

О. В. МНУШКА, ас., ХНАДУ, Харків

АРХІТЕКТУРА ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОЇ SCADA-СИСТЕМИ

Проаналізовано особливості застосування систем SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) та технологій Інтернету речей в умовах переходу промисловості до Індустрії 4.0. Показано, що використання веб SCADA забезпечує більшість вимог до таких систем та є масштабованим рішенням на всіх її рівнях. Розроблено та реалізовано веб-SCADA, компоненти якої працюють на одноплатних комп'ютерах типу Raspberry Pi, визначені вимоги до технічних характеристик компонентів системи. Лл.: 5. Бібліогр.: 15 назв.

Ключові слова: веб; SCADA; Інтернет речей; Індустрія 4.0; Raspberry Pi.

Постановка проблеми. Модернізація бізнесу на шляху до Індустрії 4.0 здійснюється за рахунок впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій (ІКТ) на всіх етапах виробництва та сервісу. Завдяки ІКТ життєвий цикл продуктів буде починатися від вибору моделі, кольору, складу та інших характеристик виробів до повсякденної взаємодії персоналізованих пристроїв поміж собою [1].

Першим етапом переходу від Індустрії 3.0 до Індустрії 4.0 є автоматизація технологічних процесів на основі технологій Інтернету речей (ІоТ) та промислового Інтернету речей (ІіоТ) [2, 3]. Такому переходу сприяє в першу чергу розвиток двох груп технологій:

- технологій бездротового зв'язку (Wi-Fi (802.11) LPWAN(LoRa, Sigfox), 802.15.3, 802.15.4 (ZigBee, 6LoWPAN, WirelessHART) та ін.);
- технологій мобільного зв'язку четвертого (4G) і п'ятого (5G) поколінь (в умовах України – третього (3G) та четвертого). Мережі 4G за можливостями передавання даних є на рівні локальних мереж Ethernet (802.3). Якісно новий рівень сервісів ІоТ мають забезпечити технології 5G як за рахунок ще більших швидкостей, так і за рахунок нових можливостей безпосередньої комунікації між пристроями (device-to-device), що дозволить їм об'єднуватися у самокеровані мережі.

Розвиток означених технологій дозволяє використовувати Інтернет як канал для передачі технологічних даних та використовувати веб-технології для побудови автоматичних систем керування технологічними процесами (або SCADA) та надання доступу до даних на будь-яких пристроях в будь-якій точці Землі за умови наявності Інтернету [4].

На транспорті за допомогою SCADA розв'язують складні логістичні питання перевезення вантажів та пасажирів. В енергетиці – для віддаленого керування енергетичними установками; для контролю

перебігу технологічних процесів добування нафти та газу; для автоматизації різних технологічних процесів, в т.ч. для контролю холодильного обладнання, облаштування "розумного будинку", процесів збирання інформації про спожиті енергоносії тощо [5 – 7].

Велике різноманіття віддалених систем контролю, автоматизації та телематики обумовлене масштабами та комплексністю задач, що вирішуються. У зв'язку з цим необхідна побудова універсальної системи віддаленого контролю та управління на основі використання веб-технологій з можливістю її адаптації під потреби малого та середнього бізнесу.

Аналіз літератури. Умовно функціонал SCADA-систем ділять на декілька рівнів, у найпростішому випадку на два – верхній (ВР), на якому аналізується інформація та приймаються рішення (оператором або автоматично), та нижній (НР), що забезпечує збирання даних від пристроїв або датчиків та передавання їх на верхній рівень.

За оцінками одного з розробників програмно-апаратних комплексів диспетчеризації технологічних процесів (<http://www.redpine.pro>) для такої архітектури на долю базових компонентів верхнього рівня приходиться до 55 – 60 % (в тому числі програмне забезпечення (ПЗ) – до 40%), а на долю компонентів нижнього рівня – 40 – 45 відсотків (ПЗ – до 25%). Таким чином, загальна значимість ПЗ складає до 65 відсотків. Для зменшення витрат на підтримання інфраструктури верхнього рівня можуть використовуватися хмарні рішення та сервіси [8, 9]. Найбільше поширення подібні системи отримали в нафтогазовій галузі за необхідності здійснювати сервісний моніторинг та керування обладнанням, що розташовано у важкодоступних місцях та на великих відстанях від населених пунктів. Поступово вони поширюються на комунальне господарство та різні види виробництва, в т.ч. для тваринництва, агропромислового бізнесу, систем логістики, телематики тощо. Використання хмарних сервісів для потреб великого та середнього бізнесу може бути економічно невиправданим за рахунок високих цін на подібні послуги, особливо коли потрібно здійснювати моніторинг та керування у режимі 24/7.

У [10] проаналізовано можливість реалізації SCADA у архітектурі "клієнт-сервер" на основі використання веб-технологій. Запропоновано трирівневу архітектуру системи, що складається: з серверу бази даних, веб-серверу (серверу додатків) та клієнтів. У якості клієнтів системи використовують веб-браузери та інтелектуальні віддалені термінальні модулі, що забезпечують збирання даних із датчиків та передавання даних на сервер.

Всі функції SCADA розподілено на відповідні набори компонентів

веб-сервера додатків, що забезпечує гнучкість запропонованої системи. Основними проблемами запропонованої архітектури є питання безпеки та забезпечення керування у режимі реального часу. Для вирішення першої проблеми запропоновано використати можливості IIS та Windows, а другої – за допомогою відповідних real-time розширень операційної системи. Серверна частина реалізована за допомогою технологій ASP та REST API.

Перевагою запропонованого підходу є те, що система може бути гнучкою та масштабованою за рахунок декомпозиції, доступ до системи забезпечено з декількох комп'ютерів через локальну або глобальну мережу. Недоліки: проблеми з розподіленням доступу та одночасним доступом у систему, проблеми безпеки даних, що знаходяться у кеші браузера, складність із обмеженням дій користувача, що не пов'язані із роботою у SCADA, негарантовані канали зв'язку, у випадку підключення контролерів через мобільні мережі.

У [11] наведено архітектуру та проаналізовано можливості застосування системи NP, що складається із сенсорної мережі ZigBee, контролера мережі на основі FPGA та комунікаційного модуля Sim300, що забезпечує передавання даних на сервер за допомогою GPRS Інтернету. Перевагами наведеного підходу є мініатюрна конструкція, що дозволяє класифікувати контролер як вбудовану систему, можливість побудови масштабованих рішень та відсутність з'єднувальних ліній між контролером та сенсорами. Недолік – мала пропускна здатність каналу зв'язку між контролером та сервером, не описані протоколи взаємодії між сервером та контролером.

У [12] запропоновано ресурсно-орієнтовану архітектуру для побудови веб-орієнтованої SCADA та наведено приклад її реалізації в Mango M2M. У розрізі запропонованої архітектури ресурси – це набір компонентів системи, доступ до яких здійснюють за допомогою відповідних URL. Показано, що можливо використовувати принципи REST для побудови такої системи. Показано, що веб-орієнтовані системи не можуть використовуватися для систем із гарантованим часом реакції на події у системі. Для побудови серверної частини та протоколу обміну використані REST API, що дозволяє використовувати стандартні засоби розробки та протокол обміну на основі HTTP. Недоліком запропонованої архітектури є те, що використання для захисту протоколу HTTPS вимагає з'єднання типу "точка-точка", що вимагає додаткових засобів захисту для компонентів.

У [13] запропоновано сервіс-орієнтований підхід до побудови SCADA-систем для задач керування, контролю та візуалізації різнорідних систем. Система складається із трьох рівнів: доступу до даних,

сервісного та відображення. На рівні подання клієнти взаємодіють із системними сервісами за допомогою SOAP XML або RESTful JSON веб-сервісів. Для побудови інтерфейсу користувача використано AJAX та JQuery, що дозволило побудувати інтерактивний динамічний інтерфейс користувача. Для того, щоб мати можливість використовувати AJAX, було розроблено сервісний контролер, що використовується для виконання міждомених викликів callback-функцій. До переваг запропонованого підходу віднесемо: узагальнений підхід на основі сервісів, що дозволяє використовувати подібну систему для розв'язання різнотипних задач моніторингу та керування; можливість економити трафік на клієнті та знизити навантаження на сервер системи. До недоліків – обов'язкове використання JavaScript у браузері клієнта; складності із контролем цілісності даних; ускладнена інтеграція із стандартними засобами браузера.

У [14] наведено приклад використання платформи Raspberry Pi у якості програмованого контролера (PLC). Для забезпечення процесу керування використано ПЗ Codesys IEC 61131-3. Для збирання даних із об'єкта керування використано наявні на платі контролера GPIO, додаткові реле та комунікаційні порти. Система складається із інтерфейсу користувача (HMI), побудованого за допомогою CODESYS WebVisu, що дозволяє керувати системою віддалено, за допомогою веб-браузера. ПЗ контролера розроблено на підмножині IEC 61131-3 – мові LD (мові релейних схем). Перевагами запропонованого підходу є реалізований локальний контролер, що забезпечує автоматизацію керування, до недоліків – відсутність централізованої SCADA, що не дозволяє керувати одночасно декількома об'єктами. Запропонований варіант є прототипом для реалізації обладнання нижнього рівня в нашій системі.

Таким чином, існує багато різних підходів до побудови веб-орієнтованих SCADA-систем. Загальним є розділення функцій системи на декілька, здебільшого три рівня, та використання сучасних технологій побудови інтерактивних сторінок (AJAX, JavaScript та ін.). Для платформ на основі Microsoft Windows здебільшого використовують веб-сервіси на основі платформи ASP.NET та MS SQL Server, для інших – різні поєднання систем керування базами даних (PostgreSQL, MySQL та ін.) та мов програмування (python, php, node.js – для серверної частини, JavaScript (React, Angular, Vue та ін.) для клієнта). Найбільшими проблемами подібних систем є захищеність даних та коду, а також практична неможливість працювати у режимі "реального часу".

Мета статті. Розробка та аналіз архітектури та прототипу веб-орієнтованої SCADA-системи на основі використання технологій бездротової передачі даних у мережах другого-четвертого поколінь.

Архітектура веб-орієнтованої SCADA-системи. Проаналізуємо потоки даних у системі, що проектується (рис. 1). Клієнтами системи будуть як звичайні користувачі пристроїв ІОТ, так підприємці, яким потрібно керувати деяким виробничим процесом. Мінімальний набір даних, що буде передаватися у системі "Параметри (значення)" та "Параметри (уставки)". Інші потоки даних можуть бути реалізованими у будь-яких комбінаціях. "Аналітика" може бути представленою у вигляді таблиць та графіків із візуальними маркерами. Формування умов для прийняття рішення в даному випадку – основна задача системи. Для спрощення системи автоматичне прийняття рішень є функцією тільки програмованих логічних контролерів (ПЛК), це ж дозволяє вирішити проблему реакції на події системи у режимі "реального часу".

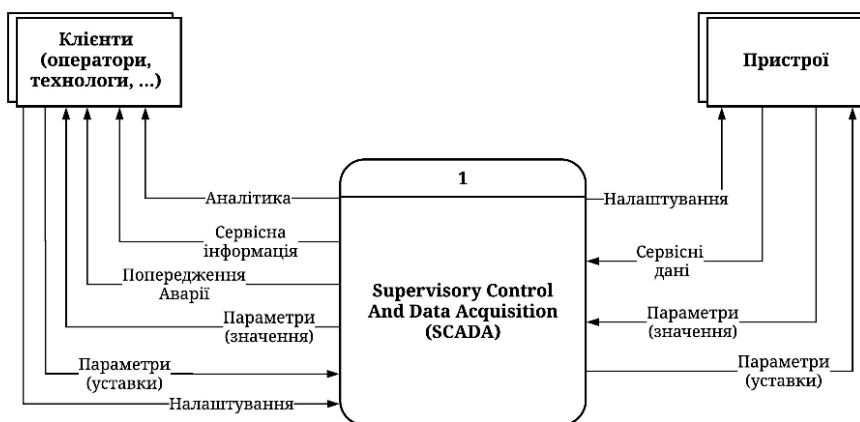


Рис. 1. Потоки даних у системі

Діаграми потоків даних для параметрів (значень, рис. 2 і уставок, рис. 3) дозволяють визначити набір функціональних модулів системи.

Для прискорення обміну як на стороні пристрою, так і на стороні клієнтів передбачено кешування даних. Зважаючи на те, що обладнання ІП є менш потужним, кешування на цьому рівні може бути реалізованим у вигляді черг (FIFO).

Використання REST API визначає набір операцій, типів даних та шаблонів проектування, тому при проходженні між різними функціональними блоками, дані трансформуються у найбільш зручну форму (текстова, бінарна, JSON тощо).

За винятком потоку даних "Аналітика", всі інші потоки функціонують аналогічно розглянутим.

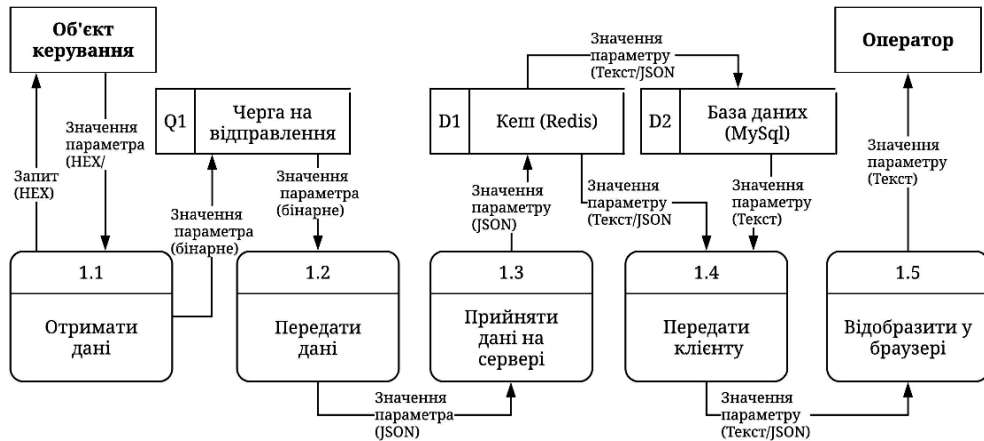


Рис. 2. Потоки даних у системі для передавання поточних значень

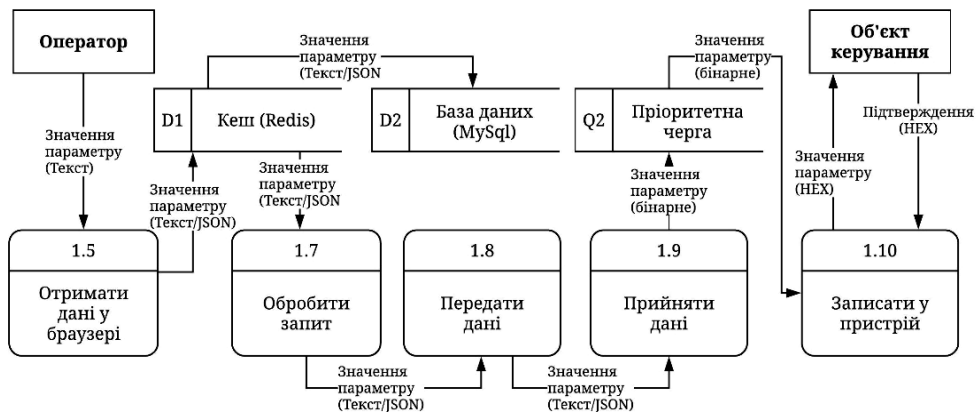


Рис. 3. Потоки даних у системі для передавання поточних уставок

Для розробленої системи об'єктом керування може бути будь-яке обладнання, що підтримує один із стандартних промислових протоколів обміну (реалізовано підтримку Modbus). В залежності від призначення апаратне забезпечення нижнього рівня може мати декілька портів Modbus, аналогові входи ($\pm 20\text{mA}$, $0 - 20\text{mA}$, $4 - 20\text{mA}$) та виходи, цифрові входи та виходи, що дозволяє підключити не тільки устаткування, але й різні сенсори та модулі розширення інтерфейсів.

Для таких систем велику значимість має середовище передавання даних. Для віддалених об'єктів єдиним прийнятним засобом передачі даних є мережі мобільного зв'язку та Інтернету. Наразі в Україні за зоною

покриття переважають технології 2G (до 89 кбіт/с) та 3G (до 3 Мбіт/с і вище). З урахуванням вище сказаного, структуру клієнтської частини – інтеграційно-комунікаційного контролера (ІКК) приведено на рис. 4. ІКК складається з одноплатного комп'ютера (нижні моделі Raspberry Pi або Orange Pi Lite), портів введення/виведення, інтерфейсів WiFi та Bluetooth, зовнішнього радіомодуля. Одноплатний комп'ютер керується ОС Linux, що дозволяє значно скоротити процес розробки та перенесення програмного забезпечення ІКК.

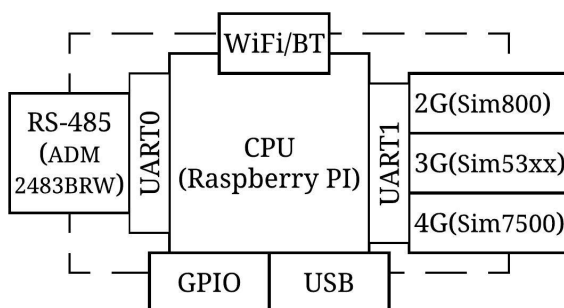


Рис. 4. Структура інформаційно-комунікаційного контролера

Модуль мобільного зв'язку можна виконати на чіпах SimCom 800/5300/5320/5360/7500, Telit xE866, Telit xE910 та ін. У нашому випадку – це один із трьох модулів на вибір – 2G, 3G, 4G. За рахунок використання можливостей самих модулів, що підтримують стек TCP/IP, FTP, HTTPS, HTTP, HTTPS, SMTP, POP3, DNS на рівні вбудованих AT-команд, спрощується програмування комунікаційної частини ІКК.

ІКК може працювати у слейв- або майстер-режимі. Слейв-режим забезпечує вирішення наступних задач: ініціалізація з'єднання із сервером; прийом команд із сервера і трансляція їх на підключений пристрій; прийом відповіді від пристрою та передавання даних на сервер. У майстер-режимі додатково можливо забезпечити попередню обробку та тимчасове зберігання даних на час відсутності зв'язку із сервером, а також керування під'єднаними пристроями за заданими алгоритмами (функції ПЛК). Для спрощення керування ІКК можна використовувати можливості операторів з організації закритих корпоративних мереж, які інтегруються із локальною мережею підприємства за допомогою фізичного з'єднання або за допомогою технологій VPN.

У розробленій системі ІКК працює у майстер-режимі, програмне забезпечення ІКК написано на мові програмування C++ та python. Для спрощення налаштування реалізовано локальний веб-інтерфейс на JavaScript та node.js.

Архітектура серверної частини (рис. 5) містить набір із трьох сервісів – накопичення, обробки та комунікацій. Останній забезпечує зв'язок з оператором (людиною) та з інтеграційно-комунікаційним контролером. Ці сервіси виконуються на одному сервері, надалі планується рознести їх на декілька, що має підвищити надійність системи та зробити її архітектуру більш гнучкою.

Для організації комунікації між сервером та контролером необхідний певний прикладний протокол на основі XML, JSON тощо. В розробленій системі використовується закритий протокол обміну на основі JSON, що дозволяє зекономити ресурси на додаткових перетвореннях типів даних та зменшити можливі похибки перетворення між форматами даних. Для підключення стороннього обладнання планується сервіс конвертації протоколів, що забезпечує підключення протоколу MQTT.

Взаємодію між клієнтом (людиною) та сервером організовано із використанням веб-технологій (REST API) та мов програмування python на сервері та HTML/CSS/JavaScript на клієнті (у браузері).

Для підвищення надійності системи передбачено механізми реплікації даних на зовнішні сервіси.

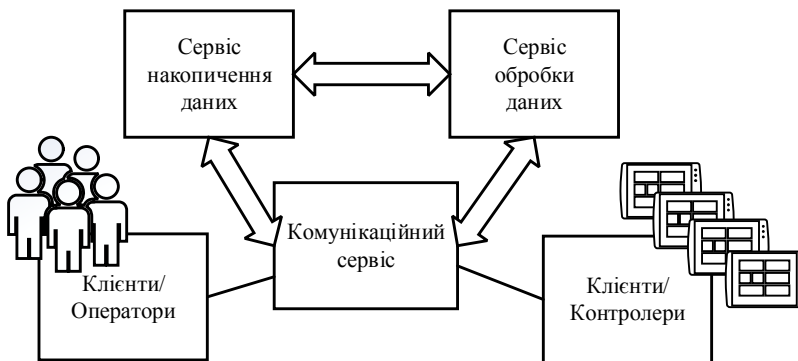


Рис. 5. Структура серверної частини системи

Серверна частина системи реалізована також на одноплатному комп'ютері Orange Pi Win Plus із наступними характеристиками: CPU A64 Quad-core Cortex-A53 64 біт, 1 Гб ОЗП, підтримка карт пам'яті до 32 Гб, Ethernet, WiFi, HDMI. Підтримка вільних ОС – Android, Ubuntu, Debian, Raspbian.

Проведено експериментальні дослідження на макеті розробленої SCADA для віддаленого керування стендом, що імітує систему керування антенними пристроями [15]. Повна собівартість системи (без урахування ПЗ) не перевищує \$150, що робить її конкурентною на ринку аналогічних

пристроїв для потреб середнього та малого бізнесу.

Реалізація ІКК на основі OrangePi 2G IOT показала недостатню надійність платформи, тому на наступному етапі вирішено спробувати платформу на основі i.MX6 від Freescale.

Висновки. Запропоновано архітектуру інтегрованої універсальної системи віддаленого контролю та управління, основаної на використанні веб-технологій, що дозволяє розділити функції за рівнями системи та розмежувати функціональне навантаження кожного модуля системи. Проаналізовано структуру інтеграційно-комунікаційного контролера та сервера системи. Виділено та проаналізовано функції основних модулів системи. Реалізовано веб-SCADA, основні компоненти якої працюють на одноплатних комп'ютерах типу Raspberry Pi. Розроблену систему неможна застосовувати для контролю за технологічними процесами, де є підвищені вимоги до безпеки та безперебійної роботи.

Перспективами подальших досліджень є побудова розширення ІКК за рахунок додавання функцій ПЛК, що дозволить розв'язати проблему реального часу та підвищити надійність всієї системи.

Список літератури:

1. Zhou K. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges / K. Zhou, T. Liu, L. Zhou // 12th Int. Conf. on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD). – Zhangjiajie, 2015. – P. 2147-2152.
2. Weyrich M. Reference Architectures for the Internet of Things / M. Weyrich, C. Ebert // IEEE Software. – 2016. – Vol. 33. – №. 1. – P. 112-116.
3. The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture. – ІІС, 2017. – 58 p. – ІІС:PUB:G1:V1.80:20170131.
4. Karnouskos S. Architecting the next generation of service-based SCADA/DCS system of systems / S. Karnouskos, A.W. Colombo // 37th Ann. Conf. of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2011). – Melbourne, 2011. – P. 359-364.
5. SCADA Systems for Oil and Gas, 2018. – Режим доступу : <http://www.emerson.com/en-us/automation/control-and-safety-systems/scada-systems/scada-systems-for-oil-and-gas>.
6. Overvis, 2018. – Industrial equipment control through Internet. – Режим доступу: <https://www.overvis.com>.
7. Мнушка О.В. Хмарно-орієнтована мікро Scada моніторингу параметрів транспортних засобів спеціального призначення / О.В. Мнушка // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2017. – Харків: НТУ "ХПІ", 2017. – С. 98.
8. FAST/TOOLS SCADA and Enterprise Automation Solution (EAS), 2018. – Режим доступу: <https://www.yokogawa.com/us/solutions/products-platforms/control-system/supervisory-control-and-data-acquisition-scada/fast-tools>.
9. Cloud Based Oilfield Automation | PetroCloud, 2018. – Режим доступу: <http://petrocloud.com>.
10. Li D. Concept Design for a Web-based Supervisory Control and Data-Acquisition (SCADA) System / D. Li, Y. Serizawa, M. Kiuch // IEEE/PES Transmission and Distribution Conf. and Exhib. – 2002. – Vol. 1. – P. 32-36.

11. *Fu C.* The Application of Embedded System in Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA) Over Wireless Sensor and GPRS Networks / *C. Fu , Z. Ni* // 9th IEEE Int. Conf. on Anti-counterfeiting, Security and Identification (ASID). – IEEE, Xiamen, 2015. – P. 81-85.
12. *Polonia P.V.* A Resource Oriented Architecture for Web-Integrated SCADA Applications / *P.V. Polonia, L.F.B. Melgarejo, M.H. de Queiroz* // IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS). – Palma de Mallorca, 2015. – P. 1-8.
13. *Osmic N.* Design of a Simple Service Oriented Supervisory Control and Data Acquisition System / *N. Osmic, J. Velagic* // 59th Int. Symp. ELMAR-2017. – Zadar, Croatia, 2017. – P. 245-248.
14. *John A.* Automation of 11 kv substation using Raspberry Pi / *A. John, R. Varghese, S.S. Krishnan* // Int. Conf. on Circuit, Power and Comp. Technol. (ICCPCT). – Kollam, 2017. – P. 1-5.
15. *Мнушка О.В.* Адаптивна система керування позиціонування супутниковою антеною / *О.В. Мнушка, О.Я. Ніконов, В.М. Савченко* // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Зб. наук. праць. Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 120-127.

References:

1. Zhou, K., Liu, T., and Zhou, L. (2015), "Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges", *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, Zhangjiajie, pp. 2147-2152.
2. Weyrich, M., and Ebert, C. (2016), "Reference Architectures for the Internet of Things," *IEEE Software*, Vol. 33, No. 1, pp. 112-116.
3. Industrial Internet Consortium, (2017), "The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture", ІІС, 58 p.
4. Karnouskos, S., and Colombo, A.W. (2011), "Architecting the next generation of service-based SCADA/DCS system of systems", *37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, IECON 2011*, Melbourne, VIC, pp. 359-364.
5. SCADA Systems for Oil and Gas, (2018), available at: www.emerson.com/en-us/automation/control-and-safety-systems/scada-systems/scada-systems-for-oil-and-gas (accessed 24 March 2018).
6. Overvis – Industrial equipment control through Internet, (2018), available at: www.overvis.com (accessed 24 March 2018).
7. Mnushka, O.V., (2017), " Cloud-oriented micro Scada monitoring parameters of special-purpose vehicles ", *Information technology: science, technology, education, health: Theses of the XXV reports of the international scientific-practical conference MicroCAD-2017*, NTU "KhPI", Kharkiv, P. 98.
8. FAST/TOOLS SCADA and Enterprise Automation Solution (EAS), (2017), available at: www.yokogawa.com/us/solutions/products-platforms/control-system/supervisory-control-and-data-acquisition-scada/fast-tools (accessed 20 March 2018).
9. Cloud Based Oilfield Automation | PetroCloud, (2018), available at: <http://petrocloud.com> (accessed 10 March 2018).
10. Li, D., Serizawa, Y., and Kiuchi, V. (2002), "Concept design for a Web-based supervisory control and data-acquisition (SCADA) system", *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition*, Vol. 1, pp. 32-36.
11. Fu, C., and Ni, Z. (2015), "The application of embedded system in Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA) over wireless sensor and GPRS networks", *9th International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID)*, IEEE, Xiamen, pp. 81-85.

- 12.** Polonia, P.V., Melgarejo, L.F.B., and de Queiroz, M.H. (2015), "A resource oriented architecture for Web-integrated SCADA applications", *IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS)*, Palma de Mallorca, pp. 1-8.
- 13.** Osmić, N., and Velagić, D. (2017), "Design of a simple service oriented supervisory control and data acquisition system", *2017 International Symposium ELMAR*, Zadar, pp. 245-248.
- 14.** John, A., Varghese, R., Krishnan, S.S., Thomas, S., Swayambu, T.A., and Thasneem, P. (2017), "Automation of 11 kv substation using raspberry pi", *2017 International Conference on Circuit , Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, Kollam, pp. 1-5.
- 15.** Mnushka, O.V., Nikonov, O.Ya., Savchenko, V.M. (2015), "Adaptyvna systema keruvannia pozytsionuvanniam suputnykovoju", *Herald of NTU "KhPI". Series: Informatics and modeling*, Kharkov: NTU "KhPI", No 32 (1141), pp. 120-127.

Статтю представив д-р техн. наук, проф. ХНАДУ, зав каф. Клец Д.М.

Надійшла (received) 10.05.2018.

Mnushka Oksana, assistant
Kharkiv National Automobile and Highway University,
Str. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkov, Ukraine.
Tel.:(+38057)707-37-47, e-mail: mnushka.ov@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-7756-9260

УДК 004.4+007.51:681.518

Архітектура веб-орієнтованої SCADA-системи / Мнушка О.В. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2018. – № 24 (1300). – С. 117 – 128.

Проаналізовано особливості застосування систем SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) та технологій Інтернету речей в умовах переходу промисловості до Індустрії 4.0. Показано, що використання веб-SCADA забезпечує більшість вимог до таких систем та є масштабованим рішенням на всіх її рівнях. Розроблено та реалізовано веб-SCADA, компоненти якої працюють на одноплатних комп'ютерах типу Raspberry Pi, визначені вимоги до технічних характеристик компонентів системи. Ил.: 5. Бібліогр.: 15 назв.

Ключові слова: web; SCADA; Інтернет речей; Індустрія 4.0; Raspberry Pi.

УДК 004.4 + 007.51: 681.518

Архитектура веб-ориентированной SCADA-системы / Мнушко О.В. // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2018. – №. 24 (1300). – С. 117 – 128.

Проанализированы особенности применения систем SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) и технологий Интернета вещей в условиях перехода промышленности к Индустрии 4.0. Показано, что использование веб-SCADA обеспечивает большинство требований к таким системам и является масштабируемым решением на всех ее уровнях. Разработана и реализована веб-SCADA, компоненты которой работают на одноплатных компьютерах типа Raspberry Pi, определены требования к техническим характеристикам компонентов системы. Ил.: 5. Библиогр.: 15 назв.

Ключевые слова: web; SCADA; Интернет вещей; Индустрия 4.0; Raspberry Pi.

UDC 004.4+007.51:681.518

The architecture of a web-based SCADA system / Mnushko O.V. // Herald of NTU "KhPI". Series: Informatics and modeling. - Kharkov: NTU "KhPI". – 2018. – No. 24 (1300). – P. 117 – 128.

The specifics of the application of SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) systems and information technologies based on Internet of things in conditions of industry transition to Industry 4.0 are analyzed. It is shown that the use of web SCADA provides the majority of requirements for such systems and is a scalable solution at all its levels. A web-based SCADA was developed and implemented, the components of which operate on single-board computers such as Raspberry Pi, requirements for the technical characteristics of the system components are defined. Figs.: 5. Refs.: 15 titles.

Keywords: web; SCADA; Internet of things; Industry 4.0; Raspberry Pi.