

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: «Аналіз інтелектуальних систем контролю електроспоживання
промислового підприємства»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1419
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Радомський О.М.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Єрофєєва А.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент зав.каф., д.т.н., доц. Коваленко В.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні _____
Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц. _____ В.Л. Коваленко

« _____ » _____ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

_____ Радомському Олексію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Аналіз інтелектуальних систем контролю електроспоживання промислового підприємства
керівник роботи Єрофєєва Аліна Анатоліївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 29 » грудня 2022 року № 1893 - с _____
- 2 Строк подання студентом роботи 09 червня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи: лампи натрієві ДНАТ 400 Іскра, світлодіодні підвісні світильники L Tesc, світлодіодні світильники Ledex; кількість світильників на підприємстві 252 одиниці.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз інтелектуальних систем контролю електроспоживання 2) Інтелектуальна оптимізація підприємства для ефективного контролю електроспоживання. 3) Заходи щодо вдосконалення освітлення.
- 5 Перелік графічного матеріалу 1) Приклади автоматизованого управління на виробництві. 2) Основні види керування технологічним процесом. 3) Перспектива автоматизованого документообігу. 4) Роботизація виробничих процесів підприємств. 5) Структура ланцюга автоматизованого управління. 6) Технологічна екосистема навколо Smart Factory. 7) Технологічний апгрейд індустрії. 8) Засади переходу на технології 4.0. 9) Автоматизована система освітлення. 10) Елементи схеми управління освітленням.

6) Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		
Розділ 2	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		
Розділ 3	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		
Розділ 4	Єрофєєва А.А., к.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання _____ 13.02.2022 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика автоматизації	24.04.2023	
2	Інтелектуальна оптимізація підприємства для ефективного контролю електроспоживання	15.05.2023	
3	Заходи щодо вдосконалення освітлення	02.06.2023	
4	Економічна доцільність впровадження заходів	09.06.2023	

Студент _____ (підпис) _____ О. М. Радомський (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ (підпис) _____ А.А.Єрофєєва (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ (підпис) _____ С.В. Башлій (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Радомський О.М. «Аналіз інтелектуальних систем контролю електроспоживання промислового підприємства».

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник к.т.н., доцент Єрофєєва А.А., Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

Пояснювальна записка містить 72 сторінки, 33 рисунка, 9 таблиць, 20 джерел посилань.

Анотація. Проведено аналіз інтелектуальних систем контролю електроспоживання промислового підприємства.

Розроблені заходи щодо скорочення витрат на споживання електричної енергії промисловим підприємством:

- оптимізації роботи освітлювальних систем підприємства;
- впровадження систем автоматизованого керування та контролю за різними системами, такими як опалення, кондиціонування повітря, освітлення.

Запропоновано скореговану систему автоматизованого освітлення, яка впроваджується в організацію з метою оптимізації режимів роботи систем та забезпечення енергоефективного використання електроенергії.

Ключові слова: автоматизація, оптимізація, індустрія 4.0, четверта промислова революція, цифровізація, діджиталізація, енергоефективність, розумне підприємство, освітлення приміщень.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМАТИЗАЦІЇ	10
1.1 Поняття інтелектуальних систем контролю електроспоживання....	10
1.2 Рівні управління підприємством	10
1.3 За ступенем повноти автоматизації	13
1.4 Типи автоматизації	14
1.5 Об'єкт автоматизації.....	18
1.6 Основні умови автоматизації.....	19
1.7 Основні концепція автоматизації	19
РОЗДІЛ 2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ	211
2.1 Характеристика розумного-підприємства.....	211
2.2 Опис методів збору даних про електроспоживання	244
2.3 Структура та характеристики споживання електроенергії на промислових підприємствах.....	277
2.4 Проблеми, пов'язані з управлінням електроспоживанням на промислових підприємствах.....	29
2.5 Опис технологій, використаних в інтелектуальних системах контролю електроспоживання	300
2.6 Переваги та виклики, пов'язані з впровадженням інтелектуальних систем контролю електроспоживання	311
2.7 Важливість діджитал-трансформації на підприємстві.....	344
2.8 Централізовані системи керування	366
РОЗДІЛ 3. ЗАХОДИ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ	39
3.1 Види освітлювальних приладів	39

3.2 Освітлювальне обладнання до та після заміни	455
3.3 Застосування датчиків руху	522
3.4 Система управління освітленням в приміщеннях	556
3.5 Система керування освітленням на світлодіодах по протоколу DMX-512	566
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ	622
4.1 Розрахунки та норми освітлення виробничого приміщення.....	622
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	700
ДОДАТОК А.....	733

ВСТУП

Промисловість має довгу історію розвитку, починаючи з першої промислової революції, яка відбулася у XVIII-XIX століттях, коли були впроваджені механізація та парова енергія. Електрифікація також стала великим кроком у розвитку промисловості, дозволяючи використовувати електричну енергію для приводу машин та освітлення.

Сьогодні ми спостерігаємо нову хвилю індустріального розвитку, яку називають Четвертою промисловою революцією або Індустрією 4.0. Цей період, коли цифрові технології, зокрема штучний інтелект, Інтернет речей, аналітика даних та автоматизація, перетворюють промисловість.

Індустрія 4.0 відкриває нові можливості для промислових підприємств. Вона забезпечує високий рівень автоматизації та системи інтеграції, що дозволяє збирати та аналізувати великі обсяги даних у режимі реального часу, впроваджувати робототехніку та автономні системи, а також підвищувати гнучкість та індивідуалізацію виробництва.

Автоматизація підприємства в рамках концепції Індустрії 4.0 є важливим та актуальним напрямом розвитку сучасного бізнесу. Індустрія 4.0 відноситься до нової епохи промисловості, де цифрові технології та інтернет-з'єднаність грають вирішальну роль у виробничих процесах.

Ця концепція передбачає використання таких технологій, як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), аналітика даних, хмарні обчислення та автоматизація, щоб створити "розумні" фабрики та підприємства, які можуть оптимізувати свої процеси, підвищувати продуктивність та створювати інновації.

Промислова революція 4.0 вимагає від компанії гнучкості, адаптивності та здатності до швидкого впровадження нових технологій. Вона також поставила нові виклики перед суспільством, такі як зміни на ринку праці, потреби в навчанні та перекваліфікації працівників.

Ця революція відкриває нові перспективи для підприємств і суспільства в цілому, але вона також потребує актуального планування, управління ризиками та розумного впровадження, щоб забезпечити стійкий розвиток і максимальний результат.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Поняття інтелектуальних систем контролю електроспоживання

Впровадженню автоматизованих систем (АС) у нашій країні приділяють багато уваги. За масштабами, темпами зростання, затратами матеріальних, фінансових і трудових ресурсів, а також за ступенем впливу на процеси управління.

Інтелектуальні системи контролю електроспоживання - це комплексні системи, що використовують сучасні технології та алгоритми для ефективного моніторингу, аналізу та керування електроенергією на промислових підприємствах. Вони поєднують в собі сенсорну мережу, аналітику даних, алгоритми оптимізації та можливість віддаленого моніторингу та керування.

Такі системи є ефективним інструментом для оптимізації енергоефективності та зниження споживання електроенергії. Основним завданням таких систем є моніторинг, аналіз та керування споживанням електроенергії з метою підвищення ефективності та зменшення витрат.

1.2 Рівні управління підприємством

Підприємство це ієрархічна піраміда з окремими рівнями, організаційна схема автоматизації процесів управління виробництвом зображена на рисунку 1.1 [6]

На польовому рівні працюємо з датчиками (перетворювачами) та виконавчими механізмами будь-яких виробників, що підключаються по будь-яким аналоговим, дискретним, імпульсним, цифровим інтерфейсам зв'язку

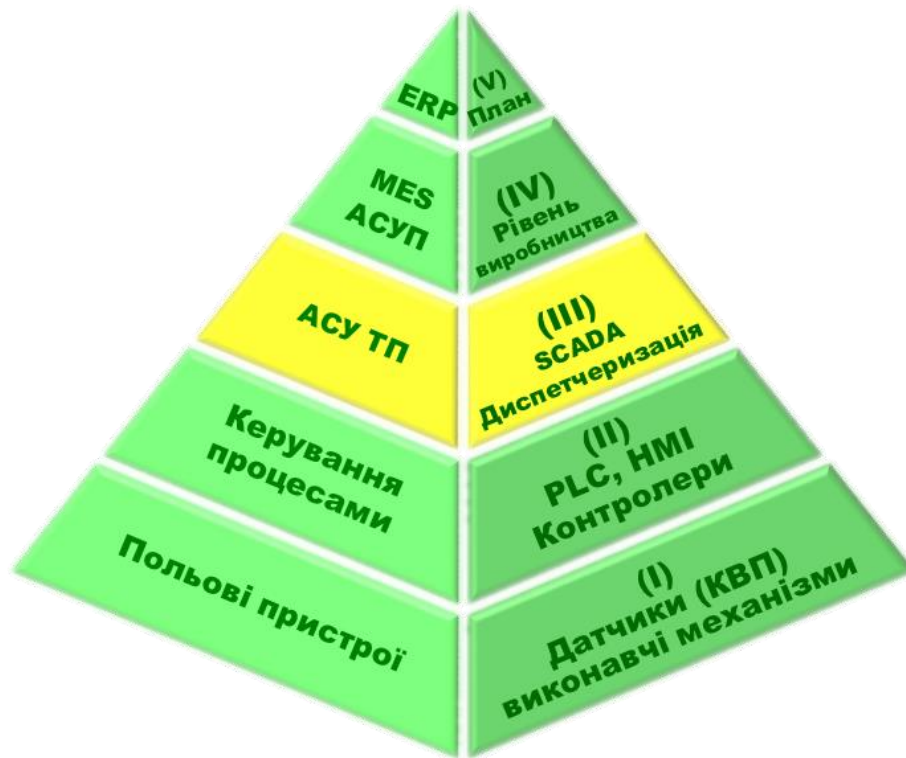


Рисунок 1.1 – Організаційна схема автоматизації процесів управління виробництвом

Технічні засоби середнього та верхнього рівня ієрархії АСУ ТП часто об'єднують під назвою ПТК – програмно-технічний комплекс. Технічні засоби ПТК в сукупності виконують функції вимірювання, керування, регулювання, архівування і відображення (диспетчеризації).

АСУ ТП – це комплекс технічних та програмних засобів, призначений для управління технологічними процесами на виробництвах.

МЕС система – це інформаційне програмне забезпечення, призначене для відстежування виробничих процесів під час виготовлення різноманітної продукції на підприємстві. Мета її застосування – забезпечити ефективне виконання кожної операції з підвищенням продуктивності роботи компанії.

На верхньому рівні ієрархії АСУ ТП функціонують сервери та комп'ютери промислового або не промислового виконання.[15]

Автоматизація процесів важлива для сприяння якісному управлінню на

всіх рівнях системи. Рівень оптимізації визначається виходячи з рівня управління. Прийнято виділити такі рівні управління автоматизованими процесами, як оперативний, тактичний і стратегічний.

Оперативний рівень - відноситься до автоматизації різних операцій та процесів, які відбуваються на місцях, де відбувається безпосередня виробнича діяльність. Цей рівень фокусується на автоматизації конкретних завдань та дій, що здійснюються на лініях виробництва, в майстернях, на складах або в інших виробничих середовищах.

Оперативний рівень автоматизації зазвичай включає такі елементи: автоматизовані машини та обладнання, системи контролю та моніторингу, автоматизовані системи управління, автоматизовані системи збору та обробки даних, автоматизовані системи управління складами.

Цей рівень автоматизації дозволяє покращити ефективність, точність, якість та безпеку виробничих процесів.

Тактичний рівень - відноситься до автоматизації більш великих та комплексних процесів управління виробництвом, які охоплюють планування, координацію та прийняття рішень на середньому терміні.

Цей рівень автоматизації повинен здійснювати делегування завдань між різноманітними процесами нижчого рівня і в такий спосіб гарантувати ефективне управління виробництвом, виконуючи функції з стратегічного планування, ресурсного управління, планування виробництва та управління ланцюгом постачання.

Стратегічний рівень - забезпечує автоматизацію розв'язання прогностичних та аналітичних завдань, він спрямований на фінансово-господарське та стратегічне управління.

Даний рівень відноситься до автоматизації стратегічного управління та прийняття рішень на виробничих підприємствах та фокусується на використанні автоматизованих систем та технологій для досягнення стратегічних цілей підприємства, таких як підвищення конкурентоспроможності, збільшення прибутковості та зайнятості ресурсів.

Рівень автоматизації виробництва відноситься до ступеня автоматизації процесів і систем у виробничому середовищі. Він оцінює, наскільки багато завдань і операцій виконується автоматично за допомогою комп'ютерів, машин і роботів, а не вручну людиною. Рівень автоматизації виробництва може варіюватися від низького, де більша частина роботи виконується вручну, до високого, де більшість процесів повністю автоматизовано.

1.3 За ступенем повноти автоматизації

Автоматизація підприємств може бути класифікована за ступенем повноти автоматизації. Ступень автоматизації вказує на залежність виробництва від кількості діючого персоналу на різних рівнях.

За ступенем повноти розрізняють автоматизацію виробництва:

- часткову - передбачає автоматизацію основних виробничих процесів;
- комплексну - передбачає автоматизацію не лише процесу виробництва, але й процесів керування й обслуговування;
- повну передбачає автоматизацію всіх основних і допоміжних процесів.

Типи автоматизації виробництва залежать від безлічі факторів : тип і складність вироблених виробів, доступність автоматичних систем, бюджет та інфраструктура підприємства. Він також може змінюватися в різних галузях і підприємствах залежно від їхніх потреб і можливостей.

Почну з ручного процесу виробництва в якому основну частину роботи виконується вручну без використання автоматизованих систем або обладнання. Процеси можуть бути трудомісткими і залежати від людської праці.

Якщо виробничий процес автоматизований, але все одно потрібна участь людини для спостереження, контролю і втручання в процес, то це напівавтоматичний процес.

Там де участь людей не передбачена там застосовується автоматичний тип виробництва. Саме на цьому рівні більшість процесів повністю

автоматизовано, без прямої участі людини. Роботи, машини та комп'ютери виконують завдання й операції самостійно. Виробничі лінії можуть бути повністю автоматизованими, з мінімальним втручанням людини.

А якщо в нас декілька виробничих ліній, тоді застосовують так званий, гнучкий тип автоматизації, з метою забезпечення адаптації виробництва і для швидкого перемикання між різними продуктами і замовленнями. Можуть використовуватися гнучкі графіки роботи, програмні налаштування або автоматичні системи управління, які дають змогу ефективно виробляти різноманітні вироби.

Показовою ознакою сучасного підприємства є організоване впровадження інтелектуальних систем на виробництві для прийняття рішень, самонавчання та оптимізації процесів. Використання передових технологій та штучного інтелекту розширює межі охоплення даних для поліпшення ефективності та якості виробництва.

За цими ступенями автоматизації оцінюється рівень автоматизації в конкретній галузі або процесі або наскільки автоматизована дана система, чи завдання. Важливо зазначити, що не всі завдання або процеси можуть бути повністю автоматизовані, і оптимальний рівень автоматизації може відрізнятися залежно від завдання та вимог.

1.4 Типи автоматизації

Все частіше ручна праця відходить на другий план. У галузях важкої промисловості, де навантаження на людей величезне, рішенням буде оптимізація трудових витрат шляхом запровадження сучасних технологій мета яких автоматизувати виробництво. Існують різні типи автоматизації виробництва, які варіюються залежно від ступеня автоматизації та застосовуваних технологій. З метою заміни людської праці машинною автоматизація здійснюється в різних напрямках.

Автоматизація з використанням числового програмного керування (Numerical Control, NC). Цей тип автоматизації охоплює використання комп'ютерного керування для автоматичного оброблення матеріалів і виконання завдань, таких як фрезерування, токарне оброблення і свердління. Машини з числовим програмним керуванням (CNC-машини) можуть виконувати операції на основі точних інструкцій, заданих у числовій формі.

На рисунку 1.2 зображено числове програмне керування верстаком.

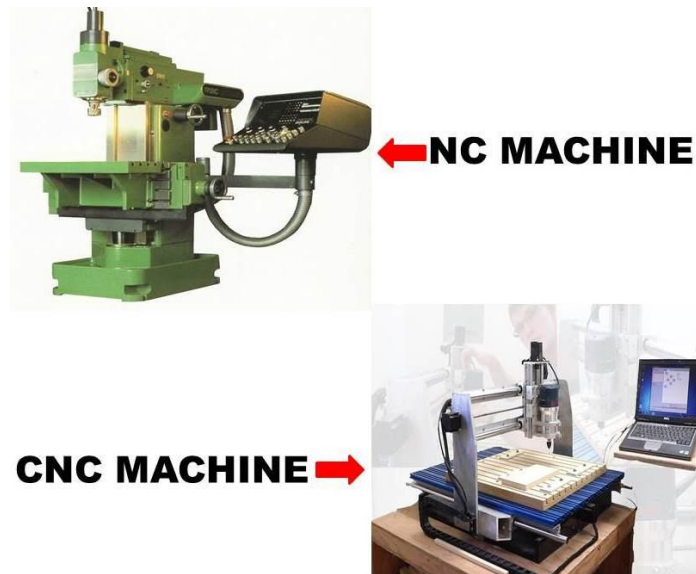


Рисунок 1.2 – Числове програмне керування верстаком

Можна піти далі, ускладнити тип автоматизації при використанні роботизованої автоматизації (Robotic Automation). Головною відмінністю від згаданого раніше є те, що замість людини працює робот, який виконує такі ж самі функції. Роботи можуть бути запрограмовані на виконання різних операцій у виробничому середовищі, такі як складання, завантаження/розвантаження, пакування та переміщення предметів (рис. 1.3). У цьому і різниця, між програмним керуванням й програмованим.



Рисунок 1.3 – Роботизована автоматизація

Для дистанційного контролю роботи обладнання передбачено технологію аналізу та моніторингу на принципах машинного зору (Machine Vision Automation, рис. 1.4). Цей тип автоматизації включає застосування систем комп'ютерного зору для автоматичного визначення та аналізу візуальної інформації. Машинний зір може використовуватися для контролю якості, розпізнавання об'єктів, інспекції та інших завдань, що вимагають візуального аналізу.



Рисунок 1.4 – Технологія машинного зору

Звичайно це дорого вартісні рішення, є і дешевші варіанти автоматизації з використанням конвеєрних систем (Conveyor Automation, рис. 1.5) як вид часткової автоматизації. Конвеєрні системи автоматизації використовуються для переміщення матеріалів або виробів по виробничій лінії. Вони можуть бути автоматично керованими та інтегрованими з іншими системами (роботи, машини для оброблення та пакування).



Рисунок 1.5 – Конвеєрна система

Всі ці перераховані системи лише мала частина цілого підприємства. Перед цим мова йшла про керування виробничим обладнанням (операційний рівень), зараз хочу продемонструвати вам використання систем управління виробництвом (Manufacturing Execution Systems, MES, рис. 1.6), ця система відноситься до стратегічного рівня управління.

MES-системи надають автоматизований контроль і управління процесами виробництва, включно з плануванням, контролем запасів, управлінням якістю та звітністю. Вони інтегрують дані та процеси на виробничих лініях з метою підвищення ефективності та керованості виробництва.



Рисунок 1.6 – Систем управління виробництвом

Це лише деякі типи автоматизації виробництва, існує багато різних технологій і підходів, залежно від конкретних вимог і галузей.

1.5 Об'єкт автоматизації

Об'єкт автоматизації - це система, процес або пристрій, який підлягає автоматизації, тобто управлінню та контролю через використання інтелектуальних систем, програм або роботів. Об'єкт автоматизації може бути досить різноманітним і залежить від конкретної сфери застосування.

Наприклад, в промисловості об'єктами автоматизації можуть бути виробничі лінії, машини, робочі процеси, системи контролю якості тощо. В такому випадку, інтелектуальні системи контролю та керування можуть забезпечувати оптимальне використання ресурсів, моніторити стан обладнання, виявляти несправності та вчасно реагувати на них.

Таким чином, об'єкт автоматизації може бути будь-яким елементом або процесом, який можна автоматизувати та оптимізувати за допомогою інтелектуальних систем контролю та керування.

1.6 Основні умови автоматизації

Тут суттєве значення має підхід до можливостей та задач організації. Автоматизація підприємств базується на декількох основних принципах, що сприяють її ефективності та успішному впровадженню.

Перед усім це можливість інтегрування з існуючими процесами та системами на підприємстві. Це забезпечує зручну взаємодію між автоматизованими та неавтоматизованими елементами і безперечно дешевше, а ніж будувати спочатку.

Наступним по значущості є складність (насиченість автоматизованими системами), вона повинна бути адаптована до складності процесів і вимогам підприємства без перебільшень. Вона повинна забезпечувати достатній рівень контролю та керування, щоб впоратися зі складними виробничими умовами та вимогами якості.

Остання, але не менш важлива умова це - гнучкість автоматизованої системи. Запорукою стабільності є можливість адаптуватися, щоб відповідати змінним потребам підприємства. Вони повинні бути здатні до легкої модифікації, розширення та пристосування для забезпечення оптимального функціонування.

1.7 Основні концепції автоматизації

Основною концепцією автоматизації є заміна ручної праці та механічних процесів автоматизованими системами, які забезпечують більшу ефективність, точність і продуктивність. Головна мета автоматизації полягає у поліпшенні управління та контролю над процесами, зниженні витрат, підвищенні якості продукції та забезпеченні безпеки праці.

Автоматизація допомагає підприємствам знизити залежність від ручного трудового фактору, уникнути помилок, сприяє оптимальному використанню

ресурсів та забезпечує швидкість та ефективність у виробничих процесах. Вона також дозволяє збільшити пропускну здатність, знизити витрати на енергію та матеріали, покращити контроль якості та забезпечити більш гнучке управління.

Автоматизація підприємств вимагає впровадження інтелектуальних систем контролю та керування, які забезпечують збір даних, їх аналіз, оптимізацію та прийняття рішень на основі цих даних. Вона також передбачає використання сучасних технологій, таких як сенсорні мережі, хмарні рішення та інтернет речей (IoT), для забезпечення зв'язку та взаємодії між автоматизованими системами.

Завдяки автоматизації підприємства отримують багато переваг, включаючи збільшення продуктивності, покращення якості, зниження витрат та забезпечення конкурентоспроможності на ринку. Вона стає необхідним елементом для сучасних підприємств, які прагнуть до постійного розвитку і вдосконалення своїх виробничих процесів.

2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ПІДПРИЄМСТВА ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

2.1 Характеристика розумного-підприємства

Інтелектуальне виробництво, відоме як інтелектуальна промисловість або Індустрія 4.0, відноситься до концепції виробництва, в якій застосовуються передові технології та інтелектуальні системи для створення ефективніших, гнучких і автоматизованих виробничих процесів, (рис 2.1) [7]



Рисунок 2.1 – Індустрія 4.0

Трактування терміну розумне підприємство є одним із ключових аспектів розуміння самого терміну розумне підприємство. Аналізуючи різні підходи науковців та практиків, ми визначаємо це поняття як організацію, яка активно використовує цифрові технології, має систему автоматизації та аналітики, інтегровані процеси та здатність ефективно використовувати дані для прийняття рішень. Це виразно відрізняє революцію «Індустрія 4.0» від попередніх.

Етапи індустриальної революції зображено на рис. 2.2.

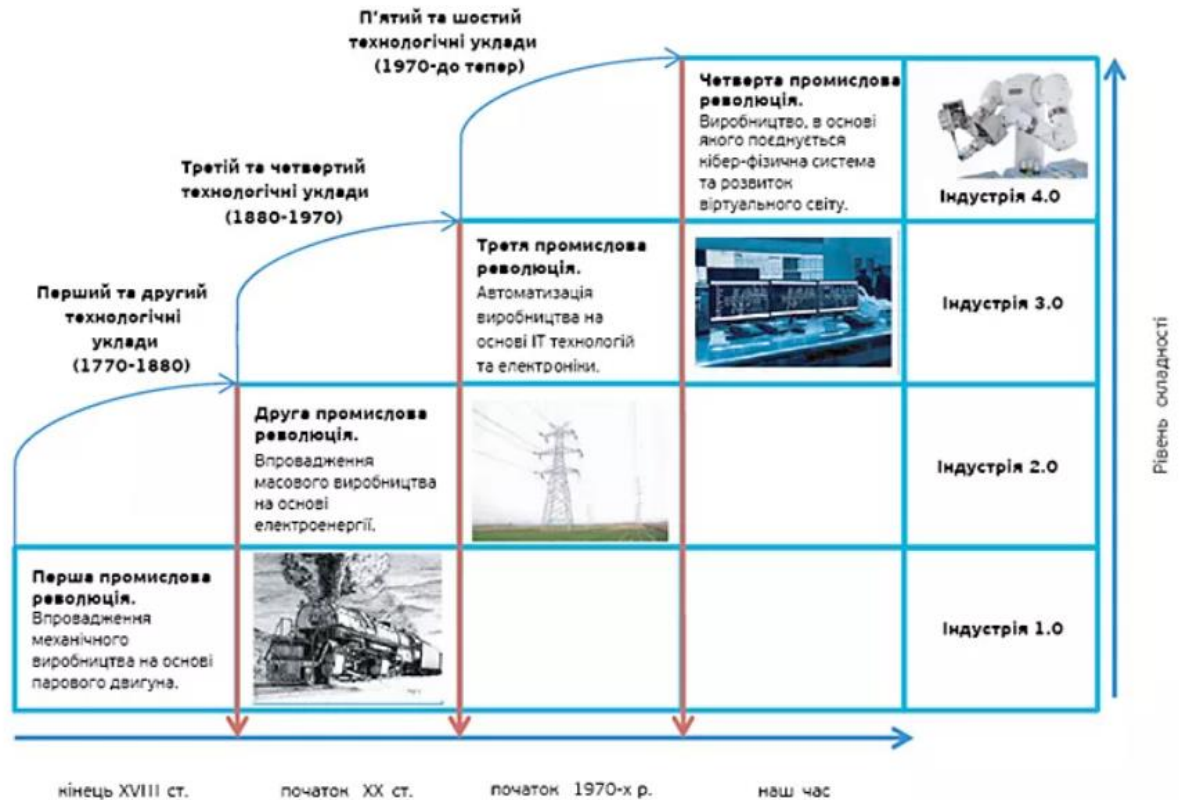


Рисунок 2.2 – Етапи індустріальної революції

У розумних підприємствах впроваджуються автоматизовані системи, що допомагають управляти бізнес-процесами, взаємодіяти з клієнтами та партнерами, аналізувати дані для прогнозування тенденцій та забезпечення більш точного прийняття рішень. Це дає змогу підприємствам бути більш гнучкими, ефективними та адаптивними до змін у вимогах ринку.

Кожна промислова революція спонукає компанії до впровадження нових заходів. Для підтримання обсягів продукції, конкурентоспроможності й майбутнього розвитку. Зараз розберемося в яких процесах ці нововведення будуть затребувані.

На рисунку 2.3 зображена типова структура промислової автоматизації фірми.

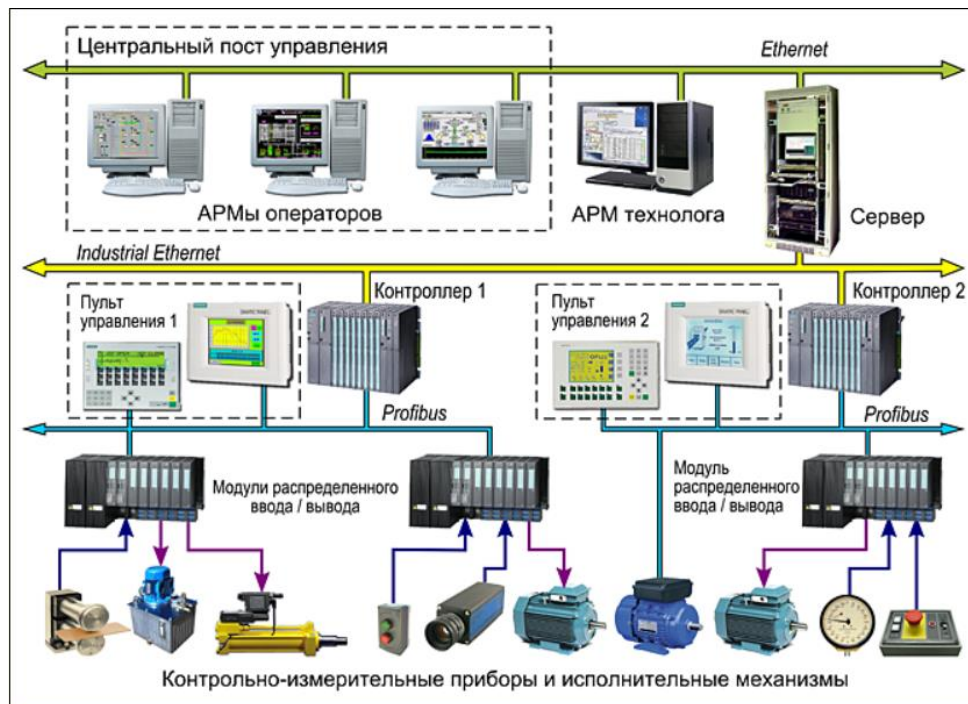


Рисунок 2.3 – Типова структура промислової автоматизації фірми

Якщо мова йде про ефективність технічних процесів на підприємстві, тоді варто впровадити автоматизовану систему управління технічними процесами (АСУ ТП).

Впровадження автоматизованих систем може стосуватися не лише ТП, а й інших процесів підприємства, таких як:

електронний документообіг, бо очевидно, що документована інформація становить основу управління, його ефективність значною мірою базується на виробництві та споживанні інформації. На відміну від документів на паперових носіях перехід до електронних документів забезпечує ряд переваг. Електронні документи можуть одночасно використовуватися співробітниками в рамках однієї робочої групи, відділу або всього підприємства.

Доступ до них здійснюється за декілька секунд, а не хвилин, годин, днів, а іноді і тижнів, що трапляється при використанні документів на паперових носіях. Прискорений доступ до стратегічної інформації скоротить час виконання процесу. Тим самим знижуючи собівартість виробу.

Для цих цілей розглядається програмний продукт електронного

діловодства й документообігу Атлас ДОК, який призначений для автоматизації основних процедур сучасного діловодства (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Логотип програмного продукту

Автоматизація систем робочого середовища, включаючи вентиляцію, освітлення і інші аспекти, може суттєво покращити енергоефективність компанії. Для комплексного вирішення задачі необхідно обладнати приміщення автоматично керованим освітленням, оптимізувати вентиляційні системи, використовувати енергоефективні пристрої, налагодити автоматичне керування системами, оснащення системою моніторингу та аналізу.

2.2 Опис методів збору даних про електроспоживання

Перед введенням інтелектуальних систем контролю електроспоживання, збір даних про електроспоживання зазвичай проводився за допомогою традиційних методів. Поширені способи збору даних, які використовувалися до введення інтелектуальних систем контролю:

Ручний збір даних включав вимірювання електричних параметрів за допомогою лічильників та пристроїв, які вручну зчитувалися персоналом. Наприклад, електричні лічильники можуть бути встановлені на різних точках споживання електроенергії на підприємстві, а персонал періодично збирав показники цих лічильників для обліку споживання [2].

Періодичний збір даних на певних проміжках часу, наприклад, щогодинно, щоденно або щомісячно. Підприємство могло мати систему вимірювання електричних параметрів, яка автоматично збирала дані з лічильників або інших приладів на підприємстві.

Реєстрація споживання від постачальника. Мається на увазі, збір даних про електроспоживання постачальником електроенергії. Постачальник в свою чергу може надавати регулярні рахунки за електроенергію, які містять інформацію про споживання на підприємстві. Зараз методи не змінились, вони так само використовуються, але з'явилися нові, про них і піде мова.

Введення інтелектуальних систем контролю електроспоживання спрощує та автоматизує процес збору даних. Системи моніторингу, датчики та інші компоненти інтелектуальних систем дозволяють отримувати дані про електроспоживання в режимі реального часу або на регулярних інтервалах без необхідності ручного втручання персоналу. Це забезпечує більш точний та ефективний збір даних для аналізу та прийняття рішень з енергоефективності на підприємстві.

Для збору даних щодо електроспоживання на підприємстві використовуються різні методи зокрема:

Використання датчиків та сенсорів для отримання більш детальної інформації про електроспоживання, які моніторять різні аспекти енергетичної системи. Наприклад, датчики струму та напруги можуть вимірювати споживання електроенергії на конкретних ділянках мережі або окремих пристроях. Температурні датчики можуть слідкувати за тепловим навантаженням електрообладнання.

Аналіз рахунків за електроенергію для оцінки електроспоживання на підприємстві, які надаються постачальником електроенергії. Ці рахунки містять інформацію про споживання, тарифи та інші параметри, які можуть бути використані для аналізу та контролю споживання електроенергії.

Використання автоматизованих систем збору даних. Для зручності та ефективності можна використовувати автоматизовані системи збору даних. Ці системи можуть включати централізовані моніторингові системи, які підключаються до електромереж та інших вимірювальних приладів на підприємстві. Вони забезпечують автоматичний збір та зберігання даних, а також можуть надавати аналітичні звіти та сповіщення.

Використання аналогових електролічильників. Цей метод полягає у безпосередньому вимірюванні електроенергії, яку вони споживають. Це може бути використано для збору даних на рівні окремих пристроїв або для загального вимірювання споживання на рівні підприємства.

Більш зручним методом є цифрова система на основі мікропроцесора, яка може дійсно усунути потребу в ряді перемикачів, лічильників і блоків відправлення, замінюючи їх функціональністю, що виконується програмним шляхом на мікропроцесорі.

Наприклад, замість фізичних перемикачів можна використовувати програмне керування, де мікропроцесор обробляє сигнали введення і відповідно керує вимкненням або включенням певних функцій чи пристроїв. Замість лічильників можна використовувати програмне лічення, де мікропроцесор веде облік подій або рахує дані, що потрібні для системи. Блоки відправлення також можуть бути замінені програмною логікою, яка керує передачею даних або комунікацією з іншими пристроями.

Цифрова система і автоматизована система - це два різні поняття, хоча вони можуть мати спільні елементи.

Цифрова система описує систему, що використовує цифрові сигнали та оброблює інформацію з використанням цифрових пристроїв. Цифрова система може бути частиною більш широкої автоматизованої системи.

АС - це система, в якій процеси, операції або функції виконуються автоматично з допомогою механічних, електронних або програмних засобів, з мінімальною людською участю. АС може включати як цифрові, так і аналогові компоненти.

У багатьох випадках саме, цифрові системи, використовуються для автоматизації різних процесів і функцій. Наприклад, АС управління виробництвом може включати цифрові компоненти, такі як мікропроцесори, датчики та програмне забезпечення, для контролю і керування різними аспектами виробничого процесу.

Отже, АС може використовувати цифрові системи, але це не означає, що

всі цифрові системи є автоматизованими системами.

Цифрова система на основі мікропроцесора надає гнучкість та можливість програмного керування різними аспектами системи, що може спростити її проектування, знизити вартість та покращити її продуктивність.

Комбінація цих методів дозволяє отримати повну інформацію про електроспоживання на підприємстві, що допомагає виявляти потенційні проблеми, здійснювати аналіз енергоефективності та приймати обґрунтовані рішення з покращення контролю та оптимізації електроспоживання.

2.3 Структура та характеристики споживання електроенергії на промислових підприємствах

Структура споживання електроенергії на промислових підприємствах може варіюватися в залежності від типу підприємства та його виробничих процесів. Однак, загалом можна виділити декілька основних складових структури споживання електроенергії.

Це електроприводи, велика частка яких споживає електроенергію на промислових підприємствах під час роботи. Сюди можна віднести електродвигуни, які використовуються для приведення в рух машин, обладнання, конвейерів, насосів, компресорів та іншого виробничого устаткування. Електроприводи можуть мати різну потужність і відігравати ключову роль у виробничому процесі.

Не менш важливим є освітлення на промислових підприємствах, яке також може споживати значну кількість електроенергії, особливо якщо підприємство працює у двозмінному або трьохзмінному режимі. Великі простори, склади, офісні приміщення та інші робочі зони вимагають належного освітлення для забезпечення безпеки та продуктивності працівників.

Не можна обійти стороною системи кондиціонування повітря. На деяких промислових підприємствах велику частку електроенергії споживають системи

кондиціонування повітря, особливо у виробничих зонах, де потрібна оптимальна температура та вологість для забезпечення якості продукції або комфорту працівників.

Додатково, електроенергія може бути споживана системами вентиляції, насосними установками, компресорами, системами очищення, системами автоматизації та керування, лабораторним устаткуванням та іншими технологічними процесами, що працюють на підприємстві.

Структура споживання електроенергії на промислових підприємствах може бути досить складною та розподіленою. Для ефективного управління електроспоживанням і забезпечення енергоефективності важливо проводити моніторинг, аналіз та оптимізацію кожного елементу структури споживання.

Споживання енергії на підприємстві може бути різним за характеристиками.

Обсяг споживання вимірюється в одиницях енергії, таких як кіловат-години (кВт·год) або джоулі (Дж). Обсяг споживання енергії на підприємстві може бути великим, особливо на великих промислових підприємствах зі значними виробничими потужностями.

Потужність споживання зазначається в кіловатах (кВт) і вказує на швидкість, з якою енергія споживається на підприємстві. Потужність може змінюватися в залежності від режиму роботи, виробничої навантаженості та ефективності електрообладнання.

Розподіл споживання енергії між електроприводами, освітленням, системами кондиціонування повітря, насосами, компресорами та іншими виробничими установками.

Варіативність споживання на підприємстві може змінюватися залежно від часу. Наприклад, у деяких галузях, які мають, сезонність, споживання енергії може бути вищим під час пікових навантажень, таких як літній період у виробництві кондиціонерів або зимовий період у виробництві опалювальних систем.

Енергоефективність вказує на ефективність використання підприємством

енергії. Впровадження енергоефективних технологій, процесів та систем контролю може допомогти підприємствам знизити споживання енергії та покращити її використання.

Ці характеристики споживання енергії на підприємстві мають велике значення для ефективного управління енергоресурсами, зниження витрат та покращення сталості виробництва.

2.4 Проблеми, пов'язані з управлінням електроспоживанням на промислових підприємствах

Управління електроспоживанням включає в себе ряд проблем, з якими стикаються як індивідуальні споживачі, так і організації.

Багато будівель і промислових установок не оптимально використовують електроенергію. [4] Вони можуть мати застарілі системи освітлення та опалення, недостатню ізоляцію, неправильно налаштоване обладнання і так далі. Це призводить до зайвого енергоспоживання. Розв'язанням є впровадження та монтаж енергоефективних технологій, оновлення інфраструктури та свідоме використання енергії.

В деяких регіонах велике споживання електроенергії може призводити до перевантаження мережі. Це може спричинити відключення електропостачання або нестабільність в роботі системи. Шляхи вирішення цієї проблеми включають розширення і модернізацію електричних мереж, використання розумних сітей та розподілу електропотужності.

У багатьох випадках споживання електроенергії є нерівномірним протягом дня. Пікові навантаження виникають в періоди, коли попит на електроенергію найвищий, наприклад, під час робочих годин або ввечері. Це може створювати проблеми в енергетичній системі, оскільки потрібно забезпечити достатню потужність для задоволення пікових потреб. Для управління піковими навантаженнями можуть використовуватися тарифи з

різними цінами в залежності від часу доби, енергоефективніші пристрої та системи управління навантаженням.

Основна складність це залежність від електроенергії, що створює проблеми енергетичної безпеки. Відключення електропостачання, перебої в роботі мережі або пошкодження обладнання можуть мати серйозні наслідки для споживачів і підприємств. Розв'язанням цієї проблеми можуть бути резервні джерела живлення, використання альтернативних джерел енергії, таких як сонячна або вітрова енергія, і розробка надійних систем резервного живлення.

Ці проблеми вимагають комплексного підходу до управління електроспоживанням, включаючи енергоефективність, енергетичне планування, розумну інфраструктуру та свідоме використання ресурсів.

2.5 Опис технологій, використаних в інтелектуальних системах контролю електроспоживання

Інтелектуальні системи контролю електроспоживання використовують різноманітні технології для збору, аналізу та керування електричним споживанням на промислових підприємствах.

Для цих задач розроблена система збору даних (Data Acquisition Systems). Ці системи використовуються для збору даних про електричне споживання на підприємстві. Вони можуть включати датчики, які вимірюють параметри електроенергії, такі як напруга, струм, активна та реактивна потужність, частота тощо. Дані збираються та передаються до центральної системи для подальшого аналізу та керування.

Не менш важливу роль покладено на системи моніторингу та аналізу (Monitoring and Analysis Systems). Ці системи отримують дані від систем збору даних та здійснюють їх моніторинг та аналіз. Вони використовують алгоритми та аналітичні моделі для виявлення відхилень, ідентифікації енергоефективних

та енерговитратних областей, прогнозування споживання електроенергії та інші аналітичні функції. Ці системи дозволяють ідентифікувати можливі енергозберігаючі заходи та оптимізувати споживання електроенергії.

В свою чергу системи автоматизованого керування (Automated Control Systems) використовують проаналізовані дані для автоматизації процесів керування електроспоживанням. Вони можуть включати програмовані контролери, які керують ввімкненням та вимкненням електрообладнання, регулюють його режими роботи, виконують розподіл навантаження та оптимізують використання ресурсів. Ці системи можуть працювати автономно або взаємодіяти з центральною системою управління.

Також є можливість доповнення або модернізації системи шляхом інтеграції з іншими системами (Integration with other Systems). Інтелектуальні системи контролю електроспоживання можуть бути інтегровані з іншими системами на підприємстві, такими як системи управління виробництвом, системи управління будівлею, системи управління енергозбереженням тощо. Це дозволяє взаємодіяти та координувати різні аспекти управління та оптимізації енергоспоживання.

Використання цих технологій дозволяє підприємствам ефективно контролювати та управляти своїм електроспоживанням, знижувати витрати на енергію, підвищувати енергоефективність та зменшувати негативний вплив на довкілля.

2.6 Переваги та виклики, пов'язані з впровадженням інтелектуальних систем контролю електроспоживання

Застосування інтелектуальних систем контролю електроспоживання на підприємствах має безліч переваг. Однак, разом з цим, виникають певні виклики, які потрібно враховувати. Ось декілька з них:

Високі витрати на впровадження:

інтелектуальні системи контролю можуть вимагати значних інвестицій у придбання та встановлення необхідного обладнання, сенсорів, програмного забезпечення та інфраструктури. Це може бути фінансовим викликом для підприємства, особливо для менших підприємств з обмеженими ресурсами.

Необхідність підготовки персоналу:

впровадження інтелектуальних систем контролю вимагає наявності кваліфікованого персоналу, здатного працювати з цими системами. Працівники повинні мати знання в галузі енергоефективності, автоматизації та аналітики даних. Необхідно проводити навчання та підготовку персоналу для ефективного використання інтелектуальних систем контролю.

Сумісність з існуючими системами:

у багатьох випадках інтелектуальні системи контролю потрібно інтегрувати з вже наявними системами управління на підприємстві, такими як системи моніторингу, SCADA (Система збору, передачі та обробки даних з автоматизованих систем управління) або ERP (Система планування ресурсів підприємства). Це може викликати труднощі з розробкою інтеграційних рішень та вимагати додаткових зусиль.

Конфіденційність та безпека даних:

інтелектуальні системи контролю збирають та аналізують велику кількість даних про електроспоживання. Забезпечення конфіденційності та безпеки цих даних є важливим аспектом впровадження таких систем. Вони повинні бути захищені від несанкціонованого доступу, кібератак та витоку інформації.

Необхідність постійного моніторингу та підтримки: Інтелектуальні системи контролю потребують постійного моніторингу та підтримки для забезпечення їх ефективної роботи. Це включає налагодження, оновлення програмного забезпечення, діагностику та усунення неполадок, а також постійний аналіз та вдосконалення системи.

Незважаючи на ці виклики, впровадження інтелектуальних систем контролю в структуру підприємств має значну кількість переваг, таких як

зниження витрат на електроенергію, підвищення енергоефективності, оптимізація режимів роботи та зниження впливу на навколишнє середовище. Відповідно до особливостей кожного підприємства, необхідно обрати правильні рішення та стратегії для успішного впровадження інтелектуальних систем контролю електроспоживання.

В розумних підприємствах цифрові технології і системи інтегруються в усі аспекти діяльності, включаючи виробництво, логістику, маркетинг, продажі та обслуговування клієнтів. Вони дозволяють збирати та аналізувати великі обсяги даних, впроваджувати автоматизовані робочі процеси, покращувати якість продукції та послуг, зменшувати витрати та ризики.

Розумне підприємство має можливість в реальному часі моніторити свою діяльність, прогнозувати зміни та адаптуватися до нових умов. Воно відкриває нові можливості для інновацій, розвитку нових продуктів та сервісів, покращення взаємодії з клієнтами та збільшення конкурентоспроможності.

Однак, перехід до розумного підприємства вимагає не лише впровадження нових технологій, але й змін у культурі організації, організаційної структури, навичок та знань працівників. Він потребує стратегічного планування, інвестицій в дослідження та розвиток, а також активного лідерства, щоб забезпечити успішну трансформацію.

Постає питання актуальності переходу до, розумного підприємства. І ось чому це актуально в наші дні, завдяки можливостям, які надає цифрова трансформація. [19] Це дозволяє підприємствам підвищити ефективність бізнес-процесів, збільшити швидкість реакції на зміни на ринку, покращити якість продукції та послуг, а також забезпечити високий рівень задоволеності клієнтів.

Якщо з актуальністю зрозуміло, тоді розглянемо питання процесу переходу на рівень розумного підприємства, що включає кілька ключових елементів. До них належить впровадження цифрових технологій, автоматизація бізнес-процесів, розробка аналітичних систем, впровадження штучного інтелекту та машинного навчання, а також зміну корпоративної культури та

створення команди з завдань інновації.

Розумні підприємства, які успішно впровадили цифрову трансформацію, вже відчувають численні переваги. Наприклад, вони можуть виявляти нові ринкові можливості швидше за конкурентів, реагувати на зміни попиту, прогнозувати тенденції ринку за допомогою аналітики, а також забезпечувати персоналу доступ до інформації та знань для кращої продуктивності.

Таким чином, розумне підприємство відіграє важливу роль у сучасному бізнес-середовищі, де цифрова трансформація стає необхідністю. Воно сприяє підвищенню ефективності, інноваційному розвитку та створенню конкурентної переваги для підприємств, які активно впроваджують цифрові технології та практики у свою діяльність.

Необхідно враховувати, що перехід може супроводжуватися певними викликами та перешкодами. Наприклад, необхідно вирішити питання щодо кібербезпеки та захисту даних, підготувати персонал до роботи з новими технологіями, а також забезпечити інтеграцію цифрових рішень усередину організації.

Успішна реалізація задуму передбачає створення синергетичного ефекту. Це означає, що різні елементи системи менеджменту і цифрових технологій [5] взаємодіють між собою та посилюють взаємний вплив, що призводить до значного покращення результатів діяльності підприємства.

2.7 Важливість діджитал-трансформації на підприємстві

Діджиталізація – це процес перетворення традиційних аналогових методів та процедур на цифрові формати за допомогою використання цифрових технологій. Діджиталізація охоплює широкий спектр діяльностей, від переведення документів у електронний формат до повноцінного впровадження цифрових систем у бізнес-процесах (рис.2.5). [18]

Основна мета діджиталізації полягає в полегшенні доступу до інформації,

поліпшенні комунікації, оптимізації робочих процесів та підвищенні ефективності діяльності організацій. Шляхом переходу від паперової документації до електронних систем, діджиталізація сприяє збереженню часу, зусиль та ресурсів, а також зменшенню ймовірності помилок.



Рисунок 2.5 – Технології щодо цифрової трансформації

В рамках діджиталізації бізнес-процесів використовуються такі технології, як хмарні обчислення, інтернет речей, аналітика даних, машинне навчання та штучний інтелект. Ці технології дозволяють автоматизувати рутинні завдання, впроваджувати системи автоматичного аналізу даних, прогнозувати тенденції та покращувати процеси прийняття рішень.

Переваги діджиталізації для бізнесу включають збільшення продуктивності працівників, покращення якості обслуговування клієнтів, зниження витрат на зберігання та обробку даних, підвищення точності та швидкості обробки інформації, а також можливість розробки нових цифрових продуктів та послуг.

Однак, при впровадженні діджиталізації важливо враховувати аспекти безпеки даних, захисту приватності та кібербезпеки. Організації повинні приділяти належну увагу захисту своїх цифрових ресурсів та інформації від потенційних загроз.

Отже, діджиталізація є важливим етапом у розвитку сучасного бізнесу.

Вона дозволяє підприємствам адаптуватися до швидкого мінливого цифрового середовища, підвищувати ефективність та конкурентоспроможність, а також відкриває нові можливості для інновацій та росту.

Враховуючи епіцентр діджитал-трансформацій, виділяються три основних типи підприємств: цифрові (Digital), розумні (Smart) і віртуальні (Virtual). Цифрові підприємства зосереджені на перетворенні процесів та послуг за допомогою цифрових технологій. Розумні підприємства використовують аналітику, штучний інтелект та інші інноваційні рішення для оптимізації та автоматизації бізнес-процесів. Віртуальні підприємства базуються на мережевих структурах та цифрових платформах для співпраці суб'єктів ринку щодо реалізації конкретного проекту.

2.8 Централізовані системи керування

Використання централізованих систем керування, які відстежують та оптимізують споживання енергії, дозволяє ефективніше управляти всіма системами робочого середовища (рис. 2.6).

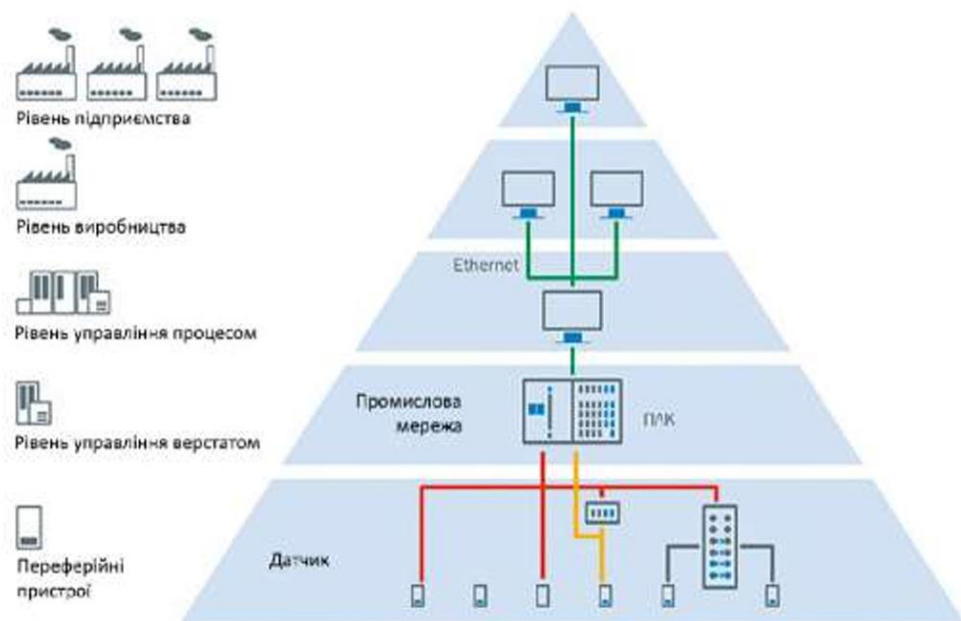


Рисунок 2.6 – Рівні комунікації на інтелектуальному заводі сьогодні

Наприклад, такі системи можуть автоматично вимикати непотрібне обладнання після робочого дня або регулювати температуру в залежності від потреб.

Встановлення систем моніторингу енергоспоживання дозволяє відстежувати та аналізувати дані про споживання енергії в реальному часі.

Це допомагає виявляти енергетичні втрати, ідентифікувати можливість енергозбереження та впроваджувати відповідні заходи для поліпшення енергоефективності.[8]

Для цих цілей впроваджують інтелектуальний контроль енергоспоживання - це система, що використовує сучасні технології та алгоритми для моніторингу та оптимізації енергетичного споживання в будинках, офісах або інших будівлях. Його основна мета - забезпечити більш ефективне використання енергії, зменшити витрати на енергію та негативний вплив на навколишнє середовище.

Інтелектуальний контроль енергоспоживання використовує сенсори, збирає дані про споживання електроенергії, тепла, води та інших ресурсів. Ці дані аналізуються спеціальними алгоритмами, які дозволяють виявляти витoki енергії, незроблені вимкнення, неефективне використання та інші проблеми, пов'язані з енергоспоживанням.

Після аналізу система інтелектуального контролю може надавати корисну інформацію та рекомендації щодо оптимізації енергоспоживання. Наприклад, вона може порадишити замінити застарілі електроприлади на більш енергоефективні моделі, оптимізувати графік роботи опалювальної системи, нагадати про вимкнення світла або електроприладів у відсутність людей та інше.

Переваги використання інтелектуального контролю енергоспоживання включають зниження витрат на енергію, збільшення комфорту та зручності для користувачів, зменшення навантаження на енергетичні мережі та зниження викидів шкідливих речовин. Такі системи можуть бути встановлені як у житлових будинках, так і в комерційних будівлях або промислових комплексах.

У реалізації інтелектуального контролю енергоспоживання використовуються різні технології, включаючи Інтернет речей (IoT), датчики, хмарні обчислення та аналітику даних. Ці технології дозволяють забезпечити збір, передачу та аналіз даних у режимі реального часу, що допомагає управляти енергоспоживанням більш ефективно.

Загалом, інтелектуальний контроль енергоспоживання є важливим інструментом для досягнення більш стійкого та енергоефективного майбутнього. Шляхом оптимізації енергоспоживання можна забезпечити економію ресурсів, зменшити навантаження на енергетичну інфраструктуру та допомогти зберегти навколишнє середовище.

3 ЗАХОДИ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ

3.1 Види освітлювальних приладів

Традиційні промислові системи освітлення витрачають велику кількість енергії, що робить їх недоцільними з економічної точки зору. Однак, збереження енергії на підприємствах може призвести до значної економічної вигоди. Один з найважливіших кроків у зменшенні споживання енергії - це перехід на сучасні, більш ефективні джерела світла, які мають тривалий робочий термін, що дозволяє зберігати їх параметри на необхідному рівні протягом десяти років або навіть більше.

Наразі для промислового та вуличного освітлення найпоширенішими є газорозрядні лампи, але світлодіоди швидко набирають популярність на ринку. У порівнянні з традиційними джерелами світла, світлодіоди вже відповідають найкращим стандартам якості світла, а також ефективності випромінювання.

В таблиці 3.1 наведені типи промислових освітлювальних приладів.

Таблиця 3.2 – Типи промислових освітлювальних приладів

Порівняння джерел світла	ДНАТ низького тиску	ДНАТ високого тиску	ДРЛ	ДРІ	Світлодіодна лампа
1	2	3	4	5	6
Економічність	висока			середня	висока
Кольоропередача	низька	хороша	хороша	відмінна	відмінна
Світло передача, Лм/Вт	до 200	до 150	(30..60)	(70...95)	до 150

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
Період експлуатації, годин	до 32000	до 32000	до 12000	до 15000	до 80000
Можливість плавного регулювання потужності	ні	ні	ні	ні	так
Запалювання, перезапалювання	тривале	тривале	тривале	тривале	швидке
Наявність ртуті	ні	небагато або ні	так	так	ні

Газорозрядні лампи для промислових застосувань підрозділяються на натрієві, ртутні та металогалогенні (рисунки 3.1-3.5).

Дугові ртутні лампи (ДРЛ) високого тиску (рис. 3.1) широко використовуються для освітлення на заводах, у цехах, на промислових об'єктах та на вулицях, де не вимагається висока якість передачі кольору або певна колірна температура. Характеристики передачі кольору ртутних ламп загалом можна охарактеризувати як середні. Встановлення та обслуговування таких ламп вимагають мінімальних витрат, проте необхідно пам'ятати, що всередині колби містяться пари ртуті під тиском до 105 паскалів.

Лампа складається з балона з цоколем, в середині якого знаходиться ртутно-кварцевий пальник у формі трубки, заповненої аргоном з додаванням ртуті. Електричний розряд у парах ртуті створює світловий потік. Приблизно 40 % випромінювання припадає на ультрафіолетову частину спектра, а завдяки люмінофору, нанесеному на внутрішню поверхню колби лампи, випромінювання перетворюється на видиме світло.



Рисунок 3.1 – Дугова ртутна лампа високого тиску

Як і в разі з натрієвими лампами, важливо підтримувати стабільну напругу живлення. При зміні напруги мережі на 10 %, світловий потік може збільшитись або зменшитись на 20 %. У випадку зниження напруги живлення на 20 % від номінального значення, лампа, найімовірніше, не запалиться, а якщо вона вже горить, то може згаснути.

Сфери застосування дугових ртутних ламп включають освітлення цехів, складів, відкритих територій, виробничих приміщень різних підприємств, а також освітлення майданчиків, вулиць.



Рисунок 3.2 – Дугова ртутна металогалогенна лампа

ДРІ, скорочення від, лампи з випромінювальними добавками, належать до газорозрядних ламп і є дуговими ртутними металогалогенними лампами (МГЛ). Вони зовні схожі з галогенними лампами розжарювання за розмірами і використовуються як точкові джерела світла. Лампи ДРІ містять добавки, такі як йодиди індію, талію і натрію, крім ртуті, що дає змогу підвищити світлову віддачу до значень (70...95) Лм/Вт і вище.

Якість передачі кольору у ламп ДРІ висока. Вони випромінюють біле світло, яке може трохи відрізнитися в колірній температурі між різними лампами, але загалом мають характеристичний білий колір. Колби ламп ДРІ мають форму циліндра або еліпсоїда. Усередині колби встановлено керамічний або кварцевий пальник, де відбувається розряд у парах йодидів металів і металів. Середній термін служби таких ламп становить близько 8000 годин.

Змінюючи склад домішок у лампах ДРІ, можна домогтися монохроматичного світіння потрібного кольору, наприклад, зеленого або іншого. Це дає змогу створювати декоративні лампи, широко використовувані в архітектурі.

Типові сфери застосування дугових ртутних металогалогенних ламп охоплюють кольорові підсвічування будівель, рекламних вивісок, вітрин, освітлення службових приміщень, системи вуличного освітлення і стадіонів.

Інший вид ламп трубчасті лампи дугового розряду з натрієм (ДНАТ) використовуються для промислового та вуличного освітлення. Ці лампи працюють на основі газового розряду в парах натрію, що забезпечує яскраве помаранчеве світло. Поступово, натрієві лампи замінюють ртутні, оскільки вони є більш ефективними джерелами світла з високою світловіддачею.

Натрієві лампи є одними з найефективніших джерел світла, перевершуючи інші типи газорозрядних ламп за світловіддачею. Вони також відрізняються дуже малим зниженням світлового потоку протягом тривалого терміну служби, що становить понад 28000 годин.

Проте, варто зазначити, що натрієві лампи низького тиску досягають максимальної світловіддачі лише за теплої погоди, тоді як натрієві лампи

високого тиску містять сполуку натрію з ртуттю в якості наповнювача. Це створює спірність щодо екологічної безпеки, оскільки не можна однозначно стверджувати, що натрієві лампи є екологічно безпечнішими за ртутні.

Натрієві лампи поділяються на два типи: високого тиску (НЛВТ, рис. 3.3) та низького тиску (НЛНТ, рис.3.4).



Рисунок 3.3 – Натрієва лампа високого тиску

Натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) випромінюють злегка тьмяне світло. Порівняно з дуговими, натрієві лампи мають найвищий ККД на рівні 30%. Вони трохи поступаються НЛНТ за світловіддачею, і показник цей у середньому становить 80 Лм/Вт.

Застосування різних сумішей газів у поєднанні з різними люмінофорами, а також варіювання тиску всередині колби дають змогу поліпшити передачу кольору натрієвих ламп ціною, однак, зниження світлового потоку і ККД. У деяких лампах для поліпшення якості освітлення наповнювачем служить суміш натрію і ртуті, але це не екологічний підхід.

Натрієві лампи вибагливі, для їхньої роботи важлива стабільність напруги живлення, оскільки зниження напруги живлення веде до зниження ефективності параметрів роботи. Зупинивши свій вибір на цьому типі ламп,

подбайте про те, щоб перепади напруги були несуттєвими.



Рисунок 3.4 – Натрієва лампа низького тиску

Натрієві лампи низького тиску (НЛНТ) підійдуть для вуличного освітлення через свою максимальну світловіддачу, яка в середньому дорівнює 100 Лм/Вт. Вони ідеальні для вулиць, дають м'яке жовте світло, але через низьке значення передачі кольору вони годяться здебільшого тільки для освітлення вуличного простору. Встановлення такої лампи в приміщенні не має сенсу, оскільки її світло не відображає дійсні кольори навколишніх речей.

Альтернатива газорозрядним лампам - світлодіодні лампи (рис.3.5). Світлодіоди дають змогу безпосередньо перетворювати електричний струм, що проходить через напівпровідник, на світло. Підбираючи хімічний склад напівпровідників і люмінофорів, отримують необхідні світлові характеристики. Спектр випромінювання виходить вузьким і без ультрафіолету. На сьогодні перехід на світлодіодні світильники - найперспективніший шлях до енергозбереження в промисловому освітленні.



Рисунок 3.5 – Світлодіодна лампа

Світлодіодне освітлення виявляється дуже економічним і при цьому екологічно безпечним для оточення, порівняно з газорозрядними лампами. Світлодіоди не потрібно утилізувати, вони невибагливі.

Термін служби світлодіодних джерел світла досягає 60000 годин безперервної роботи, через цей час світловий потік зменшиться вдвічі, але джерело світла продовжить працювати. А у газорозрядних ламп уже через рік світловий потік падає приблизно на 20 %. Колірна температура світлодіодних джерел світла зберігається стабільною протягом багатьох років.

Для живлення світлодіодних світильників завжди застосовується імпульсний перетворювач, що стабілізує напругу на світлодіодах навіть за нестабільної мережевої напруги. Якщо на вході буде (170...264) вольт, йому це не перешкода, світлодіодний світильник, завдяки індивідуальному стабілізатору, збереже характеристики світла стабільними.

3.2 Освітлювальне обладнання до та після заміни

Припустимо, що до моменту заміни на новішу енергоефективну світлову апаратуру на підприємстві в одному з виробничих приміщень встановлені

лампи дугового розряду. Здебільшого саме такими користуються й по цей день. Вони досі працюють. Придатні до експлуатації з міркувань ресурсного потенціалу, але час пройшов, технологічно лампи застаріли, виникає потреба модернізації, переоснащення робочого середовища новішим освітлювальним обладнанням.[12] Тут представлено обладнання, яку ми мусимо підібрати на заміну старої системи. Корпус світильника в який закручується лампа натрієва ДНАТ 400 разом із лампою ДНАТ 400 Іскра, зображено на рисунках 3.6 та 3.7.



Рисунок 3.6 – Світильники СП 10У-500-014 «Cobay 4»



Рисунок 3.7 – Лампи натрієві ДНАТ 400 Іскра

В таблиці 3.2 наведено характеристики натрієвих ламп.

Таблиця 3.3 – Характеристики лампи натрієві

Країна виробник		Україна
Тип лампи		Ртутна
Форма лампи		Циліндрична
Тип цоколя		Різьба
Цоколь		E27
Колір світіння		Жовтий
Потужність	Вт	400
Термін служби	год	15000
Світловий потік	Лм	47000
Довжина	мм	292
Діаметр	мм	48

Звісно рішення є. Водночас розроблялись нові продукти промислового вжитку також. Бо був попит, кожна організація прагнула економічності власних витрат. На рисунку 3.8 представлено альтернативний варіант заміни світильників на інноваційні, продуктивніші й економніші за попередні.

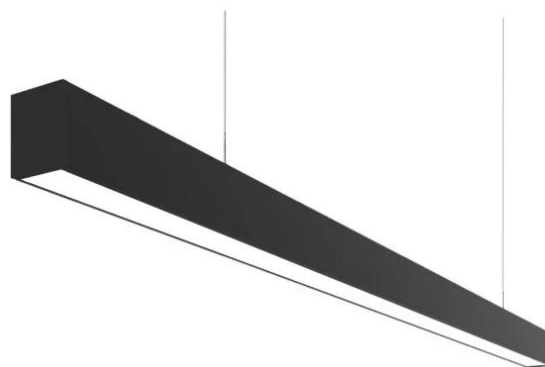


Рисунок 3.8 – Світильник світлодіодний підвісний L Tesk

В таблиці 3.3 наведено характеристики світильника «ЕВРОСВЕТ».

Таблиця 3.4 – Характеристики світильника «ЕВРОСВЕТ»

Потужність	Вт	60
Колір світіння	К	4000
Світловий потік	Лм	8000
Тип світлодіодів		SMD LED Samsung 2835
Монтаж		Підвісний
Робоча напруга	V	(90...264)
Кут розсіювання	°	120
Рівень захисту	IP	42
Тип		Промисловий
Термін роботи	год	50000
Довжина	мм	2000
Ширина	мм	50
Товщина	мм	70

Пропонується не один варіант світильника, а три різні по параметрах аби об'єктивніше оцінити майбутнє капіталовкладення й енергоефективні властивості. Пропонується світлодіодний LED світильник промисловий (рис.3.9).



Рисунок 3.9 – Промислові світлодіодні світильники Ledex

Світильник застосовують для основного освітлення у виробничих, заводських та складських приміщеннях, а також може використовуватися для освітлення торговельних і розважальних комплексів.

В таблиці 3.4 наведена характеристика світильника Ledex.

Таблиця 3.5 – Характеристика світильника Ledex

Виробник		Ledex
Країна виробник		Китай
Висота	мм	80
Матеріал корпусу		Алюміній
Потужність	Вт	50
Напруга	V	180-220
Світловий потік	Лм	4750
Температура світлового потоку	К	5000
За місцем кріплення		Підвісний
Призначення		Промисловий
Захист	IP	65
Діаметр	мм	250
Колір		Чорний
Діапазон робочих температур	°C	-40 до +50
Комплектація		В зборі

Нижче представлені графічні дані класів енергоефективності, захисту від зовнішніх подразників, а також кольорове відображення температур (рис. 3.10, 3.11, 3.12).



Рисунок 3.10 – Клас енергоефективності ламп та світильників

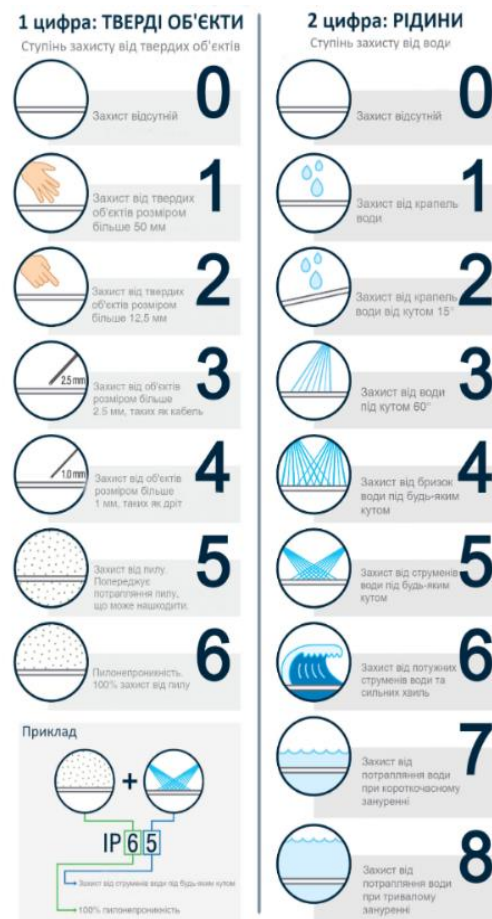


Рисунок 3.11 – Клас захисту IP

В таблиці 3.5 наведена температура світіння різних ламп

Таблиця 3.6 – Температура світіння різних ламп

Температура світіння лампочки		Колір	Джерело світла
2700	К	Теплий	Лампи розжарювання
3000	К	Жовтувато-білий	Галогенні лампи
3500	К	Білий	Флуоресцентні лампи
4000	К	Нейтральний	Дюгові ртутні лампи
5000-6000	К	Природний денний	Світлодіодні лампи
6500	К	Холодний	Спеціалізовані лампи

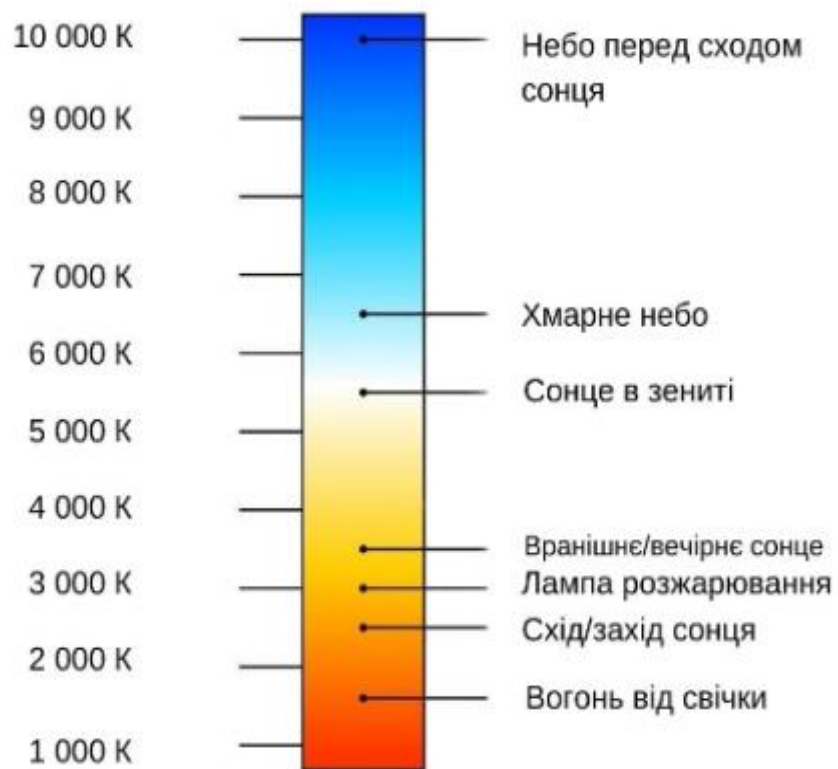


Рисунок 3.12 – Колірна температура

3.3 Застосування датчиків руху

За наших часів енергоефективних та передових технологій, свідчить про наші досягнення в галузі автоматизації, Інтернету та всіх сучасних засобів. В наш час наявні багато технологій, які йдуть в ногу з часом, і допомагають нам відчувати силу науково-технічного прогресу. Однією з таких технологій, яка також не відстає, є освітлення робочих місць і житлових приміщень за допомогою датчика руху. [9]

У разі встановлення датчиків руху або присутності сенсор дає змогу знизити витрату електроенергії орієнтовно на (40...50) %, в окремих випадках до 80 %. Термін окупності датчика залежить від сумарної потужності ламп, підключених до сенсора.

Датчики руху застосовують люди, які не хочуть морочитись питанням освітлення потрібного місця в потрібний час (автоматизація процесу). Це зручно і практично. Головною перевагою встановлення датчика є економія електроенергії.

На рисунку 3.13 зображена схема підключення з вимикачем.

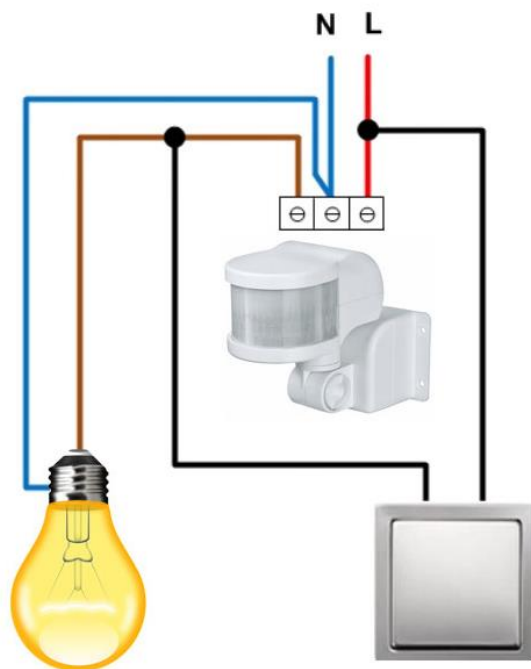


Рисунок 3.13 – Схема підключення з вимикачем

Ця схема дасть змогу користуватися освітленням в кімнаті незалежно від роботи датчика руху. Навіть якщо він на деякий час вийде з ладу, ви не залишитеся без освітлення в потрібний момент.

При розміщенні датчика потрібно бути особливо уважним щодо другого питання - місця установки. В першу чергу, необхідно вибрати прохідне місце, де датчик буде розташований таким чином, що маршрут людини пролягатиме через зону охоплення. Проте, важливо забезпечити, щоб датчик не спрацьовував на будь-який чужий рух (рис. 3.14).

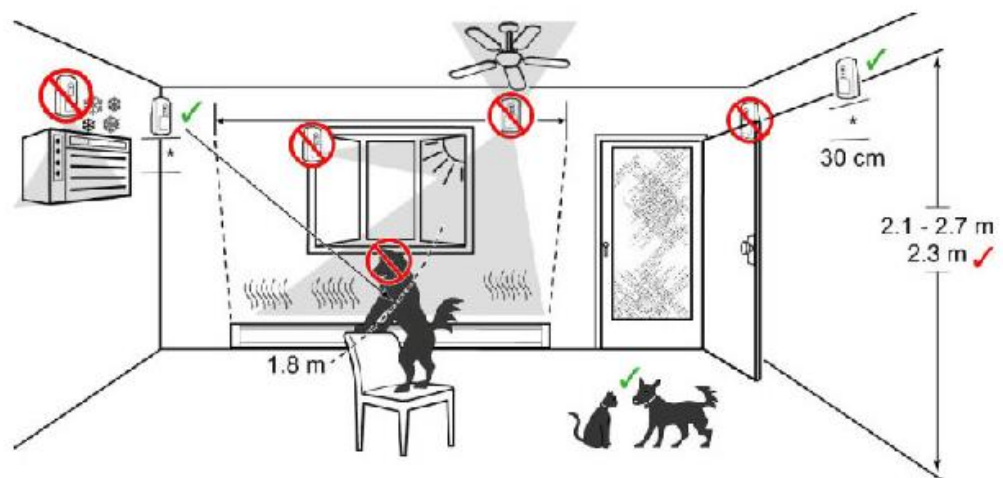


Рисунок 3.14 – Місце встановлення

Ось приклади основних місць, де можна встановити датчики руху:

- Вхідні двері в житловий будинок: це гарне місце для встановлення датчика руху, щоб автоматично вмикалося світло, коли людина підходить до входу.
- Сходи в підвал: установка датчика руху біля сходів у підвал дозволяє автоматично вмикати світло, коли хтось спускається або піднімається на сходах.
- Підвальне приміщення: можна встановити датчик руху у підвальному місці, щоб освітлення автоматично вмикалося, коли хтось увійде в приміщення.
- Коридори та проходи з великим потоком людей: встановлення датчика руху в цих місцях дасть можливість керувати освітленням, вмикаючи його

лише в присутності людей.

- Східні марші: встановлення датчика руху на сходах дозволяє автоматично вмикати світло, коли хтось підходить до сходів або спускається по ньому.

- Проходи до санвузла: можна встановити датчик руху біля входу до санвузла, щоб автоматично вмикалося світло, коли хтось підходить до нього.

Щодо різновидів датчиків руху (рис. 3.15), вони можуть бути класифіковані за двома основними ознаками: за типом живлення можуть бути працюючі від мережі електроживлення або від батарейок; провідні датчики з живленням від мережі 220 В; бездротові (живлення від батарейок або акумуляторів).



Рисунок 3.15 – Види датчиків по виконанню

За способом визначення руху, які використовують технологію інфрачервоного сенсора визначення, мікрохвильові сенсори, ультразвукові сенсори та ін. Кожен з цих способів має свої переваги та обмеження.

З цією класифікацією все набагато складніше і цікавіше. Наука і техніка в цьому сенсі зробила крок далеко вперед за останні півстоліття. Існує кілька способів індикації руху. Розберемо їх усі по порядку:

- Інфрачервоні датчики руху. Назва промовиста - працюють в інфрачервоному спектрі, реагуючи на теплове випромінювання людей і тварин. Є пасивними пристроями у зв'язку з тим, що нічого не виробляють, а лише фіксують випромінювання. Недолік: помилкові спрацьовування через тварин.

- Акустичні датчики руху (шуму). Теж пасивні. Реагують на звукові

хвилі. Вони застосовуються на входних дверях різних приміщень. В інших місцях застосування обмежене.

- Мікрохвильові датчики руху. Вони вже є активними, оскільки відправляють мікрохвильове випромінювання і реєструють рух після повернення сигналу.

- Ультразвукові. Технологія та сама, що й у попередньої групи, різниця в хвильовому спектрі. Застосовуються вони в ультразвуковому хвильовому діапазоні. Застосовуються нечасто. Недолік: можуть бути шкідливими і небезпечними для людини і тварин.

- Комбіновані (дуальні). Мають кілька способів реєстрації руху. Відповідно, вважаються найнадійнішою групою.

В момент вибору такого виду обладнання потрібно завжди враховувати місце його монтажу та різну специфіку. Характеристики мереж живлення, якщо він дротовий, тривалість роботи, якщо він бездротовий, відстань, на яку він може визначити рух.

3.4 Система управління освітленням в приміщеннях

Система управління освітленням - це універсальний, електронний комплекс засобів для контролю і регулювання споживання електричної енергії (світло, силові розетки, електроприлади), об'єднуючи управління електрикою в одну логічну архітектуру по всьому будинку або офісу.

Керування освітленням не повинно бути аби яким. Воно має бути якомога зручнішим для персоналу, в оперативному доступі і водночас забезпечувати можливість використання роздільного перемикання освітлення між приміщеннями. У цехах скільки-небудь великої площі майже виключно передбачається управління освітленням апаратами, встановленими на щитках за винятком випадків централізованого управління.

У невеликих приміщеннях неминуче зберігаються місцеві вимикачі. У

всіх випадках враховуються умови природного освітлення і характер виробництва, тобто можливість виконання робіт лише на якій-небудь певній частині площі.

У приміщеннях, що не мають аварійного освітлення, бажано, починаючи вже від установки в приміщенні двох світильників, розбивати світильники не менше чим на два виключення, що дає можливість обслуговувати відключені світильники при світлі тих, що залишаються включеними. Така рекомендація особливо важлива для приміщень без природного освітлення.

Часта практика коли, на аварійне освітлення виділяються цілі ряди світильників, що одночасно беруть участь в робочому освітленні, то управління цим освітленням нічим по суті не відрізняється від управління робочим освітленням.

У останніх випадках, тобто коли для аварійного освітлення виділяються окремі світильники, вони повинні або автоматично включатися при зникненні напруги в мережі робочого освітлення, або управлятися з можливою мірою централізації, щоб його не забували включати в окремих приміщеннях.

Роздільне управління освітленням приміщень виробничих і суспільних будівель повинно передбачатися завжди.

3.5 Система керування освітленням на світлодіодах по протоколу DMX-512

Структурна схема такої системи керування [13] яскравістю світлодіодних стрічок на протоколі DMX-512 з використанням 4-х каналного підсилювача потужності LIC CONTROL, показано на рисунку 3.16.

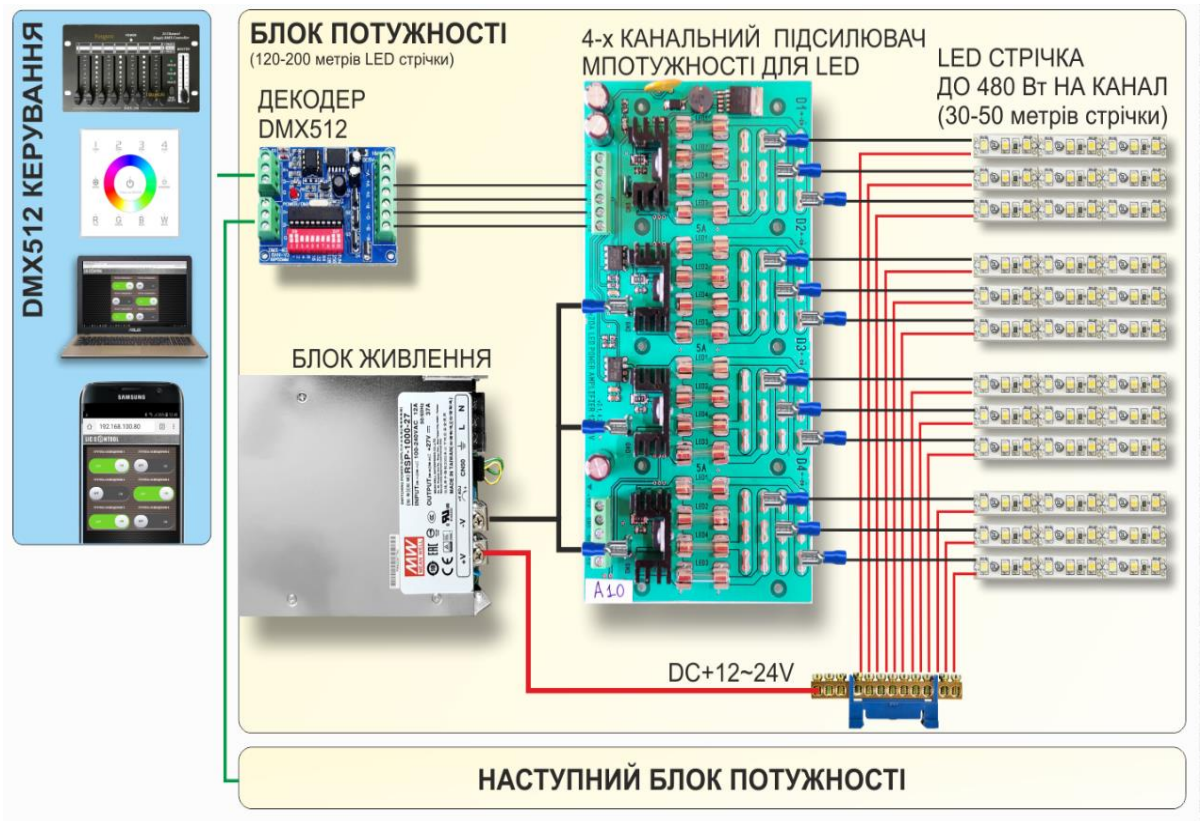


Рисунок 3.16 – Схема управління освітленням

Керування здійснюється з DMX512 консолі або через комп'ютер, смартфон або DMX панель. Це дозволяє мати до 512 незалежних груп керування. Для кожної групи можна встановити свою яскравість світлодіодів. DMX сигнал декодується за допомогою DMX декодера PWM і надходить на 4-х каналний підсилювач потужності LIC CONTROL. 4-х каналний підсилювач потужності забезпечує на кожен канал струм до 20А без застосування активного обдування (охолодження).

Дешифратор або декодер – простими словами перекладач з мови цифр на мову сигналів з його виходів, його зображено на рисунку 3.17.

На рисунку 3.17 зображений 4-х каналний підсилювач потужності LIC CONTROL.



Рисунок 3.18 – Декодер DMX512

В таблиці 3.6 наведена характеристика DMX512.

Таблиця 3.7 – Характеристика DMX512

Тип управління		Електронне
Напруга	В	(12...24)
Потужність	Вт	384
Струм	А	12
Кількість каналів	од	3
Кількість програм	од	9
Колір		Чорний
Кількість стрічки на підключення	м	10

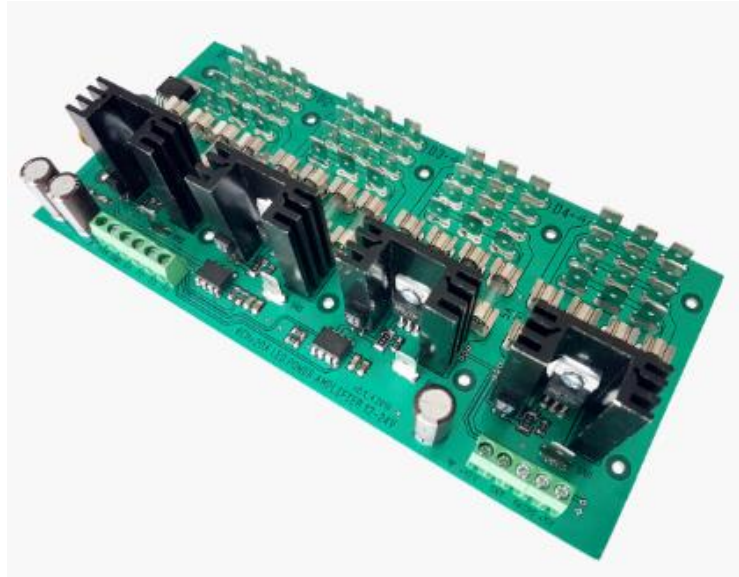


Рисунок 3.19 – 4-х канальний підсилювач потужності LIC CONTROL

Для захисту від короткого замикання служать плавкі запобіжники по 4 шт на кожен канал. Насправді це дозволяє захистити кожні (10...15) м LED стрічки. Для захисту від перегріву на кожному канал передбачено окремий термозапобіжник.

В таблиці 3.7 наведено характеристику підсилювача потужності LIC CONTROL.

Таблиця 3.8 – Характеристика підсилювача потужності LIC CONTROL

Напруга живлення	В	(12...24)
Кількість каналів	од	4
Макс. струм на один канал	А	20
Максимальна вихідна потужність	Вт	960/12 1920/24
Керуючий вхід	од	4 PWM сигнали з DMX
Захист по перегріву		так
Роз'єми на підключення LED стрічок	од	12
Розмір плати	мм	195 x 93 x 45

DMX-декодери перетворюють цифровий сигнал DMX на аналоговий (слабочний цифровий сигнал на широтно - імпульсно модульований силовий сигнал живлення), а до виходу DMX-декодера підключають RGB LED світильники.

Тобто DMX-декодер відпрацьовує програму DMX-контролера у вигляді напруги живлення для світильника.

Для роздільного управління каналами DMX-декодери мають свою адресу, яка прошивається програматором або виставляється перемикачем.

DMX-декодерів використовують LED-підсилювачі або кілька dmx-декодерів із загальною dmx-адресою, показано на малюнку 3.19.



Рисунок 3.20 – Блок живлення MEAN WELL

В таблиці 3.8 наведено характеристику MEAN WELL.

Таблиця 3.9 – Характеристика MEAN WELL

Мінімальна робоча температура	град	-20
Максимальна робоча температура	град	60
Дистанційне керування		Так
Вихідна напруга	В	27

Продовження таблиці 3.8

Максимальна напруга	вхідна	В	264
Мінімальна напруга	вхідна	В	90
Коефіцієнт потужності		%	0,95
Захист перенавантажень	від		Так
Вихідний струм		А	37
Тип монтажу			Поверхневий
Виробник			MEAN WELL
ККД		%	88
Тип блоку живлення			Імпульсний
Вихідна потужність		Вт	1000
Джерело живлення			Перетворювачі

4 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ

4.1 Розрахунки та норми освітлення виробничого приміщення

Основним нормативним документом, що визначає вимоги до організації освітлення в Україні є ДБН В. 2.5–28–2018 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»[1].

Скільки потрібно світильників на всю площу. Для цього проводиться або замовляється світлотехнічний розрахунок.

Світлотехнічний розрахунок (рис.4.1) - це розрахунок необхідної кількості освітлювального обладнання на заданій площині відповідно до норм освітленості. Розрахунок освітлення використовується для визначення оптимального типу, способу розміщення і кількості світильників, а також типу і потужності джерела світла для зовнішнього освітлення всіх видів, а також внутрішнього освітлення промислових, складських, торговельних і спортивних споруд.

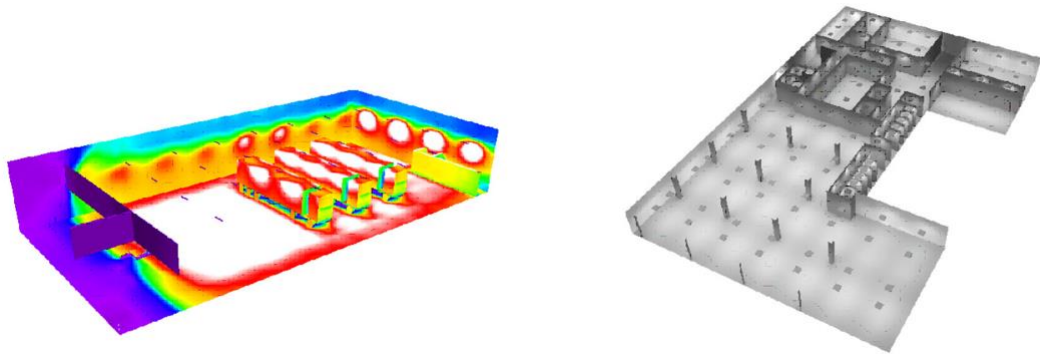


Рисунок 4.1 – Світлотехнічний розрахунок

Необхідні норми освітлення згідно вимог ДБН наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Норми освітлення промислових приміщень

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розпізнавання, мм	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість, лк		КПО, %			
			при комбінованому освітленні	при загальному освітленні	при верхньому чи комбінованому	при боковому чи комбінованому	при боковому освітленні	
Висої точності	0,3-0,5	III	2000-400	500-200	5	2	3	1,2
Середньої точності	0,5-1,0	IV	750-300	300-150	4	1-5	2,4	0,9
Малої точності	1-5	V	300-200	200-100	3	1	1,8	0,6
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу	—	VI	—	75-30	1	0	0,7	0,2

Для розрахунків береться середнє значення точності, 750 Люксів при штучному, комбінованому освітленні. Відповідно для цього світильник підбирається по висоті приміщення, (рис 4.2). []

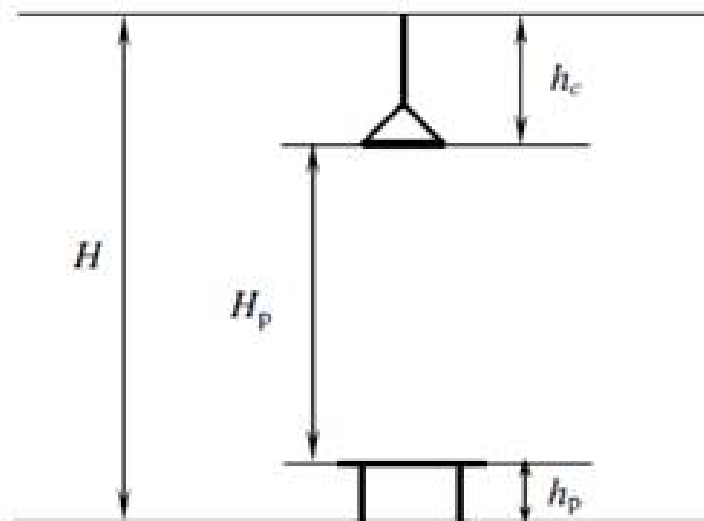


Рисунок 4.2 – Розміщення світильника по висоті приміщення

H - висота приміщення, H_p – висота підвісу світильника над освітлюваною поверхнею, h_c – висота звісу світильника, h_p – висота робочої поверхні.

При висоті приміщення 10 м висота звісу світильника становить 8м.

Застосувавши онлайн калькулятор нам стала відома оптимальна кількість освітлювальних приладів на площу виробничого приміщення розміром 600 м².

Зверніть увагу, що розрахункова освітленість 750 Лк, згідно рисунка 4.2 це є максимальне середнє значення. При зменшені вимог до освітленості можна скоротити кількість світильників, що безпосередньо вплине на суму інвестицій й термін окупності. Для спрощення розрахунку використано спеціальний калькулятор, інтерфейс якого продемонстровано на рисунку 4.3. [20]

Онлайн калькулятор світильників	
Комната (Д x Ш x В)	30 x 20 x 10 м
Козэф. отражения	Потолок(50), Стены(30), Пол(10)
Световой поток	47000 лм / 1 світильник
Козэф. запаса	Грязное помещение
Расчетная высота	8 м
Освещенность	750 лк
Наименование	шт
Светильник 47000 лм	25
<input type="button" value="Новые данные"/>	

Рисунок 4.3 – Інтерфейс калькулятора

Таким чином знаємо ,що необхідно 25 світильників.

Аналіз витрат існуючого освітлюваного обладнання. Для подальшої роботи приймемо умовний тариф на електроенергію для підприємств, який складає 29 грн/кВт*год.

Джерело світла характеризується певним оптичним ККД, який називається світловіддача, Лм/Вт:

$$\eta = \frac{\Phi}{W}, \quad (4.1)$$

де Φ - світловий потік, Лм;

W – потужність світильника, Вт.

$$\eta = \frac{47000}{400} = 117,5$$

Слід намагатись використовувати джерела світла із найвищим η .

А тепер розрахуємо витрати фінансові та енергетичні при роботі на старих світильниках. Спочатку для спрощення 400 Вт переведемо у 0,4 кВт.

Вираховуємо річне споживання електроенергії, кВт:

$$0,4 \cdot 25 = 10,$$

$$10 \cdot 22 = 220,$$

$$220 \cdot 365 = 80\,300.$$

Річна вартість енергії грн:

$$80\,300 \cdot 29 = 2\,328\,700.$$

Ціна одної лампи 400 грн. , маємо 25 одиниць до них додаємо ціну на корпус світильника 800 грн. Обчислимо інвестиційні затрати на закупівлю обладнання, грн:

$$400 + 800 \cdot 25 = 20\,400.$$

Умови ті самі що для попереднього. Кількість світильників 252 одиниці.
Переведемо у 50 Вт у 0,05 кВт.

Світловіддача, Лм/Вт:

$$\eta = \frac{4750}{50} = 95$$

Річне споживання електроенергії, кВт:

$$0,05 \cdot 252 = 12,6;$$

$$12,6 \cdot 22 = 277,2;$$

$$277,2 \cdot 365 = 101178.$$

Річна вартість енергії, грн:

$$101178 \cdot 29 = 2\,934\,162$$

Ціна одної установки 478,4 грн., маємо 252 одиниць. Обчислимо
інвестиційні затрати на закупівлю обладнання, грн:

$$478,4 \cdot 252 = 120\,556,8.$$

Розрахунок показників світильника світлодіодного підвісного L Tesk.

Умови роботи тіж самі, проте тепер необхідно 149 одиниць. Переведемо у
60 Вт у 0,06 кВт.

Світловіддача, Лм/Вт:

$$\eta = \frac{8000}{60} = 133,3 .$$

Рахуємо річне споживання електроенергії, кВт:

$$0,06 \cdot 149 = 8,94;$$

$$8,94 \cdot 22 = 196,68;$$

$$196,68 \cdot 365 = 71788,2.$$

Річна вартість енергії, грн:

$$71788,2 \cdot 29 = 2\,081\,857,8.$$

Ціна одної установки 3987,78 грн., маємо 149 одиниць. Обчислимо інвестиційні затрати на закупівлю обладнання, грн:

$$3987,78 \cdot 149 = 594\,179,22.$$

Залишилось розрахувати термін окупності проекту. По цій формулі:

$$PP = \frac{IC}{CF} \quad (4.2)$$

де IC - розмір вкладень;

CF - чистого річного прибутку;

PP - терміни окупності.

Розраховані дані зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведені показники обладнання

Назва	Світловіддача			Споживання	Витрати енергії	Інвестиційні витрати	РР проекту
	η	Вт	Лм	кВт	грн	грн	роки
Іскра	117,5	400	47000	80 300	2 328 700	20 400	
L Teck	133,3	60	8000	71788,2	2 081 857,8	594 179,22	2,4
Ledex	95	50	4750	101178	2 934 162	120 556,8	-0,2

При підборі освітлювального обладнання основним параметром є світловіддача, бо саме вона вказує на ефективність випромінювання світла. З таблиці 4.1 чітко видно, що просте зменшення потужності й світлового потоку світильника не доцільним, хоча безперечно інвестиційних витрат на обладнання використано менше.

ВИСНОВКИ

Інтелектуальні системи контролю електроспоживання є важливим інструментом для промислових підприємств, що дозволяє ефективно використовувати електроенергію, знижувати витрати та покращувати сталість діяльності. Їх застосування сприяє енергоефективності, зменшенню впливу на навколишнє середовище та підвищенню конкурентоспроможності підприємств.

Фундаментальним завданням автоматизації можна вважати підвищення якості та швидкості виконання процесу. Його характеристики більш стабільні та піддаються ретельній аналітиці. Автоматизація прагне збільшити продуктивність кожного процесу і, відповідно, скоротити час на його виконання, тим самим знижуючи собівартість виробу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 03.01.2019] Київ, 2018. Доступно: https://ledeffect.com.ua/images/___branding/dbn2018.pdf (дата звернення 12 травня 2023)
2. Зінченко, В.Л. Автоматизована система контролю та обліку електроенергії [Текст] : підручник / В.Л. Зінченко, : Знання, 2011. – 231 с.
3. Будківський Л.Л. Освітлення підприємств [Текст] : Навч. посіб. / Л.Л. Будківський – К.: Вища шк., 2005. 363 с.
4. Салтиков В. О., Поліщук В. М., Коляда О. Ю. Проектування, монтаж і експлуатація освітлювальних установок [Текст] : навч. посіб. для студ. Харків, 2022. 95 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/287725673.pdf> (дата звернення 12 травня 2023)
5. Бориченко О. В., Находов В. Ф. Енергетичний менеджмент [Текст] : навч. посіб для здобувачів ступеня бакалавра. Київ, 2022. 224 с. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48732/1/Enerhetychnyi_menedzhment_2
6. Рисунок «Організаційна схема автоматизації процесів управління виробництвом» Доступно: https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSWP6VgHOqR_mjvDw3Abug3-1NzITlQqoC8HqiYqfB_a6UF0Pu0 (Дата звернення 12 травня 2023).
7. Рисунок «Індустрія 4.0» Доступно: <https://habrastorage.org/webt/qx/cf/rm/qxcfrm4snqrqy8ugqtxywnbbgw.png> (Дата звернення 12 травня 2023).
8. Чурило Р., Бацуровська І. Основи енергозбереження методичні : рекомендації. Миколаїв 2023. 72 с. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/13165/1/bacurovska-osn-energozb-141-prakt-2023.pdf> (дата звернення 12 травня 2023)
9. Верба І. І., Даниленко О. В., Самойленко О. В. навч. посіб.

„Обладнання автоматизованого виробництва“ „Сучасні тенденції розвитку систем автоматизації“ для поглибленого вивчення дисципліни [Текст] навч. посіб. для студ. Київ, 2020. 260 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31516> (дата звернення 12 травня 2023)

10. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування : навч. посіб. /Барало О.В. та ін. 2010. 557 с. URL: https://asutp.in.ua/wp-content/uploads/2019/12/ebook_automatizacija_tehnologichnih_procesiv_i_sistem_avtomatichnogo_keruvannya.pdf (дата звернення 12 травня 2023)

11. Споживачі електричної енергії електричне освітлення : навч. посіб. / Соловей О. І. та ін. для студ. Черкаси, 2018. 134 с. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/2635/1/Силові%20споживачі%20електричної%20енергії%20Електричне%20освітлення.pdf> (дата звернення 12 травня 2023)

12. Кушлик Р.В., Постол Ю.О., Кушлик Р.Р. Джерела і установки для електричного освітлення : навч. посіб. для студ. Мелітополь, 2020. 145 с. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/el.-uchebnyk-117.06.20.pdf> (дата звернення 12 травня 2023)

13. Іоффе К. І., Черкашина О. Л. Системи керування світлотехнічними пристроями : консп. лек. для студ. Харків, 2018. 57 с. (дата звернення 12 травня 2023)

14. Стельмах, Н. В., Сапон, С. П., Рижук, Я. О. Вибір оптимального технологічного процесу на базі автоматизованої оцінки його техніко-економічних параметрів : підручник /Технічні науки та технології. Київ, 2021. 62 с. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1\(19\)-89-97](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-89-97) (дата звернення 12 травня 2023)

15. Пушкар М. С., Проценко С. М. Проектування систем автоматизації [Текст] : навч. посібник для студ. Дніпропетровськ, 2013. 268 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/3536/CD218.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення 12 травня 2023)

16. Туташинський В. І. Технології сучасного виробництва: навч. посіб.

/ [Електронне видання] Київ: КОНВІ ПРІНТ, 2021. 155 с. URL: <https://drive.google.com/file/d/1yXtoxС2YwjHEHkAEDYLMBVVX2MOLYF6/view?pli=1> (дата звернення 12 травня 2023)

17. Кошель В. І., Сав'юк Г.П., Дзундза Б.С. Основи охорони праці : навч. метод. посіб. для студентів Івано-Франківськ, 2020. 182 с. URL: http://lib.pnu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/2237/1/Підручник_основи%20охорони%20праці_2020.pdf (дата звернення 12 травня 2023)

18. Руських А. О. Діджиталізація: основа конкурентоспроможності підприємства в реаліях цифрової економіки *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2019. № 68. С. 181—192.

19. Руських А.О, Цифрова трансформація управління бізнесом компанії в умовах розвитку Індустрії 4.0 : дис. ст. 2 к. бак-т/ Київський політехнічний інститут імені ігоря сікорського. Київ, 2020. 111 с.

20. Калькулятор розрахунку необхідної кількості світильників [Електронний ресурс] <http://potolki-podvesnie.ru/calculator-svetilniki> (дата звернення 12 травня 2023)

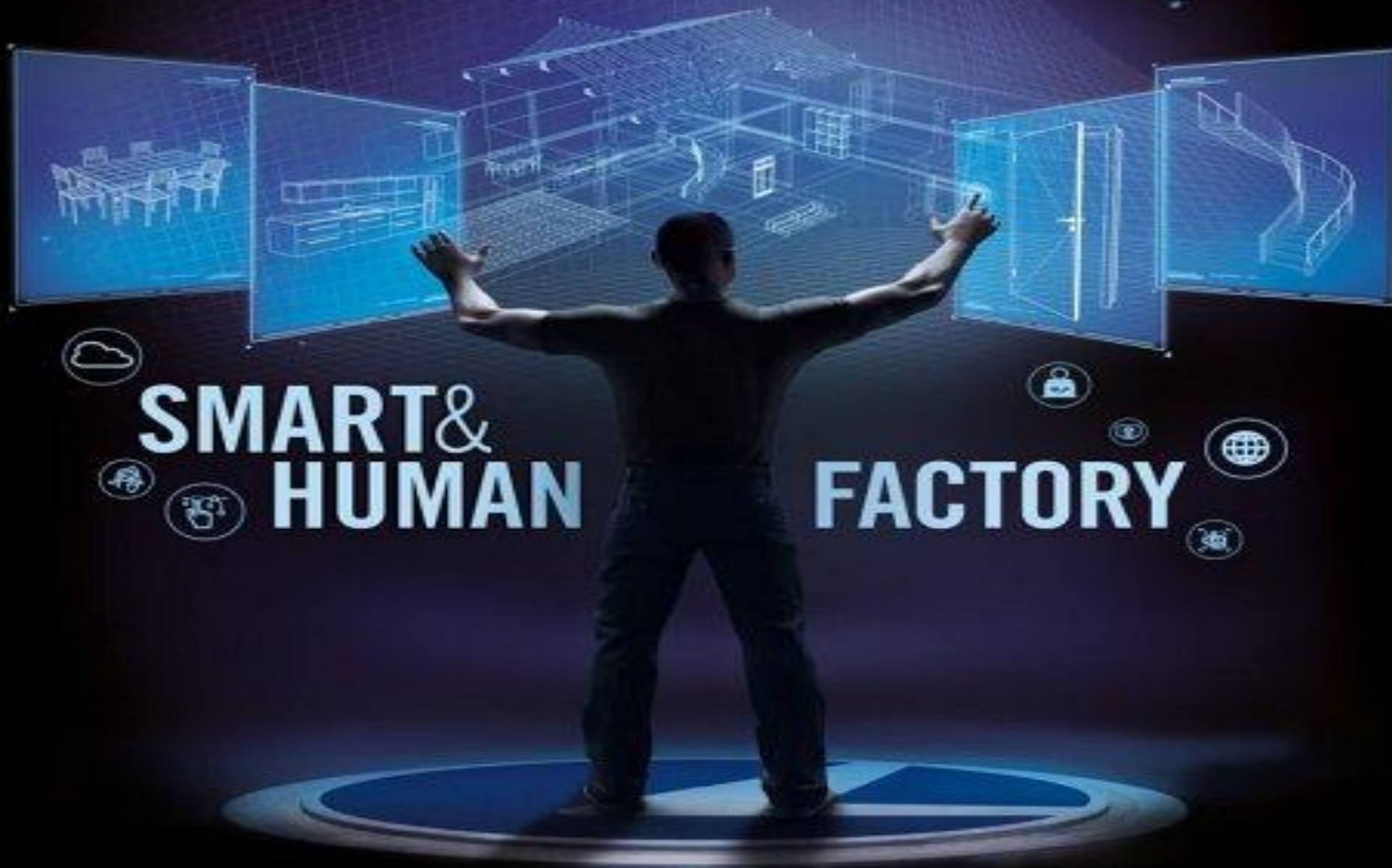
ДОДАТОК А

Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи
«Аналіз інтелектуальних систем контролю електроспоживання
промислового підприємства»



Кваліфікаційна робота:
«Аналіз інтелектуальних систем
контролю електроспоживання
промислового підприємства»

Виконав:
ст. гр. 6.1419
Радомський О.М.



Приклади автоматизованого управління на виробництві



Керування процесом



ВИДИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ



Ручне керування – всі функції управління виконує людина-оператор.

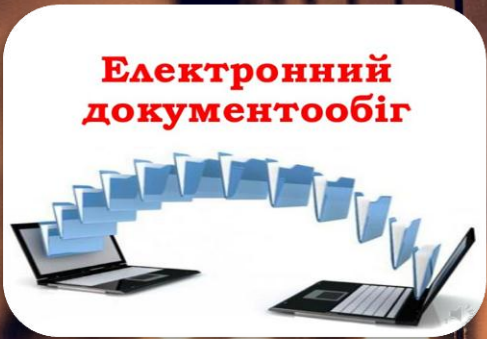


Автоматизоване керування – частину функцій виконує людина, а іншу частину – автоматичні пристрої.



Автоматичне керування – всі функції керування виконують автоматичні пристрої.

Перспектива автоматизованого документообігу



Вартість архівного зберігання електронних документів на 80% нижче, ніж вартість зберігання паперових архівів.



Після впровадження СЕД продуктивність праці персоналу збільшується на 20-25%



Операція	Час для паперового документа	Час для електронного документа з урахуванням часу очікування прийняття рішення
Доставка вхідного документа співробітнику	5 годин	3 хвилини
Доставка вхідного документа кінцевому виконавцю	15 годин	4 години
Доставка службової записки від виконавця до кінцевого виконавця	16 годин	5 годин
Ознайомлення з документами	20 годин	1,5 години
Випуск організаційно-розпорядчих документів	27 годин	6 годин
Узгодження вихідного документа	17 годин	8 годин

Роботизація виробничих процесів підприємств

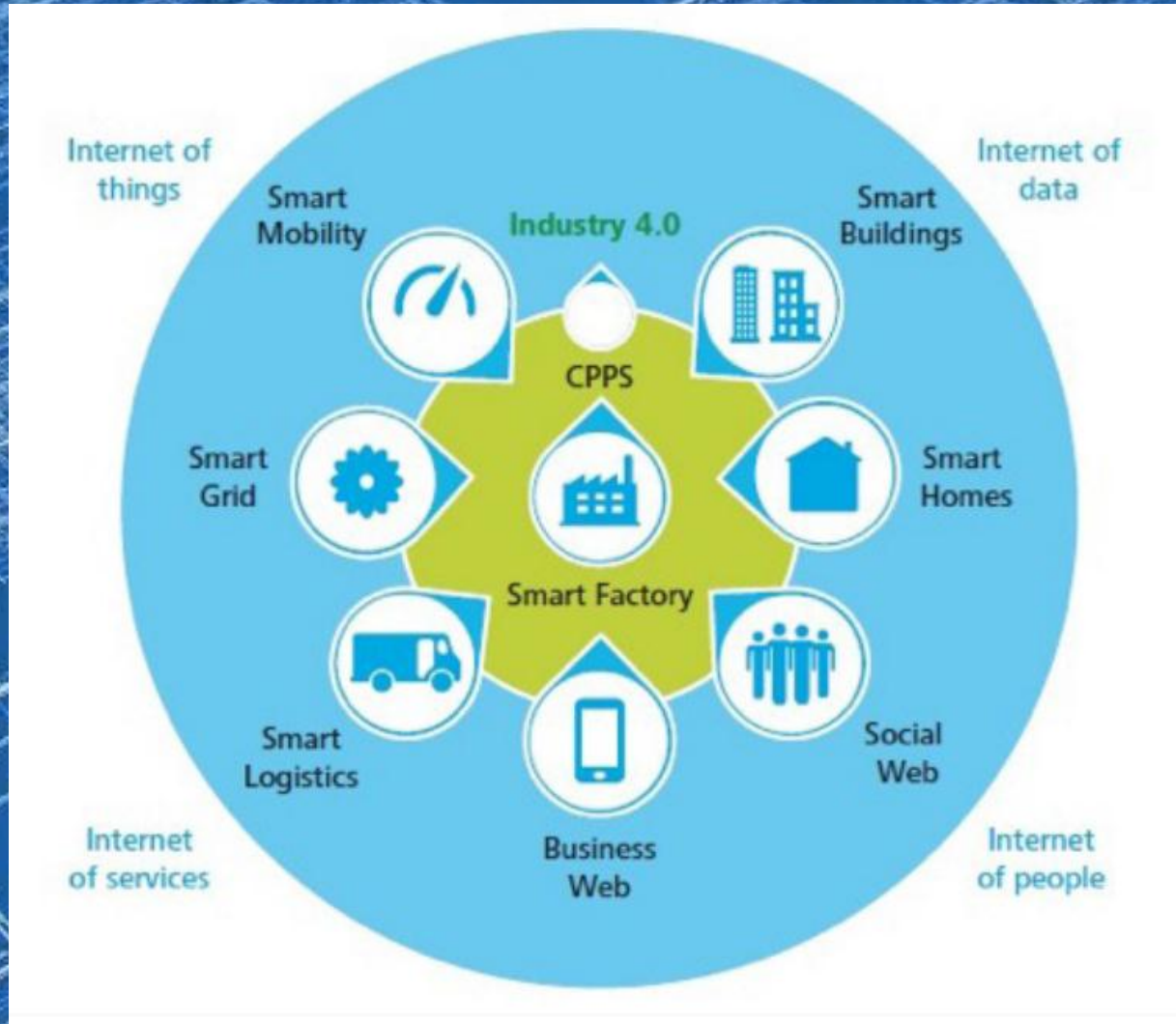
Роботизація - Цей процес передбачає заміщення або підтримку людської праці з використанням роботів, автоматів, машин або програмного забезпечення.



Структура ланцюга автоматизованого управління



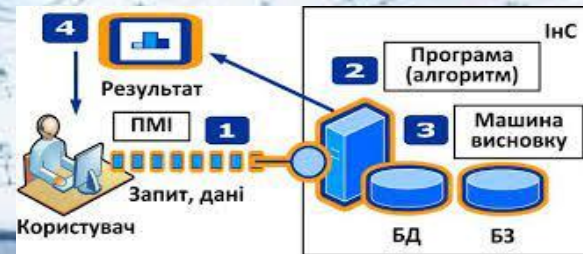
Технологічна екосистема навколо Smart Factory

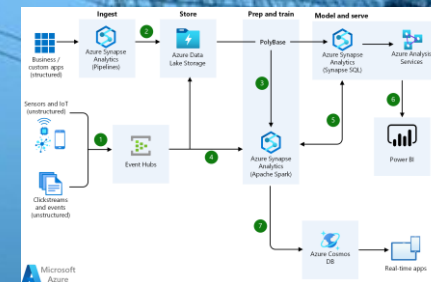
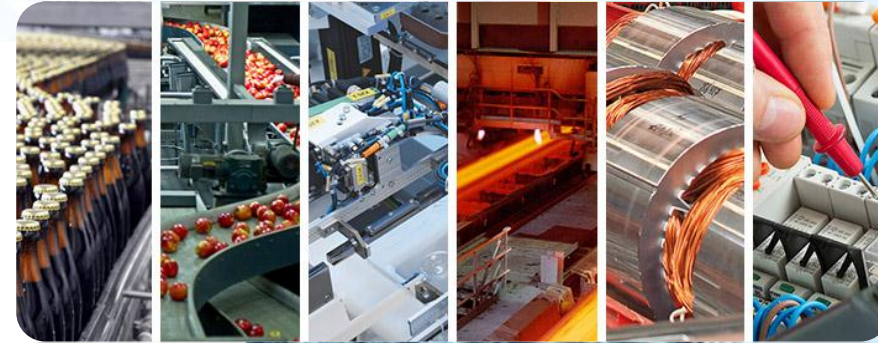
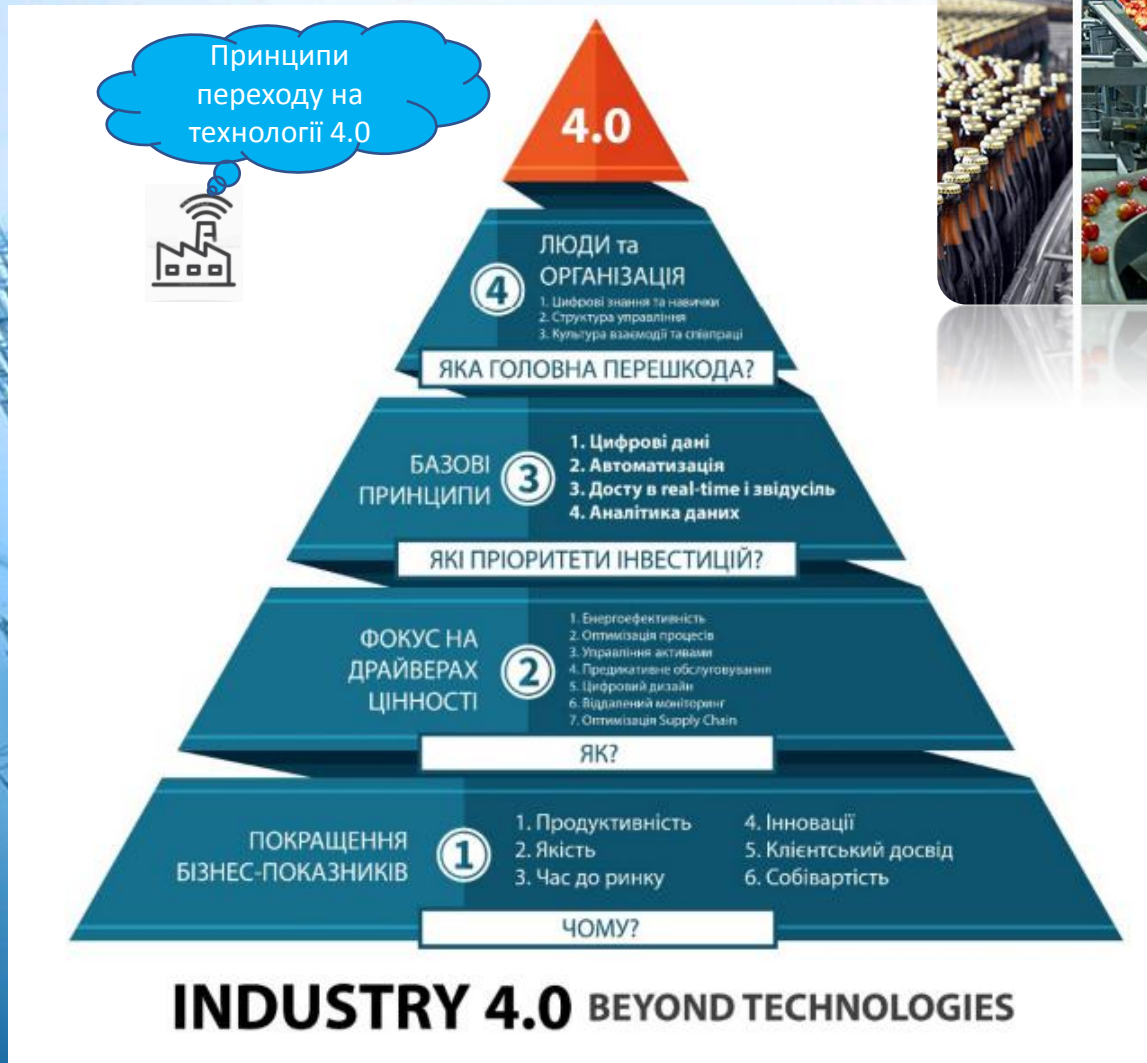


Розумні Фабрики є дотичними до багатьох сфер, пов'язаних з промисловими виробництвами, й утворюють цілісну технологічну екосистему.



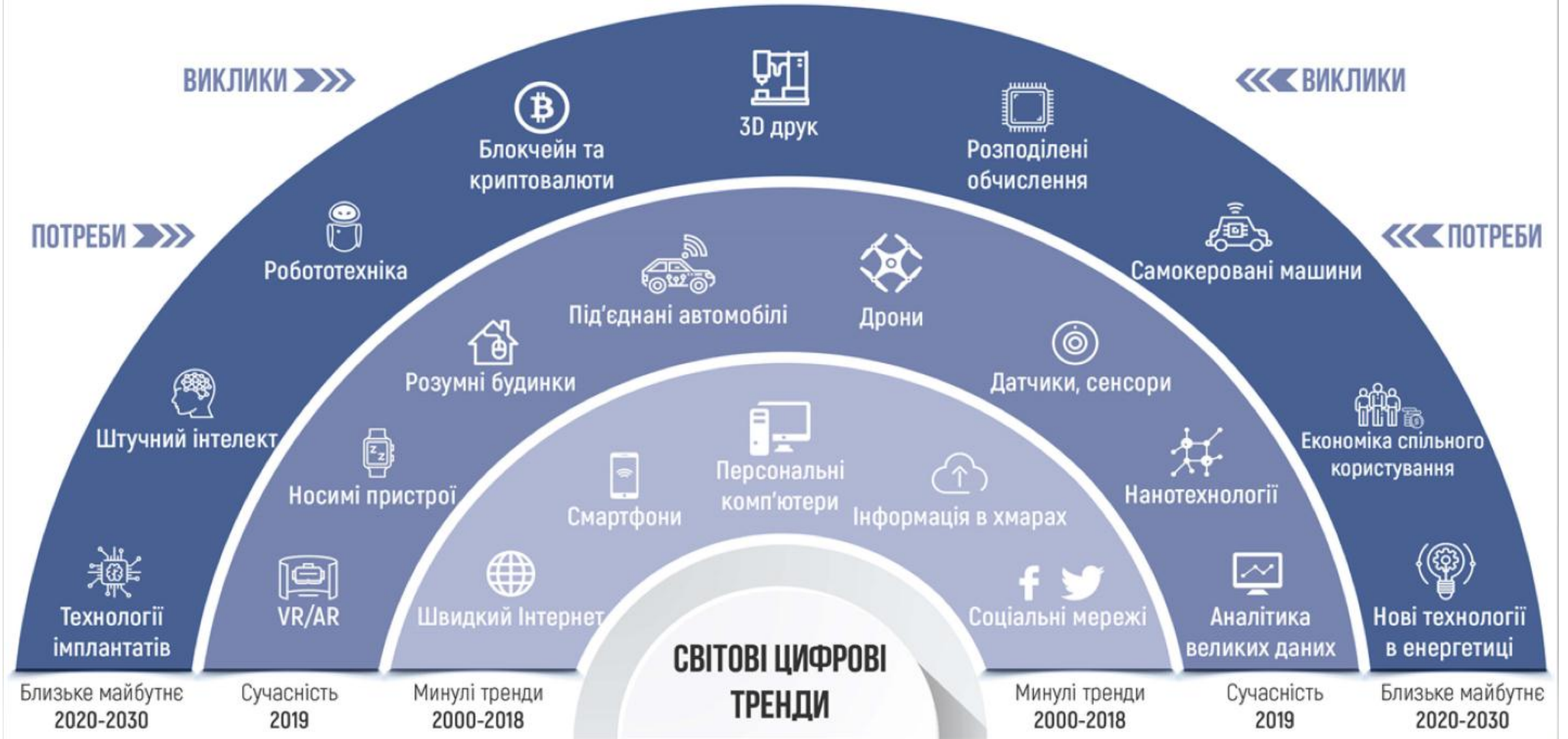
Технологічний апгрейд індустрії



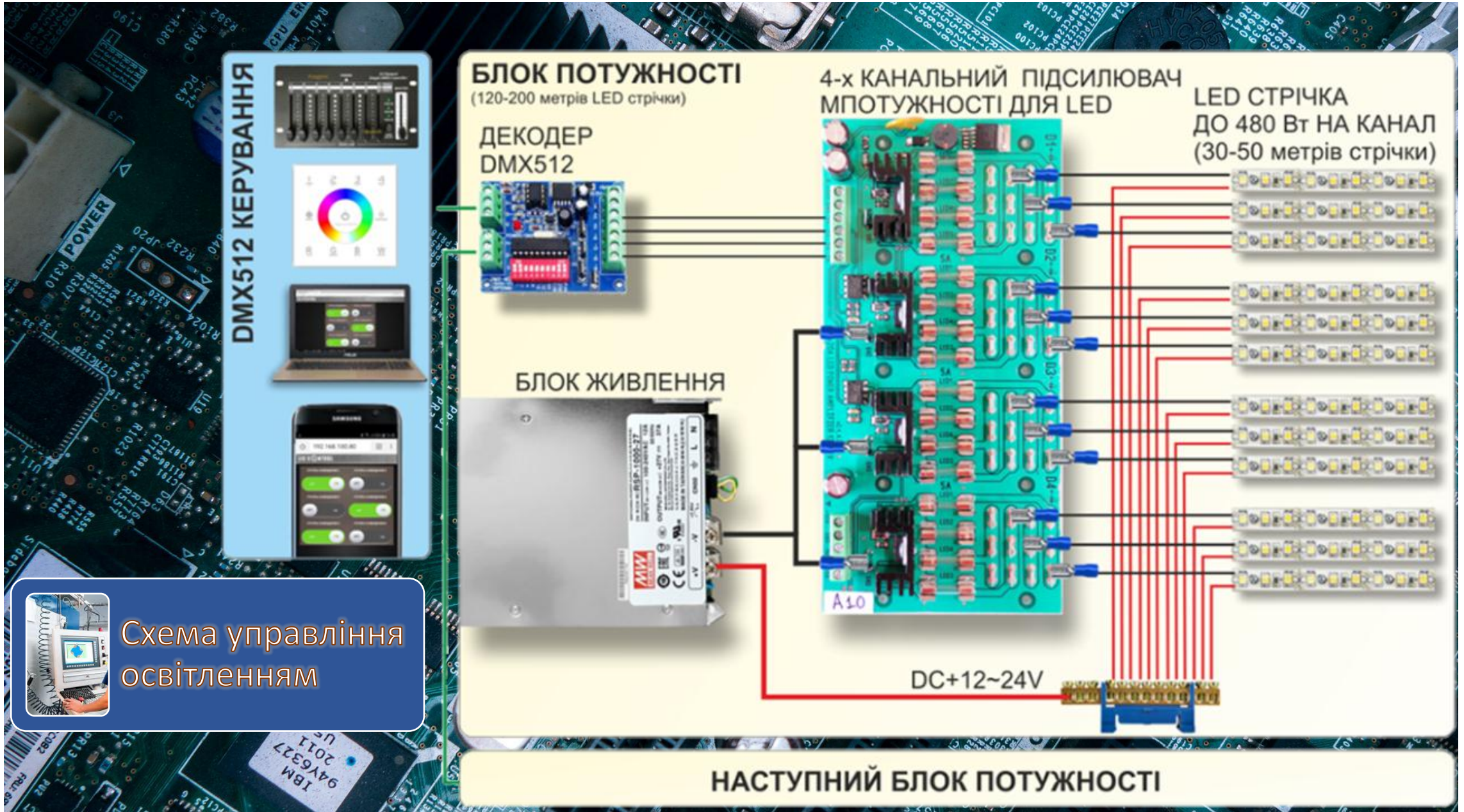



В основі цифрових трансформацій – цифрові тренди

ЕФЕКТИВНІСТЬ, КОНКУРЕНТОЗДАТНІСТЬ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ЦІННОСТЕЙ



Автоматизована система освітлення



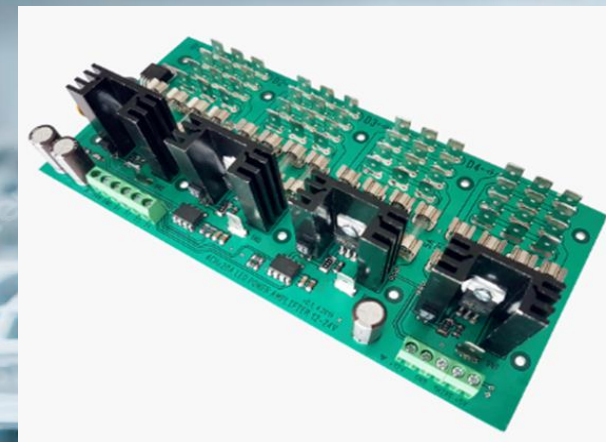
 Схема управління освітленням

Елементи схеми управління освітленням



Декодер DMX512

Обладнання, що пропонується для встановлення

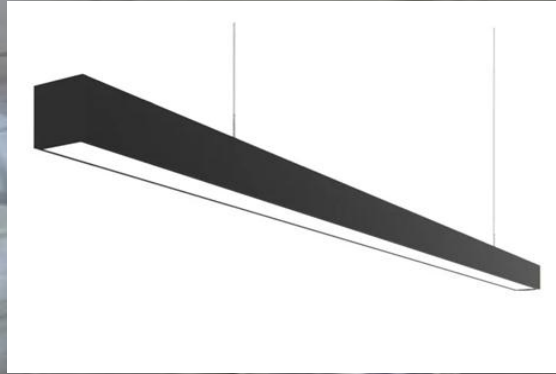


Підсилювач потужності LIC CONTROL

Параметри	Од. вим-я	Характеристики
Тип управління		Електронне
Напруга	В	12-24
Потужність	Вт	384
Струм	А	12
Кількість каналів	од	3
Кількість програм	од	9
Колір		Чорний
Кількість стрічки на підключення	м	10

Параметри	Од. вим-я	Характеристики
Напруга живлення	В	12-24
Кількість каналів	од	4
макс струм на один канал	А	20
макс вихідна потужність 12/24 В	Вт	960/12 1920/24
Керувачий вхід	од	4 PWM сигнали
Захист по перегріву		так
Роз'єми на підключення LED стрічок	од	12
Розмір плати	мм	195 x 93 x 45

Освітлювальне обладнання



Світильник світлодіодний підвісний L Teck



Промисловий світлодіодний світильник Ledex



Лампи натрієві Іскра

Параметри		Характеристики	
Потужність	Вт		60
Колір світіння	К		4000
Світловий потік	Лм		8000
Тип світлодіодів		SMD LED Samsung 2835	
Монтаж		Підвісний	
Робоча напруга	V		90-264
Кут розсіювання	°		120
Рівень захисту	IP		42
Тип		Промисловий	
Термін роботи	год		50000
Довжина	мм		2000
Ширина	мм		50
Товщина	мм		70

Параметри		Характеристики	
Потужність	Вт		60
Колір світіння	К		4000
Світловий потік	Лм		8000
Тип світлодіодів		SMD LED Samsung 2835	
Монтаж		Підвісний	
Робоча напруга	V		90-264
Кут розсіювання	°		120
Рівень захисту	IP		42
Тип		Промисловий	
Термін роботи	год		50000
Довжина	мм		2000
Ширина	мм		50
Товщина	мм		70

Параметри		Характеристики	
Країна виробник			Україна
Тип лампи			Ртутна
Форма лампи			Циліндрична
Тип цоколя			Різьба
Цоколь			E27
Колір світіння			Жовтий
Потужність	Вт		400
Термін служби	год		15000
Світловий потік	Лм		47000
Довжина	мм		292
Діаметр	мм		48

Назва	Світловіддача			Споживання кВт	Витрати енергії грн	Інвестиційні витрати грн	РР проєкту роки
	η	Вт	Лм				
Іскра	117,5	400	47000	80 300	2 328 700	20 400	
L Teck	133,3	60	8000	71788,2	2 081 857,8	594 179,22	2,4
Ledex	95	50	4750	101178	2 934 162	120 556,8	-0,2



При заміні освітлювального обладнання основним параметром є світловіддача, бо саме вона вказує на ефективність випромінювання світла. З таблиці чітко видно, що просте зменшення потужності й світлового потоку світильника не є виходом, хоча безперечно інвестиційних витрат на обладнання використано менше.

