

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ

УДК 004.715

DOI 10.31471/1993-9981-2024-1(52)-102-114

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІОТ-СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТОКАРНИМ ВЕРСТАТОМ

В. М. Хода¹, О. А. Стадніченко², С. С. Некрасов³, М. О. Рожков³, Н. Г. Бузоверя⁴

¹Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова;
проспект Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007, e-mail: walhoda@gmail.com

²Український інститут експертизи сортів рослин;
вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, e-mail: sops@sops.gov.ua

³Сумський державний університет,
вул. Харківська, 116, м. Суми, 40007, e-mail: nekrasovss@gmail.com

⁴Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, e-mail: nadiia.shyrmovska@nung.edu.ua

Метою даної статті є аналіз комп'ютеризованої системи керування токарним верстатом на основі технології Інтернету речей з метою виявлення її можливостей, переваг та потенційних обмежень. Стаття спрямована на визначення оптимальних шляхів впровадження та використання такої системи для підвищення ефективності виробничого процесу на токарних верстатах. Методами дослідження є емпіричний аналіз роботи автоматизованих систем керування токарними верстатами, теоретичний синтез компонентів системи автоматичного керування, а також комп'ютерне моделювання для візуалізації процесів взаємодії між компонентами привода та системою керування. Аналіз передбачає використання технологій Інтернету речей для збору та передачі даних, а також інтеграцію з SCADA-системами для віддаленого моніторингу та керування. Додатково використовується параметрична оптимізація для вдосконалення ефективності системи. У роботі проаналізовано та вдосконалено систему автоматичного керування приводом подачі токарного верстата, що дозволило підвищити ефективність та точність керування. Проведено параметричну оптимізацію системи, розроблено web людино-машинний інтерфейс, що забезпечує можливість віддаленого керування та моніторингу виробничого процесу. Наукова новизна роботи полягає у використанні технології Інтернету речей для автоматизації керування приводом подачі токарного верстата. Впровадження сучасних технологій передачі даних та SCADA-системи додають нові можливості для віддаленого керування та моніторингу виробничого процесу. Практична цінність роботи полягає у створенні вдосконаленої автоматизованої системи керування, яка може бути впроваджена у виробничий процес для підвищення ефективності та точності обробки на токарних верстатах. Система забезпечує інтеграцію з іншими автоматизованими системами та технологіями Інтернету речей, що розширює її функціональні можливості та області застосування.

Ключові слова: токарний верстат; автоматизація; електропривод; система керування; моделювання; оптимізація; Інтернет речей; web-інтерфейс; SCADA-система.

The purpose of this article is to analyze a computerized control system for a lathe based on Internet of Things technology to identify its capabilities, advantages, and potential limitations. The article aims to determine the optimal ways of implementing and utilizing such a system to enhance the efficiency of the manufacturing process on lathe machines. The research employs empirical analysis of automated control systems for lathes, theoretical synthesis of control system components, and computer modeling for visualizing interaction processes. IoT technologies are utilized for data collection and transmission, along with integration with SCADA systems for remote monitoring and control. Parametric optimization is additionally used to enhance system efficiency. The study analyzes and enhances the automatic control system for the lathe's feed drive, increasing efficiency and precision. Parametric optimization of the system is conducted, and a web-human-machine interface is developed, enabling remote control and monitoring of the manufacturing process. The scientific novelty of the work lies in the use of IoT technology for automating the control of a lathe's feed drive. The integration of modern data transmission technologies and SCADA systems adds new capabilities for remote control and monitoring of the manufacturing process. The practical value of the work lies in creating an improved automated control system that can be implemented in the manufacturing process to enhance efficiency and accuracy in lathe machining.

The system integrates with other automated systems and IoT technologies, expanding its functional capabilities and application areas.

Keywords: lathe; automation; electric drive; control system; modeling; optimization; Internet of Things; web interface; SCADA system.

Вступ

Сучасні технології Інтернету речей (IoT) відіграють важливу роль у вдосконаленні систем керування промисловим обладнанням, зокрема токарними верстатами. Хоча існують значні досягнення в цій галузі, все ще існують технічні виклики, які потрібно вирішити для повного впровадження цих технологій. Відмінність вимог промислового середовища створює потребу у розробці більш гнучких, ефективних, безпечних та вартісно-ефективних систем керування токарними верстатами на основі IoT. Такі системи можуть бути застосовані у виробництві, де вони забезпечують віддалений моніторинг та керування верстатами, а також надають можливості для збору та аналізу даних для оптимізації виробничого процесу. Отже, для успішного впровадження таких систем необхідно розв'язати технічні виклики, пов'язані з покращенням гнучкості, ефективності, безпеки та зниженням вартості, щоб забезпечити їхню оптимальну роботу в промислових умовах.

Метою дослідження є аналіз комп'ютеризованої системи керування токарним верстатом на основі технології Інтернету речей з метою виявлення її можливостей, переваг та потенційних обмежень. Дослідження спрямоване на визначення оптимальних шляхів впровадження та використання такої системи для підвищення ефективності виробничого процесу на токарних верстатах.

Об'єктом дослідження є комп'ютеризована система керування токарним верстатом на основі технології Інтернету речей, призначена для оптимізації виробничого процесу. Предметом дослідження є методи та програмно-технічні засоби, спрямовані на підвищення ефективності та точності керування токарним верстатом.

Для досягнення цієї мети використовуються методи емпіричного аналізу роботи автоматизованих систем керування, теоретичного синтезу компонентів системи автоматичного керування, а також комп'ютерного моделювання для візуалізації процесів взаємодії між компонентами привода та системою керування. Крім того, використовується аналіз технологій Інтернету речей для збору та передачі даних, інтеграція з SCADA-системами для віддаленого моніторингу та керування, а також параметрична оптимізація для вдосконалення ефективності системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналізуючи останні дослідження і публікації з проблеми IoT, можна відзначити кілька ключових тенденцій та напрямків розвитку цієї галузі.

Публікації [1] та [2] зосереджені на застосуванні IoT у сфері містобудування та розвитку "розумних" міст. Це означає, що IoT може використовуватися для оптимізації управління міськими ресурсами, зменшення витрат енергії, поліпшення транспортної інфраструктури та більш ефективного управління водними ресурсами.

Дослідження [3] підкреслює важливість IoT для сектору енергетики. Впровадження IoT у цій галузі допомагає підвищити ефективність виробництва та передачі електроенергії, забезпечуючи оптимальне використання ресурсів та зменшення витрат.

Публікація [4] вказує на використання штучного інтелекту у розробці пристроїв та мереж IoT. Це відкриває нові можливості для підвищення рівня автоматизації, прогнозування та оптимізації роботи IoT-систем.

Дослідження і публікації також вказують на вплив IoT на різні галузі, включаючи медицину, будівництво,

сільське господарство та археологію. Інтеграція IoT дозволяє підвищити продуктивність, ефективність та безпеку в цих галузях.

Отже, останні дослідження та публікації свідчать про постійний розвиток технології IoT та її вплив на різні аспекти суспільства. Інтеграція IoT в різні сфери діяльності відкриває нові можливості для оптимізації процесів, підвищення продуктивності та покращення якості життя.

Виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Сучасні технології IoT відкривають нові перспективи для систем керування токарними верстатами, проте існують технічні виклики, що перешкоджають повному використанню їхнього потенціалу. На перший план виходить необхідність розробки більш гнучких систем керування, здатних адаптуватися до різноманітних умов виробництва. Крім того, зниження вартості впровадження та експлуатації IoT-систем стає важливим аспектом, щоб зробити їх доступними для підприємств будь-якого розміру. Розв'язання цих викликів сприятиме ефективнішому використанню технологій IoT у промисловому виробництві та підвищить його продуктивність та конкурентоспроможність.

Основний матеріал

Аналіз технічних рішень для системи автоматичного керування приводом подачі токарного верстата. Електропривод комплектний тиристорний постійного струму ЭТУ-3601 призначений для створення високомоментних швидкісних приводів подачі металорізальних верстатів, включаючи верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Він працює від трифазної мережі змінного струму з напругою 380 В і частотою 50 Гц [5].

ЭТУ-3601 включає в себе тиристорний перетворювач відкритої модульної конструкції зі ступенем захисту IP00 для установки в шафу, реакторну установку, технологічний датчик швидкості, і двигун

з вбудованим тахогенератором. Перетворювач уніфікований і може працювати з різними двигунами постійного струму потужністю від 0,5 до 18,5 кВт (2пФ, 2ПБ, 2По, ПСТ, ПБСТ, ПБЗ).

Умови експлуатації передбачають невибухонебезпечне середовище, яке не містить струмопровідного пилю, агресивних газів і парів у концентраціях, що руйнують метали та ізоляцію, і не насичене водяними парами або струмопровідним пилом.

Електропривод ЭТУ-3601 стійкий до електродинамічних впливів при коротких замиканнях і внутрішніх порушеннях протягом часу дії захисту і комутаційної апаратури. Корпус має болт для підключення шини заземлення.

Основні технічні характеристики електропривода повинні відповідати параметрам, наведеним у таблиці 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики електропривода

Назва параметру	Вимоги технічних умов
Діапазон регулювання швидкості	1000; 10000
Номинальний струм, А	40
Номинальна напруга, В	115
Номинальний момент двигуна, Н·м	від 7 до 47
Максимальна швидкість двигуна, об/хв	2000; 1000
Напруга живлення, В	220, 380 ± 10 %
Частота напруги живлення, Гц	50 ± 2 %

Значення похибки та коефіцієнта нерівномірності обертання двигуна вказані в таблиці 2.

Параметрична оптимізація САК привода подачі токарного верстата. Синтез регуляторів за допомогою параметричної оптимізації в програмі PID Controller (рис. 1) з автоналаштуванням, яка вбудована в Simulink, є ключовим етапом в проектуванні систем автоматичного управління. Цей підхід дозволяє

Таблиця 2 – Похибка і коефіцієнт нерівномірності

Діапазон частоти обертання	Похибка частоти обертання, % не більше			Коефіцієнт нерівномірності
	Сумарна похибка	Похибка при зміні навантаження	Похибка при зміні напрямку обертання	
$n_{\text{НОМ}}$	± 2	$\pm 0,5$		0,1
$0,1 \cdot n_{\text{НОМ}}$	± 10	± 2		0,1
$0,01 \cdot n_{\text{НОМ}}$	± 15	± 5		0,2
$0,001 \cdot n_{\text{НОМ}}$	± 25	± 10		0,25
$0,0001 \cdot n_{\text{НОМ}}$	± 35	± 15		0,3

автоматично налаштувати параметри ПД-регулятора для досягнення заданих характеристик системи, таких як стабільність, швидкість відгуку та точність регулювання.

демонструє поведінку системи при їх використанні без подальшої оптимізації чи коригування.

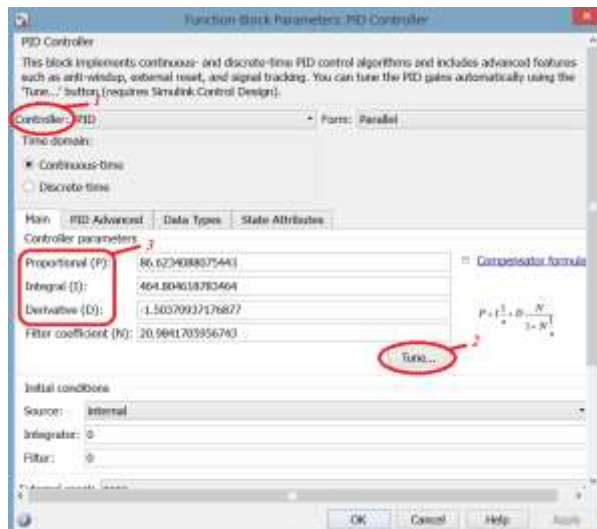


Рисунок 1 – Вікно конфігурації параметрів регулятора: 1 – лінія вибору типу регулятора; 2 – кнопка активації автоматичного вибору коефіцієнтів регулятора; 3 – рядки коефіцієнтів регулятора

Використання автоналаштування спрощує процес проектування, зменшує час настройки регулятора та забезпечує його оптимальну працездатність в різних умовах експлуатації. Такий підхід дозволяє підвищити ефективність та надійність роботи електроприводу, що є важливим для безперебійного функціонування виробничих процесів на промислових підприємствах [6].

На рис. 2 показана реакція в робочій точці замкнутої системи з початковими коефіцієнтами ПД-регулятора, що

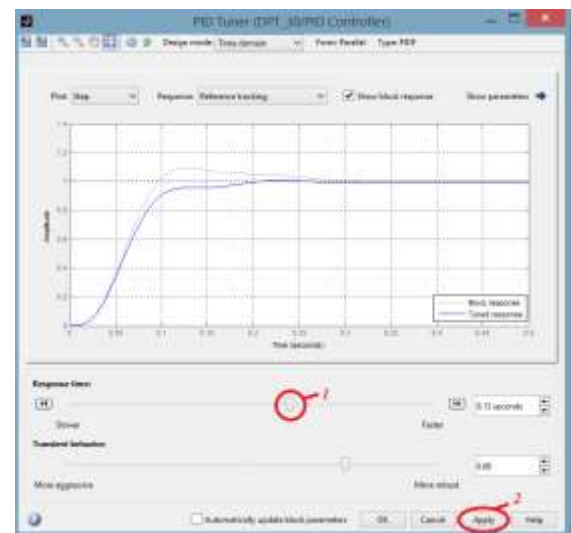


Рисунок 2 – Вікно PID Tuner: 1 – курсор налаштування часу реакції системи; 2 – кнопка оновлення

На рис. 3 зображена схема моделювання, яка використовується для аналізу та дослідження поведінки системи управління з використанням запропонованого ПД-регулятора. Ця схема дозволяє виконувати симуляції роботи системи в різних умовах та налаштовувати параметри регулятора для досягнення оптимальної продуктивності та стабільності системи управління.

Для оптимального функціонування ПД-регулятора швидкості були визначені наступні коефіцієнти: пропорційний - 3,65327115822712, інтегральний - 7,14876327536415, та коефіцієнт фільтру - 1194,5128617512. Ці значення були встановлені з метою забезпечення

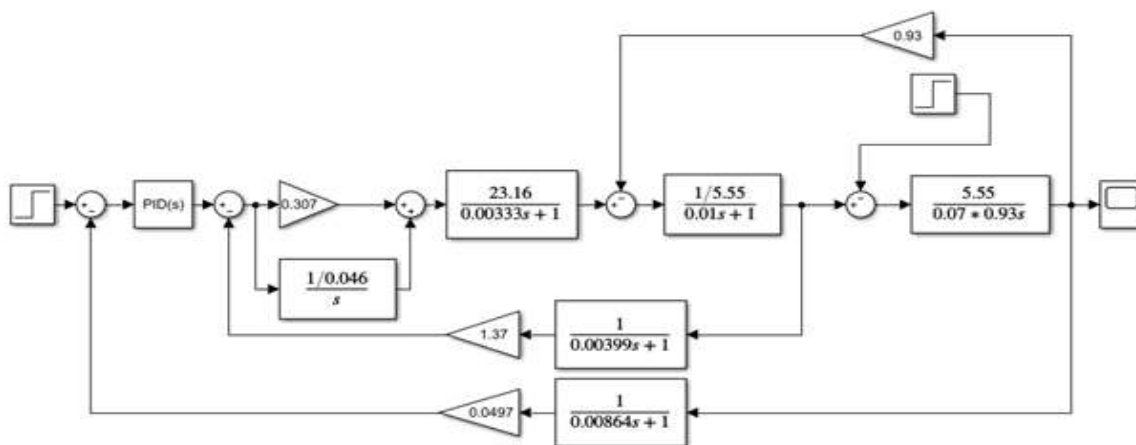


Рисунок 3 – Схема замкнутої САК з блоком PID Controller

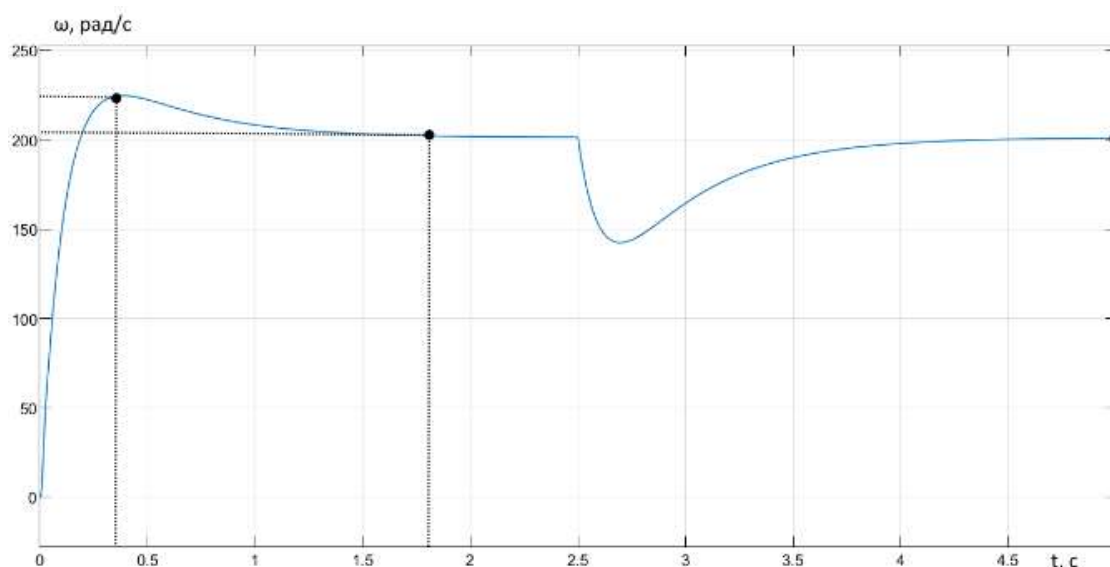


Рисунок 4 – Графік перехідного процесу оптимізованої замкнутої САК

ефективного та стабільного керування швидкістю системи з урахуванням її динаміки та особливостей роботи. Оптимально підібрані коефіцієнти дозволяють досягти балансу між швидкістю реакції системи та стійкістю регулювання, що важливо для досягнення високої продуктивності та якості управління.

Отримаємо графік перехідного процесу оптимізованої системи автоматичного керування, який представлений на рис. 4. Цей графік відображає динаміку зміни вихідної величини системи у відповідь на зміни у вхідному сигналі чи умовах роботи. Він дозволяє оцінити швидкість досягнення стабільного режиму роботи та інші характеристики ефективності та стійкості системи управління.

Показники якості системи автоматичного керування включають такі характеристики: час регулювання $t_r=1.8$ секунди, перерегулювання (1), статична помилка (2), та показник коливальності $\mu=1$.

Час регулювання визначає час, необхідний для системи досягнути стабільного режиму після збурення. Перерегулювання вказує на перевищення максимального значення вихідної величини системи відносно цільового значення. Статична помилка - це відхилення між поточним та цільовим значеннями у стабільному режимі. Показник коливальності оцінює ступінь коливань системи та її стійкість, де менше значення вказує на більшу стійкість [7].

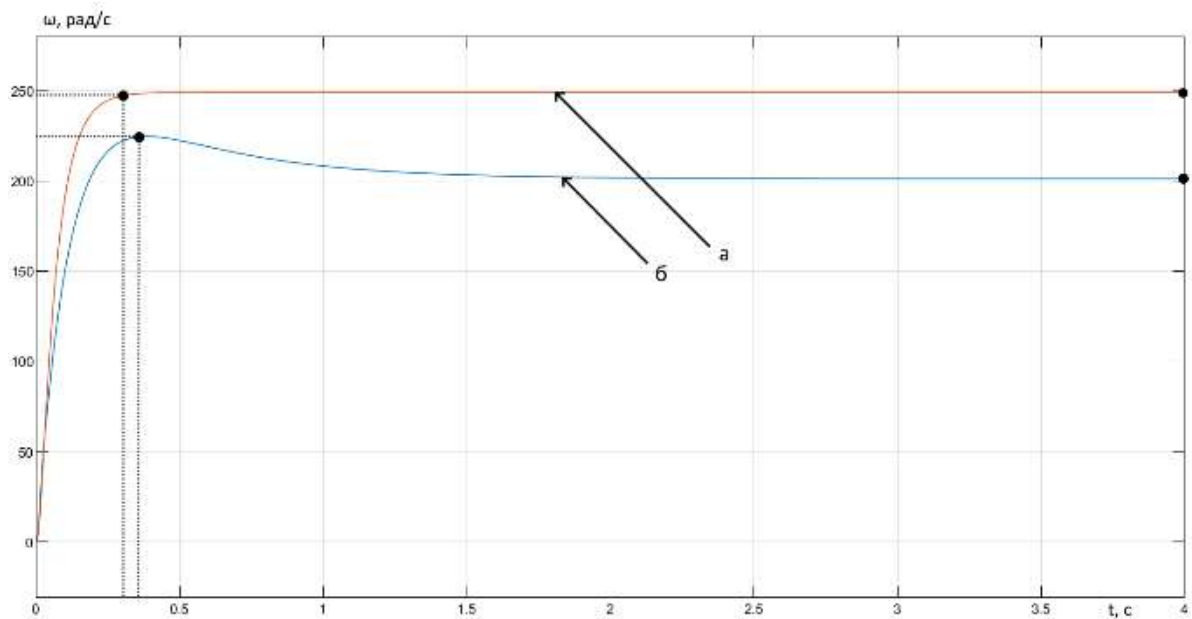


Рисунок 5 – Графіки перехідних процесів без збурюючого впливу:
а – розімкнута система; б – замкнута система

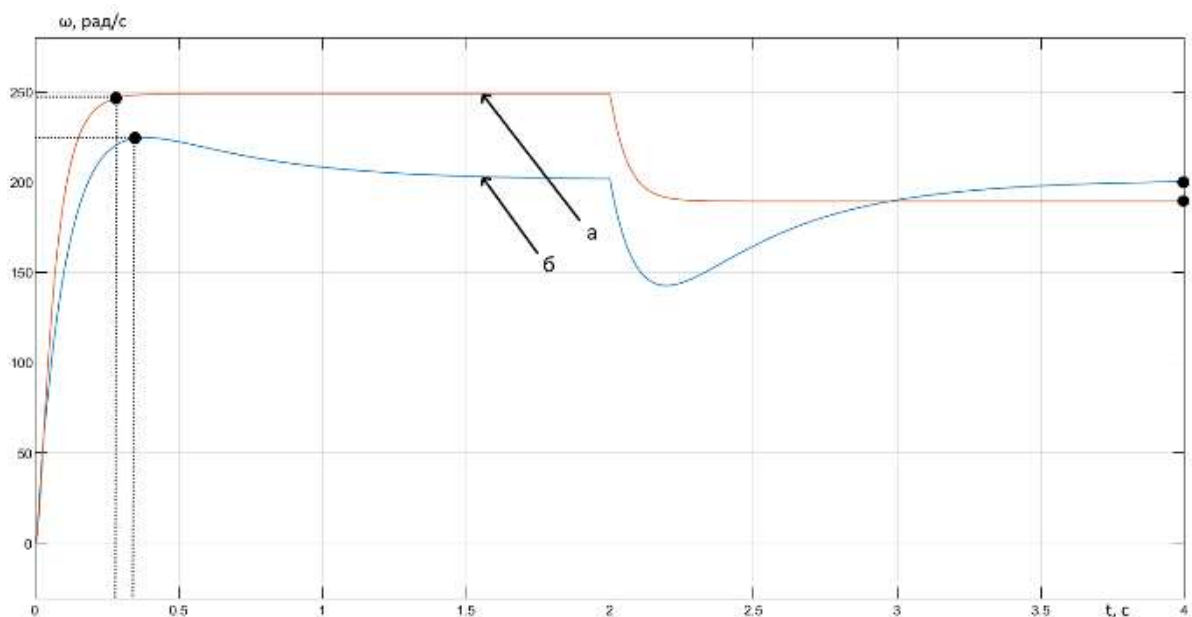


Рисунок 6 – Графіки перехідних процесів зі збурюючим впливом:
а – розімкнута система; б – замкнута система

$$\sigma_{\max} = \frac{Y_{\max} - Y_{уст}}{Y_{уст}} \cdot 100\% = \frac{224 - 201,2}{201,2} \cdot 100\% = 1, \quad (1)$$

$$\sigma_{ст} = \frac{Y_{уст} - Y_{зад}}{Y_{зад}} \cdot 100\% = \frac{201,2 - 200}{200} \cdot 100\% = 0,06\%, \quad (2)$$

Згідно з графіком, час регулювання складає 1,8 секунди, що відповідає вимогам для налаштованого електроприводу. Перерегулювання в цьому

випадку становить менше 20%, що також відповідає допустимому рівню. Таким чином, конфігурація оптимальна для використання у практиці. Для кращого уявлення про перехідні процеси побудуємо графіки на одній осі координат як без збурюючого впливу (рис. 5), так і з ним (рис. 6), що дозволить нам детальніше оцінити роботу розімкненої та замкненої систем.

Замкнуті системи автоматизації відрізняються від розімкнутих застосуванням обладнання та повнотою автоматизації. У розімкнутій системі автоматичного керування контролер не отримує інформацію про поточний режим роботи електродвигуна.

У замкнутій системі автоматичного керування інформація передається до елементів керування, супроводжуючись відповідними командними сигналами. Подання цієї інформації дозволяє замкнути ланцюг керування, створюючи замкнуту систему автоматизації або систему автоматизації з зворотним зв'язком. Така конфігурація дозволяє системі реагувати на зміни в середовищі та внутрішні збурення, коригувати робочі параметри та забезпечувати стабільну та точну роботу електродвигуна. Замкнуті системи автоматизації зазвичай використовуються там, де необхідно точне регулювання та висока стійкість роботи, наприклад, у виробництві, транспорті, енергетиці та інших галузях промисловості.

Показники якості САК наведені в таблиці 3, що включає в себе такі параметри, як час регулювання, перерегулювання, статична помилка та показник коливальності. Додатково до цих показників можуть також включатися інші параметри, які характеризують продуктивність та ефективність роботи системи автоматичного керування.

Таблиця 3 – Показники якості системи керування

	Без оптимізації	З оптимізацією
t_p , с	0,2	1,8
σ_{max} , %	75,9	11,3
$\delta_{ст}$, %	0,06	0,06
μ	3	1

Інтеграція Інтернету речей. Система управління токарним верстатом моделі 16K20Ф3 розглядається як інтегрований комплекс технологій, орієнтований на вдосконалення управління та моніторингу промислових процесів за допомогою передових засобів IoT. Основна структура

системи (рис. 7) розділяється на два ключових блоки - локальний та віддалений контроль [8].

У локальному контролі, фокус спрямований на фізичні компоненти токарного верстата. Центральним елементом є токарний верстат, відповідальний за виконання операцій з обробки матеріалів. Шини дискретних та аналогових сигналів включають в себе індуктивні датчики та контактори, які забезпечують збір та реакцію на ключові дані щодо стану обладнання. RS485 мережа дозволяє сполучати та взаємодіяти з різними пристроями, такими як I7051, I7018P, I7024, використовуючи стандартний промисловий протокол.

WP-8131 виконує важливу роль у забезпеченні стабільності та надійного зв'язку всієї системи. RS232 та Ethernet мережа, які включають в себе промисловий ПК, становлять основний вузол для координації та керування локальними функціями.

У віддаленому контролі, Ethernet мережа виступає важливим мостом між локальним контролем та глобальною мережею. Хмара Інтернету включає мобільні пристрої та ПК-сервер для можливості ефективного дистанційного моніторингу та управління токарним верстатом через веб-інтерфейс.

Реалізація такої структури спрямована на розв'язання завдань, пов'язаних з ефективним управлінням, сполучаючи технічні можливості токарного верстата та переваги Інтернету речей. Цей підхід сприяє досягненню максимальної продуктивності та ефективності в промисловому виробництві, а також надає можливості зручного дистанційного моніторингу та управління системою.

У контексті локального контролю, додаткова вага приділяється надійності та точності керування фізичним обладнанням. Технологічний прогрес індуктивних датчиків та аналогових контакторів дозволяє збирати не лише базову інформацію про стан, але й забезпечує можливість оперативного

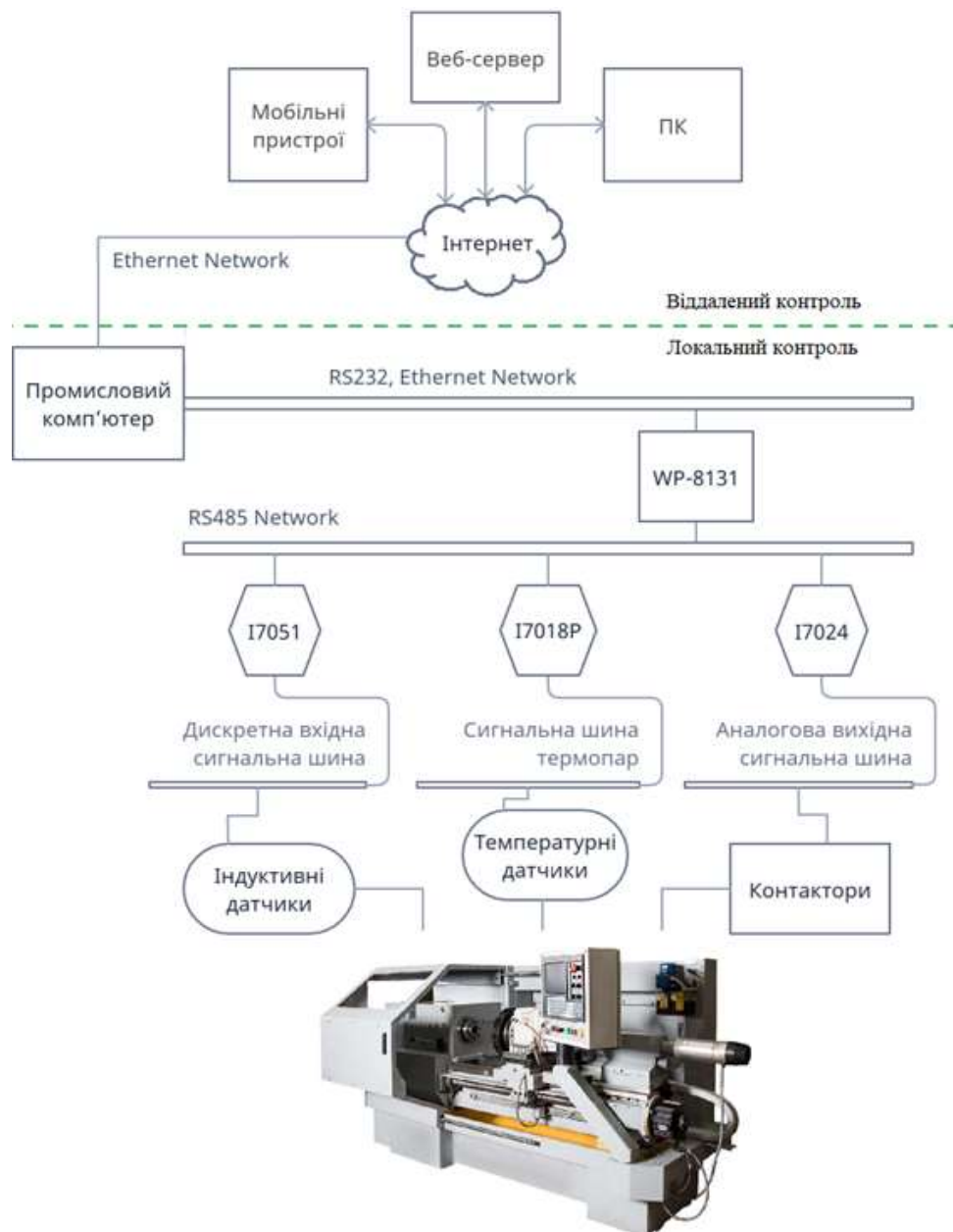


Рисунок 7 – Функціональна схема комп'ютеризованої системи керування токарним верстатом

реагування на зміни в робочому середовищі. RS485 мережа, в свою чергу, є невід'ємною частиною цієї локальної екосистеми, створюючи сприятливі умови для взаємодії різноманітних пристроїв та забезпечення їх синхронності.

Ще однією ключовою складовою є система числового програмного керування (ЧПК), яка використовується для точного та автоматизованого керування рухом верстата. Це дозволяє досягти високої точності та ефективності обробки, а також впроваджує можливість оперативного втручання оператора при необхідності.

Загальний підхід до локального контролю базується на інтеграції технічних можливостей верстата та прогресивних інструментів IoT, забезпечуючи високий рівень автоматизації та контролю виробничих процесів.

Цей високий рівень інтеграції та автоматизації в локальному контролі не лише сприяє підвищенню продуктивності, але й відкриває нові перспективи для оптимізації виробничих процесів. За допомогою прогресивних інструментів IoT оператори можуть отримувати

реальний часовий потік даних, що дозволяє оперативно реагувати на будь-які зміни та оптимізувати налаштування верстата. Такий підхід сприяє не лише ефективності виробництва, але й зменшенню витрат та підвищенню загальної надійності системи управління токарним верстатом.

Важливим аспектом локального контролю є також забезпечення безпеки промислових процесів. Інтеграція сучасних систем безпеки, які виявляють відхилення від стандартних параметрів роботи обладнання, дозволяє оперативно реагувати на потенційні загрози та уникнути аварійних ситуацій. Подальше вдосконалення цієї системи може включати в себе використання штучного інтелекту для прогнозування можливих проблем та автоматичного налаштування параметрів для попередження виникнення небезпечних ситуацій.

Крім того, з поглибленням інтеграції IoT в локальний контроль, відкриваються можливості для збору та аналізу великої кількості даних про роботу верстата. Це дозволяє не лише відстежувати поточний стан обладнання, а й використовувати аналітичні методи для виявлення тенденцій та покращення стратегій обслуговування та управління ресурсами.

Такий комплексний підхід до управління токарним верстатом дозволяє підвищити якість продукції, знизити витрати та забезпечити більшу надійність у виробничих процесах.

Завдяки впровадженню IoT, дані, що збираються з токарного верстата, можуть бути використані для виявлення аномалій та передбачення витратних ресурсів. Це дозволяє операторам та інженерам вживати заходів з попереднього обслуговування, що зменшує ризик непередбачуваних збоїв та збільшує ефективність виробничих процесів. Крім того, аналіз даних IoT може виявити шляхи для оптимізації продуктивності верстата та зменшення витрат енергії, що сприяє зниженню виробничих витрат та підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

Впровадження Trace Mode Data Center. Створюємо IoT-систему керування токарним верстатом на базі Trace Mode Data Center (рис. 8). Проект розгортається на двох комп'ютерах: один для керування, інший для веб-сервера Trace Mode [9].

Data Center виступає в якості веб-шлюзу для локальної АСУ ТП, приймає дані від МРЧ за допомогою I-NET (TCP/IP) та надає веб-доступ через браузері або SCADA Mobile. Це забезпечує зручний та швидкий віддалений моніторинг технологічного процесу.

Web SCADA дозволяє відстежувати процес з будь-якого комп'ютера, представляючи дані на мнемосхемах, трендах та персоналізованих звітах. Такий підхід не лише спрощує відслідковування стану системи, але й надає індивідуалізовані звіти для кожного користувача, покращуючи зручність управління та прийняття рішень.

Цей інтегрований підхід дозволяє не лише забезпечити ефективне керування верстатом, але й використовувати дані для аналізу та оптимізації виробничих процесів, сприяючи підвищенню продуктивності та конкурентоспроможності підприємства.

Підходячи до реалізації цієї IoT-системи, важливо враховувати потужності Trace Mode Data Center у плані розширення та адаптації. Його можливості взаємодії з декількома серверами локальної АСУ ТП дозволяють масштабувати систему для інших виробничих одиниць або об'єднувати з іншими АСУ для централізованого моніторингу.

Крім того, можливість налаштування індивідуальних звітів для кожного користувача підвищує гнучкість системи в адаптації до різних вимог та ролей персоналу.

Застосування цієї IoT-системи не лише спрощує керування верстатом, а й вносить інновації в процес виробництва, роблячи його більш ефективним та динамічним.

Результатом буде не тільки підвищення продуктивності, але й створення бази даних для подальшого

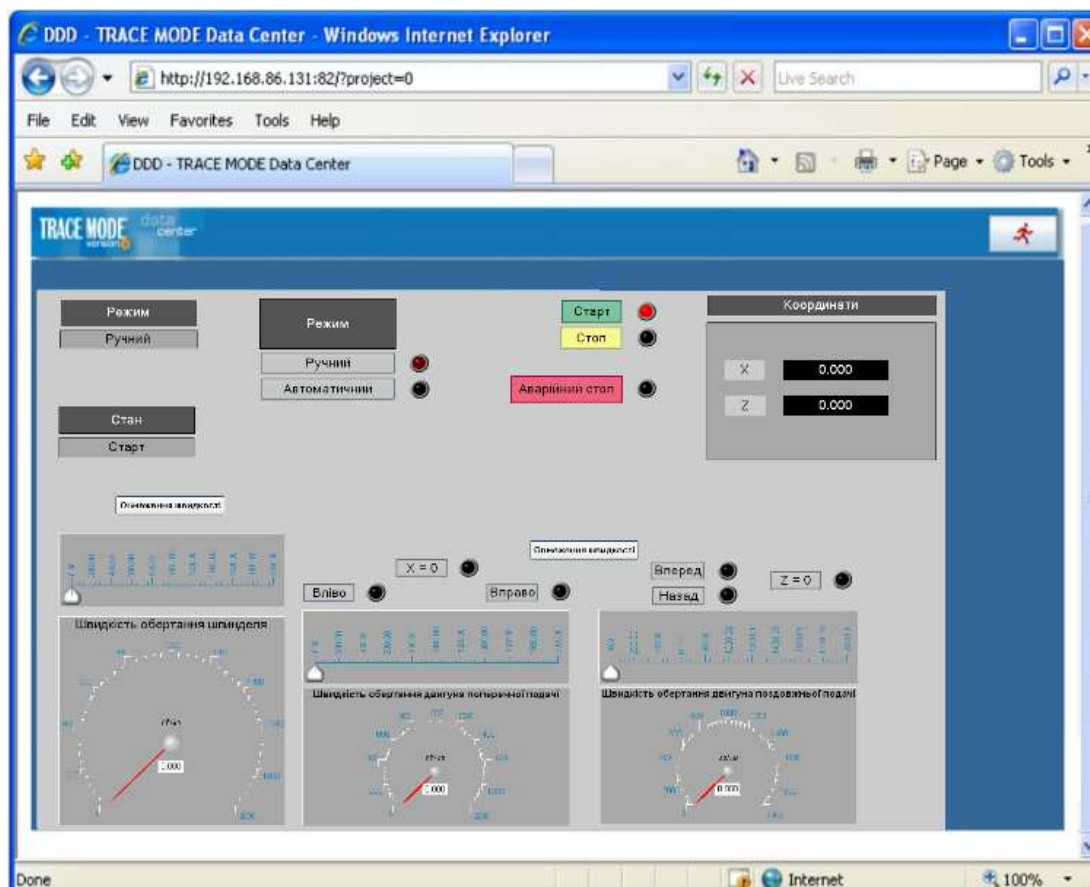


Рисунок 8 – Web-людино-машинний інтерфейс IoT-системи керування токарним верстатом

вдосконалення технологічних процесів та прийняття стратегічних управлінських рішень.

У додаток до вищезазначеного, Trace Mode Data Center володіє вбудованими засобами безпеки, які гарантують захист від несанкціонованого доступу та забезпечують цілісність даних. Це надає важливий аспект забезпечення надійності та безпеки виробничого процесу. Можливість реалізації протоколів шифрування та автентифікації дозволяє уникнути потенційних загроз і забезпечити конфіденційність важливої інформації.

Крім того, система відкрита для інтеграції з іншими IoT-пристроями та платформами, що робить її універсальною та готовою до майбутніх технологічних розв'язків. Це створює можливості для розширення функціональності системи та впровадження нових технологій для ще більш ефективного використання ресурсів та оптимізації виробничих процесів.

Узагальнюючи, використання Trace Mode Data Center для IoT-системи керування токарним верстатом пропонує повний спектр можливостей, що охоплюють не лише основні завдання автоматизації, а й враховують сучасні вимоги до безпеки, масштабованості та інтеграції. Це робить систему важливим інструментом для підприємств, що прагнуть до інноваційного та конкурентоспроможного виробництва.

Людино-машинний інтерфейс токарного верстата надає зручність у керуванні його режимами. В ручному режимі оператор може вибирати напрямок переміщення. При використанні автоматичного режиму вказуються точні координати переміщення. Зміна статусу на "стоп" призводить до негайної зупинки двигунів. Аварійний стоп включається автоматично, якщо швидкість двигуна перевищує задане обмеження. Крім того, інтерфейс дозволяє вивчати перехідні процеси швидкості двигунів (рис. 9-11).

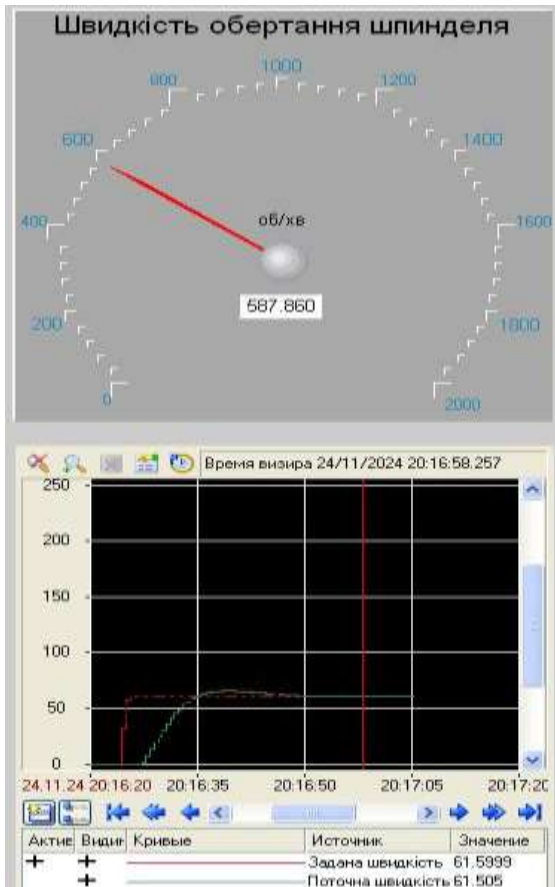


Рисунок 9 – Перехідний процес швидкості обертання шпинделя, в рад/с

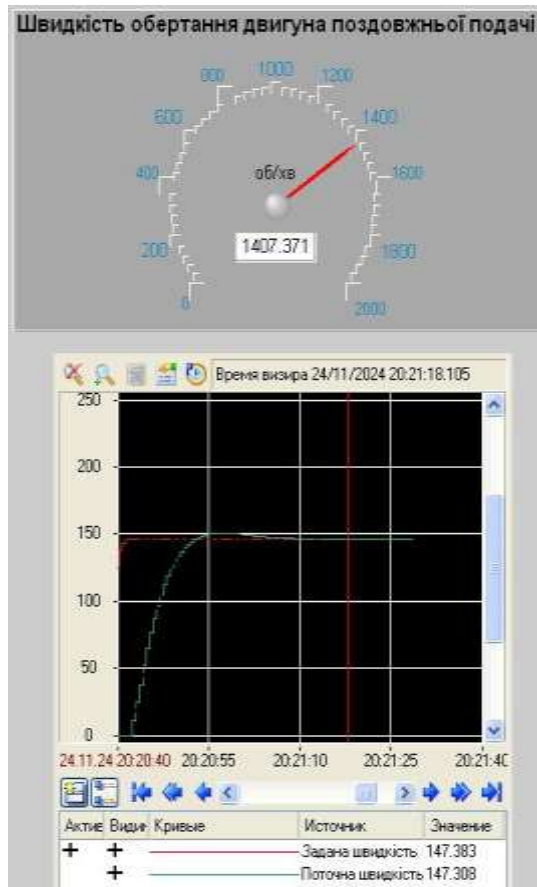


Рисунок 11 – Перехідний процес швидкості обертання двигуна поздовжньої подачі, в рад/с

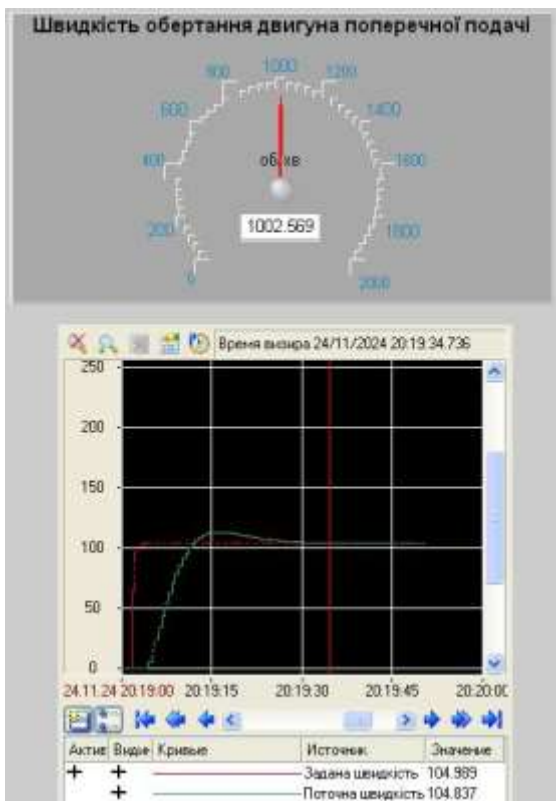


Рисунок 10 – Перехідний процес швидкості обертання двигуна поперечної подачі, в рад/с

Висновки

У даній статті розглянуто важливі аспекти використання комп'ютеризованої системи керування токарним верстатом з використанням технології Інтернету речей. Дослідження показало, що інтеграція електроприводу та системи автоматизованого керування (САК) на основі IoT може значно підвищити ефективність виробничого процесу та точність керування токарним верстатом. Результати дослідження свідчать про перспективність використання цих технологій у виробничих умовах, що може призвести до підвищення продуктивності та зниження витрат на виробництво. Інтеграція IoT та Trace Mode Data Center забезпечує зручний віддалений моніторинг та управління верстатом, що є ключовим для оптимізації виробничих процесів. Такий інтегрований підхід відображає важливий крок у напрямку розвитку сучасних виробничих систем, спрямований

на досягнення оптимальних результатів у виробничій сфері.

В процесі аналізу основні актуальні завдання до створення та удосконалення комп'ютеризованих систем керування токарними верстатами на основі технології Інтернету речей визначено такі: забезпечення стабільності та надійності системи, підвищення ефективності виробничих процесів. Для досягнення цих цілей важливо розвивати алгоритми керування, які забезпечують безперебійну роботу верстатів, та впроваджувати системи автоматизації для оптимізації використання ресурсів.

Список використаних джерел

1. Підруцький Д. А., Січко Т. В. Застосування технології Інтернету речей. *Прикладні аспекти сучасних міждисциплінарних досліджень*, 2024. С. 239-240.

2. Шпак О., Федорка П., Пригара М. Розумні міста та Інтернет речей: вплив розробок у сфері ІТ на розвиток міст і покращення якості життя. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. Т. 25, №3. С. 114-128.

3. Bunke O., Novikov P. Тенденції розвитку Інтернету речей в енергетиці. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2024. №54. С. 53-59.

4. Макогон В. І., Поліщук Ю. О. Використання штучного інтелекту у розробці мереж та пристроїв ІоТ. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. *ВНТУ*. 2024.

5. ЭТУ-3601 [Електронний ресурс] – *Западприбор*. – Режим доступу: <https://zapadpribor.com/etu3601>.

6. Драган М. П. Програмна оптимізація електронного регулювання швидкості холостого ходу двигуна внутрішнього згорання, керуючи кутом випередження запалювання. 2011.

7. Ладанюк А. П., Архангельська К. С., Власенко Л. О. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами. 2014.

8. Боднарук В., Мануляк І., Мельничук С. Аспекти класифікації пристроїв та систем Інтернету речей при їх імплементації. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. Т. 2, №333. С. 302-307.

9. Qays Md Ohirul. Monitoring of renewable energy systems by IoT-aided SCADA system. *Energy Science & Engineering*. 2022. Vol. 6, No 10. P. 1874-1885.

References

1. Pidrutskyi D. A., Sichko T. V. Zastosuvannya tekhnolohiyi Internetu rechey. *Prikladni aspekty suchasnykh mizhdyzcyplinarnykh doslidzhen*, 2024. P. 239-240. [in Ukrainian].

2. Shpak O., Fedorka P., Pryhara M. Rozumni mista ta Internet rechey: vplyv rozrobok u sferi IT na rozvytok mist i pokrashchennya yakosti zhyttya. *Suchasnyy stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohiy v promyslovosti*. 2023. T. 25, №3. P. 114-128. [in Ukrainian].

3. Bunke O., Novikov P. Tendentsiyi rozvytku Internetu rechey v enerhetytsi. *Computer-integrated technologies: education, science, production*. 2024. №54. P. 53-59. [in Ukrainian]

4. Makohon V. I., Polishchuk Y. O. Vykarystannya shtuchnoho intelektu u rozrobtsi merezh ta prystroyiv IoT. Disertatsiya na zdobuttya naukovoogo stupenya doktora tekhnichnykh nauk. *VNTU*. 2024. [in Ukrainian].

5. ETU-3601 [Electronic resource]. – *Zapadpribor*. – Access mode: <https://zapadpribor.com/etu3601>.

6. Dragan M. P. Programna optymizatsiya elektronnoho rehulyuvannya shvydkosti kholostogo khodu dvyhuna vnutrishnoho zhorannya, keruyuchy kutom vyperedzhennya zapalyvannya. 2011. [in Ukrainian].

7. Ladanuk A. P., Arkhangelska K. S., Vlasenko L. O. Teoriya avtomatychnoho keruvannya tekhnolohichnymy ob'iektamy. 2014. [in Ukrainian].

8. Bodnaruk V., Manuliak I., Melnychuk S. Aspekty klasyfikatsiyi prystroyiv ta system Internetu rechev pry yikh implementatsiyi. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. T. 2, №333. P. 302-307. [in Ukrainian].

9. Qays Md Ohirul. Monitoring of renewable energy systems by IoT-aided SCADA system. *Energy Science & Engineering*. 2022. Vol. 6, No 10. P. 1874-1885.

COMPUTERIZED IOT-SYSTEM FOR CONTROL OF LATHE

V. M. Khoda^{1*}, O. A. Stadnichenko², S. S. Nekrasov³,
M. O. Rozhkov³, N. G. Buzoveria⁴

¹Admiral Makarov National University of Shipbuilding;
9 Heroes of Ukraine Avenue, Mykolaiv, 54007,
Ukraine, e-mail: walhoda@gmail.com

²Ukrainian Institute of Plant Variety Examination;
15 Henerala Rodymtseva Str., Kyiv, 03041, Ukraine,
e-mail: sops@sops.gov.ua

³Sumy State University; 116, Kharkivska Str., Sumy,
40007, Ukraine, e-mail: nekrasovss@gmail.com

⁴Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil
and Gas; 15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019,
Ukraine, e-mail: nadiia.shyrmovska@nung.edu.ua