

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут(факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем ім. проф. І.В. Ельперіна
Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка

«До захисту »

«До захисту допущено»

Директор інституту(декан факультету)

Завідувач кафедри

Андрій ФОРСЮК

Ярослав СМІТЮХ

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» грудня 2025 р.

«__» грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Зі спеціальності 174«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»

на тему: Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу

Виконав: здобувач 2 курсу, групи АК-2-1М

Козирєв Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я та по-батькові повністю)

(підпис)

Керівник Пупена Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я та по-батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем ім. проф. І.В. Ельперіна

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Ярослав СМІТЮХ

« » 2025р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Козирева Олександра Олександровича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу

Керівник роботи кандидат технічних наук, доцент Пупена Олександр Миколайович
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2025 року № 906-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 16 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові системи управління будівлею. 1.1. Аналіз структур існуючих

автоматизованих систем управління будівлями. 1.2. Аналіз існуючих алгоритмів координаційного керування між обладнанням та підсистемами. 1.3.

Горизонтальна та вертикальна інтеграція підсистем у системах керування будівлею. 1.4. Принцип виділення об'єктів обладнання згідно стандартів

ISA-88/95/106. 1.5. Аналіз існуючих методів оцінки ключових показників ефективності (KPI) для систем автоматизації будівель. 2. Загальносистемні

рішення. 2.1. Загальний опис об'єкту та системи. 2.2. Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання. 2.3. Функціональна структура системи. 2.4. Опис

функцій системи керування та диспетчеризації. 2.5. Структурна схема комплексу технічних засобів. 2.5. Опис інформаційного забезпечення системи

диспетчеризації. 3. Розробка підсистеми керування та диспетчеризації теплового пункту. 3.1. Схема автоматизації та

специфікація приладів системи BMS. 3.2. Схема електрична принципова контурів вимірювання. 3.3. Схема з'єднань та підключень проводок промислових мереж. 4. Розробка IoT-системи диспетчеризації. 4.1. Опис IoT-системи. 4.2. Реалізація IoT-системи. 4.3. Створення візуалізації в Grafana. Висновки та рекомендації. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Структурна схема КТС (С1). 2. Схема функціональної структури (С2). 3. Схема автоматизації (С3). 4. Схема з'єднань проводок промислових мереж (С4). 5. Схема підключень проводок промислових мереж (С5). 6. Схема електрична принципова контурів вимірювання (С6). 7. Схема інформаційних потоків. 8. Схема компоновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____ 17 вересня 2025 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові системи управління будівлею.	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2. Розробка структурної схеми комплексу технічних засобів	3 тиждень	
4	Розділ 3. Розробка схеми автоматизації та вибір технічних засобів автоматизації	5 тиждень	
5	Розділ 3. Розробка схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж	7 тиждень	
6	Розділ 4. Розробка IoT-системи диспетчеризації	11 тиждень	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олександр КОЗИРСЬ

Олександр ПУПЕНА

Анотація

Кваліфікаційна робота присвячена розробці інтегрованої системи керування та диспетчеризації інженерних систем готельного комплексу на базі сучасних технологій автоматизації та IoT. У роботі виконано аналіз об'єкта автоматизації, обґрунтовано необхідність впровадження єдиної системи керування з метою підвищення енергоефективності та надійності роботи теплотехнічного обладнання: котельні, теплового пункту та вентиляційних установок.

В рамках дослідження сформовано ієрархічну модель обладнання відповідно до стандартів ISA-95/88, розроблено функціональну структуру системи та визначено інформаційні зв'язки між її рівнями – від польових пристроїв до рівня BMS та IoT. Побудовано структурну схему комплексу технічних засобів на базі Siemens, що забезпечують інтеграцію різних промислових мереж (BACnet/IP, Modbus RTU, KNX, LON) у єдину інформаційну інфраструктуру системи керування.

На основі цих рішень розроблено схеми автоматизації, інформаційних потоків в усіх мережах та описано логіку взаємодії між підсистемами готельного комплексу.

У спеціальному завданні реалізовано IoT-підсистему моніторингу, що включає збір даних через MQTT-брокер, запис у TSDB InfluxDB та побудову аналітичних дашбордів у Grafana. Розроблені алгоритми забезпечують фіксацію аварійних подій, формування трендів технологічних параметрів та візуалізацію роботи обладнання у реальному часі.

Запропонована інтегрована система демонструє можливість централізованого керування та диспетчеризації інженерних систем, забезпечує ефективний обмін даними між різними мережевими протоколами та обладнанням різних виробників. Така система може знизити експлуатаційні витрати та покращити якість технічного обслуговування.

Ключові слова: автоматизація, диспетчеризація, енергоефективність, BMS, IoT, BACnet, KNX, Modbus RTU, LON, MQTT.

Annotation

The qualification work is dedicated to the development of an integrated control and dispatching system for the engineering infrastructure of a hotel complex, based on modern automation and IoT technologies. The work includes an analysis of the automation object and substantiates the need to implement a unified control system aimed at improving the energy efficiency and reliability of thermal equipment, including boiler room, heating station and ventilation units.

Within the study, a hierarchical equipment model was developed in accordance with ISA-95/88 standards, together with the functional structure of the control system and the information links between its levels – from field devices to the BMS and IoT layers. A structural diagram of technical equipment based on Siemens controllers was created, enabling the integration of various industrial networks (BACnet/IP, Modbus RTU, KNX, LON) into a unified information infrastructure.

Based on these solutions, automation diagrams and information-flow schemes were developed for all networks, along with a description of the interaction logic between the subsystems of the hotel complex.

As part of special assignment, an IoT-based monitoring subsystem was implemented, incorporating data collection via MQTT broker, storage in the InfluxDB time-series database, and visualization through Grafana dashboards. The developed algorithms provide event logging, trend formation of technological parameters, and real-time visualization of equipment operation.

The proposed integrated system demonstrates the feasibility of centralized control and dispatching of engineering systems, ensuring efficient data exchange between different protocols and equipment from different manufacturers. Such a system can reduce operational costs and improve the quality of technical maintenance.

Keywords: automation, dispatching, energy efficiency, BMS, IoT, BACnet, KNX, Modbus RTU, LON, MQTT.

Зміст

Перелік умовних позначень.....	7
Вступ.....	8
Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та використовувані методи при побудові системи управління будівлею.....	10
Розділ 2. Загальносистемні рішення.....	26
Розділ 3. Розробка підсистеми керування та диспетчеризації тепlopункту	33
Розділ 4. Розробка IoT-системи.....	37
Висновки	48
Список використаної літератури.....	50
Додаток 1. Таблиця змінних BMS-системи	53
Додаток 2. Специфікація засобів автоматизації	58
Додаток 3. Файл конфігурації telegraf.conf для InfluxDB.....	59
Додаток 4. Графічна частина:	
Аркуш 1. Структурна схема КТС (С1)	
Аркуш 2. Схема функціональної структури (С2)	
Аркуш 3. Схема автоматизації (С3)	
Аркуш 4. Схема з'єднань проводок промислових мереж (С4)	
Аркуш 5. Схема підключень проводок промислових мереж (С5)	
Аркуш 6. Схема електрична принципова контурів вимірювання (С6)	
Аркуш 7. Схема інформаційних потоків мережі ВАСnet/IP (М1)	
Аркуш 8. Схема інформаційних потоків мережі Modbus RTU (М2) та KNX (М3)	
Аркуш 9. Схема інформаційних потоків мережі LON (М4) та Internet (М5)	
Аркуш 10. Схема компоновки	

Перелік умовних позначень

АСУТП – Автоматизована система управління технологічним процесом

АРМ – Автоматизоване робоче місце

BMS – Building Management System

IoT – Internet of Things

HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning

ІТП – Індивідуальний тепловий пункт

ВУ – Вентиляційна установка

TSDB – Time-series Data Base

PMS – Property Management System

ERP – Enterprise Resource Planning

CRM – Customer Relationship Management

ВСТУП

Стрімкий розвиток інтелектуальних систем управління будівлями та поширення технологій Інтернету речей (IoT) формують нові вимоги до організації енергоефективного, безпечного та надійного функціонування інженерних систем. Готельні комплекси є складними об'єктами, що включають теплогенерацію, індивідуальні теплові пункти, системи вентиляції та кондиціонування, гаряче водопостачання, електропостачання та інше обладнання. Координація роботи цих систем потребує комплексної інтегрованої автоматизації та сучасних засобів диспетчеризації з використанням промислових комп'ютерних мереж та технологій IoT.

Актуальність теми зумовлена необхідністю переходу від традиційних локальних (децентралізованих) систем керування до інтегрованих інженерних систем, які забезпечують централізований моніторинг, технічний облік, аналітику, оптимізацію енергоспоживання та підвищення безпеки. Впровадження систем диспетчеризації на базі IoT дає змогу забезпечити віддалений контроль параметрів, оперативне реагування на аварійні ситуації, а також значно поліпшити якість технічної експлуатації обладнання.

Технології MQTT-брокерів, хмарних сервісів та інтерактивних дашбордів дозволяють створювати адаптивні та масштабовані системи моніторингу, що працюють у режимі реального часу. Це особливо важливо для готельного комплексу, де стабільність роботи інженерних підсистем безпосередньо впливає на якість сервісу та комфорт гостей.

Метою даної магістерської роботи є розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу, що включає автоматизоване керування теплогенерацією, теплопостачанням та вентиляцією, а також створення IoT-системи віддаленого моніторингу та оповіщення на основі MQTT.

В першому розділі магістерської роботи проводиться аналіз сучасних рішень у сфері автоматизації будівель та промислових мереж. В другому розділі розглядається ієрархічна модель обладнання відповідно до стандартів ISA-95/ISA-88, розробляється функціональна структура інтегрованої системи диспетчеризації, проектується структурна схема комплексу технічних засобів, формується інформаційне забезпечення системи та схема інформаційних потоків. В третьому розділі розробляється підсистема керування теплопостачанням з деталізацією польового рівня. В четвертому розділі створюється IoT-підсистема диспетчеризації на базі MQTT, що забезпечує публікацію та підписку на дані інженерних систем, включає дашборди для віддаленого контролю параметрів роботи обладнання та механізми миттєвого інформування персоналу про аварійні ситуації.

Новизна роботи полягає в застосуванні гібридної архітектури BMS (Building Management System) + IoT, інтеграції MQTT з традиційними промисловими мережами, а також розробці алгоритмів централізованого моніторингу, що дозволяють забезпечувати раннє виявлення аварій та підвищувати ефективність роботи інженерного обладнання.

Практична цінність проекту полягає в можливості його реального застосування на об'єктах подібного типу. Система може допомогти зменшити витрати на енергоносії, підвищити надійність роботи обладнання та оптимізувати роботу обслуговуючого персоналу.

Розділ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ВИКОРИСТОВУВАНІ МЕТОДИ ПРИ ПОБУДОВІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЕЮ

Автоматизація будівель (Building Management Systems, BMS) є одним із ключових напрямів сучасної промислової та комерційної автоматизації, що забезпечує ефективне керування інженерними системами будівель – опаленням, вентиляцією, кондиціонуванням повітря, освітленням, водопостачанням, енергопостачанням, системами безпеки тощо.

Такі системи є складовою концепції розумних будівель (Smart Building), у яких технологічні процеси керуються автоматично на основі даних від численних датчиків та пристроїв.

Головною метою автоматизації будівель є підвищення енергоефективності, комфорту користувачів та безпеки експлуатації об'єкта при одночасному зниженні витрат на обслуговування.

У готельному господарстві системи Building Management System (BMS) мають особливу роль, оскільки інтегрують технологічні процеси (HVAC, освітлення, енергозабезпечення) з інформаційними системами управління готелем – такими як PMS (Property Management System), ERP (Enterprise Resource Planning) або CRM (Customer Relationship Management).

Сучасні будівельні системи автоматизації реалізуються на базі мультипротокольних технологій (BACnet, KNX, Modbus, OPC UA), що дозволяють забезпечити взаємодію різноманітного обладнання різних виробників.

Інтеграція підсистем здійснюється відповідно до міжнародних стандартів (ISA-95), які визначають моделі взаємодії рівнів управління – від польового до корпоративного.

Автоматизація будівель, особливо в готельному секторі, переходить до інтелектуальних систем, які поєднують автоматизацію, аналітику даних та хмарні сервіси. Це забезпечує створення цифрових двійників будівель, прогнозне керування споживанням енергії, а також інтерфейс взаємодії для персоналу та гостей.

1.1. Аналіз структур існуючих автоматизованих систем управління будівлями

Автоматизовані системи управління (АСУ) забезпечують інтеграцію технічних засобів і програмного забезпечення для управління технологічними процесами будівель, зокрема у готельному секторі.

Їхнє завдання – забезпечити стабільну роботу інженерних систем, контроль параметрів середовища, енергоефективність та безпеку.

АСУ будівель класифікують за рівнями управління:

- Польовий рівень – датчики та виконавчі механізми.
- АСУТП (Automation Level) – безпосереднє управління технологічними процесами, керує роботою інженерного обладнання: систем вентиляції, опалення, кондиціонування, освітлення тощо.
- BMS (Building Management System) – координація підсистем у межах будівлі, інтегрує кілька підсистем у єдину систему моніторингу та диспетчеризації.
- PMS (Property Management System) – інформаційна система управління об'єктом нерухомості; управляє бронюванням, мешканцями, контролює статус приміщень, веде облік споживання ресурсів.
- ERP (Enterprise Resource Planning) – корпоративна система управління ресурсами підприємства, що охоплює вищий рівень управління – стратегічний і фінансово-адміністративний.

ERP може інтегруватися з PMS або BMS для отримання реальних даних про експлуатаційні витрати (електроенергія, ремонт, обслуговування обладнання). Тобто, ERP використовує дані з BMS через PMS або SCADA-рівень для управлінських рішень.



Рис. 1.1. Ієрархічна структура керування інженерними підсистемами будівель

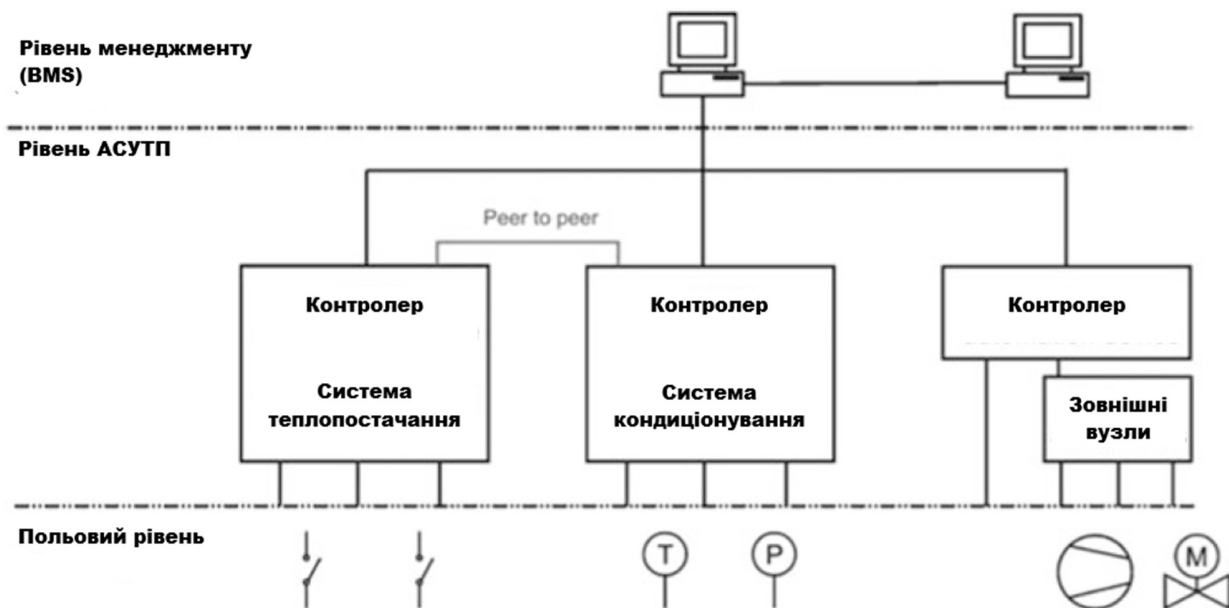


Рис. 1.2. Схема ІТ-мережі систем автоматизації будівель

До складу комплексної системи автоматизації готелю можуть входити такі підсистеми:

- Система управління мікрокліматом (HVAC) – регулювання температури, вологості та вентиляції.
- Система освітлення – автоматичне керування освітленістю залежно від часу доби та присутності гостей.
- Система контролю доступу (СКУД) – електронні замки, карти-доступу, інтеграція з PMS.
- Система відеоспостереження та безпеки (CCTV, Fire Alarm) – виявлення пожежі, диму, руху тощо.
- Енергоменеджмент – моніторинг споживання електроенергії, води, газу, тепла.
- Система керування бронюванням (Property Management System, PMS) – адміністрування номерного фонду, клієнтські профілі, білінг.

Інтеграція цих підсистем у єдиний інформаційний простір забезпечує координаційне управління готельним комплексом, мінімізує людський фактор і дозволяє оптимізувати витрати на експлуатацію.

Таблиця 1.1. Підсистеми у системах автоматизації будівель

Підсистема	Зазвичай інтегрується в системи автоматизації будівель	Все частіше інтегрується в системи автоматизації будівель
Теплопостачання	×	
Кондиціонування	×	
Вентиляція	×	
Енергоменеджмент	×	
Освітлення	×	
Жалюзі	×	
Каналізація	×	
Пожежна сигналізація	×	
Сигналізація проти злому		×
Контроль доступу		×
Відеоспостереження		×
Мережева інженерія		×
Мультимедіа		×
Ліфти		×
Телефони		×
Менеджмент обслуговування		×
Бухгалтерський облік		×
Менеджмент нерухомості		×

На міжнародному рівні лідерами ринку BMS є:

- Siemens Desigo CC – комплексна система управління HVAC, освітленням, безпекою, енергоспоживанням; підтримує протоколи BACnet, KNX, Modbus.
- Honeywell EBI (Enterprise Building Integrator) – орієнтована на великі об'єкти, включаючи готельні мережі; має розвинені засоби аналітики та KPI-моніторингу.
- Schneider Electric EcoStruxure Building Operation – архітектура IoT-рівня з підтримкою Edge-компонентів і хмарного керування.
- Johnson Controls Metasys – розповсюджена у мережевих готелях Marriott, Hilton; інтегрує HVAC, ліфти, доступ, енергетику.

Особливістю зарубіжних рішень є високий рівень інтеграції та стандартизації, що дозволяє будувати масштабовані системи із централізованим диспетчерським управлінням і можливістю підключення до хмарних аналітичних сервісів.

Сучасні тенденції автоматизації будівель спрямовані на:

- Інтелектуалізацію систем за допомогою технологій штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) для прогнозування споживання енергії.
- Використання IoT (Internet of Things) для збирання даних із датчиків у режимі реального часу.
- Інтеграцію з хмарними сервісами (Cloud BMS), що забезпечує віддалений моніторинг і технічну підтримку.
- Впровадження стандартів кібербезпеки (ISA/IEC 62443) для захисту мереж керування.
- Застосування цифрових двійників (Digital Twins) для моделювання станів будівлі.

Сучасні готельні комплекси потребують інтегрованих автоматизованих систем управління та диспетчеризації, здатних об'єднувати різноманітні підсистеми – від клімату та освітлення до безпеки й енергоменеджменту. В Україні тенденції розвитку відповідають світовим, проте частіше використовуються фрагментовані рішення з обмеженою взаємодією. Зарубіжні системи вирізняються високою інтегрованістю, масштабованістю та орієнтацією на стандарти BACnet, KNX, OPC UA та ISA-95.

Таким чином, подальша розробка інтегрованої системи диспетчеризації для готельного комплексу є актуальною задачею, спрямованою на підвищення енергоефективності, комфорту та безпеки об'єкта.

1.2. Аналіз існуючих алгоритмів координаційного керування між обладнанням та підсистемами

Координаційне керування у системах автоматизації будівель забезпечує узгоджену роботу всіх технічних підсистем: вентиляції, опалення, кондиціонування, освітлення, систем доступу, безпеки, енергоменеджменту тощо.

Основна мета таких алгоритмів – досягнення енергетичної та функціональної оптимізації за рахунок обміну даними між підсистемами та адаптації режимів роботи обладнання до поточних умов експлуатації. Згідно зі стандартом ISA-95, координаційне керування належить до операційного рівня, що поєднує технологічне керування (АСУТП) із рівнем управління об'єктом (BMS). Обмін інформацією здійснюється через промислові протоколи (Modbus, BACnet, KNX, OPC UA) або мережеві сервіси (MQTT, REST API).

На горизонтальному рівні координація виконується між підсистемами одного рівня.

Типові алгоритми горизонтальної взаємодії включають:

- Алгоритми пріоритетів – визначають черговість або перевагу між системами (наприклад, система пожежної сигналізації має найвищий пріоритет, що блокує HVAC та освітлення).
- Алгоритми умовного запуску – взаємодія систем на основі логічних умов (IF-THEN). Наприклад, при активації карти доступу в номері автоматично вмикаються освітлення та кондиціонер.
- Адаптивні алгоритми енергоефективності – узгоджують роботу HVAC і освітлення на основі даних з датчиків присутності та освітленості.
- Координація аварійних режимів – автоматичне перемикання в безпечний режим у разі тривоги або втрати живлення.

Для реалізації таких алгоритмів у сучасних готелях використовуються контролери з підтримкою логічних сценаріїв (Logic Editor), які можуть виконувати координаційні функції безпосередньо на рівні ПЛК або локального шлюзу.

Вертикальна координація реалізується між підсистемами різних рівнів ієрархії (польовий рівень – SCADA – BMS). Вона включає передавання технологічних даних в інформаційні системи управління та отримання керуючих команд з вищого рівня.

Основні типи алгоритмів вертикальної інтеграції:

- Обмін даними в реальному часі – SCADA отримує дані від польових контролерів через протоколи Modbus TCP/RTU або BACnet/IP і надає зведену інформацію на рівень BMS.
- Передача агрегованих показників – енергетичні витрати, температура, стан обладнання передаються у PMS або ERP для формування KPI.
- Зворотний зв'язок – оптимізаційні алгоритми верхнього рівня (наприклад, AI-аналітика EcoStruxure Building Advisor) надсилають команди для зміни режимів HVAC чи освітлення.
- Подієве керування (Event-driven control) – передбачає реагування системи на події, що надходять від датчиків або PMS. Наприклад, при check-out система автоматично вимикає енергоспоживання номера.

Такі алгоритми реалізуються в архітектурах, побудованих на принципах Service-Oriented Architecture (SOA) або IoT Gateway Architecture, що забезпечує масштабованість і стійкість системи до відмов.

Для забезпечення узгодженості роботи підсистем у системах диспетчеризації використовуються різні механізми обміну даними:

- Публікаційно-підписна модель (Publish/Subscribe) – використовується у протоколі MQTT, де підсистеми отримують оновлення станів у реальному часі.
- Архітектура OPC UA – забезпечує уніфікований інтерфейс для обміну між SCADA та BMS.
- Використання API (REST, SOAP) – інтеграція з PMS, аналітичними системами або мобільними додатками готелю.
- Часова синхронізація (NTP, SNTP) – забезпечує узгодженість подій у журналах і логах SCADA-серверів.

У більшості сучасних BMS (наприклад, Siemens Desigo CC або Schneider EcoStruxure) реалізовано механізм Data Bus, який дозволяє автоматично узгоджувати дані між різними протоколами та пристроями.

Одним із головних напрямів координаційного керування є енергоефективність. Алгоритми оптимізації енерговитрат реалізують регулювання за графіком навантаження (зниження енергоспоживання у пікові години), прогнозування енергопотребу (застосування моделей машинного навчання для передбачення споживання за температурою, зайнятістю номерів тощо), динамічне керування вентиляцією (регулювання витрати повітря за вмістом CO₂ у приміщенні), Load Shedding (автоматичне відключення другорядних навантажень при перевищенні лімітів потужності). У зарубіжних готелях, обладнаних системами Honeywell EBI або Johnson Controls Metasys, ці алгоритми інтегровані у модулі енергоменеджменту та забезпечують зниження енергоспоживання до 25 %.

Новітнім напрямом розвитку є застосування AI та машинного навчання для адаптивного керування системами будівлі. Інтелектуальні алгоритми аналізують історичні дані, виявляють закономірності споживання ресурсів, прогнозують пікові навантаження та автоматично оптимізують режими роботи HVAC, освітлення й ліфтових систем.

Так, у платформі Schneider EcoStruxure Building Advisor реалізовано функцію Predictive Maintenance, яка прогнозує відмови обладнання та рекомендує коригувальні дії. Використання AI дозволяє підвищити комфорт гостей та скоротити витрати на енергію без втручання оператора.

Алгоритми координаційного керування є основою інтегрованих BMS систем. Вони забезпечують узгоджену роботу інженерних і сервісних підсистем готелю, дозволяючи знизити енерговитрати, підвищити комфорт та надійність експлуатації. Тенденції розвитку – застосування штучного інтелекту, адаптивного керування та стандартів взаємодії ISA-95 для реалізації єдиної архітектури керування.

1.3. Горизонтальна та вертикальна інтеграція підсистем у системах керування будівлею

Сучасні системи керування будівлями функціонують як багаторівневі ієрархічні структури, у яких важливим завданням є забезпечення узгодженої роботи між різними підсистемами. Інтеграція дозволяє створити єдине інформаційно-керуюче середовище, у якому всі підсистеми взаємодіють між собою на основі спільних протоколів і стандартів (BACnet, KNX, LonWorks, Modbus тощо).

У контексті готельних комплексів інтеграція має особливе значення, оскільки вона забезпечує не лише технічну ефективність, а й підвищення якості обслуговування гостей: автоматизований клімат-контроль у номерах, інтелектуальне освітлення, контроль енергоспоживання, синхронізація з системами бронювання та диспетчеризації персоналу.

Горизонтальна інтеграція передбачає взаємодію підсистем одного рівня автоматизації, зокрема між контролерами або окремими BMS-модулями, що обслуговують різні зони або типи обладнання. У готельних системах це може бути, наприклад, обмін даними між підсистемами вентиляції, опалення та кондиціонування (HVAC) для забезпечення енергоефективного мікроклімату у всіх приміщеннях.

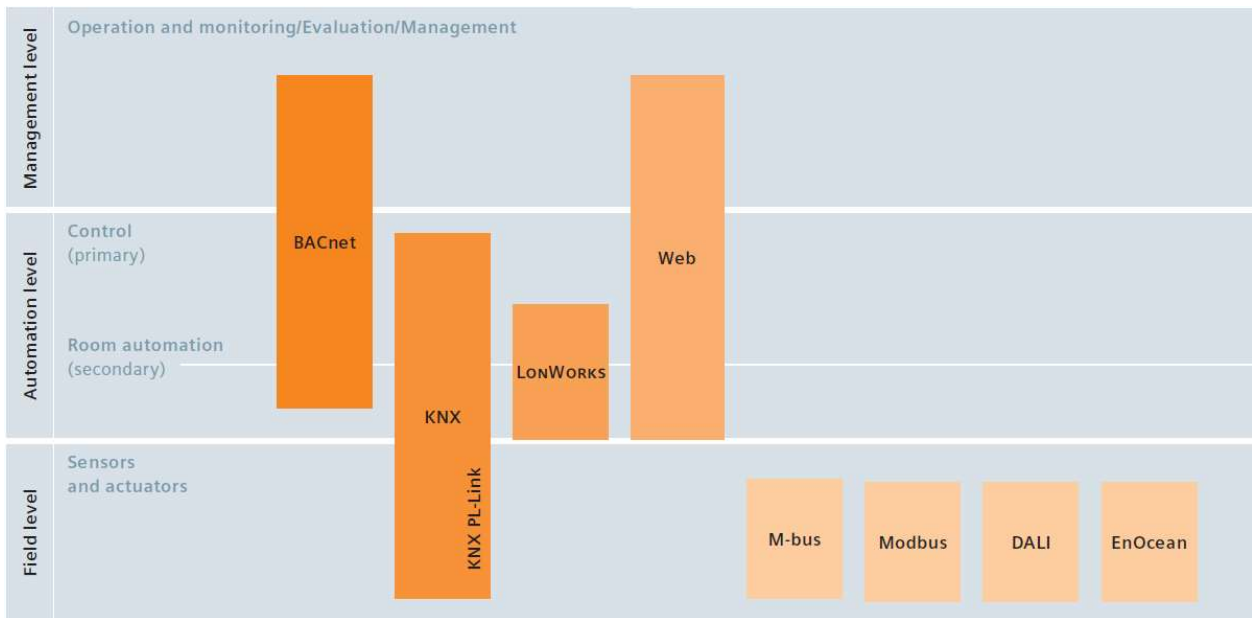


Рис. 1.3. Стандартні комунікаційні протоколи в системах автоматизації будівель

Реалізація горизонтальної інтеграції часто базується на стандартах BACnet/IP, KNX TP або LonWorks, які дозволяють різним виробникам інтегрувати обладнання у спільну мережу без втрати сумісності.

KNX – це відкритий міжнародний стандарт для автоматизації будівельних систем (ISO/IEC 14543-3, EN 50090). Він виник у Європі як результат об'єднання трьох старих протоколів – EIB, EHS та VatiBUS.

KNX підтримує як дротові, так і бездротові методи передачі даних. До основних переваг KNX відносяться:

- Повна відкрита специфікація, що не залежить від конкретного виробника;
- Децентралізоване керування – вихід з ладу одного пристрою не зупиняє систему;
- Підтримка різних типів фізичних середовищ (дротових і бездротових);
- Висока енергоефективність і гнучкість масштабування;
- Європейський стандарт з величезною базою сумісних пристроїв.

KNX найчастіше застосовується на польовому рівні в системах освітлення, опалення, вентиляції, кондиціонування, безпеки, сигналізації, контролю доступу, енергоменеджменту.

Мережа KNX підтримує різні топології: дерево, шина, зірка, змішана. На фізичному рівні дані можуть передаватися через «виту пару» (KNX-TP), Ethernet (KNX/IP), силові лінії або радіоканал.

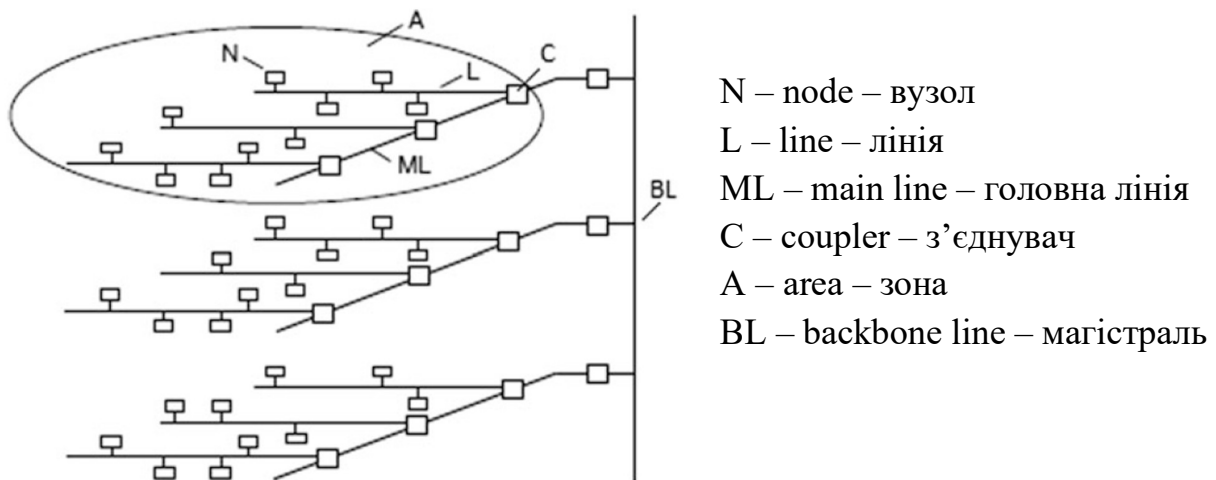


Рис. 1.4. Приклад мережі KNX типу дерево

BACnet (Building Automation and Control Network) – це мережевий комунікаційний протокол, розроблений спеціально для автоматизації будівель за стандартами ANSI/ASHRAE 135 та ISO 16484-5. Розроблений у США (ASHRAE) і нині став глобальним стандартом для взаємодії систем HVAC, освітлення, безпеки, ліфтів тощо. Застосовується для високорівневого управління HVAC системами, інтеграції підсистем будівлі в єдину BMS, моніторингу енергоспоживання, аналітики, диспетчеризації.

Перевагами ВАСnet є:

- Міжнародний відкритий стандарт, підтримуваний ASHRAE і ISO;
- Сумісність пристроїв різних виробників;
- Підтримує мережеву архітектуру Ethernet/IP;
- Добре масштабується для великої інфраструктури будівель.

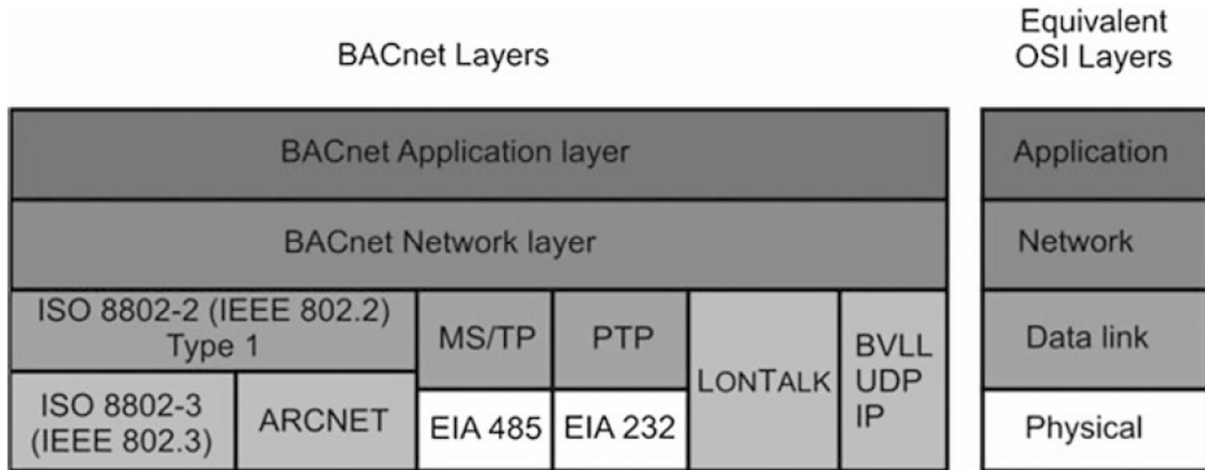


Рис. 1.5. Рівні ВАСnet відповідно до моделі OSI

Функції 4-7 рівнів моделі OSI інтегровані в прикладний рівень ВАСnet для мінімізації вимог до апаратного та програмного забезпечення. Метою є забезпечення низької вартості розробки та виробництва пристроїв ВАСnet.

У протоколі ВАСnet обмін даними між пристроями здійснюється за допомогою так званих «об'єктів», які описують функції окремих елементів мережі. Кожен пристрій системи автоматизації будівлі можна уявити як набір структур даних (об'єктів). Кожен об'єкт містить певні властивості (наприклад, ім'я, поточний стан, тип даних), які можна зчитувати або змінювати. Завдяки цьому можна отримати інформацію про будь-який пристрій без знань його внутрішньої структури чи конфігурації. Саме об'єктна модель (object-oriented model) забезпечує сумісність і взаємодію між пристроями різних виробників – адже однакові функції можуть бути реалізовані на різному апаратному чи програмному рівні, але через стандартизовані об'єкти вони залишаються взаємодіючими в одній мережі.

Ще один із основних міжнародних стандартів для автоматизації будівель, поряд із KNX та ВАСnet – це **LonWorks** (скорочено від **Local Operating Network**). Його використовують для обміну даними між контролерами, датчиками, виконавчими пристроями та системами управління в розумних будівлях.

LonWorks створений для розподіленого (децентралізованого) керування інженерними системами будівель. Система LonWorks побудована за принципом розподіленої інтелектуальної мережі. Кожен пристрій у ній є інтелектуальним вузлом (node), який має мікроконтролер із Neuron Chip (спеціалізований процесор Echelon), локальну пам'ять і прошивку, власну логіку керування, інтерфейс для обміну повідомленнями по мережі LonTalk. Тобто кожен пристрій може функціонувати автономно, без центрального контролера.

Протокол LonTalk забезпечує комунікацію між пристроями в мережі LonWorks та працює на всіх рівнях моделі OSI. Він підтримує кілька фізичних середовищ передачі даних: «вита пара» (FTT-10) – найпоширеніше, Power Line (PL) – через електромережу, RF – бездротове з'єднання, Ethernet (IP) – для інтеграції з IT-мережами.

Переваги LonWorks:

- Децентралізована архітектура – немає єдиної точки відмови;
- Відкрита специфікація (ISO/IEC 14908);
- Гнучкість і масштабованість – легко додавати нові пристрої;
- LonMark сертифікація забезпечує взаємодію пристроїв різних виробників;
- Інтеграція з BACnet, KNX, Modbus, Ethernet через шлюзи.

LonWorks дозволяє створювати гнучкі мережі інтелектуальних пристроїв, які обмінюються даними без центрального контролера, забезпечуючи високу надійність і масштабованість.

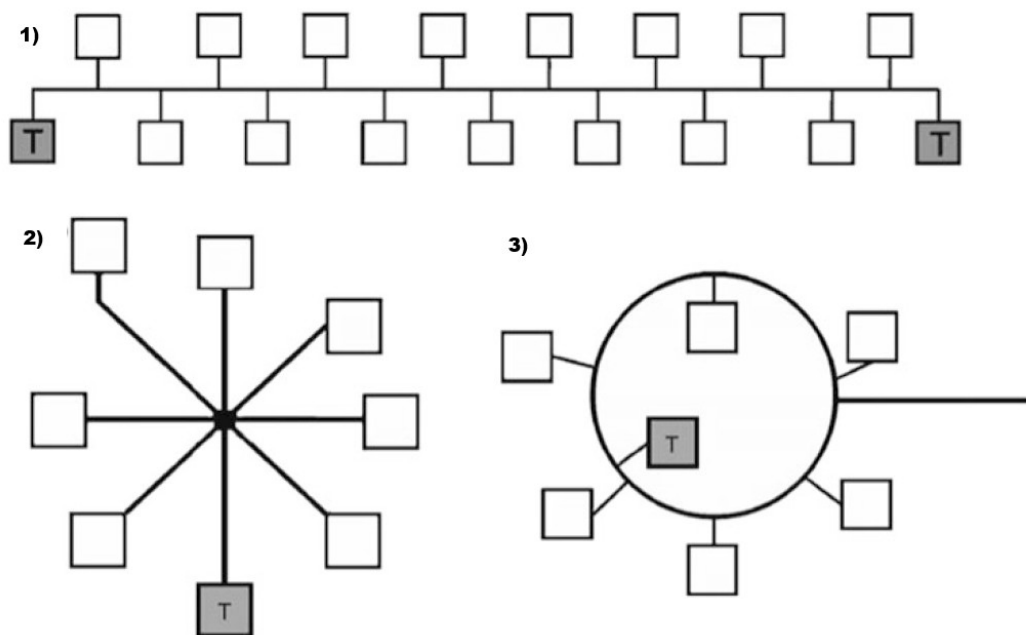


Рис. 1.6. Приклади мереж LonWorks різних топологій з термінальними опорами 1) шина, 2) зірка, 3) кільце

Ефективне функціонування системи керування будівлею можливе лише при поєднанні горизонтальної та вертикальної інтеграції. Горизонтальні зв'язки забезпечують взаємодію між технічними підсистемами одного рівня, тоді як вертикальні – координацію між рівнями управління і бізнес-процесами.

У готельних комплексах **вертикальна інтеграція** дозволяє забезпечити двосторонній обмін даними:

- знизу вгору – передача технологічних параметрів (температура, тиск, стан обладнання) до диспетчерського центру або PMS;
- зверху вниз – надсилання команд керування або оптимізаційних сценаріїв (зміна режиму HVAC, керування освітленням залежно від бронювань тощо).

Інтеграційні платформи на основі OPC UA, Niagara Framework або Siemens Desigo CC дозволяють об'єднати технічні та адміністративні системи в єдине середовище, де дані про енергоспоживання, завантаженість номерів і стан обладнання відображаються в одному інтерфейсі. Це підвищує прозорість управління та дає змогу реалізувати принцип «розумного готелю» (Smart Hotel).

Наприклад, дані від енергетичних підсистем (HVAC, освітлення) передаються у PMS, де автоматично розраховується собівартість енергоспоживання на одного гостя. Це дозволяє адміністрації приймати рішення щодо тарифікації, модернізації обладнання чи впровадження енергоефективних стратегій.

1.4. Принцип виділення об'єктів обладнання згідно стандартів ISA-88/95/106

Стандарти серій ISA-88, ISA-95 та ISA-106, розроблені Міжнародним товариством автоматизації (International Society of Automation), є основоположними документами для побудови структурованих та інтегрованих систем керування виробничими і сервісними процесами.

- ISA-88 («Batch Control») визначає ієрархічну модель обладнання, принципи розділення процесів на функціональні одиниці та описує зв'язок між апаратним і програмним рівнями керування. Хоча ISA-88 описує виробничі процеси, його об'єктно-орієнтована структура дуже зручна і для автоматизації будівель, якщо трактувати “процеси” як життєві сценарії або енергетичні підсистеми.
- ISA-95 («Enterprise-Control System Integration») регламентує інтеграцію між виробничими рівнями (MES або BMS, SCADA, PLC) та корпоративними системами (ERP, CRM).
- ISA-106 («Procedural Automation for Continuous Process Operations») розширює підхід ISA-88 для неперервних або дискретних процесів, описуючи послідовність виконання процедур керування, де поняття “партії” не існує.

В автоматизації будівель системи HVAC, освітлення, ліфти, безпека працюють безперервно, але при цьому можуть мати процедури або сценарії (режими роботи).

Застосування цих стандартів у сфері автоматизації будівель дозволяє формалізувати структуру обладнання, забезпечити прозорість і узгодженість між технічними, технологічними та адміністративними рівнями управління.

Згідно з **ISA-88**, обладнання поділяється на рівні:

- Підприємство (Enterprise) – найвищий рівень, вся організація або компанія, що керує кількома виробничими/експлуатаційними об'єктами; у контексті готелю це може бути весь готельний комплекс або мережа готелів.
- Майданчик/об'єкт (Site) – конкретне місце, де розташовано виробничі або сервісні процеси (окремий готель, будівля, корпус).
- Зона/відділення (Area) – частина майданчика, де реалізується певний функціональний процес (котельня, зона HVAC, ресторан, конференц-зал).
- Процесна комірка (Process Cell) – сукупність обладнання, яке разом виконує певний технологічний або сервісний процес (система підготовки повітря, система гарячої води).
- Установка/агрегат (Unit) – обладнання, здатне виконувати конкретну операцію або цикл (чилер, бойлер, центральна вентиляційна установка).
- Модуль обладнання (Equipment Module) – функціональна частина установки, що виконує обмежену підзадачу. (насосна група, клапанна група, секція охолодження).
- Керуючий модуль (Control Module) – найнижчий рівень, окремий пристрій або канал керування (датчик температури, виконавчий клапан, мотор приводу).

Таке розбиття забезпечує можливість уніфікації керування, побудови бібліотек функціональних блоків та спрощує реалізацію процедур автоматизації.

ISA-95 визначає п'ятирівневу архітектуру системи управління (від фізичного обладнання до корпоративних інформаційних систем):

- Рівень 0–1: Польові пристрої (датчики, виконавчі механізми, контролери).
- Рівень 2: SCADA та BMS-системи – моніторинг і локальне керування.
- Рівень 3: MES/BEMS – управління експлуатаційними процесами, планування обслуговування, моніторинг KPI.
- Рівень 4: ERP/PMS – стратегічне та фінансове управління готелем.

Використання моделі ISA-95 у готельному середовищі дозволяє організувати зв'язок між технічними даними (споживання електроенергії, стан обладнання) і бізнес-процесами (завантаженість номерів, витрати, обслуговування клієнтів).

Наприклад, дані з контролерів HVAC передаються у BMS, де обчислюється ефективність енергоспоживання номерів, а потім через API – у PMS для розрахунку енергетичних витрат на проживання.

ISA-106 описує принципи керування послідовними процедурами, що є актуальним для готельних інженерних систем, де операції мають повторюваний характер.

До таких процедур можна віднести:

- автоматичний запуск системи вентиляції при заселенні гостя;
- послідовний прогрів води у бойлерних установках;
- автоматичне перемикавання енергопостачання на резервну лінію;
- сценарій «нічного режиму» для зменшення освітлення і споживання електроенергії.

Кожна процедура описується у вигляді state-based model (станів і переходів між ними), що забезпечує передбачуваність роботи системи і полегшує діагностику збоїв.

1.5. Аналіз існуючих методів оцінки ключових показників ефективності (КПІ) для систем автоматизації будівель

Ключові показники ефективності (Key Performance Indicators, КПІ) є основним інструментом оцінки ефективності функціонування автоматизованих систем керування у готельному господарстві. Їх застосування дозволяє кількісно оцінювати не лише технічний стан систем, але й економічну доцільність та екологічний вплив рішень у сфері автоматизації будівель.

У контексті готельних комплексів КПІ формуються у трьох основних напрямках:

- енергоефективність – мінімізація витрат на електроенергію, воду та опалення;
- комфорт та безпека гостей – підтримання оптимальних параметрів мікроклімату, освітлення та безпеки;
- операційна ефективність – зменшення часу реагування персоналу, простоїв обладнання та витрат на технічне обслуговування.

Найбільш розповсюдженими **КПІ для оцінки енергоефективності** у готельних системах автоматизації є:

- Energy Use Intensity (EUI) – питомі енергетичні витрати, кВт·год/м²·рік. Використовується для оцінки загальної енергоефективності будівлі та порівняння з нормативними показниками.

- Energy Cost per Occupied Room (ECOR) – вартість спожитої енергії на номер, грн/доба. Дає можливість співставити економічні витрати з рівнем завантаженості готелю.
- Power Usage Effectiveness (PUE) – коефіцієнт ефективності енергоспоживання інфраструктури (переважно для дата-центрів, але може бути застосований для серверних готелю).
- HVAC Efficiency Ratio (COP або SEER) – відношення отриманої теплової або холодильної потужності до витраченої електроенергії. Використовується для оцінки ефективності систем опалення, вентиляції та кондиціонування.

У сучасних готельних BMS системи Schneider Electric EcoStruxure Building Operation або Siemens Desigo CC автоматично обчислюють і візуалізують зазначені показники у реальному часі, що дозволяє персоналу контролювати динаміку енергоспоживання.

Для готельного бізнесу технічна ефективність системи нерозривно пов'язана із **задоволеністю гостей**. Тому важливими KPI є:

- Temperature Comfort Index (TCI) – відхилення фактичної температури від заданої.
- Lighting Comfort Index (LCI) – узгодженість рівня освітленості з нормативними та дизайнерськими параметрами.
- Indoor Air Quality Index (IAQ) – показники якості повітря (CO₂, вологість).
- System Availability – частка часу, коли всі системи перебувають у робочому стані.
- Response Time of Maintenance (RTM) – середній час реагування технічної служби на аварію або запит.

Інтеграція сенсорних систем з PMS або CMMS (Computerized Maintenance Management System) дає можливість автоматично формувати звіти щодо цих KPI та пов'язувати їх із рівнем сервісу гостей.

У рамках вертикальної інтеграції (згідно ISA-95) KPI операційного рівня дозволяють аналізувати **ефективність управління експлуатацією обладнання**. До основних показників належать:

- MTBF (Mean Time Between Failures) – середній час безвідмовної роботи системи.
- MTTR (Mean Time to Repair) – середній час відновлення після відмови.
- Planned Maintenance Ratio (PMR) – частка планових технічних робіт від загальної кількості обслуговувань.
- Alarm Rate – кількість тривожних подій на добу або на 1000 пристроїв.
- System Downtime (%) – частка часу простою критичних підсистем.

Збір цих показників зазвичай виконується через BMS-платформи з підтримкою OPC UA або MQTT-протоколів, що дозволяє будувати аналітику на рівні SCADA та MES.

Сучасні методи аналізу ефективності включають не лише статичні KPI, але й аналітику на основі Big Data та Machine Learning. Наприклад, у готельних системах Marriott та Accor використовуються платформи на базі Azure IoT Hub і Google Cloud, які прогнозують енергоспоживання залежно від погодних умов та рівня заповненості номерів.

До **перспективних методів** належать:

Data-driven KPI Optimization – адаптивне налаштування алгоритмів HVAC на основі даних.

Predictive Maintenance KPI – прогнозування відмов на основі історії аварій та вібраційних характеристик.

Sustainability Index – інтегрований показник екологічної стійкості, який враховує викиди CO₂, водоспоживання та утилізацію відходів.

Такі методи дозволяють перейти від реактивного до прогнозного керування, підвищуючи ефективність експлуатації готельних систем.

Методологія KPI є ключовим елементом у побудові інтегрованих систем керування готельними комплексами. Її впровадження забезпечує об'єктивну оцінку технічної, економічної та екологічної ефективності.

Таким чином, система KPI стає невід'ємною частиною цифрової трансформації готельного бізнесу, забезпечуючи баланс між енергоефективністю, комфортом і прибутковістю.

Розділ 2. ЗАГАЛЬНОСИСТЕМНІ РІШЕННЯ

2.1. Загальний опис об'єкта та системи

Об'єктом автоматизації є система теплопостачання готельного комплексу, що включає власну газову котельню, індивідуальний тепловий пункт (ІТП) з опалювальними контурами та системою гарячого водопостачання (ГВП), вентиляційні установки, а також мережу внутрішніх споживачів тепла.

Теплогенерація здійснюється двома низькотемпературними водогрійними котлами Viessmann Vitoplex 200 (по 1850 кВт) з двоступеневими газовими пальниками. Безпека та базове керування кожним котлом виконується штатними котловими контролерами Vitotronic 100, а каскадне керування котлами – контролером Vitotronic 333. Обмін даними між контролерами Vitotronic організовано штатно по шині LON (LonWorks).

В ІТП виконується регулювання температури подачі до опалювальних контурів (ОК) та контурів вентиляції, а також підготовка гарячої води у баках-акумуляторах. Розподіл тепла здійснюється по окремих контурах з підмішуванням (опалення та ГВП) та прямому контуру (вентиляція). Для економії електроенергії застосовуються насоси з вбудованими частотними перетворювачами.

Для забезпечення енергоефективності, зручного обслуговування обладнання та віддаленого моніторингу теплового балансу реалізується інтегрована система керування та диспетчеризації з використанням технологій ІоТ. Система включає:

- АСУВ – автоматизовані системи управління відділеннями (котельня, ІТП та вентиляційні установки) – підсистеми, які інтегруються;
- BMS – сервер/шлюз диспетчеризації з доступом через web-інтерфейс та мобільні клієнти;
- Хмарний сервіс ІоТ для довгострокового архіву, аналітики теплових балансів та сервісного обслуговування.

Система будується як трирівнева (0-2 рівні АСУТП) з додатковим «хмарним» рівнем:

- 0-й рівень – польові засоби (датчики температури, тиску, витрати, виконавчі механізми, частотні перетворювачі насосів, теплові лічильники);
- 1-й рівень – контролери (штатні контролери котлів, контролери теплового пункту та вентиляційних установок, розподілені модулі вводу/виводу, модулі приводу насосів);
- 2-й рівень – BMS/SCADA-сервер, АРМ головного інженера, локальні операторські панелі;
- 3-й рівень – хмарний сервер/платформа, яка отримує дані для аналітики, звітності, мобільного доступу та підтримки сервісу.

2.2. Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання

Ієрархічна модель обладнання розробляється згідно з підходами стандартів ISA-95, ISA-88 та ISA-106.

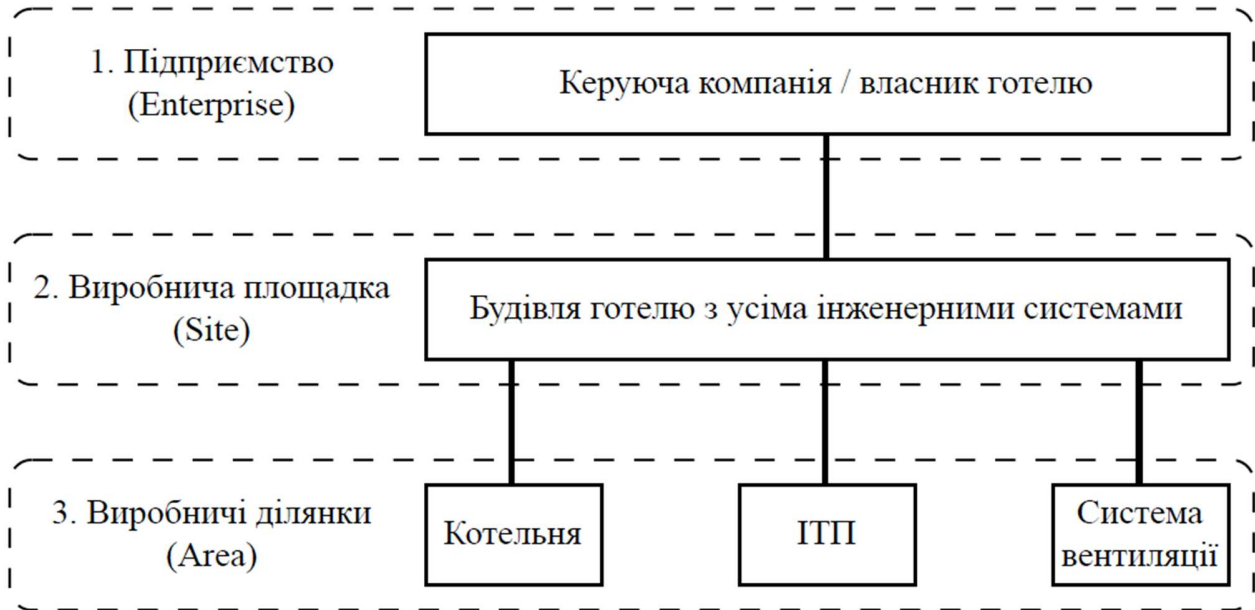


Рис. 2.1. Верхні рівні ієрархічної моделі обладнання готельного комплексу

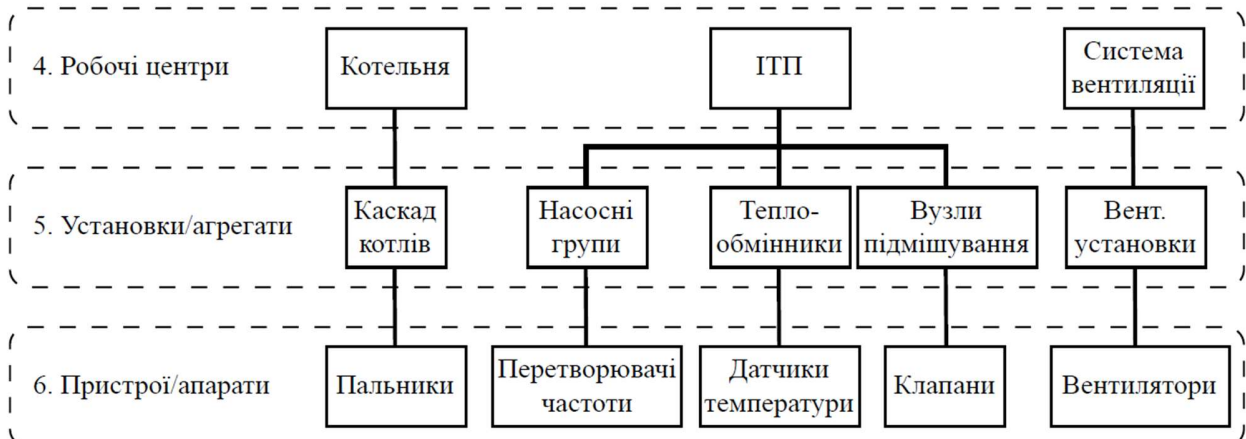


Рис. 2.2. Нижні рівні ієрархічної моделі обладнання готельного комплексу

2.3. Функціональна структура системи

Функціональна структура інтегрованої системи керування та диспетчеризації наведена на кресленні С2 (Додаток 4: Аркуш 2). Схема відображає ієрархічну взаємодію польового рівня, рівня контролерів, системи диспетчеризації будівлі (BMS) та IoT-рівня, а також розподіл функцій за рівнями. Структура побудована за принципом 4-рівневої моделі автоматизації:

0-й рівень – польові технічні засоби (ТЗА): всі первинні датчики, перетворювачі та виконавчі пристрої. До цього рівня належать датчики температури, тиску, витрати та стану обладнання в котельні, в індивідуальному

тепловому пункті та у вентиляційних установках, а також триходові клапани, електроприводи, частотні перетворювачі та циркуляційні насоси. Польові пристрої забезпечують вимірювання параметрів теплоносія та повітря, а також виконання команд на зміну режимів роботи, що надходять від контролерів. На цьому рівні здійснюється первинне перетворення фізичних величин у сигнали, доступні для цифрової обробки.

1-й рівень – контролери та локальні алгоритми підсистем: каскадний контролер котельні (Viessmann Vitotronic 333), контролер ІТП (Siemens PXC4) та контролери вентиляційних установок (Siemens RMU730B). Вони реалізують основні алгоритми регулювання, включаючи підтримання температури подачі, регулювання контуру ГВП, погодозалежне керування, управління насосними групами та захист від замерзання. Контролери отримують дані з польового рівня, виконують обробку інформації та формують керуючі сигнали для виконавчих механізмів. На цьому ж рівні відбувається інтеграція пристроїв, що працюють за різними протоколами: котлова автоматика передає дані через шлюз LON – BACnet/IP (Viessmann Vitogate 300), вентиляційні установки – через комунікаційний контролер KNX – BACnet/IP (KNX-шлюз Siemens PXC001), витратоміри та перетворювачі частоти насосів в ІТП підключаються по Modbus RTU через комунікаційний контролер Modbus RTU – BACnet/IP (Modbus RTU-шлюз Siemens PXC200).

2-й рівень – система диспетчеризації BMS: реалізується за допомогою BMS-шлюзу (комунікаційний сервер Siemens PXG3). Цей сервер виконує збір даних з усіх BACnet-контролерів, забезпечує формування короткострокових трендів і журналів аварій, виконує роль BACnet/IP-сервера для SCADA-клієнтів та надає оператору веб-інтерфейс для перегляду стану системи та зміни уставок. На цьому ж рівні розташована операторська панель ІТП, що дозволяє здійснювати локальний контроль теплового пункту, а також робоче місце головного інженера, яке забезпечує централізований перегляд параметрів системи, доступ до тривоги та аварій і можливість оперативного втручання у режими роботи. Також на цьому рівні реалізуються алгоритми координації суміжних підсистем: наприклад, збільшення теплового навантаження вентиляції автоматично формує запит до котельні на збільшення температури подачі, а пріоритет ГВП впливає на режим роботи опалювальних контурів.

3-й рівень – хмарний IoT-рівень. Його основу становить IoT-шлюз на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi, який отримує дані з BMS через BACnet/IP та перетворює їх у MQTT-повідомлення за допомогою Node-RED. Через MQTT-брокер дані передаються в систему довгострокового архівування InfluxDB, де

виконуються аналітичні операції, обробка часових рядів та формування технічних та енергетичних показників. Візуалізація здійснюється через платформу Grafana, яка дозволяє в реальному часі переглядати теплові навантаження, ефективність роботи котельні, баланс між контурами опалення, ГВП та вентиляцією, а також аналізувати історію аварій та теплову динаміку. Передача даних на IoT-рівень здійснюється через зовнішню IP-мережу, що підключена до маршрутизатора/фаєрвола, який відокремлює внутрішню систему автоматики від мережі Інтернет.

2.4. Опис функцій системи керування та диспетчеризації

Таблиця 2.1. Керуючі функції (С*)

Позн.	Найменування функції	Опис дії контролера	Підсистема
TR.C1.1	Регулювання температури подачі опалювальних контурів	ПІД-регулювання змішувальних клапанів опалювальних контурів	ІТП (РХС4)
TR.C1.2	Регулювання температури ГВП	ПІД-регулювання клапана теплообмінника ГВП	ІТП (РХС4)
VU.C1.1	Керування вентиляторами	Перемикання швидкостей вентилятора	Вент. (RMU730B)
VU.C1.2	Керування калорифером	Регулювання клапана нагріву припливного повітря	Вент. (RMU730B)
VU.C1.3	Перемикання режимів	Comfort / Standby / Economy	Вент. (RMU730B)
B.C1	Керування каскадом котлів	Пуск/зупинка котлів, регулювання потужності	Котельня (Vitolonic 333)

Таблиця 2.2. Дистанційне управління (НС*)

Позн.	Найменування функції	Опис дії контролера
BMS.HC1.1	Погодозалежне регулювання	Обчислення уставки Т подачі за Т зовн.
BMS.HC1.2	Баланс теплових навантажень	Розрахунок витрат тепла по контурам ОК1/ОК2/ГВП
BMS.HC1.3	Керування частотними перетворювачами насосів	Завдання для ЧП насосів опалювальних контурів для підтримки заданих ΔТ
BMS.HC1.4	Корекція уставок	Зміна уставок для контролерів в залежності від потреб підсистем
BMS.HC1.5	Алгоритми пріоритету ГВП/вентиляції/опалення	Визначення пріоритетності підсистем в залежності від потреб системи
BMS.HC1.6	Оптимізація режимів номерів	Comfort/Eco/Standby за присутністю
BMS.HC1.7	Обмеження уставок	Центральне BMS обмеження TEMP/ECO

Таблиця 2.3. Інформаційні функції (І*)

Позн.	Найменування функції	Опис інформації	Джерело
BMS.I2.1	Зчитування температур опалювальних контурів	Т подачі/зворотки опалювальних контурів	ТР.Y1
BMS.I2.2	Зчитування температури ГВП	Т бака-акумулятора ГВП	ТР.Y1
BMS.I2.3	Зчитування даних котельні	Т подачі, Т котлів, Т димових газів	B.Y1
BMS.I2.4	Зчитування витрат	Витратоміри ОК1, ОК2, ГВП через Modbus	Modbus-шлюз
BMS.I2.5	Зчитування станів насосів	Стан RUN/FAULT через сухі контакти	ТР.Y1
BMS.I2.6	Зчитування тиску	Δр контуру опалення	ТР.Y1
BMS.I2.7	Температура припливу	Датчики вентиляційних установок	VU.Y1
BMS.I2.8	Стани вентиляторів	RUN/FAULT приточної та витяжної секцій	VU.Y1
BMS.I2.9	Температура номерів	Дані з KNX термостатів	KNX-шлюз
BMS.I2.10	Присутність гостя	Датчики карток/руху	KNX-шлюз
IoT.I3	Звіти по енергії, візуалізація трендів основних параметрів системи	Витрати по контурах, ΔТ, Q	IoT.Y3.3

Таблиця 2.4. Реєстраційні та архівні функції

Позн.	Найменування	Опис	Де реалізується
BMS.Rtr2.1	Оперативні тренди	Короткострокові записи даних	Шлюз BMS (PXG3 Trend Log)
BMS.Alg2.1	Журнали аварій	Події, тривоги, підтвердження	Шлюз BMS (PXG3 Alarm Log)
IoT.Rtr3	Довгострокові архіви	Історія технологічних параметрів	InfluxDB
R5.3	Логування MQTT	Повні дані з BACnet - MQTT	IoT Gateway

2.5. Структурна схема комплексу технічних засобів

Структурна схема комплексу технічних засобів системи керування та диспетчеризації наведена на кресленні С1 (Додаток 4: Аркуш 1).

Основою мережевої інфраструктури становить мережа М1 – BACnet/IP, реалізована на базі Ethernet. Вона є центральною магістраллю системи керування та об'єднує всі контролери: контролер ІТП Siemens PXC4, каскадний контролер котельні Viessmann Vitotronic 333 через шлюз Viessmann Vitogate 300, контролери вентиляційних установок Siemens RMU730В та кімнатні датчики EnOcean через шлюз Siemens PXC001, Modbus-шлюз Siemens PXC200 для керування частотними перетворювачами насосів в тепловому пункті та збору даних з витратомірів, а

також комунікаційний сервер Siemens PXG3. Через цю мережу забезпечується передача вимірвальних значень, станів обладнання, аварійних повідомлень та керуючих команд між контролерами та системою диспетчеризації. Всі пристрої цієї мережі підключені за допомогою двох мережевих комутаторів та маршрутизатора. Мережа М1 є локальною та ізольованою від зовнішніх мереж, що гарантує інформаційну безпеку та високу швидкість взаємодії між елементами системи.

Для з'єднання з приладами обліку та частотними перетворювачами насосів опалювальних контурів використовується мережа М2 – Modbus RTU (RS-485). Усі ці пристрої функціонують як ведені (slave), а роль майстра (master) виконує комунікаційний контролер Siemens PXC200, що дозволяє інтегрувати дані з мережі Modbus у мережу ВАСnet/IP. Це забезпечує повноцінне відображення теплових балансів у системі диспетчеризації та централізоване керування частотними перетворювачами залежно від потреб системи.

По мережі М3 – KNX TP виконується зв'язок з автоматикою вентиляційних установок, кімнатними датчиками температури та датчиками присутності. Мережа побудована на основі шинної топології та забезпечує передачу даних низької швидкості між усіма KNX-пристроями. Отримані дані з KNX надходять у комунікаційний контролер Siemens PXC001, який інтегрує їх у мережу ВАСnet/IP. Завдяки цьому забезпечується координація теплових навантажень номерів, реалізація енергозберігаючих режимів та передача інформації про температуру та присутність гостей на верхні рівні керування.

Мережа М4 – LON (TP/FT) використовується для інтеграції котлової автоматики Viessmann Vitotronic через шлюз Vitogate. Шлюз транслює параметри котельні (температури, стан пальників, аварії) у мережу ВАСnet/IP, після чого вони стають доступними у загальній системі керування. Це забезпечує можливість централізованого моніторингу котлів та координації їх роботи з тепловим пунктом та системою вентиляції.

Над рівнем внутрішніх мереж знаходиться мережа М5 – зовнішня IP-мережа (WAN/Internet), через яку система передає дані на IoT-рівень. Доступ до мережі М5 реалізовано через маршрутизатор/фаєрвол, який розділяє внутрішню мережу та Інтернет, гарантуючи кібербезпеку та відповідність вимогам інформаційного захисту. Через М5 IoT-шлюз на базі Raspberry Pi обмінюється даними з MQTT-брокером та хмарними сервісами довготривалого архівування.

2.6. Опис інформаційного забезпечення системи диспетчеризації

Набір схем інформаційних потоків (Додаток 4: Аркуші 7, 8, 9) відображають організацію збору, обробки та передачі даних між підсистемами АСУТП, рівнем ВМС та IoT-рівнем.

Перелік змінних, що передаються між рівнями, наведено у Додатку 1.

Головним центром обробки є ВМС-шлюз на базі Siemens PXG3, що агрегує інформацію з усіх контролерів та шлюзів, виступає в якості ВАСnet/IP-сервера та зберігає дані для короткострокових архівів. Він надає дані SCADA-системі на ПК інженера (потік №1), де реалізовано всі алгоритми для дистанційного керування та координації суміжних підсистем. PXG3 також надає Web-НМІ для операторської панелі ОП ІТП (потік №2) для оперативного контролю теплового пункту. За допомогою Web-API всі зібрані технологічні дані відправляються на IoT-шлюз на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi (потік №3).

Інформаційні потоки між польовими контролерами та шлюзами:

- Контролер ІТП (РХС4) – передає параметри теплового пункту, а також отримує уставки та режими роботи (потік №4).
- Шлюз Modbus-ВАСnet (РХС200) – передає дані з насосів Wilo та уставки частоти на частотні перетворювачі (потоки №5-7) та витратоміра (потік №8).
- Шлюз KNX-ВАСnet (РХС001) – проводить інтеграцію вентиляційних установок (потоки №9, 10) та кімнатних датчиків (потоки №11,12) з мережі KNX.
- Шлюз LON-ВАСnet (Vitogate 300) – передає дані та запити на зміну режиму роботи котлів з котлових контролерів (потоки №13, 14), а також дані з каскадного контролера та уставку навантаження котельні (потік №15).

У мережі ВАСnet будь-який пристрій може ініціювати обмін, тобто це модель peer-to-peer. Передача відбувається викликом «сервісів» ВАСnet (ReadProperty, WriteProperty, Change of Value тощо). Тобто коли один пристрій зчитує властивість ВАСnet-об'єкта в іншого, він поводить як клієнт, а другий – як сервер. У іншій ситуації ролі можуть змінитися.

Протокол KNX використовує модель подієвої передачі та групову адресацію. У мережі KNX прилади надсилають повідомлення за власною ініціативою на групову адресу, і всі, хто підписаний на цю групу, отримують це повідомлення. KNX застосовує метод CSMA/CA з пріоритетами повідомлень. Якщо два пристрої почали передачу одночасно, то відправить той, хто має вищий пріоритет.

В мережі LON пристрої обмінюються Network Variables. Усі вузли можуть бути одночасно і джерелами і споживачами даних.

Розділ 3. РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ

3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів системи BMS

Схема автоматизації котельні та ІТП наведена на кресленні С3 (Додаток 4: Аркуш 3).

Специфікація засобів автоматизації наведена у Додатку 2.

3.2. Схема електрична принципова контурів вимірювання

Схема електрична принципова (С6) підключення контролера ІТП наведена у Додатку 4: Аркуш 6.

В якості контролера для керування тепловим пунктом було обрано Siemens Desigo PXC4.M16, що має 16 універсальних входів/виходів + 4 дискретних виходи.

Таблиця 3.1. І/О контролера ІТП Siemens PXC4

№ входу/виходу	№ клеми	Назва змінної	Опис сигналу	Тип сигналу	Діапазон	Примітка
Аналогові входи (AI)						
U1	9-10	AI:20	Температура подачі в контурі опалення ОК1	Pt1000	0-100°C	Подача після вузла змішування
U2	10-11	AI:21	Температура зворотної лінії в контурі опалення ОК1	Pt1000	0-100°C	Для контролю ΔT
U3	12-13	AI:22	Температура подачі в контурі опалення ОК2	Pt1000	0-100°C	Подача після вузла змішування
U4	13-14	AI:23	Температура зворотної лінії в контурі опалення ОК2	Pt1000	0-100°C	Для контролю ΔT
U5	15-16	AI:24	Температура подачі в контурі ГВП	Pt1000	0-100°C	Подача після вузла змішування
U6	16-17	AI:25	Температура зворотної лінії в контурі ГВП	Pt1000	0-100°C	Для контролю ΔT
U7	20-21	AI:26	Температура води в баці ГВП	Pt1000	0-100°C	
U8	21-22	AI:27	Температура подачі в контурі системи вентиляції	Pt1000	0-100°C	
U9	23-24	AI:28	Температура зворотної лінії в контурі системи вентиляції	Pt1000	0-100°C	Для контролю ΔT
Аналогові виходи (AO)						

U10	25	AO:20	Керування 3-ходовим змішувальним клапаном опалювального контуру ОК1	0-10 В	0-100 %	Регулювання температури подачі контуру
U11	26	AO:21	Керування 3-ходовим змішувальним клапаном опалювального контуру ОК2	0-10 В	0-100 %	Регулювання температури подачі контуру
U12	28	AO:22	Керування 3-ходовим змішувальним клапаном контуру ГВП	0-10 В	0-100 %	Регулювання температури подачі контуру
V~	29-27		Живлення 24V AC	24 В AC	24 В	Живлення приводів
Дискретні виходи (DO)						
DO1	75-76	BO:20	Пуск/зупинка циркуляційного насоса опалювального контуру ОК1	Сухий контакт	0/1	
DO2	78-79	BO:21	Пуск/зупинка циркуляційного насоса опалювального контуру ОК2	Сухий контакт	0/1	
DO3	81-82	BO:22	Пуск/зупинка циркуляційного насоса контуру ГВП	Сухий контакт	0/1	
DO4	84-85	BO:23	Пуск/зупинка циркуляційного насоса вентиляційного контуру	Сухий контакт	0/1	
Інше						
24V	5-7		Живлення контролера 24V AC	24 В AC	24 В	
LAN	RJ45		Інтерфейсне з'єднання по мережі ВАСnet/IP	-	-	

3.3. Схема з'єднань та підключень проводок промислових мереж

На схемі з'єднань проводок промислових мереж С4 (Додаток 4: Аркуш 4) зображено фізичні з'єднання всіх промислових мереж АСУТП, ВМС та ІоТ-рівня, включаючи кабелі, мережне обладнання, шлюзи, контролери та розподільні елементи.

Мережа ВАСnet/IP (М1) є головною локальною мережею рівня ВМС, що об'єднує всі контролери, шлюзи, операторські станції та сервери. На фізичному рівні підключення здійснюється через Ethernet за допомогою роз'ємів RJ-45.

Таблиця 3.2. Пристрої мережі ВАСnet/IP – М1

Позначення	Найменування	К-сть	Роль у мережі
Sw1, Sw2	Комутатори Ethernet	2	Формують сегменти LAN, забезпечують комутацію BACnet/IP та IoT-трафіку
Router1	Маршрутизатор	1	Вихід у зовнішню IP-мережу/WAN
PXG3	BMS-шлюз (BACnet/IP сервер, Web-HMI) Siemens Desigo PXG3.W200-2	1	Центральний вузол BMS, сервер короткострокових трендів, аварій, Web-інтерфейс
PXC001	Комунікаційний контролер (шлюз KNX-BACnet/IP) Siemens Desigo PXC001-E.D.	1	Інтеграція KNX-пристроїв вентиляції у мережу BACnet/IP
PXC200	Комунікаційний контролер (шлюз KNX-BACnet/IP) Siemens Desigo PXC200-E.D.	1	Інтеграція насосів Wilo та витратоміра у мережу BACnet/IP
TXI2-OPEN	Модуль розширення RS-485 для інтеграції Modbus Siemens TXI2-OPEN	1	Інтеграція пристроїв Modbus RTU у мережу BACnet/IP
PXC4	Контролер керування ІТП Siemens Desigo PXC4	1	Керування тепловим пунктом, інтерфейс BACnet/IP
Vitogate 300	Шлюз LON-BACnet/IP Viessmann Vitogate 300	1	Інтеграція контролерів керування котлами Vitotronic у мережу BACnet/IP
ОП ІТП	Операторська панель в ІТП Siemens TP1200 Confort	1	Web-клієнт PXG3
ПК інж.	Робоче місце інженера на базі комп'ютера	1	SCADA/BMS клієнт, доступ до PXG3
IoT-шлюз	Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4	1	Комунікація між BMS та IoT-рівнем за допомогою Node-RED

Мережа Modbus RTU використовується для зв'язку з частотними перетворювачами насосів та витратоміра в ІТП. Зв'язок в мережі відбувається по RS-485, топологія мережі – шина.

Таблиця 3.3. Пристрої мережі Modbus RTU (RS-485) – M2

Позначення	Найменування	К-сть	Роль у мережі
PXC200	Modbus master	1	Опитування всіх Slave в мережі
IF-module	Інтерфейсний модуль насоса Wilo Stratos для комунікації по мережі Modbus RTU	3	Modbus Slave 1, Slave 2, Slave 3
Витратомір	Лічильник витрати з інтерфейсом Modbus RTU	1	Modbus Slave 4

Мережа KNX TP використовується для підключення до вентиляційних установок та кімнатних датчиків. Підключення вузлів здійснюється по двохпровідній схемі, топологія – шина.

Таблиця 3.4. Пристрої мережі KNX TP – M3

Позначення	Найменування	К-сть	Роль у мережі
PXC001	Шлюз KNX-BACnet/IP	1	Інтеграція у мережу BACnet/IP
RMU730B	Контролери ВУ1, ВУ2 Siemens Synco RMU730B	2	Керування вентиляційними установками
RXZ97.1	Шлюз KNX-EnOcean	2	Приймач бездротових датчиків
Кімнатні датчики	Бездротові кімнатні датчики температури приміщення та присутності гостей Siemens EnOcean	10	KNX-вузли

Мережа LON (M4) забезпечує інтеграцію контролерів керування котлами. Підключення абонентів здійснюється по штатній двохпровідній схемі через роз'єми RJ-45. Топологія – шина.

Таблиця 3.5. Пристрої мережі LON – M4

Позначення	Найменування	К-сть	Роль у мережі
Vitotronic 100	Котловий контролер Viessmann Vitotronic 100	2	Керування котлом у каскаді
Vitotronic 333	Каскадний контролер Viessmann Vitotronic 333	1	Керування каскадом котлів
Vitogate 300	Шлюз LON-BACnet/IP Viessmann Vitogate 300	1	Інтеграція у мережу BACnet/IP

Розділ 4. РОЗРОБКА ІоТ-СИСТЕМИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ

4.1. Опис системи

У межах спеціального розділу було розроблено ІоТ-підсистему диспетчеризації, яка інтегрується з існуючою ВМС-архітектурою готельного комплексу та забезпечує збір, аналітичну обробку, довгострокове архівування і візуалізацію технологічних параметрів котельні, ІТП та вентиляційних установок.

Передача даних на ІоТ-рівень здійснюється через ІоТ-шлюз на базі мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4, який підключено до зовнішньої ІР-мережі та отримує дані від ВАСnet/ІР-сервера РХG3. На цьому пристрої реалізовано сервер Node-RED, що виконує маршрутизацію даних. Через ВАСnet-клієнт Node-RED циклічно зчитує необхідні параметри, визначені у таблиці змінних (Додаток 1), конвертує їх у JSON-структури та публікує у вигляді MQTT-повідомлень. MQTT було обрано як основний транспорт через його низьку латентність, мінімальні накладні витрати та підтримку механізмів QoS, зручних для промислових ІоТ-додатків. MQTT-брокер, розміщений на тому ж ІоТ-вузлі, виступає центральним комунікаційним хабом для всіх компонентів ІоТ-системи. Він також дозволяє легко масштабувати систему та застосовувати інші додатки, які зможуть використовувати дані, що публікуються в брокері.

Для аналітичної обробки та архівування даних застосовується TSDB InfluxDB, яка отримує MQTT-повідомлення через сервіс Telegraf. TSDB дозволяє обробляти потоки часових рядів із високою частотою оновлення. InfluxDB забезпечує ефективне стиснення, агрегування, збереження великих обсягів даних, а також дозволяє формувати добові, тижневі та сезонні тренди енерговитрат, виявляти відхилення, проводити аналіз режимів роботи системи.

Візуалізація та аналітика реалізовані в Grafana, яка взаємодіє з InfluxDB. На дашбордах відображається поточний стан котельні, ІТП та вентиляційних установок, теплові баланси, споживання енергії, стани обладнання, аварії та події. Дашборди оптимізовані для інженера, обслуговуючого персоналу та адміністрації, забезпечуючи віддалений доступ до усіх ключових показників в реальному часі та історичних даних для аналізу.

Для підвищення безпеки експлуатації технологічного обладнання дані передаються лише в одному напрямку до користувачів, без можливості керувати обладнанням віддалено.

4.2. Реалізація системи

Node-RED, розгорнутий на ІоТ-шлюзі Raspberry Pi, через ВАСnet-клієнт (node-red-contrib-basnet) періодично опитує ВАСnet-об'єкти, що надходять через сервер РХG3 зі всіх підсистем: котельні (В.Т1, В.Т3, В.Т5), ІТП (ТР.1-ТР.5) та

вентиляційних установок (VU.T1-VU.T4). Дані надходять у Node-RED як окремі msg-пакети для кожної змінної. Після отримання параметрів від ВАСnet у Node-RED відбувається їх перетворення у стандартизований JSON-формат:

```
{
  "t1": 60.81,
  "t2": 44.1,
  "flow_rate": 83.49,
  "pump": 30,
  "status": 0,
  "valve": 27,
  "timestamp": 1764768769378
}
```

Рис. 4.1. Приклад JSON повідомлення для опалювального контуру

Node-RED генерує часову мітку, тому дані не залежать від затримок у промисловій мережі. Сирі ВАСnet-значення перетворюються у формат з позначенням джерела і параметра згідно із списком змінних.

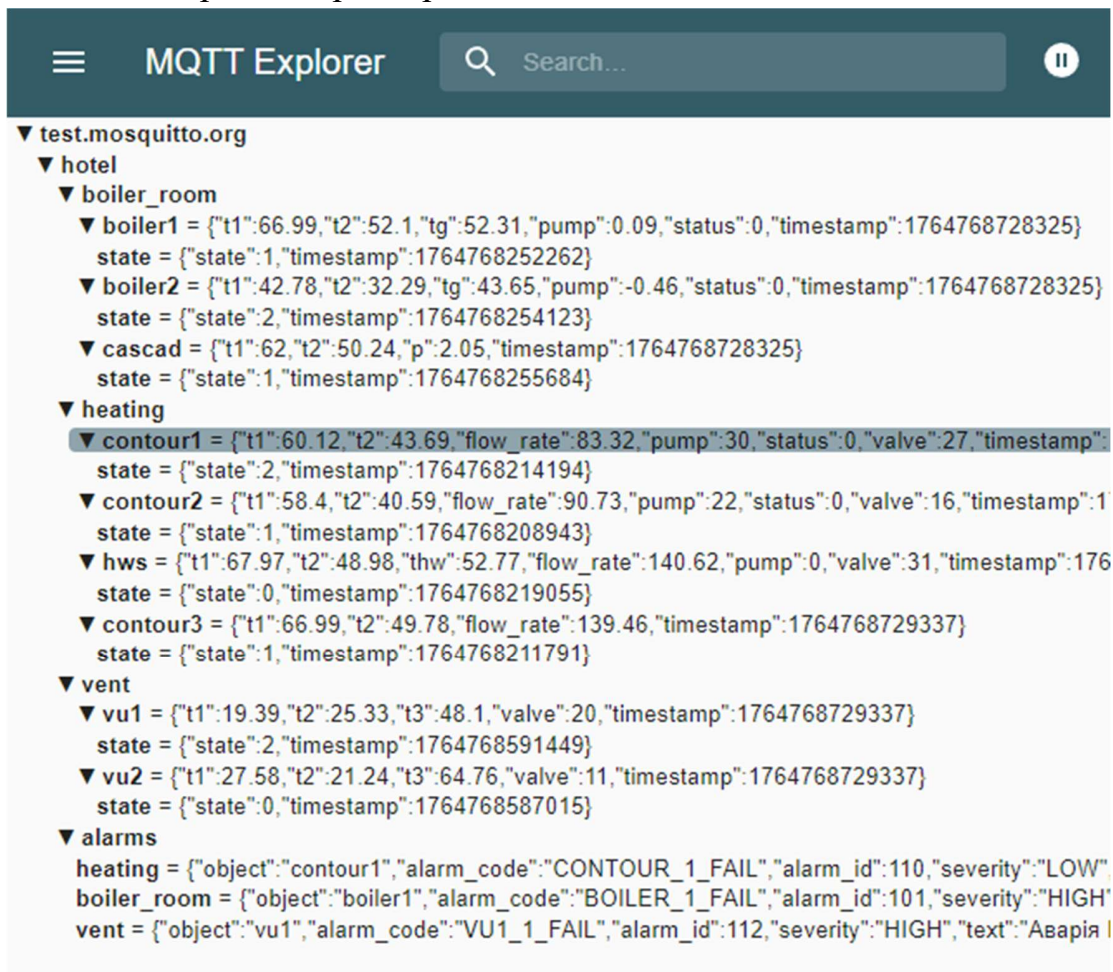


Рис. 4.2. Структура топиків у MQTT-брокері

Далі Node-RED розподіляє потоки даних за структурою: дані з котлів та каскадного контролера знаходяться в топіку «hotel/boiler_room/#», дані з опалювальних контурів – в «hotel/heating/#», дані з вентиляційних установок – в «hotel/vent». Аварійні сигнали зі всього обладнання передаються в окремий топик «hotel/alarms». Таким чином створюється ієрархічна логіка, що дозволяє легко розширювати систему, фільтрувати топіки та обробляти дані в інших сервісах.

Після формування JSON-пакетів Node-RED надсилає їх у MQTT-брокер через MQTT-клієнт (node-red-contrib-mqtt-out). Перевага MQTT – мінімальне навантаження на IoT-шлюз та можливість асинхронної обробки даних усіма підписниками.

Для перенесення даних у InfluxDB використовується сервіс Telegraf із входом inputs.mqtt_consumer. Telegraf підписується на необхідні топіки та переводить отримані JSON-структури у InfluxDB Line Protocol. Файл конфігурації наведено в Додатку 3.

InfluxDB зберігає дані як часові ряди з мітками:

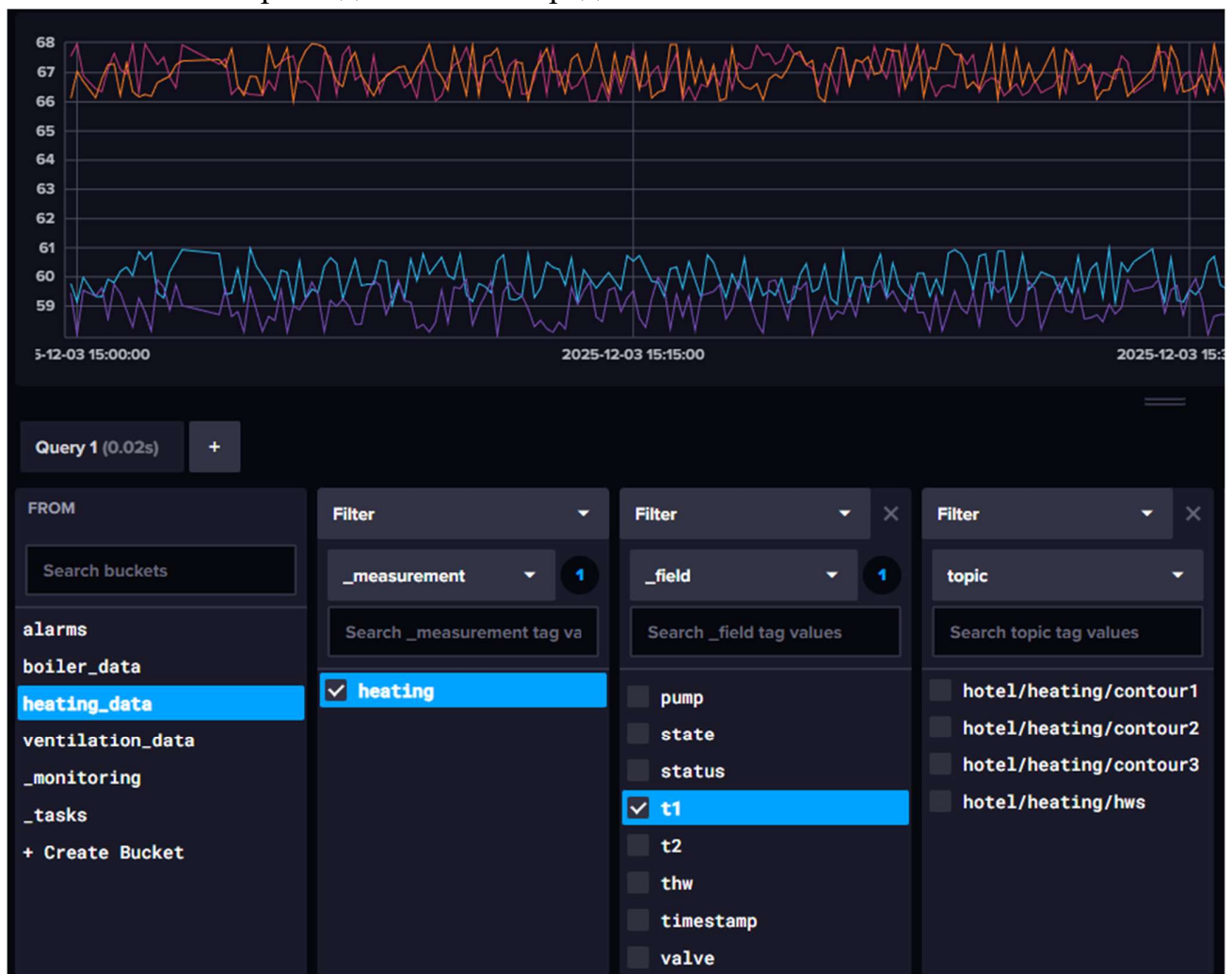


Рис. 4.3. Часові ряди InfluxDB

Поля `_field` з однаковими назвами для декількох установок можна фільтрувати за топіками, з яких вони були отримані.

Технологічні параметри розділяються по різним bucket. В даному випадку використовується 4 bucket-a: `boiler_data`, `heating_data`, `ventilation_data` та `alarms`. Для кожного bucket-a можна налаштувати різні політики збереження (`retention policy`). З метою обмеження обсягу історичних даних та забезпечення можливості довгострокового аналізу можна реалізувати багаторівневу політику зберігання даних. Наприклад, сирі дані з дискретністю 10 с записуються до bucket-a `heating_data` з терміном зберігання 30 діб. На їх основі за допомогою задачі (Task) InfluxDB кожні 5 хвилин обчислює середні значення температур і витрат та записує до bucket-a `heating_5m` з терміном зберігання 1 рік, а з них формується погодинна агрегація в bucket `heating_1h` з терміном зберігання 3 роки. Таких підхід дозволяє поєднати високу деталізацію недавніх даних з можливістю довгострокової аналітики без надмірного зростання обсягу бази.

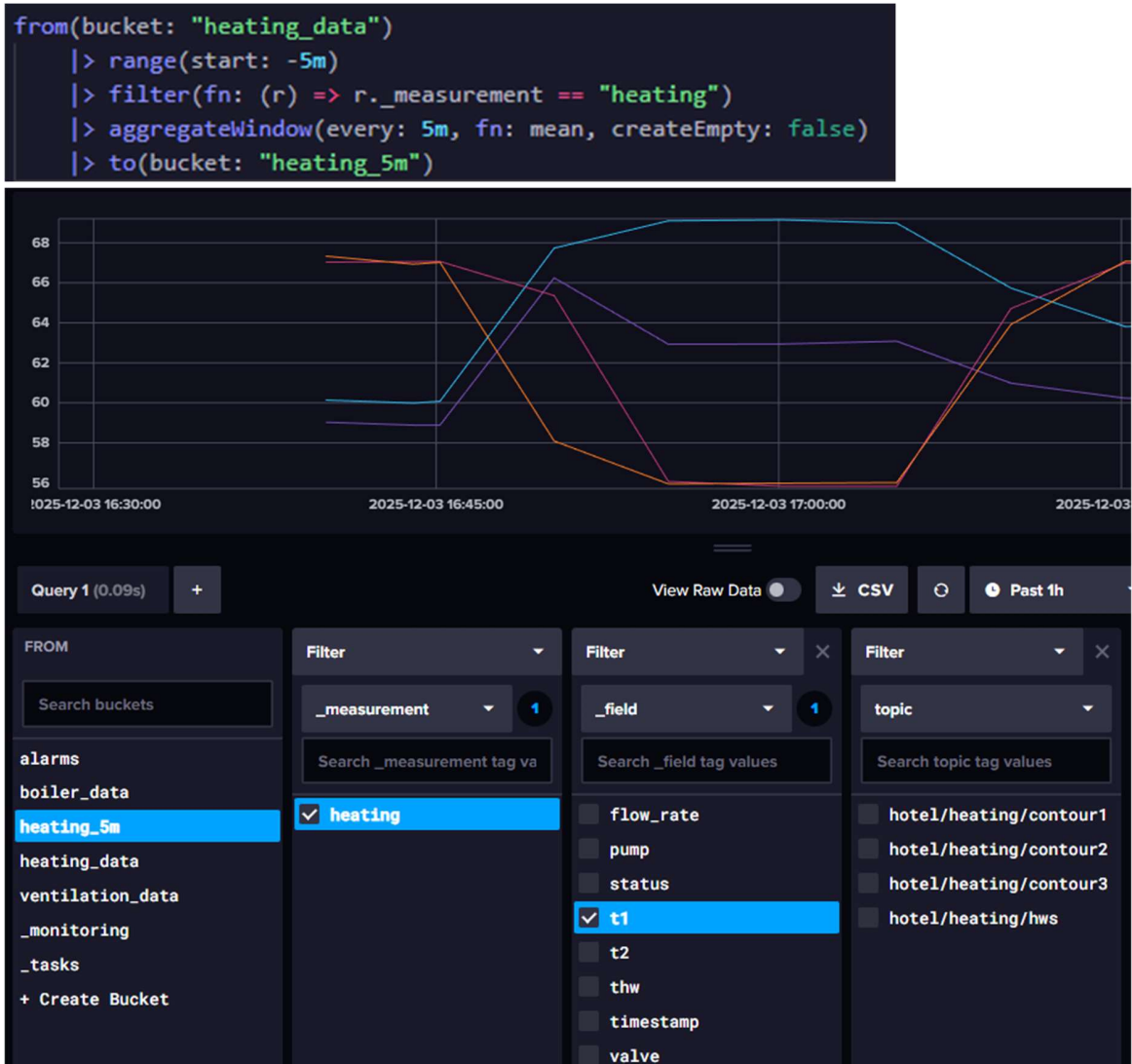


Рис. 4.4. Приклад task-a в InfluxDB для 5-хвилинної агрегації даних

4.3. Створення візуалізації в Grafana

Grafana підключається прямо до InfluxDB і дозволяє створювати дашборди з трендами технологічних параметрів за допомогою Flux-запитів.

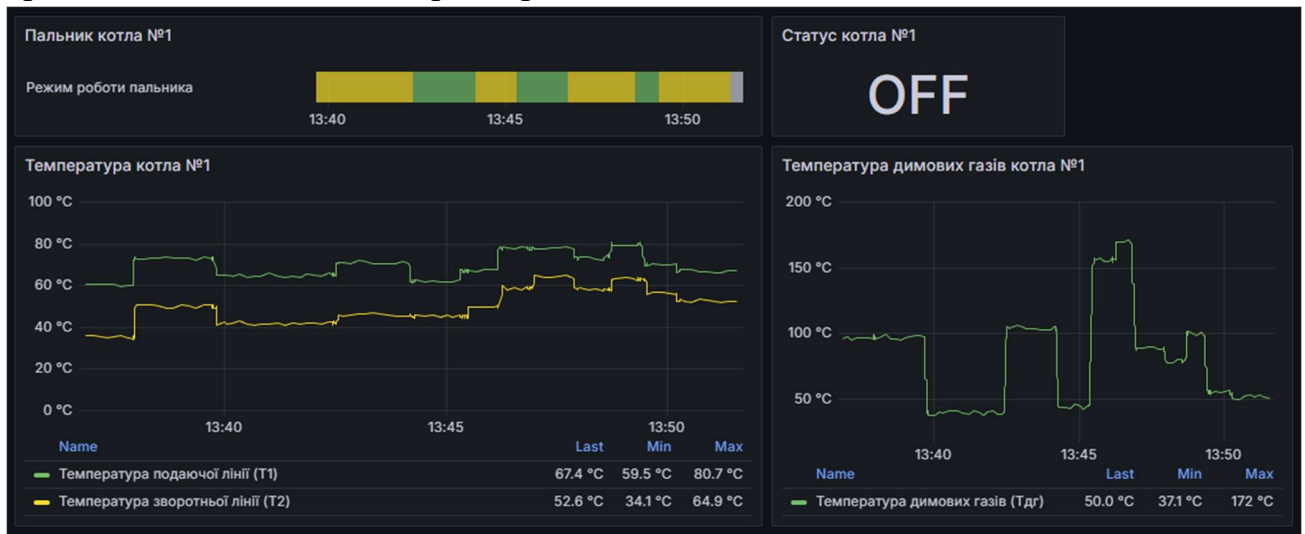


Рис. 4.5. Приклад дашборда котла №1 в Grafana

```
A (influxdb)
1 from(bucket: "boiler_data")
2   |> range(start: v.timeRangeStart, stop: v.timeRangeStop)
3   |> filter(fn: (r) => r._measurement == "boiler_room")
4   |> filter(fn: (r) => r.topic == "hotel/boiler_room/boiler1")
5   |> filter(fn: (r) =>
6     |   r._field == "t1" or
7     |   r._field == "t2"
8   )
```

Рис. 4.6. Приклад Flux-запиту для візуалізації температури котла №1

Для інших параметрів котла №1 достатньо в запиті змінити фільтр `_field` на потрібний. На дашборді котла окрім температури теплоносія відображається поточний статус (ON/OFF/IDLE/ALARM), історія статусів (State timeline), що відображається різними кольорами та температура димових газів. Аналогічно для котла №2, тільки в запиті змінити фільтрацію по топіку з `hotel/boiler_room/boiler1` на `hotel/boiler_room/boiler2`.

Інтервали відображення трендів легко змінюються в інтерфейсі Grafana від 5 хв. до 5 років.

На дашборді котельні окрім температури подаючої та зворотної магістралей можна обрати відображення температур котлів (на одному графіку). Для цього використовуються змінні дашборду (Variables).



Рис. 4.7. Дашборд загальних параметрів котельні

```

A (influxdb)
1 from(bucket: "boiler_data")
2   |> range(start: v.timeRangeStart, stop: v.timeRangeStop)
3   |> filter(fn: (r) => r._measurement == "boiler_room")
4   |> filter(fn: (r) =>
5     | r.topic =~ /^hotel\/boiler_room\/(\${boiler:regex})\/?$/
6   )
7   |> filter(fn: (r) =>
8     | r._field =~ /\^(\${field:regex})$/
9   )
10

```

Рис. 4.8. Flux-запит для відображення вибраних параметрів для вибраних котлів

Для даних з теплового пункту в запиті міняється bucket та topic. На дашборді опалювальних контурів відображаються температура теплоносія, статус та частота насоса, витрата теплоносія. Знаючи різницю температур в подаючій та зворотній лініях можна розрахувати миттєве теплове навантаження контуру.

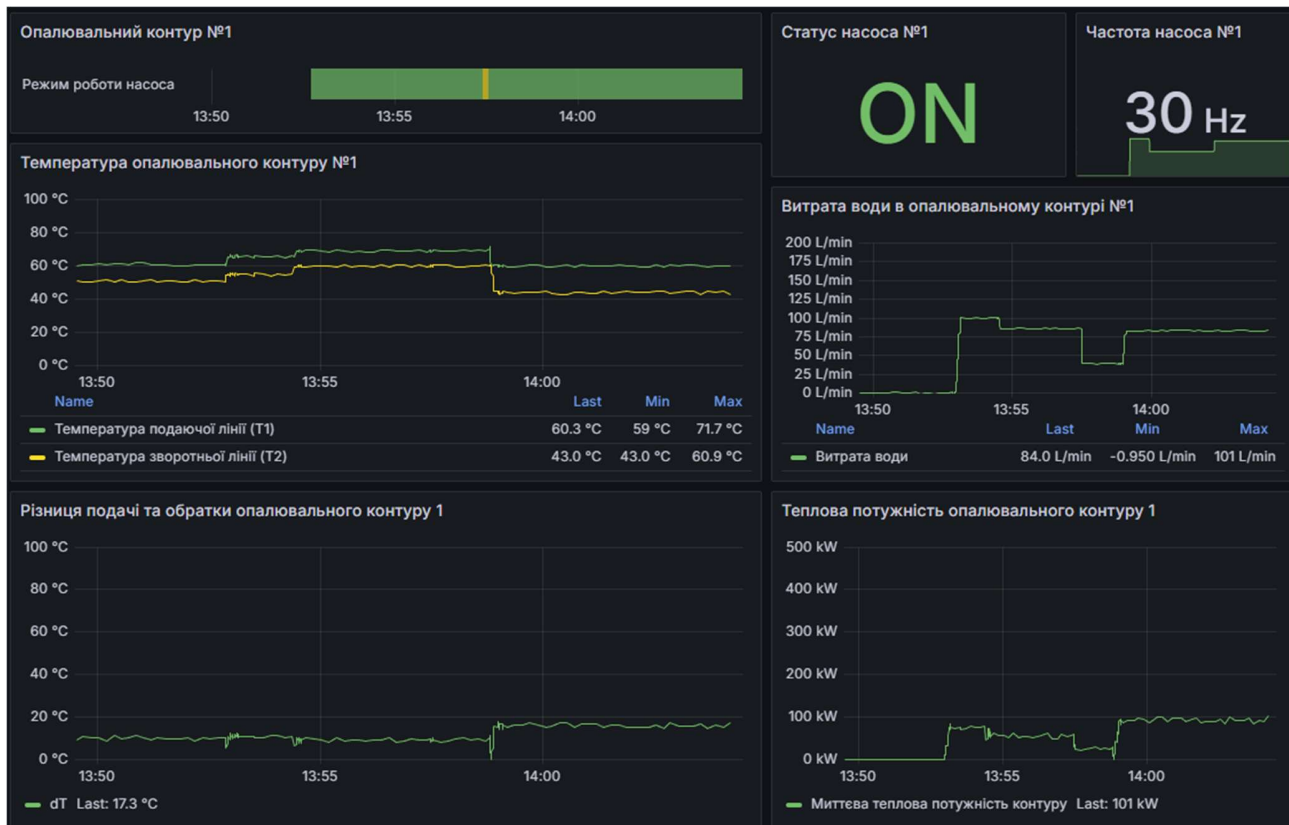


Рис. 4.9. Приклад дашборду для опалювального контуру.

```

A (influxdb)
1 from(bucket: "heating_data")
2   |> range(start: v.timeRangeStart, stop: v.timeRangeStop)
3   |> filter(fn: (r) => r._measurement == "heating")
4   |> filter(fn: (r) => r.topic == "hotel/heating/contour1")
5   |> filter(fn: (r) =>
6     | r._field == "t1" or
7     | r._field == "t2" or
8     | r._field == "flow_rate"
9   )
10  |> pivot(
11    | rowKey: ["_time"],
12    | columnKey: ["_field"],
13    | valueColumn: "_value"
14  )
15  |> map(fn: (r) => ({
16    | r with
17    |   dT: r.t1 - r.t2,
18    |   heat_kW: 0.07 * r.flow_rate * (r.t1 - r.t2)
19  }))
20  |> keep(columns: ["_time", "heat_kW"])

```

Рис. 4.10. Flux-запит на розрахунок теплового навантаження контуру

На дашборді енерговитрат відображаються миттєві потужності по контурам, загальна теплова потужність та лічильники тепла.

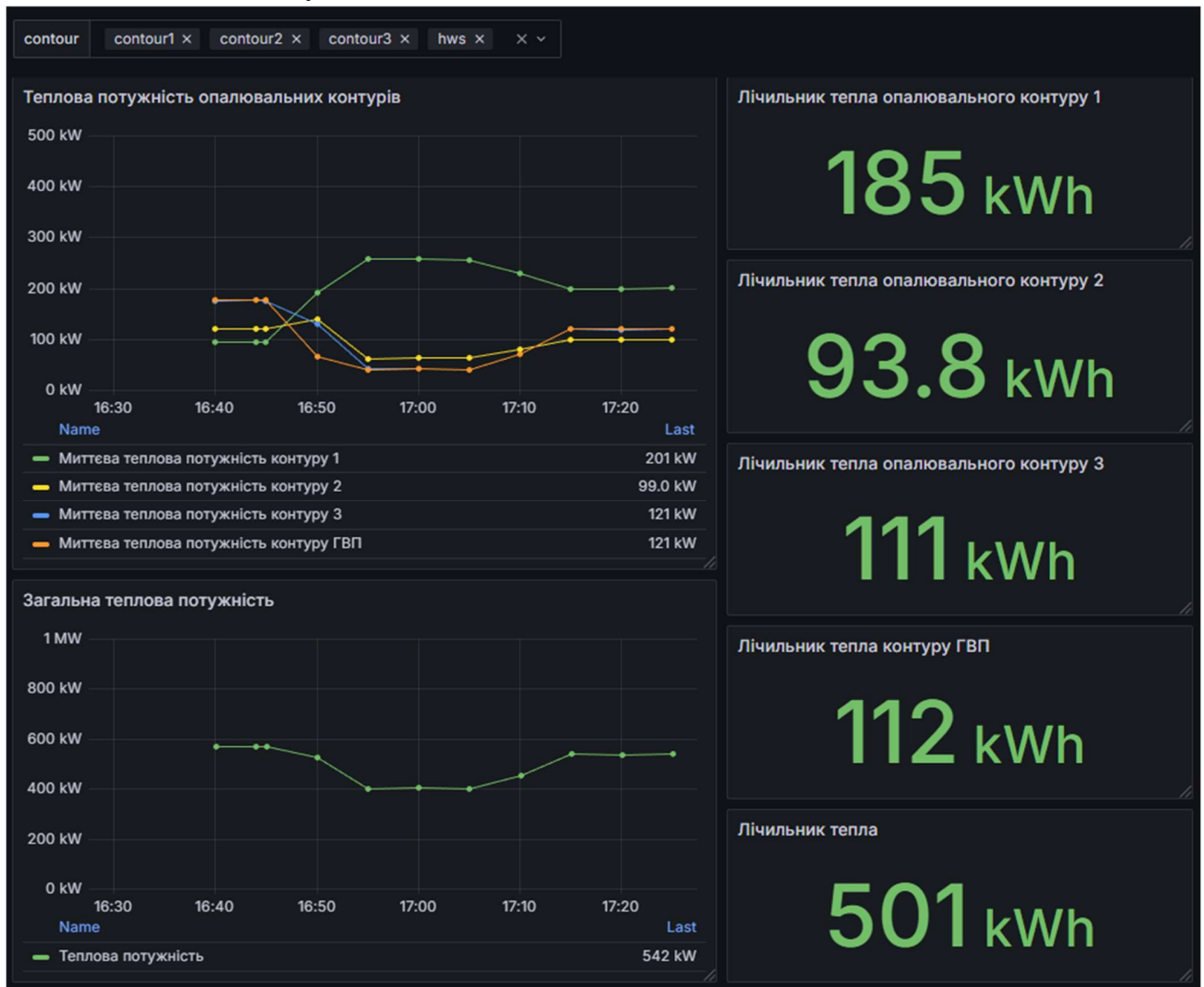


Рис. 4.11. Дашборд для обліку енерговитрат

Для побудови трендів по потужностям використано агрегацію з кроком 5 хв. (bucket heating_5m), що забезпечує достатню деталізацію для аналізу режимів роботи. Для показу споживання енергії використовується інтегрування за годину. В операторі тар реалізовано розрахунок миттєвої потужності контуру опалення за формулою $Q = c \cdot \rho \cdot G \cdot \Delta T$, коефіцієнт 0,07 враховує теплоємність c та густину води ρ , а також перерахунок одиниць вимірювання.

```
A (influxdb)
1 from(bucket: "heating_5m")
2   |> range(start: v.timeRangeStart, stop: v.timeRangeStop)
3   |> filter(fn: (r) => r._measurement == "heating")
4   |> filter(fn: (r) =>
5     r.topic == "hotel/heating/contour1" or
6     r.topic == "hotel/heating/contour2" or
7     r.topic == "hotel/heating/contour3" or
8     r.topic == "hotel/heating/hws"
9   )
10  |> filter(fn: (r) =>
11    r._field == "t1" or
12    r._field == "t2" or
13    r._field == "flow_rate"
14  )
15  |> pivot(
16    rowKey: ["_time"],
17    columnKey: ["_field"],
18    valueColumn: "_value"
19  )
20  |> map(fn: (r) => ({
21    r with
22    power_kW: 0.07 * r.flow_rate * (r.t1 - r.t2)
23  }))
24  |> keep(columns: ["_time", "_start", "_stop", "_measurement", "power_kW"])
25  |> group(columns: ["_measurement", "_start", "_stop"])
26  |> aggregateWindow(
27    every: v.windowPeriod,
28    fn: sum,
29    column: "power_kW",
30    createEmpty: false
31  )
```

Рис. 4.12. Flux-запит на сумарну енерговитрату по всім контурам.

Аварійні сигнали зберігаються в окремому bucket-і Alarms. Аварійне JSON-повідомлення:

```
{
  "object": "boiler1",
  "alarm_code": "BOILER_1_FAIL",
  "alarm_id": 101,
  "severity": "HIGH",
  "text": "Аварія котла 1",
  "active": 1,
  "timestamp": 1764771818333
}
```

Telegraf пише ці повідомлення в measurement alarm з тегами object, alarm_code, severity і полем text як string. Active зберігається як bool, щоб у Grafana була можливість фільтрувати тільки активні аварії.

Активні аварії				
Код аварії	Установка	Пріоритет	alarm_id	Аварія
BOILER_1_FAIL	boiler1	Високий	101	Аварія котла 1
CONTOUR_1_FAIL	contour1	Низький	110	Високий перепад температур ОК1
VU1_1_FAIL	vu1	Високий	112	Аварія ВУ1

Журнал аварій		
Час	Статус	Аварія
2025-12-03 16:23:38	ACTIVE	Аварія котла 1
2025-12-03 15:45:16	CLEARED	Аварія котла 1
2025-12-03 15:31:16	ACTIVE	Аварія ВУ1
2025-12-03 15:31:14	ACTIVE	Аварія ВУ1
2025-12-03 15:31:12	ACTIVE	Аварія ВУ1
2025-12-03 15:24:48	ACTIVE	Аварія котла 1
2025-12-03 15:23:52	ACTIVE	Високий перепад температур ОК1
2025-12-03 15:23:49	CLEARED	Високий перепад температур ОК1
2025-12-03 15:23:49	ACTIVE	Високий перепад температур ОК1
2025-12-03 15:01:48	CLEARED	Аварія котла 2

Рис. 4.13. Список активних аварій та журнал аварій

Активні аварії можна сортувати за часом або пріоритетом. В запиті групування по alarm_id для уникнення дублювання, щоб залишався останній стан кожної аварії.

Для забезпечення своєчасного інформування обслуговуючого персоналу про аварійні ситуації можна реалізувати два рівні сповіщень. На оперативному рівні дані про аварії обробляються з MQTT-топіка hotel/alarms/# у вузлі Node-RED, який виконує фільтрацію за важливістю, усуває дублюючі спрацювання та формує сповіщення, наприклад у Telegram або електронних листах. На аналітичному рівні аварійні події, що зберігаються в базі даних, додатково контролюються правилами оповіщення Grafana, які дозволяють виявляти як одиничні аварії, так і довготривалі відхилення технологічних параметрів.

```

A (influxdb)
1 from(bucket: "alarms")
2   |> range(start: -24h)
3   |> filter(fn: (r) => r._measurement == "alarm")
4   |> filter(fn: (r) =>
5     r._field == "active" or
6     r._field == "text" or
7     r._field == "alarm_id"
8   )
9   |> map(fn: (r) => ({ r with _value: string(v: r._value) }))
10  |> group(columns: ["object", "alarm_code", "severity", "_field"])
11  |> last()
12  |> group(columns: ["object", "alarm_code", "severity"])
13  |> pivot(
14    rowKey: ["object", "alarm_code", "severity"],
15    columnKey: ["_field"],
16    valueColumn: "_value"
17  )
18  |> filter(fn: (r) => r.active == "1")
19  |> group()
20  |> keep(columns: ["object", "alarm_code", "severity", "text", "alarm_id"])
21  |> sort(columns: ["object", "alarm_code"], desc: false)
22

```

Рис. 4.14. Флукс-запит для списку активних аварій

2. Define query and alert condition

Define query and alert condition [Need help?](#) Advanced options

influxdb Options an hour

```

1 from(bucket: "alarms")
2   |> range(start: -30d)
3   |> filter(fn: (r) => r._measurement == "alarm")
4   |> filter(fn: (r) => r._field == "active")
5   |> filter(fn: (r) => r._value >= 0.5)
6   |> group(columns: ["alarm_id", "object"])
7   |> last()
8   |> filter(fn: (r) => r.severity == "HIGH")
9   |> group(columns: [])
10  |> count(column: "_value")

```

Flux language syntax Sample query Help

Table	
Series 1	3

Alert condition

WHEN Count OF QUERY IS ABOVE 0

Series 1	1 Firing
----------	-----------------------

Preview alert rule condition

Рис. 4.15. Приклад правила оповіщення в Grafana

Висновки та рекомендації

У межах кваліфікаційної роботи було сформовано цілісну архітектуру інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу, яка поєднує досить поширені технології автоматизації будівель із сучасними IoT-рішеннями на базі MQTT, хмарної бази даних InfluxDB та візуалізацією у Grafana. Головна задача полягала в тому, щоб об'єднати різнорідні технологічні підсистеми – котельню, тепловий пункт, систему вентиляції – в єдину інформаційну структуру. Результатом стала демонстрація того, як різнорівневі технології можуть бути поєднані в єдиний інформаційний простір, здатний забезпечити більш ефективну, економічну та безпечну роботу будівлі.

У роботі показано, що на практиці таке об'єднання можливе завдяки комплексному використанню промислових протоколів BACnet/IP, Modbus, KNX та LON у поєднанні з IoT-рівнем – MQTT-InfluxDB-Grafana. Розроблена архітектура є результатом вирішення ключової інженерної проблеми: як узгодити роботу обладнання різних виробників і різних мережних технологій так, щоб дані стали доступними в реальному часі та могли бути використані для аналітики. Створена система дозволяє отримати повну картину стану інженерних підсистем в реальному часі, а не кожної з них окремо. У порівнянні з традиційними BMS-рішеннями, де функції зводяться до локального моніторингу, створена система дозволяє перейти до енергоменеджменту та оптимізації використання ресурсів. Це забезпечується завдяки побудованій структурі мережних потоків та реалізованому збору даних через IoT-шлюз.

Подібна інтеграція спрощує подальшу реалізацію таких функцій, як побудова довгострокових трендів, виявлення неефективних режимів, передбачення (уникнення) несправностей, аналіз теплових балансів тощо.

Таким чином BMS забезпечує гарантовану роботу інженерного обладнання, а IoT забезпечує масштабованість та аналітичні можливості.

З огляду на результат роботи та отриману архітектуру, доцільним є подальше масштабування системи, адже в даному проєкті було розглянуто лише деякі підсистеми, що стосуються теплотехнічного обладнання. Архітектура, створена у цій роботі, вже підтримує будь-які MQTT-сумісні пристрої та стандартизовані протоколи промислових мереж. Це дозволяє масштабувати рішення на системи електропостачання, холодопостачання, мікроклімат номерів. Фактично система може розширяться до повноцінної платформи керування будівлею.

Також варто розширити використання даних, що збираються системою, для енергетичного аналізу та прогнозування. Накопичені показники температур, навантажень, витрат теплоносія та аварійних подій можуть бути використані для

побудови моделей машинного навчання, здатних прогнозувати пікові навантаження, оцінювати втрати енергії та пропонувати оптимальні режими роботи обладнання. Це дозволить перейти до моделі «predictive control», що відповідає сучасним концепціям цифрових двійників. Крім того, агрегування трендів дозволяє виявляти ранні ознаки виходу з ладу насосів, клапанів чи датчиків, завдяки чому можна попередити деякі аварії та мінімізувати непередбачувані простой.

Список використаної літератури

Підручники та технічна література:

1. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління» денної та заочної форм навчання / Уклад.: О.М. Пупена, І.В. Ельперін, В.Г. Трегуб – К. : НУХТ, 2019.
2. Трегуб, В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навч. посіб. / В. Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2006.
3. О.М. Пупена. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. – К.: НУХТ, 2011.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид. 2-ге, виправлене. – К.: Вид. Ліра-К, 2015.
5. Hermann Merz, Thomas Hansemann, Christof Hübner. Building Automation Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet. Second Edition. Springer, 2018.
6. Siemens Building Technologies. Desigo CC: Energy Performance Monitoring: technical documentation. – Zug, Switzerland: Siemens AG, 2023.
7. Siemens Building Technologies. Desigo: Ethernet, TCP/IP, MS/TP and BACnet – Technical principles: application guide. – Zug, Switzerland: Siemens AG, 2013.
8. Siemens AG. Communication in building automation: system overview. Zug, Switzerland: Siemens AG, 2014.
9. Schneider Electric. EcoStruxure BEMS: Applications for Hotels. – Rueil-Malmaison, France: Schneider Electric SE, 2023.
10. Honeywell Building Technologies. Enterprise Buildings Integrator (EBI): System overview: product guide. – Charlotte, NC, USA: Honeywell International Inc., 2023.

Нормативні документи та стандарти:

11. ISO/IEC 14543-3:2017 Home and building electronic systems (HBES). Part 3. KNX. – Geneva : International Organization for Standardization, 2017.
12. ISO 16484-5:2017 Building automation and control systems (BACS). Part 5. Data communication protocol. – Geneva : International Organization for Standardization, 2017.
13. EN 50090-1:2011 Home and Building Electronic Systems (HBES). Part 1. General requirements. – Brussels : CENELEC, 2011.

14. EN ISO/IEC 14908-1:2014 Information technology – Control network protocol – Part 1: Protocol stack specification (LonWorks). – Brussels : CEN/CENELEC, 2014.

15. ANSI/ASHRAE Standard 135-2020 BACnet – A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks. – Atlanta : ASHRAE, 2020.

16. ISA-95.00.01-2010 Enterprise-Control System Integration. Part 1. Models and Terminology. – Research Triangle Park, NC : International Society of Automation, 2010.

17. ISA-88.00.01-2010 Batch Control. Part 1. Models and Terminology. – Research Triangle Park, NC : International Society of Automation, 2010.

18. ISA-106-2013 Procedural Automation for Continuous Process Operations. – Research Triangle Park, NC : International Society of Automation, 2013.

19. IEC 61158:2019 Industrial communication networks – Fieldbus specifications. – Geneva : International Electrotechnical Commission, 2019.

20. IEC 61784-1:2019 Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles. – Geneva : International Electrotechnical Commission, 2019.

21. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013.

22. ДБН В.2.5-56:2014 Системи електропостачання. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2014.

Документація на промислові мережі та протоколи:

23. KNX Association. KNX System Specifications. Volume 1-10 : technical documentation. – Brussels : KNX Association cvba, 2022.

24. BACnet International. BACnet Handbook. Device Profiles Guide : reference manual. – Atlanta, GA : BACnet International, 2021.

25. LonMark International. LonWorks Technology Overview and Application Guidelines : technical guide. – San Jose, CA : LonMark International, 2019.

26. Modbus Organization. Modbus Application Protocol Specification : Version 1.1b3. – North Grafton, MA : Modbus Organization, 2012.

Документація виробників обладнання:

27. Siemens Building Technologies. Desigo Automation Stations PXC4, PXC5, PXC200. Technical Manual : product documentation. – Zug, Switzerland : Siemens AG, 2020.

28. Siemens Building Technologies. PXG3.W100 / PXG3.W200. BACnet/IP Web Server – Technical Data : datasheet. – Zug, Switzerland : Siemens AG, 2019.

29. Siemens Building Technologies. TX-IO Modular I/O System. Technical Specifications : catalog. – Zug, Switzerland : Siemens AG, 2021.

30. Wilo SE. IF-Module Modbus for Wilo Pumps. Installation and Operating Instructions : manual. – Dortmund, Germany : Wilo SE, 2019.

31. Viessmann Werke GmbH & Co. KG. Vitotronic 100 / 300 Control Systems. Technical Guide : product documentation. – Allendorf, Germany : Viessmann, 2018.

32. Viessmann Werke GmbH & Co. KG. Vitogate 300. Communication Interface BACnet/LON/Modbus : technical manual. – Allendorf, Germany : Viessmann, 2019.

Документація на ПЗ, IoT та сервіси:

33. InfluxData Inc. InfluxDB OSS Documentation. Flux Query Language Reference. Електронний ресурс: <https://docs.influxdata.com>

34. Grafana Labs. Grafana Documentation. User Guide and API Reference. Електронний ресурс: <https://grafana.com/docs/>

Додаток 1. Таблиця змінних BMS-системи

AI – фізичні аналогові входи

AO – фізичні аналогові виходи

AV – уставки, коефіцієнти, трендові параметри

BI – дискретні стани

BO – дискретні команди

BV – статуси/аварії

MSV – режимні стани (multi-state value)

Змінна	Опис	№ потоку	Діапазон	Період	Зберігання на IoT-рівні
Блок В.Т1					
AI:1	Температура котлової води котла 1	13	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:2	Температура зворотної лінії котла 1	13	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:3	Температура димових газів котла 1	13	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:4	Навантаження котла 1	13	0 - 100 %	3 сек	-
BI:1	Стан пальника котла 1 (ON/OFF)	13	0 / 1	при зміні	3 роки
BI:2	Стан котлового насоса 1 (ON/OFF)	13	0 / 1	при зміні	3 роки
BI:3	Аварія котлового насоса 1	13	0 / 1	при зміні	5 років
BV:1	Аварія котла 1	13	0 / 1	при зміні	5 років
MSV:1	Режим роботи котла 1	13	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
Блок В.Т2					
AI:1	Температура котлової води котла 1	16	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AV:1	Уставка температури котлової води котла 1	16	5 - 100 °С	при зміні	-
Блок В.Т3					
AI:5	Температура котлової води котла 2	14	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:6	Температура зворотної лінії котла 2	14	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:7	Температура димових газів котла 2	14	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:8	Навантаження котла 2	14	0 - 100 %	3 сек	-
BI:4	Стан пальника котла 2 (ON/OFF)	14	0 / 1	при зміні	3 роки
BI:5	Стан котлового насоса 2 (ON/OFF)	14	0 / 1	при зміні	3 роки

BI:6	Аварія котлового насоса 2	14	0 / 1	при зміні	5 років
BV:2	Аварія котла 2	14	0 / 1	при зміні	5 років
MSV:2	Режим роботи котла 2	14	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
Блок В.Т4					
AI:5	Температура котлової води котла 2	17	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AV:2	Уставка температури котлової води котла 2	17	5 - 100 °С	при зміні	-
Блок В.Т5					
AI:8	Температура зовнішнього повітря	15	0 - 100 °С	1 хв	3 роки
AI:9	Температура подаючої магістралі	15	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AV:3	Уставка температури приміщення	15	5 - 35 °С	при зміні	-
AV:4	Нахил кривої опалення	15	0 - 2	при зміні	-
AV:5	Зміщення кривої опалення	15	-10 ... +10	при зміні	-
AV:6	Уставка мін. температури подачі	15	20 - 100 °С	при зміні	-
AV:7	Уставка макс. температури подачі	15	20 - 100 °С	при зміні	-
BV:3	Аварія каскадного контролера	15	0 / 1	при зміні	5 років
MSV:3	Режим роботи каскаду	15	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
Блок ТР.Т1					
AI:20	Температура подачі ОК1	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:21	Температура зворотки ОК1	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:22	Температура подачі ОК2	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:23	Температура зворотки ОК2	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:24	Температура подачі на нагрів ГВП	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:25	Температура зворотки на нагрів ГВП	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:26	Температура подачі прямого контуру	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:27	Температура зворотки прямого контуру	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:28	Температура бака ГВП	4	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:29	Тиск в системі	4	0-10 бар	3 сек	3 роки
АО:20	Керування 3-ходовим клапаном ОК1	4	0-10 В	-	-
АО:21	Керування 3-ходовим клапаном ОК2	4	0-10 В	-	-

AO:22	Керування 3-ходовим клапаном контуру ГВП	4	0-10 В	-	-
AV:20	Уставка температури ОК1	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:21	Уставка температури ЕСО для ОК1	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:22	Уставка мін. температури ОК1	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:23	Уставка макс. температури ОК1	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:24	Нахил кривої опалення ОК1	4	0 - 2	при зміні	-
AV:25	Зміщення кривої опалення ОК1	4	-10 - +10	при зміні	-
AV:26	Уставка температури ОК2	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:27	Уставка температури ЕСО для ОК2	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:28	Уставка мін. температури ОК2	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:29	Уставка макс. температури ОК2	4	5 - 90 °С	при зміні	-
AV:30	Нахил кривої опалення ОК2	4	0 - 2	при зміні	-
AV:31	Зміщення кривої опалення ОК2	4	-10 - +10	при зміні	-
AV:32	Уставка температури ГВП	4	5 - 65 °С	при зміні	-
BI:20	Стан насоса ОК1	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BI:21	Стан насоса ОК2	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BI:22	Стан насоса контура ГВП	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BI:23	Стан насоса прямого контура	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BO:20	Пуск насоса ОК1	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BO:21	Пуск насоса ОК2	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BO:22	Пуск насоса нагріву ГВП	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BO:23	Пуск насоса прямого контуру	4	0 / 1	при зміні	3 роки
BV:20	Аварія ОК1	4	0 / 1	при зміні	5 років
BV:21	Аварія ОК2	4	0 / 1	при зміні	5 років
BV:22	Аварія ГВП	4	0 / 1	при зміні	5 років
BV:23	Аварія прямого контуру	4	0 / 1	при зміні	5 років
MSV:20	Режим роботи ОК1	4	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
MSV:21	Режим роботи ОК2	4	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
MSV:22	Режим роботи ГВП	4	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
MSV:23	Режим роботи прямого контуру	4	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки

Блок ТР.Т2					
AI:30	Частота насоса ОК1	5	0-50 Гц	3 сек	3 роки
AI:31	Напір на насосі ОК1	5	0-50 м	3 сек	3 роки
AI:32	Потужність насоса ОК1	5	0-3 кВт	3 сек	3 роки
AI:33	Витрата на насосі ОК1	5	0-50 м3	3 сек	3 роки
AV:33	Уставка частоти насоса ОК1	5	20-50 Гц	при зміні	3 роки
Блок ТР.Т3					
AI:34	Частота насоса ОК2	6	0-50 Гц	3 сек	3 роки
AI:35	Напір на насосі ОК2	6	0-50 м	3 сек	3 роки
AI:36	Потужність насоса ОК2	6	0-3 кВт	3 сек	3 роки
AI:37	Витрата на насосі ОК2	6	0-50 м3	3 сек	3 роки
AV:34	Уставка частоти насоса ОК2	6	20-50 Гц	при зміні	3 роки
Блок ТР.Т4					
AI:38	Частота насоса ГВП	7	0-50 Гц	3 сек	3 роки
AI:39	Напір на насосі ГВП	7	0-50 м	3 сек	3 роки
AI:40	Потужність насоса ГВП	7	0-3 кВт	3 сек	3 роки
AI:41	Витрата на насосі ГВП	7	0-50 м3	3 сек	3 роки
AV:35	Уставка частоти насоса ГВП	7	20-50 Гц	при зміні	3 роки
Блок ТР.Т5					
AI:42	Витрата теплоносія на прямому контурі	8	0-50 м3	3 сек	3 роки
Блок VU.Т1					
AI:60	Температура припливного повітря ВУ1	9	-20 - +40 °С	3 сек	3 роки
AI:61	Температура витяжного повітря ВУ1	9	-20 - +40 °С	3 сек	3 роки
AI:62	Температура калорифера ВУ1	9	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:63	Частота припливного вентилятора ВУ1	9	0-50 Гц	3 сек	3 роки
AI:64	Частота витяжного вентилятора ВУ1	9	0-50 Гц	3 сек	3 роки
AO:60	Клапан калорифера ВУ1	9	0-10 В	3 сек	-
AV:60	Уставка частоти припливного вентилятора ВУ1	9	20-50 Гц	при зміні	-
AV:61	Уставка частоти витяжного вентилятора ВУ1	9	20-50 Гц	при зміні	-
VI:60	Стан фільтра ВУ1	9	0 / 1	при зміні	3 роки
VI:61	Термостат ВУ1	9	0 / 1	при зміні	3 роки
VO:60	Пуск припливного вентилятора ВУ1	9	0 / 1	при зміні	3 роки
VO:61	Пуск витяжного вентилятора ВУ1	9	0 / 1	при зміні	3 роки
VO:62	Управління заслінкою ВУ1	9	0-100 %	-	-
BV:60	Аварія ВУ1	9	0 / 1	при зміні	5 років

MSV:60	Режим роботи ВУ1	9	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
Блок VU.T2					
AI:65	Температура припливного повітря ВУ1	10	-20 - +40 °С	3 сек	3 роки
AI:66	Температура витяжного повітря ВУ1	10	-20 - +40 °С	3 сек	3 роки
AI:67	Температура калорифера ВУ1	10	0 - 100 °С	3 сек	3 роки
AI:68	Частота припливного вентилятора ВУ1	10	0-50 Гц	3 сек	3 роки
AI:69	Частота витяжного вентилятора ВУ1	10	0-50 Гц	3 сек	3 роки
AO:62	Клапан калорифера ВУ1	10	0-10 В	3 сек	-
AO:63	Уставка частоти припливного вентилятора ВУ1	10	20-50 Гц	при зміні	-
AO:64	Уставка частоти витяжного вентилятора ВУ1	10	20-50 Гц	при зміні	-
VI:62	Стан фільтра ВУ1	10	0 / 1	при зміні	3 роки
VI:63	Термостат ВУ1	10	0 / 1	при зміні	3 роки
VO:63	Пуск припливного вентилятора ВУ1	10	0 / 1	при зміні	3 роки
VO:64	Пуск витяжного вентилятора ВУ1	10	0 / 1	при зміні	3 роки
VO:65	Управління заслінкою ВУ1	10	0-100 %	-	-
BV:61	Аварія ВУ1	10	0 / 1	при зміні	5 років
MSV:61	Режим роботи ВУ1	10	1–Авто / 2–Стоп / 3–Ручний	при зміні	3 роки
Блок VU.T3					
AI:70	Температура приміщення	11	0-40 °С	1 хв	3 роки
Блок VU.T4					
VI:70	Присутність в приміщенні	12	0 / 1	при зміні	3 роки

Додаток 2. Специфікація засобів автоматизації

Позначення	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка	Завод виробник	Од. виміру	Кількість	Примітка
TE 1a, TE 2a, TE 3a, TE 4a, TE 5a, TE 6a, TE 7a, TE 8a, TE 9a	Термоперетворювач опору Pt1000, довжина занурювального елемента 100мм, діапазон вимірювань -30°C...+130°C, двохпровідна схема підключення	QAE2112.010	Siemens	шт.	9	Температура подаючої та зворотної магістралей опалювальних контурів, температура в баці ГВП
PO1, PO2, PO3	Електропривод поворотний, модульований, живлення AC/DC 24V, керування 0-10 В, потужність 5 ВА, кут повороту 90°	NR24A-SR	Belimo	шт.	3	Регулювання температури в опалювальних контурах
M1, M2, M3	Циркуляційний насос з частотним перетворювачем, живлення 220 В, Dn 65, Pn 16, макс. витрата 65 м3/год	Stratos Maxo 65/1-12	Wilo	шт.	3	Циркуляція в регульованих опалювальних контурах
M4	Циркуляційний насос, живлення 220 В, Dn 65, Pn 16, макс. витрата 80 м3/год	TOP-D 65/15	Wilo	шт.	1	Циркуляція в прямому контурі на вентиляцію
IF-module	Інтерфейсний модуль для насосів Wilo Stratos, інтерфейс Modbus RTU	IF-module Stratos RS485	Wilo	шт.	3	Керування частотними перетворювачами по Modbus
PXC4	Програмований контролер автоматизації HVAC, серія Desigo, інтерфейс BACnet/IP, 12 універсальних входів/виходів + 4 дискретних виходи, живлення AC/DC 24V	PXC4.M16	Siemens	шт.	1	Керування ІТП
PXC200	Комунікаційний контролер, інтерфейси: BACnet/IP, Modbus, M-bus, живлення AC/DC 24V	PXC200-E.D.	Siemens	шт.	1	Збір даних та керування частотними перетворювачами насосів
TXI2.OPEN	Модуль розширення RS-485 для комунікаційного контролера	TXI2.OPEN	Siemens	шт.	1	
PXC001	Комунікаційний контролер, інтерфейси: BACnet/IP, KNX, живлення AC/DC 24V	PXC001-E.D.	Siemens	шт.	1	Інтеграція мережі KNX у BACnet/IP
Vitogate 300, V300	Комунікаційний шлюз, інтерфейси: BACnet/IP, LON, живлення 220 В	Vitogate 300	Viessmann	шт.	1	Інтеграція мережі LON котельні у BACnet/IP
PXG3	Станція автоматизації, BMS-сервер, Web-HMI, Web-API.	PXG3.W200	Siemens	шт.	1	Збір даних з усіх мереж, комунікація між контролерами

Додаток 3. Файл конфігурації telegraf.conf

```
# =====  
# INPUTS: MQTT  
# =====  
[[inputs.mqtt_consumer]]  
name_override = "boiler_room"  
servers = ["tcp://test.mosquitto.org:1883"]  
topics = ["hotel/boiler_room/#"]  
qos = 0  
connection_timeout = "30s"  
data_format = "json"  
topic_tag = "topic"  
  
[[inputs.mqtt_consumer]]  
name_override = "heating"  
servers = ["tcp://test.mosquitto.org:1883"]  
topics = ["hotel/heating/#"]  
qos = 0  
connection_timeout = "30s"  
data_format = "json"  
topic_tag = "topic"  
  
[[inputs.mqtt_consumer]]  
name_override = "vent"  
servers = ["tcp://test.mosquitto.org:1883"]  
topics = ["hotel/vent/#"]  
qos = 0  
connection_timeout = "30s"  
data_format = "json"  
topic_tag = "topic"  
  
[[inputs.mqtt_consumer]]  
name_override = "alarm"  
servers = ["tcp://test.mosquitto.org:1883"]  
topics = ["hotel/alarms/#"]  
qos = 0  
connection_timeout = "30s"  
data_format = "json"  
topic_tag = "topic"  
tag_keys = ["object", "alarm_code", "severity"]  
json_string_fields = ["text"]
```

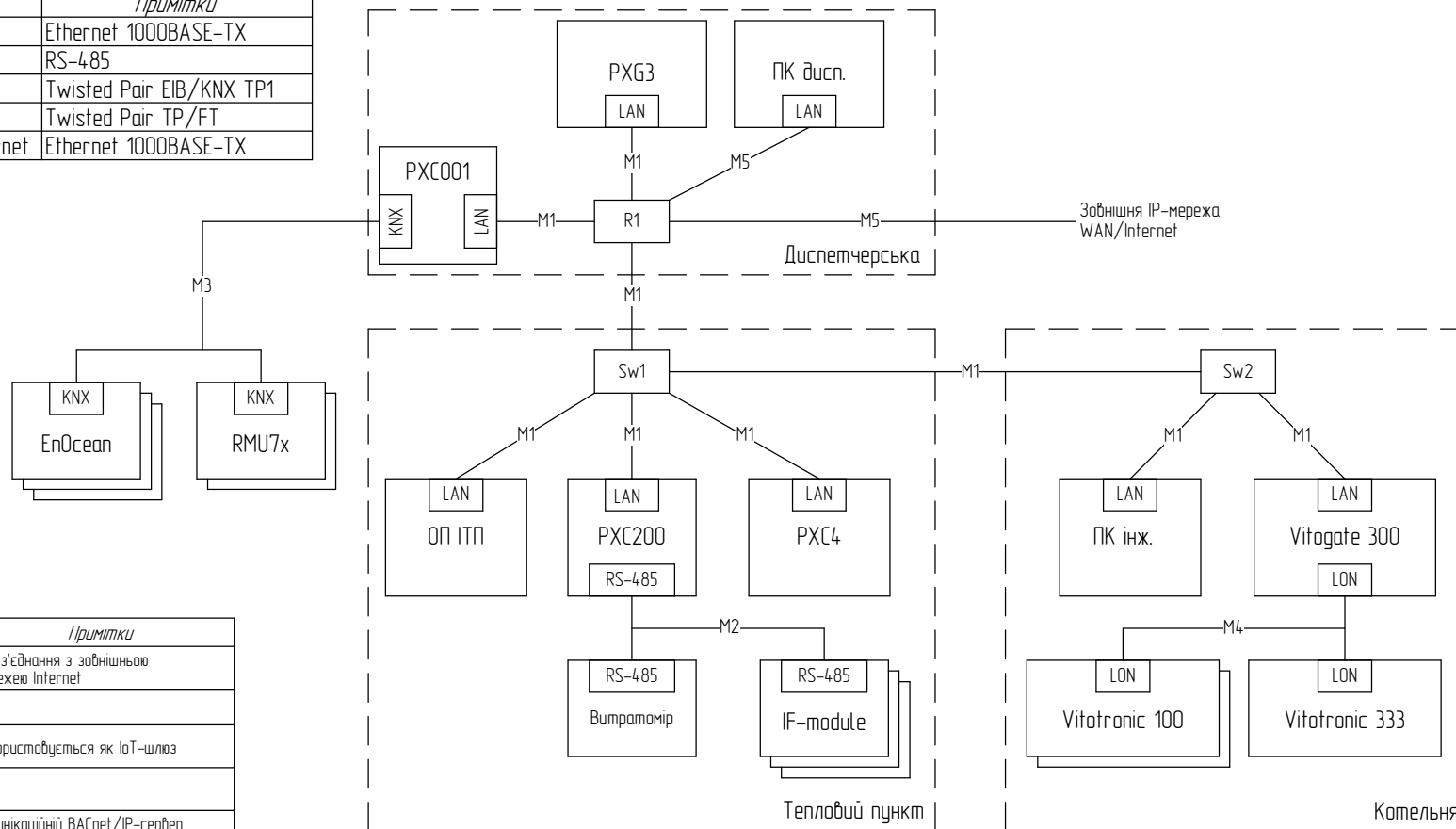
```
# =====
# OUTPUT: InfluxDB v2
# =====
# ---- котельня ----
[[outputs.influxdb_v2]]
  urls = ["http://localhost:8086"]
  token = "*api_token*"
  organization = "hotel"
  bucket = "boiler_data"
  tagexclude = ["bucket"]
  namepass = ["boiler_room"]

# ---- тепловий пункт ----
[[outputs.influxdb_v2]]
  urls = ["http://localhost:8086"]
  token = "*api_token*"
  organization = "hotel"
  bucket = "heating_data"
  namepass = ["heating"]

# ---- вентиляція ----
[[outputs.influxdb_v2]]
  urls = ["http://localhost:8086"]
  token = "*api_token*"
  organization = "hotel"
  bucket = "ventilation_data"
  namepass = ["vent"]

# ---- аварії ----
[[outputs.influxdb_v2]]
  urls = ["http://localhost:8086"]
  token = "*api_token*"
  organization = "hotel"
  bucket = "alarms"
  tagexclude = ["bucket"]
  namepass = ["alarm"]
```

Позначення	Найменування	Примітки
M1	мережа BACnet/IP	Ethernet 1000BASE-TX
M2	мережа Modbus RTU	RS-485
M3	мережа KNX-TP	Twisted Pair EIB/KNX TP1
M4	мережа LON	Twisted Pair TP/FT
M5	зовнішня IP-мережа/Internet	Ethernet 1000BASE-TX



Позначення	Найменування	Примітки
R1	Маршрутизатор	для з'єднання з зовнішньою мережею Internet
Sw1,Sw2	Ethernet-комутатор	
ПК дисп.	Мікрокомп'ютер Raspberri Pi	використовується як IoT-шлюз
ПК інж.	АРМ головного інженера на базі комп'ютера	
PXC3	Siemens Desigo PXC3.W200	комунікаційний BACnet/IP-сервер для BMS-доступу та Web-HMI
PXC001	Siemens Desigo PXC001-E.D.	комунікаційний контролер для інтеграції мережі KNX у мережу BACnet/IP
PXC200	Siemens Desigo PXC200-E.D.	комунікаційний контролер для інтеграції мережі Modbus RTU у мережу BACnet/IP
PXC4	Siemens Desigo PXC4	контролер для керування тепловим пунктом (BACnet/IP)
RMU7x	Siemens Synco RMU730B	контролери для керування вентиляційною системою (KNX)
OP ITP	Siemens TP1200 Comfort	операторська панель в тепловому пункті (BACnet IP)
EnOcean	Siemens RXZ97.1/KNX	шлюз EnOcean/KNX - приймач для бездротових датчиків температури приміщення
Vitagate 300	Viessmann Vitagate 300	комунікаційний контролер для інтеграції мережі LON у мережу BACnet/IP
Vitotronic 333	Viessmann Vitotronic 333	каскадний контролер для керування котлами по мережі LON
Vitotronic 100	Viessmann Vitotronic 100	котловий контролер
IF-module	Wilo IF-module	Modbus-модулі для насосів з частотними перетворювачами Wilo Stratos

	№ докум.	Підпис	Дата
Розробник	Козирєв О.О.		15.10.25
Керівник	Пупена О.М.		
Зав.кафедри	Смітюх Я.В.		

*Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра
Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"
освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"*

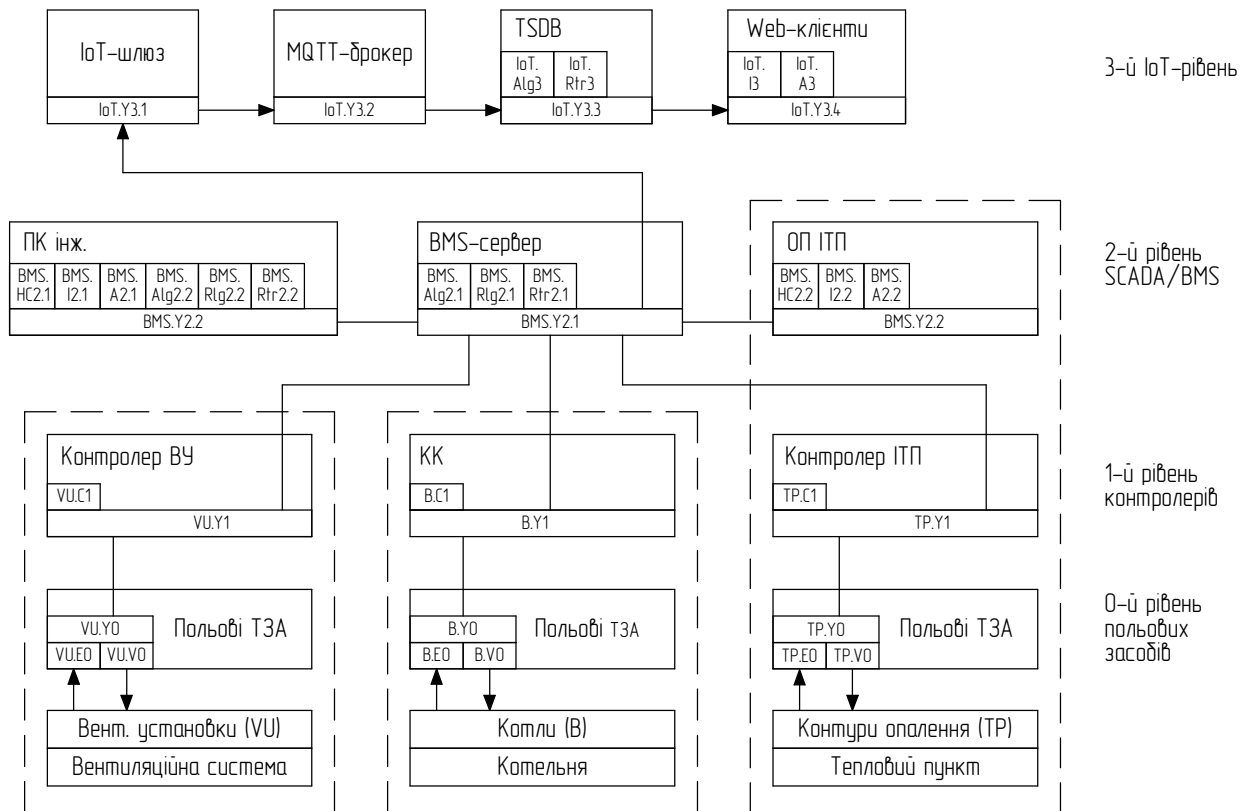
Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу

Структурна схема КТС (С1)

Аркуш Аркушів

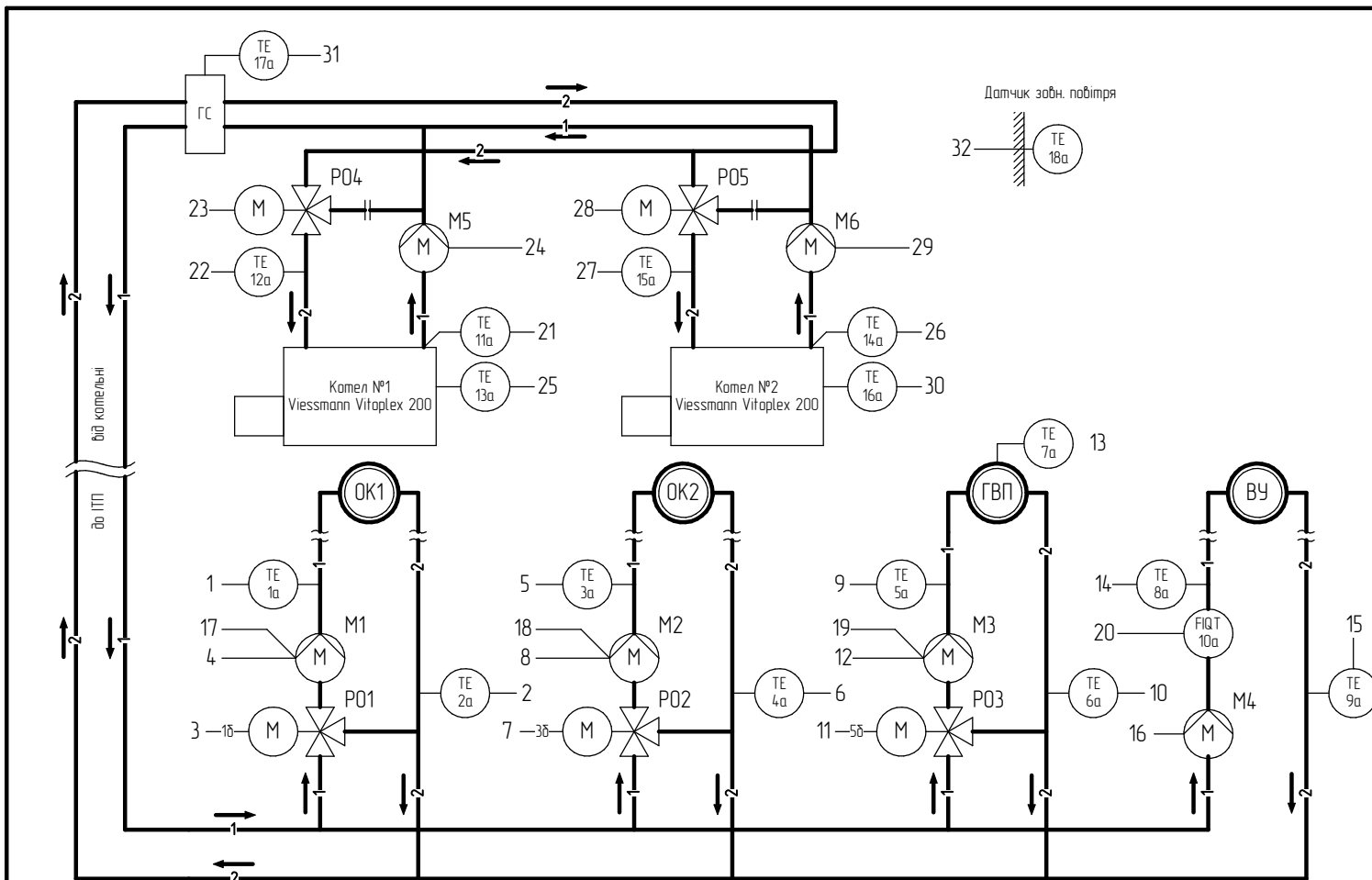
1 10

НУХТ АК-2-1М



Позначення	Найменування
Польові ТЗА	технічні засоби автоматизації на польовому рівні
KK	каскадний контролер для керування котлами
Контролер ІТП	контролер індивідуального теплового пункту
Контролер ВУ	контролер вентиляційних установок
ОП ІТП	операторська панель теплового пункту
ПК інж.	автоматизоване робоче місце (АРМ) головного інженера
IoT-шлюз	пристрій передачі даних на рівень IoT на базі Raspberry Pi з Node-RED
Шлюз BMS	комунікаційний сервер для BMS-доступу, Web-HMI та короткострокових трендів та аварій
MQTT-брокер	брокер обміну повідомленнями (MQTT)
TSDB	аналітична база часових рядів, довгострокові тренди та аварії
Web-клієнти	дашборди, аналітика
V.EO, TP.EO, VU.EO	вимірвальне перетворення
V.VO, TP.VO, VU.VO	управління технологічним обладнанням та виконавчими механізмами
V.YO, TP.YO, VU.YO	перетворення та обробка інформації на польовому рівні, інтерфейсні зв'язки
B.Y1, TP.Y1, VU.Y1	перетворення та обробка інформації на рівні контролерів, інтерфейсні зв'язки
B.C1, TP.C1, VU.C1	автоматизоване регулювання, управління технологічними параметрами, дискретне управління
BMS.Y2.1, BMS.Y2.2	збір та обробка інформації на рівні SCADA/BMS, інтерфейсні зв'язки
BMS.HC2.1, BMS.HC2.2	дистанційне управління підсистемами, коригування завдання для контролерів, налаштування регуляторів
BMS.I2.1, BMS.I2.2	відображення для контролю за технологічними параметрами
BMS.A2.1, BMS.A2.2	контроль стану обладнання, сигналізація
BMS.Alg2.1, BMS.Alg2.2	ведення короткострокового журналу подій та аварій
BMS.Rtr2.1, BMS.Rtr2.2	ведення короткострокових трендових архівів технологічних параметрів системи
BMS.Rlg2.1, BMS.Rlg2.2	ведення журналу повідомлень
IoT.Y3.1	збір даних від BMS та перетворення на MQTT-повідомлення на IoT-рівні
IoT.Y3.2, IoT.Y3.3	передача MQTT-повідомлень у TSDB
IoT.Alg3, IoT.Rtr3	довгострокове архівування параметрів, трендів та подій на хмарній IoT-платформі
IoT.Y3.4	передача даних до веб-клієнтів
IoT.I3, IoT.A3	візуалізація даних про теплові баланси, навантаження, споживання та аварії у дашбордах

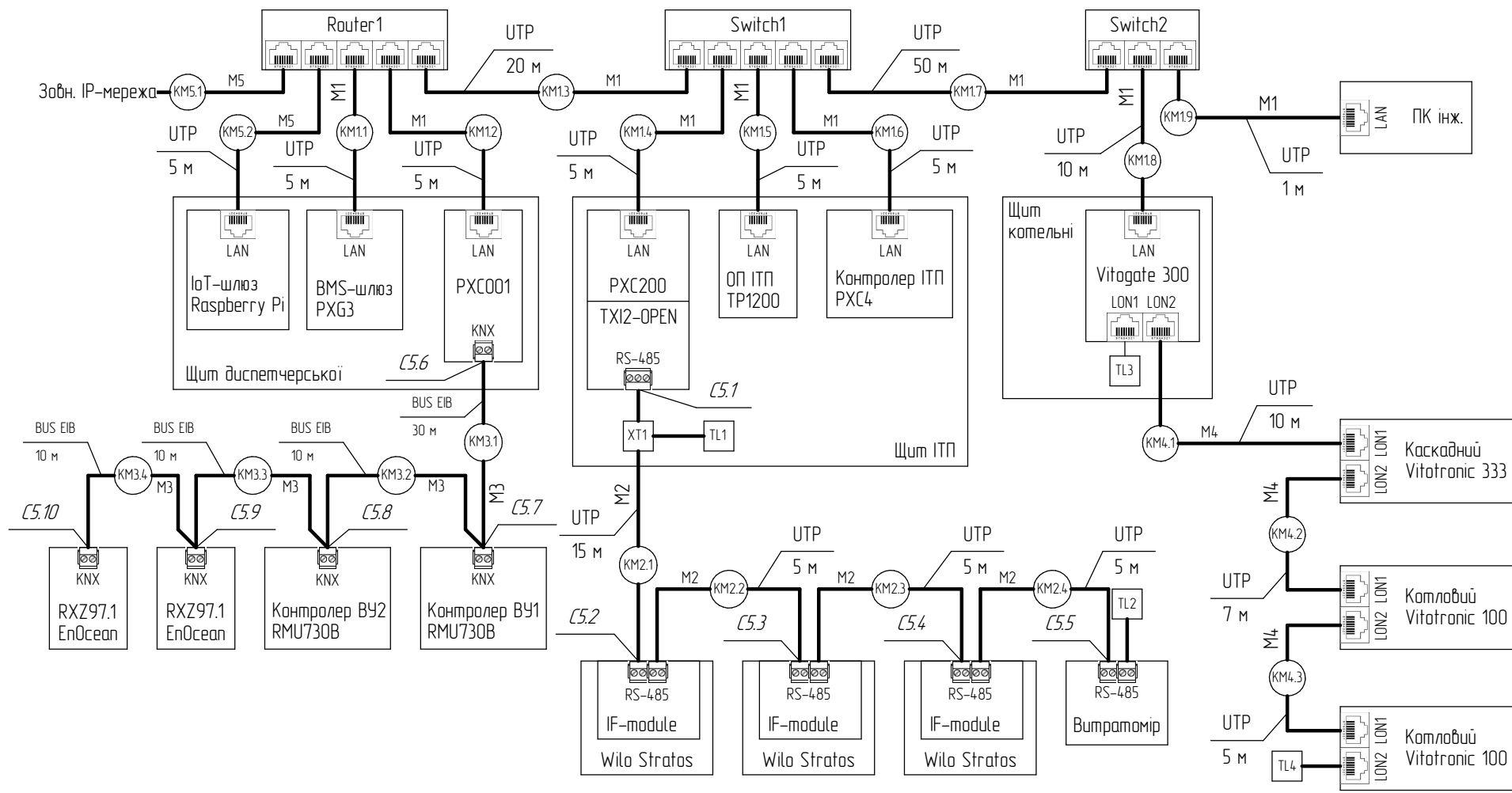
				Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра		
				Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"		
				освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"		
					Аркуш	Аркушів
	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу	2	10
Розробник	Козирев О.О.		20.10.25			
Керівник	Пупена О.М.					
Зав.кафедри	Смітюх Я.В.					
				Схема функціональної структури (С2)		НУХТ АК-2-1М



Позначення	Найменування	Примітка
	трубопровід теплоносія подавчої лінії	
	трубопровід теплоносія зворотньої лінії	
M1, M2	насоси опалення 1 та 2 поверхів (з частотними перетворювачами)	Wilo Stratos (ЧП + IF-module)
M3	насос гріючого контуру ГВП	Wilo Stratos (ЧП + IF-module)
M4	насос на потреби вентиляції	Wilo Stratos (ЧП + IF-module)
M5, M6	котлові насоси	Wilo Stratos
P01, P02, P03	триходові змішувальні клапани з електроприводами для опалювальних контурів	Belimo GR24A-SR 0...10V
P04, P05	котлові триходові змішувальні клапани з електроприводами	Siemens SQM10 220V~
OK1, OK2	опалювальні контури 1 та 2 поверху	
ГВП	система гарячого водопостачання	
ВУ	вентиляційні установки	
ГС	гідролічна стрілка	
PXC4	контролер керування ІТП	Siemens PXC4
PXC200	комунікаційний контролер Modbus RTU – BACnet/IP	Siemens PXC200
IF-module	комунікаційний модуль Modbus RTU для насосів Wilo	
V100	котловий контролер	Viessmann Vitotronic 100
V333	каскадний контролер керування котлами	Viessmann Vitotronic 333
V300	шлюз LON – BACnet/IP	Viessmann Vitagate 300
PXG3	BMS-сервер (BACnet/IP)	Siemens PXG3
ПК інж.	персональний комп'ютер на робочому місці головного інженера	
IoT-шлюз	мікрокомп'ютер для передачі даних на IoT-рівень	Raspberry PI4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Прилади по місцю	60°C	40°C	0...10V	ON/OFF	60°C	40°C	0...10V	ON/OFF	65°C	45°C	0...10V	ON/OFF	55°C	75°C	55°C	ON/OFF					80°C	60°C	220V~	220V~	180°C	80°C	60°C	220V~	220V~	180°C	75°C	10°C
PXC4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
PXG3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
ПК інж.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
IoT-шлюз	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

				Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра	
				Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"	
				освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"	
	№ док.м.	Підпис	Дата	Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу	Аркуш
Розробник	Козирєв О.О.		01.11.25		3
Керівник	Лутена О.М.				10
Заб.кафедри	Смітюх Я.В.				
				Схема автоматизації (СЗ)	
				НУХТ АК-2-1М	



Позначення	Опис
KM1.x	кабель мережі BACnet/IP (M1) SF/UTP ETHERLINE H Flex CAT.5e 4x2xAWG 26/7
KM2.x	кабель мережі Modbus RTU (M2) SF/UTP ETHERLINE H Flex CAT.5e 4x2xAWG 26/7
KM3.x	кабель мережі KNX TP (M3) UNITRONIC BUS EIB 2x2x0,8
KM4.x	кабель мережі LON (M4) F/UTP CAT.5e CABLE 4x2xAWG26
KM5.x	кабель зовнішньої IP-мережі (M5) SF/UTP ETHERLINE H Flex CAT.5e 4x2xAWG 26/7
XT1	клемна колодка
TLx	термінальний опір

	№ докум.	Підпис	Дата
Розробник	Козирєв О.О.		10.11.25
Керівник	Пулєна О.М.		
Зав.кафедри	Смітюх Я.В.		

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра
Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"
освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"

Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу	Аркуш	Аркушів
	4	10

Схема з'єднань проводок промислових мереж (С4)

НУХТ АК-2-1М

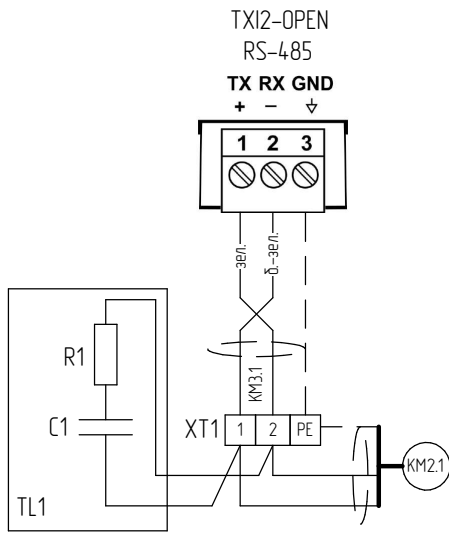


Схема підключення С5.1 до XT1

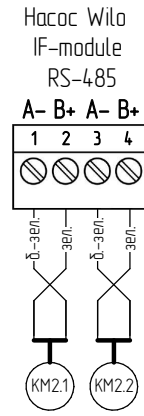


Схема підключення С5.2
(С5.3, С5.4, С5.5 – аналогічно)

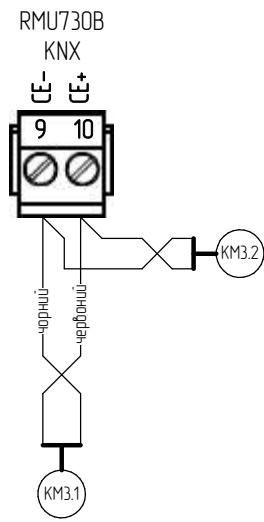
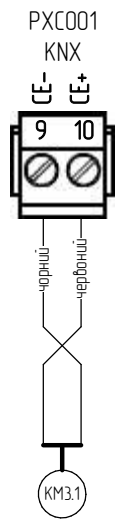
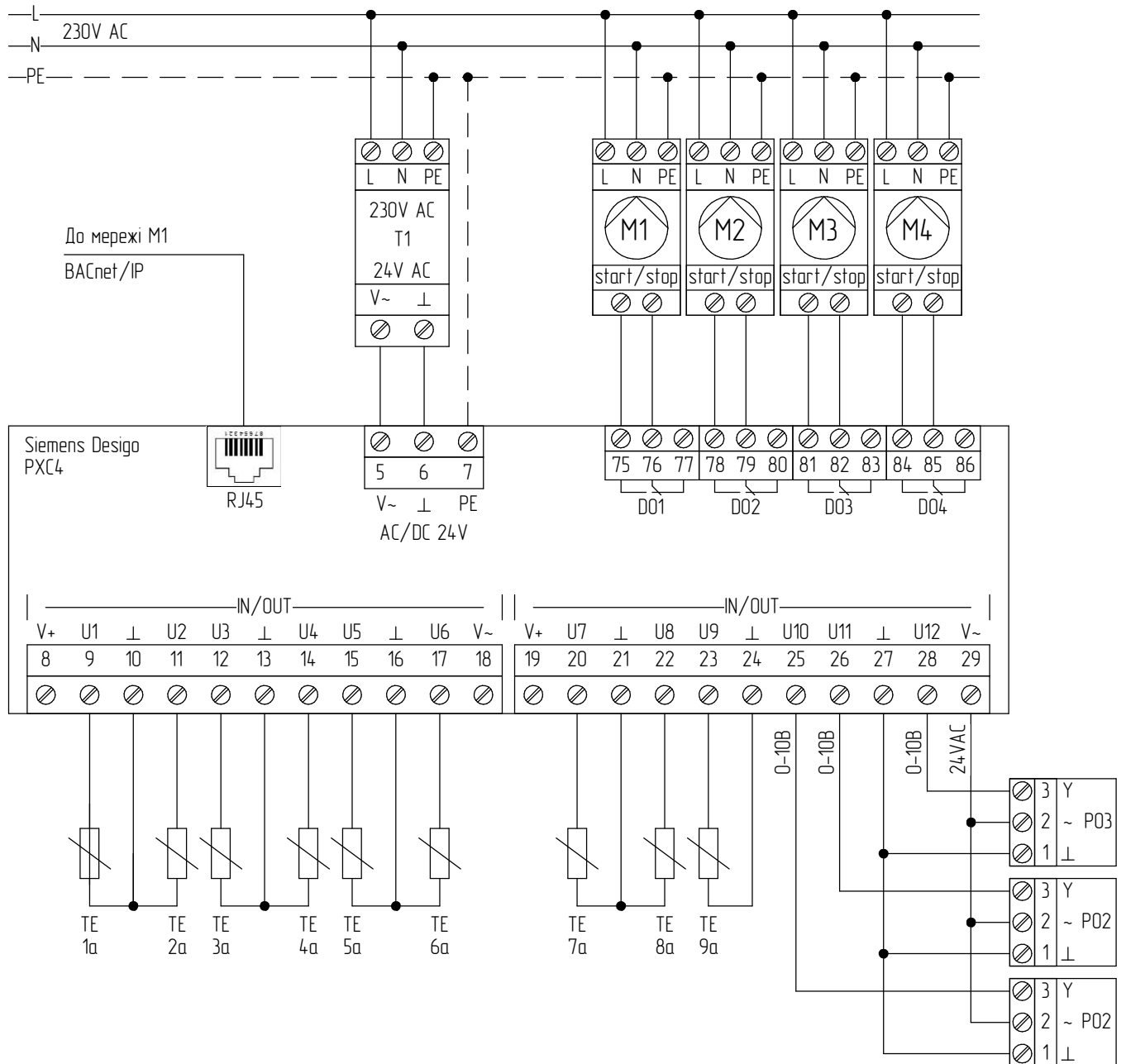


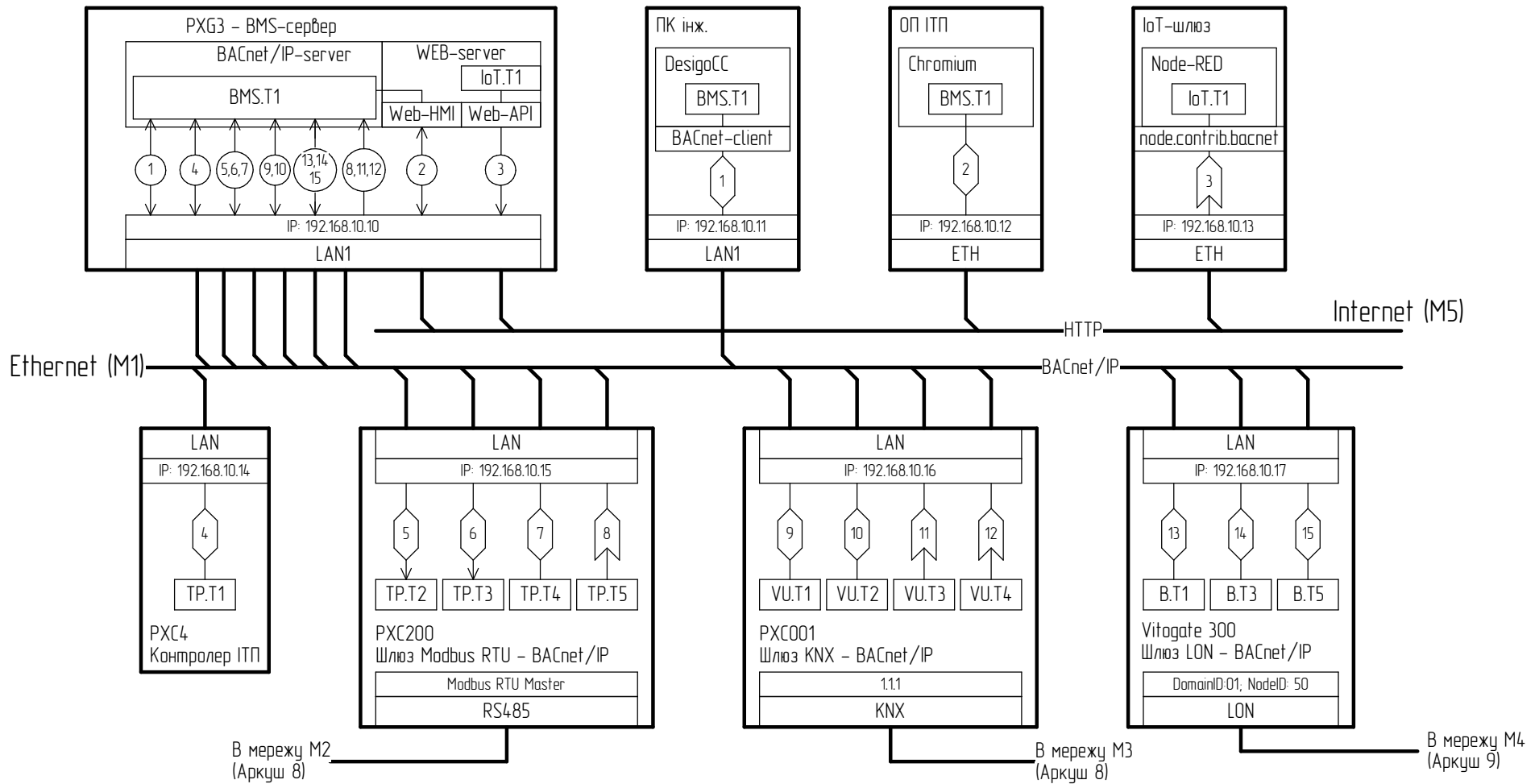
Схема підключення С5.6 та С5.7
(С5.8, С5.9, С5.10 – аналогічно)

					Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"		
						Аркуш	Аркушів
	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу		5	10
Розробник	Козирев О.О.		11.11.25				
Керівник	Пулєна О.М.						
Зав.кафедри	Смітюх Я.В.						
				Схема підключень проводок промислових мереж (С5)	НУХТ АК-2-1М		



					<i>Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра</i> Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"			
						Аркуш	Аркушів	
	№ докum.	Підпис	Дата	Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу			6	10
Розробник	Козирев О.О.		15.11.25					
Керівник	Пулена О.М.							
Зав.кафедри	Смітюх Я.В.							
				Схема електрична принципова контурів вимірювання (С6)			НУХТ АК-2-1М	

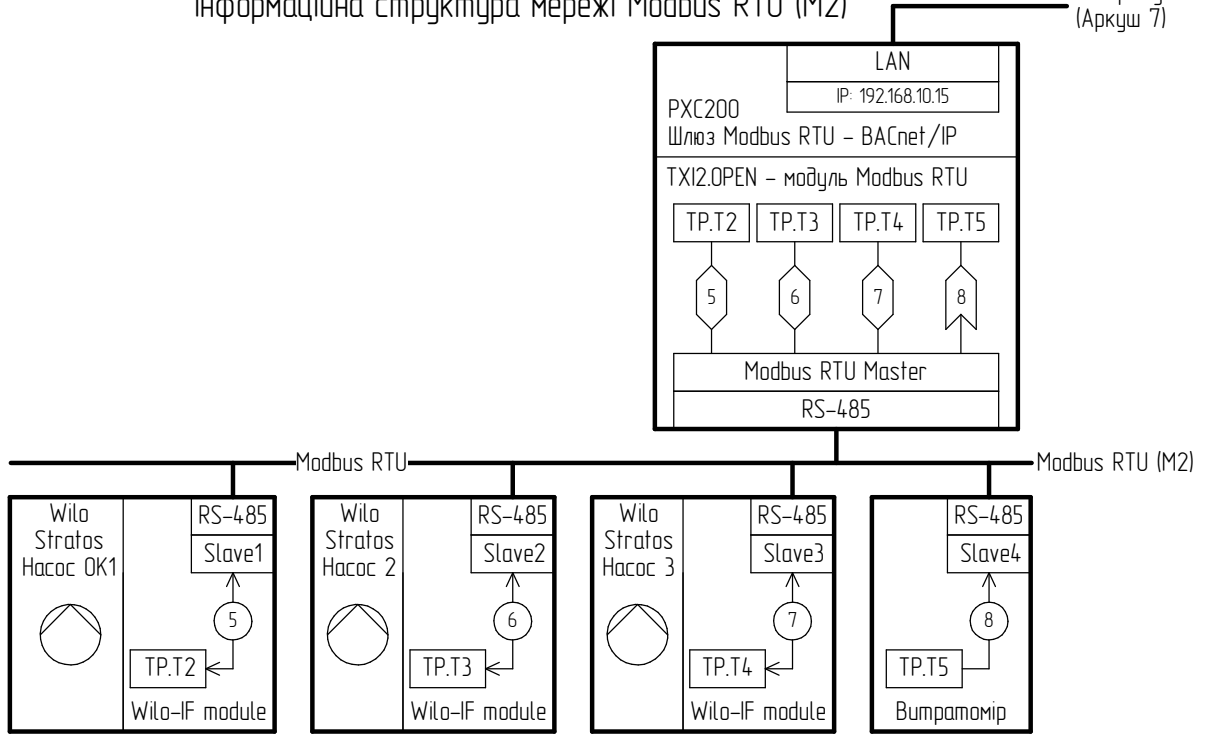
Інформаційна структура мережі BACnet/IP (M1)



					<i>Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра</i>		
					<i>Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"</i>		
					<i>освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"</i>		
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробник</i>	<i>Козирєв О.О.</i>			25.10.25		7	10
<i>Керівник</i>	<i>Пулєна О.М.</i>						
<i>Зав.кафедри</i>	<i>Смітюх Я.В.</i>						
					<i>Схема інформаційних потоків Мережа BACnet/IP (M1)</i>	НУХТ АК-2-1М	

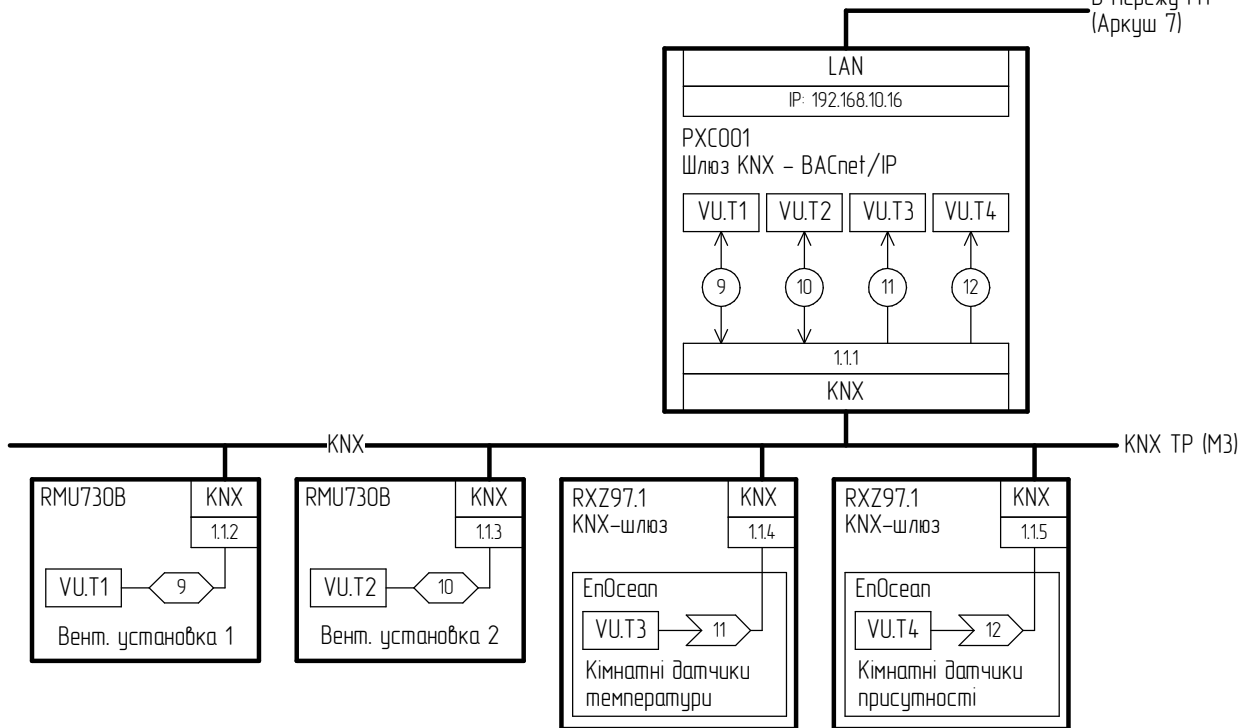
Інформаційна структура мережі Modbus RTU (M2)

В мережу M1
(Аркуш 7)



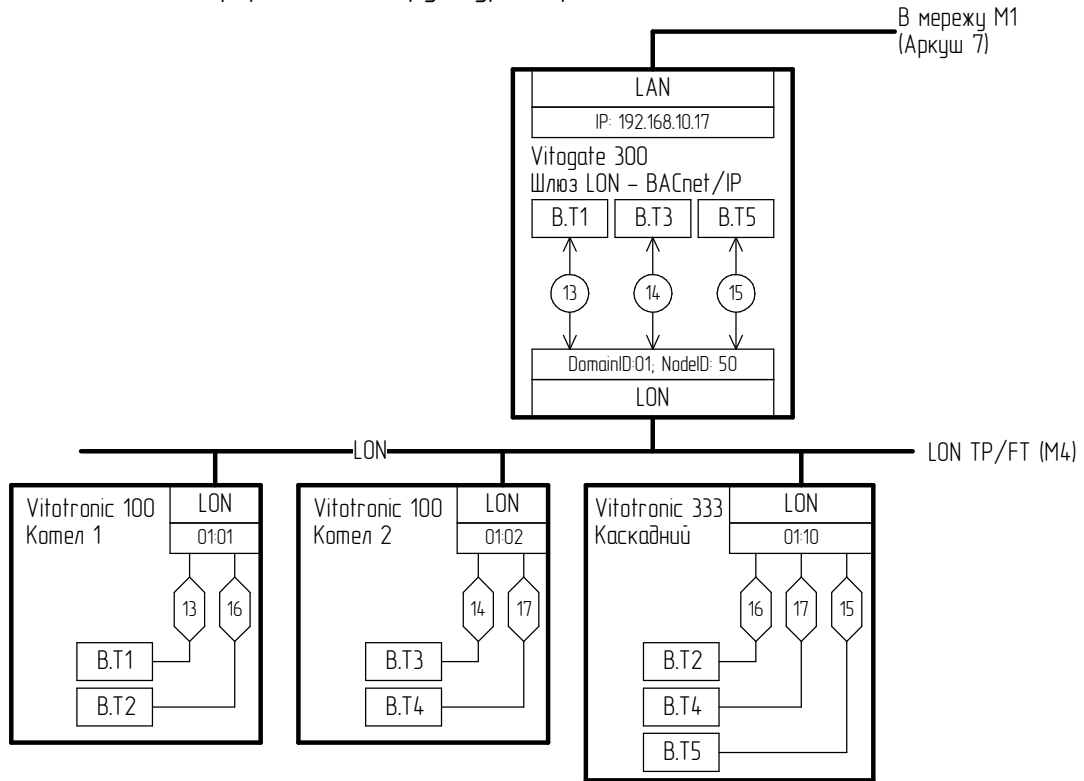
Інформаційна структура мережі KNX TP (M3)

В мережу M1
(Аркуш 7)

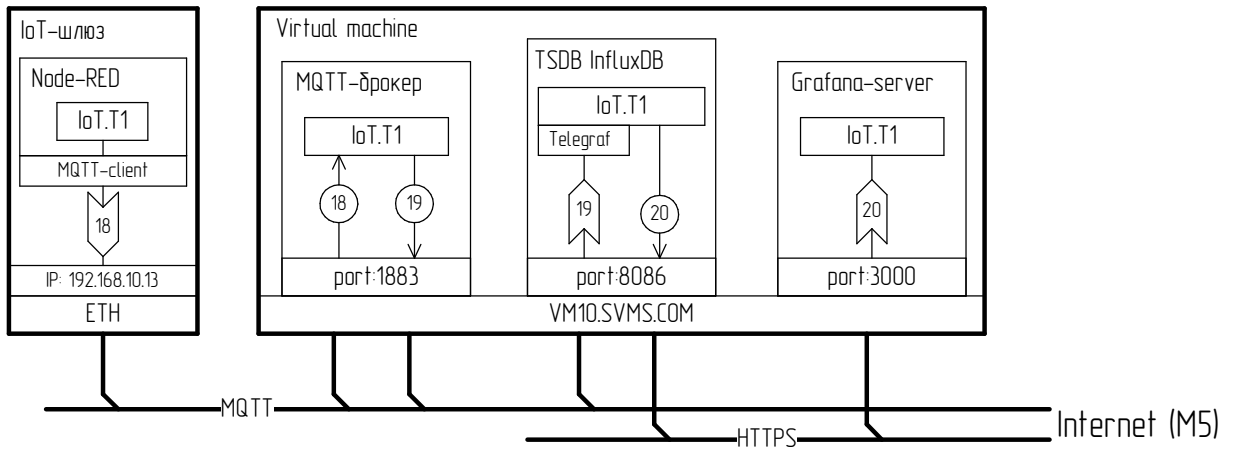


				Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"		
					Аркуш	Аркушів
	№ докum.	Підпис	Дата	Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу	8	10
Розробник	Козирев О.О.		27.10.25			
Керівник	Пулена О.М.					
Зав.кафедри	Смітюх Я.В.					
				Схема інформаційних потоків Мережі Modbus RTU (M2) та KNX (M3)	НУХТ АК-2-1М	

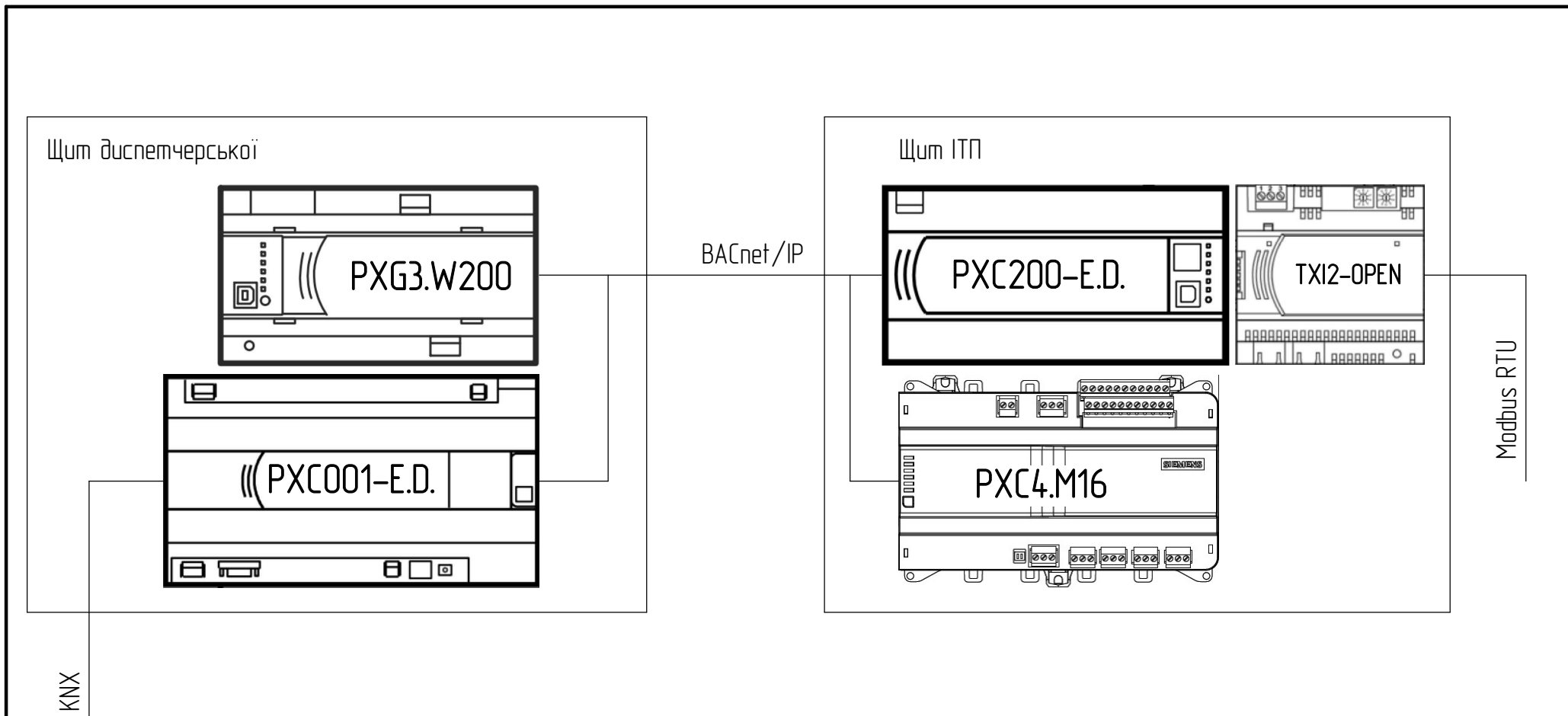
Інформаційна структура мережі LON TP/FT (M4)



Інформаційна структура зовнішньої IP-мережі (Internet) (M5)



					Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"		
						Аркуш	Аркушів
		№ докum.	Підпис	Дата	Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу	9	10
Розробник		Козирев О.О.		30.10.25			
Керівник		Пупена О.М.					
Зав.кафедри		Смітюх Я.В.					
					Схема інформаційних потоків Мережі LON (M4) та Internet (M5)		НУХТ АК-2-1М



Позначення	Найменування
PXC001-E.D.	Siemens Desigo PXC001-E.D. – комунікац. контролер інтеграція в мережу BACnet/IP (KNX)
PXC200-E.D.	Siemens Desigo PXC200-E.D. – комунікац. контролер інтеграція в мережу BACnet/IP (Modbus RTU)
TXI2-OPEN	Siemens TXI2-OPEN – модуль RS485
PXG3.W200	Siemens Desigo PXG3.W200 – BMS-сервер
PXC4.M16	Siemens Desigo PXC4.M16 – HVAC-контролер

	№ докум.	Підпис	Дата
Розробник	Козирєв О.О.		20.11.25
Керівник	Пулєна О.М.		
Зав.кафедри	Смітах Я.В.		

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра Спец. 174 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка" освітньо-професійна програма "Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління"		
Розробка інтегрованої системи керування та диспетчеризації готельного комплексу	Аркуш	Аркушів
	10	10
Схема компоновання	НУХТ АК-2-1М	