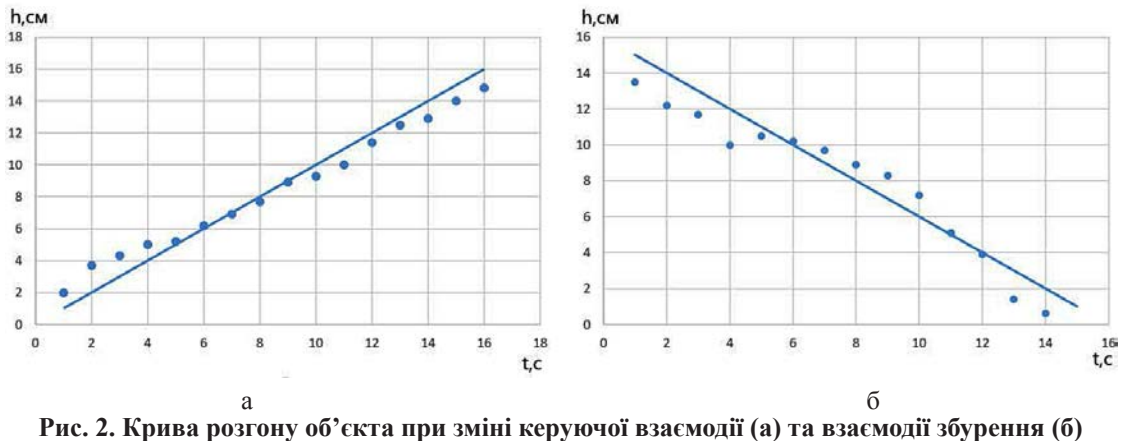


Рис. 2. Крива розгону об'єкта при зміні керуючої взаємодії (а) та взаємодії збурення (б)

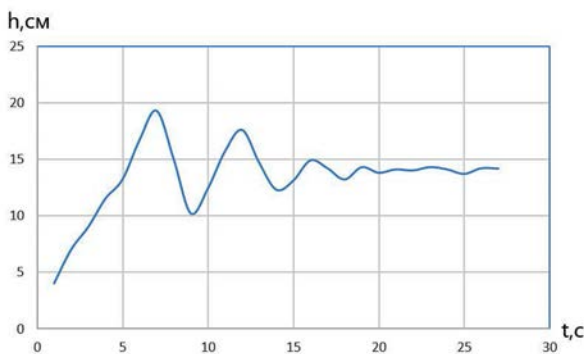


Рис. 3. Перехідний процес регулювання рівня при зміні завдання

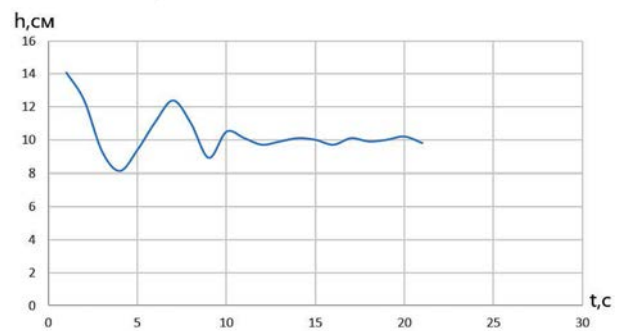


Рис. 4. Перехідний процес регулювання рівня при дії збурення

відкривається заслінка 11 на 100%, тобто 90 градусів, заслінка 10 закривається на 100%. Система реагує на показники датчика та передає інформацію на сервоприводи через контролер.

Розроблений стенд дозволяє отримувати дані, за якими можна побудувати графіки перехідних процесів регулювання, демонструє відмінну дію ПД закону регулювання [1, с. 174–175] у складі асп рівня (рис. 3, 4). Коли рівень досягає заданого значення (14 см), як це показано на рис. 3, сервопривід починає закривати подачу в другу ємність та відкривати злив у третю ємність.

При відкритті заслінки збурення, імітуючи відтік рідини з ємності та зміну заданого рівня, система реагує на зниження рівня – починає закривати заслінку зливу, відкривати заслінку подачі.

Через інвертне управління система реагує та виходить у задані значення в рази швидше, що показано на рис. 4.

**Висновки.** Такий стенд дає змогу використовувати його для проведення лабораторних робіт для студентів. Автор підтвердив, що використання платформи Arduino та допоміжних модулів розкриває великий спектр дій у галузі автоматизації, відкриває можливість створення лабораторних установок з іншими технологічними процесами.

На базі цього стенду був розглянутий технологічний процес регулювання зміни рівня води в гідравлічній ємності з розробкою програмного забезпечення та можливістю відображення й зміни даних для регулювання рівня води.

#### Список літератури:

1. Ложечников В.Ф., Михайленко В.С. Методи побудови адаптивних систем управління / Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. 2009. С. 174–179.
2. Беркович В.М., Горохов В.Ф., Татарніков В.П. Про можливість регулювання потужності енергосистеми за допомогою атомних електростанцій. Теплоенергетика. Вип. 6. 19 с.
3. Давыдов В.О., Крылов В.Н., Максимов М.В. Автоматизированная система распознавания / Искусственный интеллект. 2002. С. 462–469.

4. Тодорцев Ю.К., Бундюк А.М., Ларіонова О.С. Математична модель контуру теплопостачання когенераційної енергетичної установки / Автоматика, автоматизація, електротехнічні комплекси та системи. 2009. С. 8–11.

**Orlov O.I. MODELING THE CHANGE IN WATER LEVEL IN A HYDRAULIC CAPACITY AND RESEARCHING A COMPUTER-INTEGRATED WATER LEVEL CONTROL SYSTEM, WITH THE DEVELOPMENT OF A SCIENTIFIC STAND AND HARDWARE DEVICES**

*This article explores a model of an automatic control system for changing the water level in a hydraulic tank with the possibility of changing the level and degree of opening of the drain valves and disturbances simulating a leak, a mathematical model of changing the water level in a hydraulic tank, a program code is developed to control the angle of rotation of the valves, the on time and shutting down the pump through a voltage relay using various libraries, sensors and modules. All of the above has the appearance of an educational laboratory stand.*

*The technical and software implementation is based on the use of the modern Arduino Uno microprocessor complex, which has a wide range of settings, libraries and devices adjacent to it, which makes it universal for many regulatory objects. The training laboratory bench has a closed circuit with no need to add fluid and the possibility of airing the system, and the possibility of leakage. The scientific and laboratory stand was assembled on the basis of a laboratory table, which made it possible to place rather voluminous units without occupying much useful area.*

*The dimensions of the stand and the dimensions of the tanks allow you to effectively explore the transient processes of regulation and take all necessary actions to manage the facility. This stand is equipped with a wide screen for visualizing transients of adjustable magnitude and displaying the position of the shutter; a keyboard for setting the control action and moving through the stand control menu in real time, and a control panel for changing the level setting.*

*The possibility of connecting to the Arduino microprocessor for reprogramming the controller has been taken into account, places have been added for the possibility of improving this stand with various modules and sensors. The modernization of the laboratory base for the training of automation specialists involves the creation of new educational laboratories for the study of computer-integrated fluid level control systems. Teaching students using this laboratory setup will allow you to create the necessary practical skills and develop the required competencies for the future professional activities of students.*

**Key words:** *automatic control system, water level change, hydraulic capacity, mathematical model, training stand.*