

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

К. Г. Кіркопуло¹, В. М. Тонконогий¹

¹Національний університет «Одеська політехніка»

Анотація. В статті проаналізовано використання Інтернету речей (ІоТ) для моніторингу та керування технологічними процесами в промисловості, зокрема – нанесенням іонно-плазмових покриттів. Розглянуто переваги та недоліки використання традиційних датчиків порівняно з інтелектуальними датчиками, які діють в рамках концепції Промислового Інтернету Речей (ШІоТ). Підкреслено важливість використання сучасних технологій, наприклад, ІоТ, для підвищення ефективності виробничих процесів, зниження витрат та покращення контролю якості. Дослідження виокремлює ключові аспекти впровадження ІоТ у промисловості, такі як забезпечення безпеки даних, інтеграція з існуючими системами та розробка інтегрованих систем безпеки. В результаті виявлено, що інтелектуальні датчики можуть стати важливим елементом оптимізації технологічних процесів завдяки їхнім можливостям збору та аналізу даних в реальному часі. Такий підхід може допомогти підприємствам підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати та підвищити конкурентоспроможність. Аналіз показує, що для успішного впровадження ІоТ у промисловості необхідно уважно враховувати технічні, організаційні та безпекові аспекти, що є ключовими для забезпечення успішності та ефективності виробничих процесів.

Ключові слова: Інтернет речей, промисловість, автоматизація, управління, іонно-плазмові покриття, інтелектуальні датчики

Вступ

Індустріальні підприємства по всьому світу дедалі більше орієнтуються на застосування сучасних технологій для оптимізації своїх виробничих процесів. Одним із ключових напрямів у цьому контексті є використання інтернету речей (ІоТ) та інтелектуальних датчиків для моніторингу та управління технологічними процесами. Це відображення глобальної тенденції переходу до концепції Промисловості 4.0, яка привносить цифрову трансформацію у виробничі процеси, покращуючи їх ефективність, гнучкість та надійність.

Актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю адаптації промислових підприємств до умов ринку, що швидко змінюються, і посилення конкуренції. Сьогодні вони стикаються з викликами, що вимагають більш точного контролю виробничих процесів, збільшення виробничої ефективності, скорочення витрат та підвищення якості продукції. У цьому контексті застосування ІоТ та інтелектуальних датчиків є ключовою стратегією для досягнення цих цілей.

Крім того, розгляд цієї теми також має важливе значення у контексті перспектив розвитку промисловості, особливо у світлі можливого переходу до концепції Промисловості 5.0.

Усвідомлення неминучого впливу ІоТ на

промисловість стає дедалі очевиднішим, і важливо вивчити його роль і потенціал у порівнянні з іншими сучасними технологіями, такими як інтелектуальні датчики.

Таким чином, дане дослідження спрямоване на проведення аналізу застосування ІоТ та інтелектуальних датчиків для моніторингу та управління технологічними процесами у промисловості. Воно висвітлює важливість використання сучасних технологій у сферах, які вже досить добре вивчені, та наголошує на їх значущості в контексті переходу до нових етапів розвитку промислового виробництва.

1. Аналіз літератури

В роботі [1] висвітлено ключові аспекти технології Інтернету речей (ІоТ) та її вплив на промисловість. Зокрема, автор описує різноманітність застосувань ІоТ у сфері енергетики, аналізує роль датчиків, хмарних обчислень та комунікаційних технологій в рамках ІоТ. Крім того, ця робота надає важливу інформацію про інтеграцію та стандартизацію у цій сфері.

В публікації [2] розглянуто вплив технології ІоТ на різні сфери життя, включаючи енергетику, медицину, сільське господарство та інші. Автор описує роль датчиків та їхнє значення у зборі та аналізі даних для прийняття обґрунтованих рішень в режимі реального часу. Крім того, висвітлено перспективи розвитку ІоТ, обговорюються

виклики та можливості впровадження систем на основі цієї технології.

Використання IoT для моніторингу та керування технологічними процесами має великий потенціал для покращення ефективності та конкурентоспроможності підприємств у контексті сучасної промисловості [3].

Для реалізації зв'язку між датчиками та інтерфейсом оператора при керуванні технологічним процесом вакуумно-дугового напилення на метали використовуються спеціалізовані системи збирання, обробки та передачі даних. Перерахуємо основні кроки процесу:

1. Збір даних від датчиків. Дані, які отримують від різних типів датчиків (датчики тиску, температури, струму дуги та інші) збираються за допомогою спеціалізованих сенсорних пристроїв.
2. Перетворення даних. Зібрані дані перетворюються на цифровий формат для обробки комп'ютером. Цей процес може містити аналогово-цифрове перетворення (ADC) для аналогових сигналів від датчиків.
3. Обробка даних. Програмне забезпечення комп'ютера обробляє зібрані дані, виконує аналіз та приймає рішення відповідно до попередньо заданих параметрів та алгоритмів управління.
4. Відображення інформації на інтерфейсі оператора. Результати обробки даних відображаються на інтерфейсі оператора у зручному для сприйняття вигляді. Це може включати показання датчиків, параметри процесу, графіки, а також різні повідомлення і попередження.
5. Управління процесом. Оператор, використовуючи інтерфейс, може здійснювати керування технологічним процесом, вносити коригування та регулювати параметри в реальному часі на основі наданої інформації.

Щоб забезпечити ефективний зв'язок між датчиками та інтерфейсом оператора, часто використовуються спеціалізовані системи збору та обробки даних, такі як програмовані логічні контролери (PLC), системи управління процесами (SCADA) [4], промислові контролери та протоколи передачі даних, такі як Modbus, OPC UA [5] та інші. Ці системи забезпечують надійну передачу даних та ефективне управління технологічним процесом.

Важлива роль розумних датчиків в контексті ефективного функціонування систем Інтернету речей (IoT). Датчики вважаються ключовими елементами для збору даних, і вони повинні мати ряд характеристик, таких як міцність, надійність, точність та чутливість.

В роботі [6] показано, що нові технології, такі як Інтернет речей (IoT) і машинне навчання (ML), потребують спеціально призначених для них датчиків, що можуть бути використані для розумних програм. У системах IoT об'єкти оснащені датчиками, які забезпечують збір даних, на основі яких можна приймати оптимізовані рішення.

Технологія іонно-плазмового покриття вимагає точного виконання строгих регламентів, які безпосередньо впливають на якість та відсутність браку у продукції. Завдяки наявності людино-машинного інтерфейсу оператор може контролювати та налаштовувати установку з урахуванням поточних параметрів технологічного процесу, забезпечуючи оптимальні умови роботи [7].

2. Методологія дослідження

Управління та моніторинг технологічного процесу вакуумно-дугового напилення на метали за допомогою датчиків відіграє ключову роль у забезпеченні якості та ефективності процесу. Вакуумно-дугове напилення (також відоме як дугове напилення з іскровим розрядом) широко використовується для створення захисних та декоративних покриттів на різних поверхнях металів.

Для керування та моніторингу цього процесу використовуються різні типи датчиків. Розглянемо, які саме.

Датчики тиску використовуються для контролю та регулювання тиску у вакуумній камері. Підтримка певного рівня вакууму є важливим параметром забезпечення якісного напилення.

Температурні датчики моніторять температуру всередині вакуумної камери та на поверхні оброблюваних деталей. Це дозволяє запобігати перегріву та забезпечувати оптимальні умови для процесу напилення.

Датчики струму дуги використовуються для контролю та регулювання електричного струму, що підтримується у дузі. Що допомагає забезпечити стабільне та рівномірне напилення матеріалу на поверхню.

Датчики відстані використовуються для контролю відстані між розпилювачем та поверхнею, що обробляється. Це дозволяє підтримувати оптимальне положення та робочу відстань для рівномірного напилення.

Датчики складу газового середовища контролюють склад газової атмосфери у вакуумній камері, що дозволяє контролювати вміст інертних газів та підтримувати необхідні умови для процесу напilenня.

Датчики зворотного зв'язку з маніпуляторами використовуються для керування рухом та положенням маніпуляторів, що тримають деталі для напilenня. Це допомагає оптимізувати розташування деталей та забезпечити рівномірне покриття.

Комбінація різних типів датчиків дозволяє ефективно контролювати та керувати технологічним процесом вакуумно-дугового напilenня на метали, забезпечуючи високу якість покриттів та підвищену продуктивність.

2.1. Структура та принципи функціонування Промислового Інтернету Речей

На початковій стадії впровадження Індустріального Інтернету Речей (ІІР) на промислове обладнання встановлюють датчики, виконавчі механізми, контролери та людино-машинні інтерфейси. Це створює можливість збирання інформації, що дозволяє керівництву отримувати об'єктивні та точні дані про стан виробництва. Оброблені дані розподіляються між всіма підрозділами підприємства, що допомагає налагодити співпрацю між співробітниками та приймати обґрунтовані рішення.

Отримана в результаті інформація може використовуватися для уникнення непланових зупинок виробництва, поломок обладнання, скорочення непланового технічного обслуговування та управління ланцюгами постачання, тим самим забезпечуючи більш ефективне функціонування підприємства.

Оскільки обробка великої кількості неструктурованих даних, які надходять з датчиків, вимагає їх фільтрації та адекватної інтерпретації, представлення інформації у зрозумілому користувачеві вигляді стає пріоритетним завданням. З цією метою використовуються передові аналітичні платформи, призначені для збору, зберігання та аналізу даних про технологічні процеси та події, що відбуваються в реальному масштабі часу. Промисловий Інтернет Речей дозволяє створювати виробництва, які виявляються більш ощадливими, гнучкими, ефективними та відповідають сучасним вимогам.

Бездротові пристрої з підтримкою протоколу IP, включаючи смартфони, планшети і датчики, вже активно використовуються на виробництві. Найближчі роки будуть розширені і доповнені бездротовими

мережами, завдяки чому на підприємствах суттєво розширяться зони застосування систем моніторингу та управління. Наступний етап оптимізації виробничих процесів буде характеризуватися все більш щільною конвергенцією кращих інформаційних і операційних технологій.

Поступове становлення цифрових екосистем виробничих підприємств з ізольованих систем, які самостійно виконують всі необхідні для виробництва продукції виробничі та бізнес-процеси, перетворить їх у відкриті системи, що поєднують різних учасників ринку. Управління засобами виробництва в цих системах буде здійснюватися не персоналом, а хмарними сервісами. Кінцевою метою таких трансформацій буде не випуск продукції, а надання послуг споживачеві.

2.2. Застосування інтелектуальних датчиків у моніторингу та керуванні технологічними процесами

Використання традиційних датчиків для моніторингу технологічного процесу іонно-плазмового напilenня передбачає використання стандартних сенсорів, які можуть вимірювати базові параметри, такі як температура, тиск, швидкість руху, а також рівні різних речовин у середовищі. Ці датчики можуть передавати отримані дані до систем моніторингу і керування, де їх обробляють та аналізують для прийняття рішень.

З іншого боку, використання інтелектуальних датчиків, що працюють згідно з концепцією промислового Інтернету речей (ІІР), відкриває нові можливості для моніторингу та керування технологічним процесом. Ці датчики здатні не лише збирати дані про базові параметри, а й виконувати аналіз цих даних в реальному часі, використовуючи алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання. Вони можуть виявляти відхилення від норми, прогнозувати можливі проблеми та навіть рекомендувати оптимальні налаштування для підтримки оптимального рівня продуктивності та якості.

Проведемо узагальнений порівняльний аналіз звичайних та інтелектуальних датчиків для використання в промисловості, зокрема у технологічному процесі нанесення іонно-плазмових покриттів на металоріжучі інструменти. Для більш повного аналізу, виділимо наступні параметри: структура, збір даних, відомості для аналізу, споживана енергія, автоматизація та реакція на збої, прогностичний аналіз.

Результати наведено у таблиці 1.

Таблиця 1
Порівняння датчиків

Параметр	Звичайні датчики	Інтелектуальні датчики
Структура	Зазвичай датчики без додаткової обробки даних	Мають вбудовані алгоритми обробки даних
Збір даних	Збирають дані і передають їх для подальшого аналізу	Здатні аналізувати та обробляти дані на місці
Відомості для аналізу	Надають базову інформацію про стан процесу	Забезпечують більш детальну та контекстну інформацію
Споживана енергія	Витрати енергії низькі	Вимагають більше енергії для роботи
Автоматизація та реакція на збої	Зазвичай не здатні самостійно адаптуватися до змін	Автоматично реагують на зміни
Прогностичний аналіз	Можуть бути менш ефективними у прогнозуванні збоїв	Мають можливість передбачати збої заздалегідь

2.3. Концепція інтернету речей в технологічному процесі нанесення іонно-плазмових покриттів на металоріжучі інструменти

Використання IoT (інтернету речей) та інтелектуальних датчиків в управлінні технологічним процесом вакуумно-дугового напилення на метали може запропонувати додаткові переваги та можливості для оптимізації виробничих процесів. Розглянемо декілька способів, як це можна реалізувати:

1. Моніторинг та управління в реальному часі. Встановлення інтелектуальних датчиків у різні частини вакуумної камери та на оброблювані деталі дозволить безперервно відстежувати параметри, такі як тиск, температура, склад газового середовища та інші. Ці дані можуть бути передані до хмарної платформи IoT для аналізу в реальному часі та прийняття рішень оператором.

1.1. Очищення та нагрівання поверхні металу.

IoT може використовуватися для моніторингу стану та ефективності очищення поверхні металу. Датчики можуть вимірювати рівень забруднення та хімічних реагентів, аналізувати дані про температуру та тиск, що дозволяє оптимізувати процес очищення та підтримувати його оптимальні умови. Також на цьому етапі IoT може бути використано для моніторингу температури поверхні металу під час нагрівання. Датчики можуть надсилати дані про температуру в реальному часі, що дозволяє точно контролювати процес нагрівання і забезпечувати оптимальні умови для наступного етапу нанесення покриття.

1.2. Нанесення покриття.

Під час процесу нанесення покриття системи IoT можуть контролювати та оптимізувати параметри плазмового розпилення, такі як температура плазми, потік газів та енергія розряду. Дані, зібрані IoT-датчиками, можуть бути використані для регулювання цих параметрів у реальному часі, щоб забезпечити оптимальне нанесення покриття та мінімізувати втрати матеріалів.

Після нанесення покриття, системи IoT можуть контролювати та моніторити умови осадження покриття, такі як температура та вологість навколишнього середовища. Дані, зібрані IoT-датчиками, можуть допомогти оптимізувати ці умови для забезпечення максимальної міцності та стійкості покриття.

2. Оптимізація виробничих процесів. Використання даних, зібраних за допомогою IoT та інтелектуальних датчиків, дозволяє виявляти патерни та тренди у роботі обладнання та процесів. Це дозволяє виявляти можливості для оптимізації виробничих процесів, покращення ефективності та зниження витрат.

3. Попередження про проблеми та усунення збоїв. Аналіз даних за допомогою алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту дозволяє виявляти потенційні проблеми або відхилення у роботі обладнання заздалегідь. Це дозволяє операторам вживати заходів щодо запобігання збоєм та мінімізації часу простою.

Системи IoT можуть також використовуватися для контролю якості нанесених покриттів. Дані датчиків можуть бути аналізовані з використанням алгоритмів машинного навчання для виявлення дефектів або невідповідностей якості та попередження про можливі проблеми в процесі нанесення.

4. Віддалене керування та моніторинг. Завдяки підключенню до мережі Інтернет оператор

ри можуть здійснювати моніторинг та управління процесом навіть віддалено, що підвищує гнучкість та доступність управління виробництвом.

Під час всього процесу нанесення покриттів, системи IoT можуть забезпечувати моніторинг та управління виробничим процесом у реальному часі. Це дозволяє операторам безперервно відстежувати параметри процесу, швидко реагувати на будь-які зміни та оптимізувати виробничі операції для досягнення найкращих результатів.

5. Автоматизація процесів та вирішення складних завдань. Використання IoT та інтелектуальних датчиків дозволяє автоматизувати багато аспектів управління та контролю технологічним процесом. Автоматичні системи можуть приймати рішення на основі аналізу даних та виконувати складні завдання без необхідності постійного втручання людини.

Використання IoT та інтелектуальних датчиків в управлінні технологічним процесом вакуумно-дугового напилення на метали надає можливості для підвищення ефективності, надійності та гнучкості виробництва, а також скорочення витрат та часу простою.

Таким чином, IoT відіграє ключову роль на кожному етапі технологічного процесу нанесення іонно-плазмових покриттів на метали, забезпечуючи моніторинг, контроль та оптимізацію виробничих операцій для підвищення ефективності та якості процесу.

Цей підхід дозволяє забезпечити ефективний контроль кожного етапу технологічного процесу нанесення іонно-плазмових покриттів на метали, що призводить до підвищення якості та ефективності виробництва.

Проте є і деякі недоліки впровадження інтелектуальних датчиків, в тому числі:

- високі витрати на впровадження – інтелектуальні датчики можуть бути дорожчими у встановленні та підтримці порівняно з традиційними датчиками;
- складність налаштування та обслуговування: такі датчики потребують спеціалізованої експертизи для правильного налаштування та підтримки, що може бути складним завданням для підприємств з обмеженими ресурсами.
- збір і аналіз великих обсягів даних в реальному часі може створити проблеми з безпекою даних та конфіденційністю, що може вимагати великих витрат на захист інформації.

Переваги та недоліки використання IoT в промисловості наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Переваги та недоліки використання концепції

№ з/п	Переваги використання IoT в промисловості	Недоліки використання IoT в промисловості
1	Підвищення ефективності виробництва	Проблеми з безпекою даних
2	Зменшення витрат на обслуговування та ремонт обладнання	Потенційні загрози кібербезпеки
3	Підвищення якості продукції та послуг	Складність інтеграції з існуючими системами
4	Оптимізація використання ресурсів та енергозбереження	Масштабність і розмір обладнання
5	Покращення моніторингу та аналітики	Проблеми зі сумісністю та стандартами

3. Результати дослідження

Технологія Інтернету речей відкриває нові можливості, але кожен підключений пристрій може стати потенційною точкою входу для атак зловмисників. Важливим завданням є розробка нових стандартів безпеки та інфраструктури сертифікації розумних середовищ на основі Інтернету речей. Це включає дослідження методологічних і технологічних заходів стандартизації. В роботі [8] надано рекомендації щодо науково обґрунтованого підходу до національної стандартизації безпеки Інтернету речей та заходів вирішення проблеми функціональної сумісності різномірних пристроїв Інтернету речей.

Широке розповсюдження нових технологій та інноваційних рішень у економічній діяльності призводить до формування нових принципів економічних відносин, які реалізуються в цифровій економіці [9]. Що в свою чергу викликає труднощі з інтеграцією IIoT у виробничі процеси через потребу у їх реорганізації. Ефективність впровадження IIoT залежить від каналів та методів зв'язку, які забезпечують взаємодію пристроїв, що функціонують у бізнес-процесі.

З одного боку, використання передових технологій надає багато можливостей. З іншого – ставить багато викликів перед дослідниками та користувачами. Серед таких запитів знаходиться стандартизація – наявність чітко визначених протоколів та сумісних інтерфейсів, що відіграє

важливу роль у забезпеченні безперебійної та ефективної роботи систем.

Стандартизація в галузі Інтернету речей (IoT) відіграє важливу роль у забезпеченні безперебійної та ефективної роботи систем [10]. Це дозволяє різним пристроям взаємодіяти між собою незалежно від виробника, забезпечує сумісність та інтеграцію між різнорідними пристроями та платформами. Також стандарти визначають уніфіковані протоколи для захисту даних та забезпечення конфіденційності, що є критичним для запобігання витоку чутливої інформації та забезпечення безпеки систем. Стандартизовані протоколи дозволяють легко інтегрувати IoT-системи з існуючими інфраструктурами та платформами, полегшують масштабування та розширення IoT-систем, спрощують процес розробки та впровадження нових пристроїв та додатків для IoT. Таким чином, роль стандартів із чітко визначеними протоколами та сумісними інтерфейсами є ключовим фактором для забезпечення безперебійної роботи IoT та подальшого розвитку цієї галузі.

Виділимо аспекти, що є важливими для визначення потенційного успіху впровадження Промислового Інтернету Речей та інтелектуальних датчиків в технологічний процес, зокрема – нанесення іонно-плазмових покриттів на металоріжучий інструмент.

1. Технічна сумісність. Успішне впровадження IoT передбачає сумісність інтелектуальних датчиків з існуючими системами технологічного процесу, що дозволяє їм ефективно взаємодіяти та обмінюватися даними. Використання IoT в технологічному процесі нанесення іонно-плазмових покриттів передбачає сумісність інтелектуальних датчиків з системами керування і моніторингу вже існуючого обладнання, такого як плазмові камери та системи вакуумно-дугового напilenня.

2. Надійність і безпека даних. Інтелектуальні датчики повинні бути надійними та забезпечувати безпеку зберігання та передачі даних, оскільки вони відіграють критичну роль у моніторингу та керуванні процесами, а саме дані про температуру, тиск, струм та всі параметри процесу, що впливають на якість покриття.

3. Розширені можливості аналізу даних. Успішне впровадження передбачає, що інтелектуальні датчики здатні збирати, обробляти та аналізувати великі обсяги даних в реальному часі, щоб надавати корисну інформацію для прийняття рішень. Це дозволяє забезпечити детальний аналіз даних процесу нанесення покриттів, враховуючи параметри, такі як швидкість руху інструментів, концентрація газів у плазмі та інші

важливі показники, що впливають на якість покриття.

4. Масштабованість та гнучкість. Система повинна бути гнучкою та легко масштабованою, щоб враховувати зростаючі потреби підприємства та зміни в технологічних процесах з часом, такі як впровадження нових матеріалів чи модифікації параметрів процесу.

5. Ефективне керування. Успішне впровадження передбачає наявність ефективного керування, яке забезпечує оптимальне використання інтелектуальних датчиків та їхню взаємодію з іншими системами, такими як системи автоматичного керування плазмовими струмами, системою подачі та відкачки газів тощо.

Висновки

За результатами порівняльного аналізу застосування IoT для моніторингу та керування технологічними процесами можна зробити кілька висновків. По-перше, виявлено, що використання Інтернету речей в промисловості може значно підвищити ефективність виробничих процесів, знизити витрати та покращити контроль якості продукції. По-друге, необхідно враховувати потенційні проблеми, такі як забезпечення безпеки даних, кібербезпека та інтеграція з існуючими системами. По-третє, інтелектуальні датчики, які працюють в рамках концепції Промислового Інтернету Речей, можуть стати ключовим елементом вдосконалення моніторингу та керування технологічними процесами завдяки своїм унікальним можливостям збору та аналізу даних в реальному часі. Нарешті, для успішного впровадження інтелектуальних датчиків необхідно приділити увагу розробці інтегрованих систем безпеки та стандартів, а також забезпечити гнучкість та масштабованість цих систем для відповіді на зростаючі потреби промислових підприємств. Такий комплексний підхід дозволить ефективно використовувати переваги IoT та інтелектуальних датчиків у промисловості, забезпечуючи її подальший розвиток та конкурентоспроможність.

Список використаних джерел

1. Sangeetha Swamynathan, Parthasarathi Periasamy, Jothimani Subbiah Enabling Technologies in IoT: Energy, Sensors, Cloud Computing, Communication, Integration, Standards. In book: Recent Advances in Energy Systems, Power and Related Smart Technologies (pp.493-511)

DOI:10.1007/978-3-031-29586-7_19

2. Amartya Chakraborty How the 'Things' Speak: The Usage and Applications of Sensors in IoT In book: Intelligent Systems for IoE Based

Smart Cities (pp.190-212). Chapter: 8. Publisher: Bentham Science

DOI:10.2174/9789815124965123010011

3. Kali Charan Rath, Alex Khang, Debanik Roy The Role of Internet of Things (IoT) Technology in Industry 4.0 Economy – book: Advanced IoT Technologies and Applications in the Industry 4.0 Digital Economy (pp.1-28)

DOI:10.1201/9781003434269-1

4. Blokdyk, G. SCADA: a complete guide. Brisbane, Australia: Emereo Pty Limited, 2018, 304 p.

5. Guilherme Serpa Sestito, Andre Luis Dias, Afonso Turcato, Performance Comparison Between OPC UA and MQTT for Data Exchange // Conference: 2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, April 2018

6. Arnav Doke, Akhilesh Awate, Smart Sensors and their Applications in IoT. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology 10(3): 2370-2374

DOI:10.22214/ijraset.2022.41138

7. Kirkopulo, K., Tonkonogyi, V., Litvinov, V., Toropenko, A., Dasic, P. (2024). Design of an Operator Interface for Controlling the Installation of Ion-Plasma Deposition. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. pp 38–47. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_

8. P. S. Klimushyn, V. Ye. Roh, T. P. Kolisnyk Legal aspects of functional security standardisation of the Internet of Things (про проблеми з безпекою даних) Law and Safety 90(3): 200-213

DOI:10.32631/pb.2023.3.17

9. Дзямулич М.І., Фадєєва І. Г., Шматковська Т.О. Промисловий інтернет речей та його застосування у бізнес-процесах: Економічний форум 1(3):54-59

DOI:10.36910/6775-2308-8559-2021-3-7

10. Пановик, У.П. Стандартизація Інтернету речей: сучасний стан та перспективи розвитку – Українська академія друкарства. Режим доступу: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/12404>

References

1. Sangeetha Swamynathan, Parthasarathi Periasamy, Jothimani Subbiah Enabling Technologies in IoT: Energy, Sensors, Cloud Computing, Communication, Integration, Standards. In book: Recent

Advances in Energy Systems, Power and Related Smart Technologies (pp.493-511)

DOI:10.1007/978-3-031-29586-7_19

2. Amartya Chakraborty How the ‘Things’ Speak: The Usage and Applications of Sensors in IoT In book: Intelligent Systems for IoE Based Smart Cities (pp.190-212). Chapter: 8. Publisher: Bentham Science

DOI:10.2174/9789815124965123010011

3. Kali Charan Rath, Alex Khang, Debanik Roy The Role of Internet of Things (IoT) Technology in Industry 4.0 Economy – book: Advanced IoT Technologies and Applications in the Industry 4.0 Digital Economy (pp.1-28)

DOI:10.1201/9781003434269-1

4. Blokdyk, G. SCADA: a complete guide. Brisbane, Australia: Emereo Pty Limited, 2018, 304 p.

5. Guilherme Serpa Sestito, Andre Luis Dias, Afonso Turcato, Performance Comparison Between OPC UA and MQTT for Data Exchange // Conference: 2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, April 2018

6. Arnav Doke, Akhilesh Awate, Smart Sensors and their Applications in IoT. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology 10(3): 2370-2374

DOI:10.22214/ijraset.2022.41138

7. Kirkopulo, K., Tonkonogyi, V., Litvinov, V., Toropenko, A., Dasic, P. (2024). Design of an Operator Interface for Controlling the Installation of Ion-Plasma Deposition. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. pp 38–47. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_

8. P. S. Klimushyn, V. Ye. Roh, T. P. Kolisnyk Legal aspects of functional security standardisation of the Internet of Things (про проблеми з безпекою даних) Law and Safety 90(3): 200-213

DOI:10.32631/pb.2023.3.17

9. Dziamulich M.I., Fadiieva I.H., Shmatkovska T.O. Industrial Internet of Things and Its Application in Business Processes: Economic Forum 1(3):54-59

DOI:10.36910/6775-2308-8559-2021-3-7

10. Panovik, U.P. Standardization of the Internet of Things: Current Status and Development Perspectives – Ukrainian Academy of Printing. Access mode:

<https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/12404>

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF IOT AND INTELLIGENT SENSORS FOR MONITORING AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

K. Kirkopulo¹, V. Tonkonogyi¹
¹Odesa Polytechnic National University

Abstract. *The article presents a comparative analysis of the application of IoT and smart sensors for monitoring and controlling industrial technological processes. It delves into the pros and cons of traditional sensors versus intelligent sensors, which function within the framework of the Industrial Internet of Things (IIoT). Emphasis is placed on the significance of leveraging modern technologies like IoT to enhance production process efficiency, cut costs, and elevate quality control standards. The research outlines pivotal aspects of IoT implementation in industry, including data security assurance, seamless integration with existing systems, and the formulation of comprehensive security frameworks. Smart sensors emerge as pivotal tools in streamlining technological processes owing to their real-time data collection and analysis capabilities. This strategic approach can empower companies to boost efficiency, trim expenses, and bolster competitiveness. The analysis underscores the necessity of meticulous consideration of technical, organizational, and security factors for the successful deployment of IoT in industry, pivotal for ensuring productive and efficient operational outcomes.*

Keywords: *Internet of Things, automation, control, ion-plasma coatings, intelligent sensors*

Отримано 15.03.2024



Кіркопуло Катерина Григорівна, Національний університет «Одеська політехніка», доктор філософії (PhD). Просп. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна,
E-mail: kirkolulo.k.g@op.edu.ua, тел.: +38093-411-10-13

Katerina Kirkopulo, Odessa Polytechnic National University, Doctor of Philosophy (PhD), Associate Professor. Shevchenko Ave., 1, Odesa, 65044, Ukraine
E-mail: kirkolulo.k.g@op.edu.ua, ph.: +38093-411-10-13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5570-5989>



Тонконогий Володимир Михайлович, Національний університет «Одеська політехніка», доктор технічних наук, професор, директор інституту цифрових технологій, дизайну та транспорту. Просп. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна,
E-mail: vmt47@ukr.net, тел.: +38067-484-12-87

Vladimir Tonkonogyi, Odessa Polytechnic National University, Doctor of Technical Sciences, Professor. Shevchenko Ave., 1, Odesa, 65044, Ukraine
E-mail: vmt47@ukr.net, ph.: +38067-484-12-87

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1459-9870>