



Матус С. К., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПОЛИВОМ

У роботі наведено результати розробки контролера поливу для систем керування крапельним зрошенням. Розроблено апаратну складову системи керування, програмне забезпечення мікропроцесорного пристрою та інтерфейс користувача. Запропоновано конструкцію контролера, яка є максимально універсальною, що дозволяє підключати різноманітні датчики без необхідності використання окремих проміжних перетворювачів та можливістю розширення кількості каналів керування водовипускними клапанами.

Ключові слова: контролер поливу; мікропроцесорний пристрій; система керування; програмне забезпечення; краплинне зрошення.

Вступ. У життєдіяльності ґрунтової біоти, формуванні і розвитку ґрунтових режимів важливу роль відіграє волога, її вміст у ґрунті може змінюватися в досить широкому діапазоні протягом вегетації. Якщо вологість ґрунту в кореневмісному шарі перебуває у оптимальному діапазоні [1], визначеному на кожному етапі розвитку, тоді рослина в змозі задовольнити свої потреби у воді і поживних речовинах. Надзвичайно актуальним є управління вологозабезпеченістю рослин, що зведене до підтримання заданих вологозапасів з урахуванням динаміки факторів зовнішнього середовища за умови правильно організованого режиму зрошення, формування якого вимагає оперативної інформації про стан вологи та її доступність рослинам у будь-який час вегетаційного періоду.

Краплинне зрошення – спосіб поливу, коли вода через розгалужену мережу магістральних, розподільних, ділянкових і поливних трубопроводів та краплинні водовипуски подається локально безпосередньо у ґрунт. Цей спосіб поливу придатний для використання як на відкритих, так і закритих ділянках різного розміру, на ділянках зі складним рельєфом, на ґрунтах високої водопроникності, у випадках дефіциту зрошувальної води. Краплинне зрошення реалізує раціональне використання водних ресурсів порівняно з іншими традиційними способами (дощуванням,

поверхневим поливом), є більш енергоощадливим, завдяки тому, що система працює за більш низького тиску [2]. Переваги крапельного поливу можуть бути реалізовані лише за умови дотримання чітко визначених та стандартизованих вимог до технологічного процесу [3; 4], ефективність якого підтверджує щоденне коригування поливних норм із врахуванням впливу випадкових змінних погодних факторів і такий підхід є основою точного землеробства. Технологія точного землеробства, як засіб створення оптимальних умов для розвитку рослин при мінімізації негативних процесів та збереженні родючості ґрунтів, досить широко розробляється і впроваджується у різних країнах світу. Це один із прикладів комплексного застосування інформаційних технологій у виробничому процесі [5].

Аналіз публікацій. Стратегія управління вологозабезпеченістю рослин та реалізація ефективного способу поливу базується на використанні нових методів керування із застосуванням сучасних технічних засобів автоматизації. На сьогодні, інтелектуальні або розумні технології зрошення розглядаються як перспективний інструмент для економії водних ресурсів та підвищення врожайності, вони можуть працювати без втручання людини. Для реалізації ефективного функціонування систем використовується комплекс інноваційних інструментів: штучний інтелект (Artificial Intelligence), дрони, Інтернет речей (Internet of Things), великі дані (Big Data) [6–7]. Роботу контролера поливу на основі нечіткої логіки описано у роботі [8], що дозволило зменшити втрати зрошувальної води на 30% та оптимізувати енергоспоживання. В роботі [9] наведено приклад використання у точному землеробстві бездротової сенсорної мережі, ефективність роботи та тривалість функціонування якої забезпечує вибраний для певних умов вимірювання протокол APTEEN. Також у роботі [10] проаналізовані практичні підходи до застосування бездротової мережі на базі протоколу LoRaWAN та його придатності у порівнянні енерговитрати-дальність передачі для моніторингу метеопараметрів, вологості ґрунту на зрошувальних землях.

Незважаючи на велику кількість готових рішень систем поливу, вони не завжди можуть задовольнити запити користувачів. Інтенсивний розвиток електроніки, наявність різноманітних датчиків є потенціалом для розробки нових сучасних систем, пристроїв.

На ринку України представлені контролери для автоматичного поливу відомих компаній Hunter та Rain Bird. Компанія Hunter випускає більше двох десятків моделей контролерів поливу під різноманітні завдання. В більшості це професійні контролери, які організовують полив великої кількості зон при використанні



додаткових модулів розширення, вони є автономними, не вимагають підведення централізованого електроживлення, якісні і надійні в роботі при будь-яких погодних умовах. Контролери компанії Rain Bird досить прості у налаштуваннях, планують полив, мають можливість створювати графіки поливу для кожної зони та незалежно програмувати роботу кожного клапану, що дозволяє економно витратити воду.

Основними недоліками наявних на ринку контролерів поливу є їх висока вартість, часто неможливість підключення периферії від стороннього виробника, відсутність популярних цифрових інтерфейсів. Можливість підключення лише одного типу клапанів для системи поливу. Якщо контролер поливу має можливість підключення аналогових датчиків, то він належить до професійного сегменту і його ціна тоді в рази вища. Щодо програмного забезпечення (ПЗ), то зазвичай воно закрите.

Постановка завдання. Запропонувати технічне рішення для систем краплинного зрошення з використанням універсального контролера поливу, що полягає у розробці апаратної складової системи керування, програмного забезпечення мікропроцесорного пристрою та інтерфейсу користувача.

Основна частина. Поливна мережа системи краплинного зрошення складається з магістральних, розподільчих та поливних трубопроводів з крапельницями, на кожному поливному трубопроводі встановлюються водовипускні клапани [3]. Керування такою системою зводиться, в основному, до забезпечення необхідної послідовності зволоження окремих ділянок і тривалості їх зрошення. Поливний режим залежить від виду рослин, стадії їх розвитку, ґрунтових, кліматичних, рельєфних та інших характеристик ділянок [4].

Контролер поливу забезпечує автоматичне або дистанційне керування роботою виконавчих механізмів окремих водовипусків системи, виконуючи такі функції: проводить полив за заданою програмою, у визначеній послідовності розподіляє воду між зрошувальними ділянками, вибирає першочергову ділянку для поливу, забезпечує циклічний режим роботи, включається в заданий проміжок (час поливу), не вмикається, якщо починаються інтенсивні опади або температура повітря опускається за критичний мінімум.

Розроблена апаратна частина системи керування, яка представлена мікропроцесорним пристроєм (рис. 1), який складається з наступних функціональних блоків: мікроконтролерів, блока живлення, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), аналогових мультіплексорів, розширювачів входів/виходів,

годинника реального часу, драйверів клапанів та індикації, зовнішньої пам'яті, прийомопередавачів інтерфейсів. Наявність цифрових інтерфейсів CAN, RS232, RS485, I2C, SPI забезпечує підключення різних датчиків без необхідності використання проміжних перетворювачів. Для підключення однотипних датчиків з інтерфейсом I2C/TWI використовується 8-канальний мультиплексор шини.

Програмним забезпеченням контролера підтримуються протоколи Modbus RTU/Modbus ASCII/Profibus-DP.

Основою системи є мікроконтролер ESP32, це серія недорогих енергоефективних систем із вбудованим Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє встановлювати зв'язок з датчиками метеопараметрів, вологості ґрунту та здійснювати підключення до мережі Інтернет і керувати системою віддалено, наприклад через мобільний додаток. Контролером поливу передбачено підключення до 16-ти водовипускних клапанів з незалежним керуванням (16 зон).

Розробка програмного коду виконувалась у середовищі Visual Studio Code з використанням платформи PlatformIO – це міжплатформне, міжархітектурне, багатофункціональне середовище.

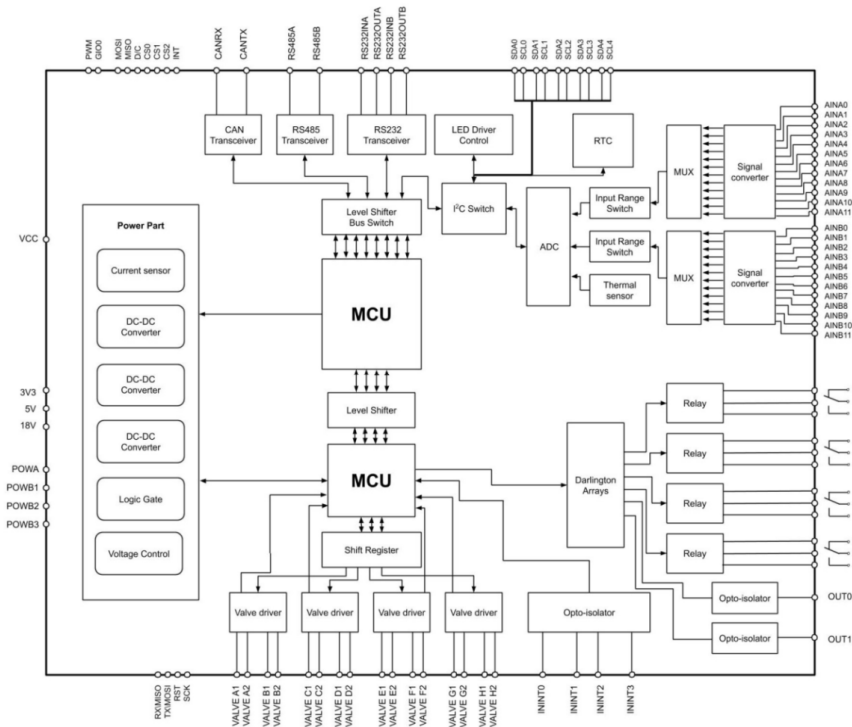


Рис. 1. Структурна схема контролера поливу

Розроблене програмне забезпечення можна розділити на три основні частини: ядро, інтерфейс користувача, програма сервер.

Ядро забезпечує виконання наступних операцій: контроль за станом системи, опитування датчиків, виконання повторюваних завдань, циклічний режим роботи.

Перед програмним забезпеченням графічного інтерфейсу поставлено такі завдання: динамічне оновлення та відображення стану поливних контурів (ділянок), відображення помилок/попереджень та інших діагностичних даних, відображення даних з датчиків, відображення статистичної інформації, зручність взаємодії з користувачем, інтуїтивність.

Серверна частина програмного забезпечення відповідає за роботу мобільного та веб клієнта, збір, обробку, збереження та відправку інформації, забезпечення віддаленої взаємодії з контролером.

Розроблений інтерфейс користувача. Головна сторінка, так званий дашборд, містить інформацію про метеорологічні параметри, витрату води, з можливістю перегляду історії у вигляді інтерактивних графіків, рис. 2.

Розроблений контролер поливу є доступним бюджетним технічним рішенням для систем керування крапельним зрошенням, достатньо функціональним, включаючи сумісність із різноманітними датчиками метеопараметрів, вологості ґрунту, можливістю розширення кількості каналів програмного керування водовипускними клапанами різних типів. Надійний пристрій з простим і легким керуванням. Управління здійснюється дистанційно, змінюючи налаштування і режими поливу, що дозволяє раціонально використовувати водні та енергетичні ресурси.

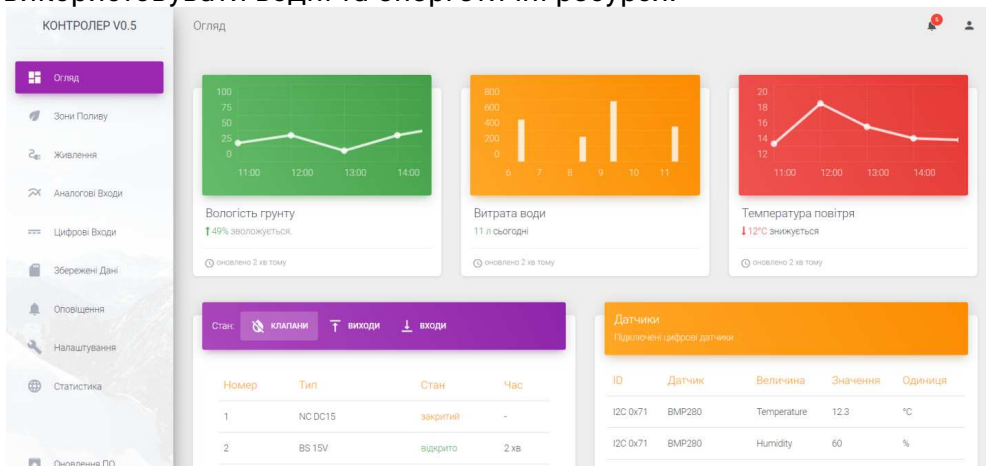


Рис. 2. Дашборд (інформаційна панель)

1. Ромащенко М. І., Корюненко В. М., Муромцев М. М. Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензіометричного методу. Київ : ТОВ ДІА, 2012. 71 с. 2. Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Конаков Б. І., Бабіцький В. В., Васюта В.В. Дощування та краплинне зрошення: особливості застосування в сучасних умовах. *Меліорація і водне господарство*. 2016. Вип. 103. С. 77–83. 3. Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи визначення технологічних параметрів : посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди». Київ : ДІА, 2015. 200 с. 4. ДСТУ 7887:2015. Зрошення. Строки та норми поливу сільськогосподарських культур за краплинного зрошення. Методи визначення. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 14 с. 5. Сидоренко В. Застосування інформаційних технологій у розвитку систем зрошення. *Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. 2018. № 23 (37). С. 182–192. 6. Muangprathud J., Boonnam N., Kajornkasirat S., Lekbangpong N., Wanichsombat A., Nillaor P. IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 156. P. 467–474. 7. Sjaak Wolfert, Lan Ge, Cor Verdouw, Marc-Jeroen Bogaardt. Big Data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*. 2017. Vol. 153. P. 69–80. 8. Supriya Jaiswal, Makarand S. Ballal Fuzzy inference based irrigation controller for agricultural demand side management. *Computer and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 175. 9. Sherine M. Abd El-kader, Basma M. Mohammad El-Basioni. Precision farming solution in Egypt using the wireless sensor network technology. *Egyptian Informatics Journal*. 2013. Vol. 14(3). P. 221–233. 10. Ковальчук В. П., Матяш Т. В., Книш В. В., Войтович О. П., Крученко А. В. Застосування інтернету речей (IoT) за використання протоколу LORAWAN для моніторингу зрошувальних земель. *Меліорація і водне господарство*. 2019. № 2. С. 130–139.

REFERENCES:

1. Romashchenko M. I., Koriunencko V. M., Muromtsev M. M. Rekomendatsii z operatyvnoho kontroliu ta upravlinnia rezhymom zroshennia silskohospodarskykh kultur iz zastosuvanniam tenziometrychnoho metodu. Kyiv : TOV DIA, 2012. 71 s. 2. Romashchenko M. I., Shatkovskiy A. P., Konakov B. I., Babitskiy V. V., Vasiuta V.V. Doshchuvannia ta kraplynne zroshennia: osoblyvosti zastosuvannia v suchasnykh umovakh. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. 2016. Vyp. 103. S. 77–83. 3. Systemy kraplynnoho zroshennia. Zahalni tekhnichni vymohy ta metody vyznachennia tekhnolohichnykh parametriv : posibnyk do DBN V.2.4-1-99 «Melioratyvni systemy i sporudy». Kyiv : DIA, 2015. 200 s. 4. DSTU 7887:2015. Zroshennia. Stroky ta normy polyvu silskohospodarskykh kultur za kraplynnoho zroshennia. Metody vyznachennia. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2016. 14 s. 5. Sydorenko V. Zastosuvannia informatsiinykh tekhnolohii u rozvytku system zroshennia. *Zbirnyk naukovykh prats UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho*. 2018. № 23 (37). S. 182–192. 6. Muangprathud J., Boonnam N.,



Kajornkasirat S., Lekbangpong N., Wanichsombat A., Nillaor P. IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 156. P. 467–474. **7.** Sjaak Wolfert, Lan Ge, Cor Verdouw, Marc-Jeroen Bogaardt. Big Data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*. 2017. Vol. 153. P. 69–80. **8.** Supriya Jaiswal, Makarand S. Ballal Fuzzy inference based irrigation controller for agricultural demand side management. *Computer and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 175. **9.** Sherine M. Abd El-kader, Basma M. Mohammad El-Basioni. Precision farming solution in Egypt using the wireless sensor network technology. *Egyptian Informatics Journal*. 2013. Vol. 14(3). P. 221–233. **10.** Kovalchuk V. P., Matiash T. V., Knysh V. V., Voitovych O. P., Krucheniuk A. V. Zastosuvannia internetu rechei (IoT) za vykorystannia protokolu LORAWAN dlia monitorynhu zroshuvalnykh zemel. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. 2019. № 2. S. 130–139.

Matus S. K., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DEVELOPMENT OF THE CONTROLLER FOR AUTOMATIC CONTROL OF IRRIGATION

The article presents the results of research and development of the irrigation controller for drip irrigation control systems. The hardware control component and microprocessor device software and user interface are developed. The hardware of the control system is represented by a microprocessor device, which consists of the following functional units: microcontrollers, power supply unit, analog-to-digital converter, analog multiplexers, input/output expanders, real-time clock, display driver, memory, transceivers interfaces CAN, RS232, RS485, I2C, SPI. The system is based on microcontroller with Wi-Fi and Bluetooth wireless interfaces. Wireless connections are used to connect to sensors or connect to the Internet and control the system remotely, for example through a mobile application.

The designed device unit is versatile as possible for connecting various sensors without using additional intermediate transducers. The irrigation controller provides connection of up to 16 water outlet valves with independent control (16 zones). The following types of valves are supported: alternating current, direct current (monostable and bistable).

The software code was developed in the Visual Studio Code environment. The algorithm of the software operation and the schedule of its structure are given, which contains three main parts:

the kernel, the user interface, the program server. The basic control code task occurs when managing the periphery, monitoring the watering system state, sensors survey, ensuring the cyclic mode of the system operation. The user interface software implements dynamic updates and displays the watering areas current status, data from sensors and statistical information, displays errors or warnings. The software server part is responsible for the operation of the mobile and web client, collecting, processing, storing and sending information, providing remote interaction with the controller. If the connection is lost, the system can continue to run completely. The software of this controller support protocols Modbus RTU/Modbus ASCII/Profibus-DP.

***Keywords:* irrigation controller; microprocessor device; control system; software; drip irrigation.**