

Магістерська кваліфікаційна робота

**НАВЧАЛЬНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАТФОРМИ THINGWORX  
ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ АНАЛІТИЧНОЇ ОБРОБКИ  
ДАНИХ У ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ  
УПРАВЛІННЯ**

Керівник роботи: к.т.н., доц. Папінов В.М.

Розробив: студент гр. 1АКІТ-17м Карпінєць С.В.

**Метою досліджень** є створення комп'ютеризованого навчального засобу, який би дозволяв студентам спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ефективно набувати професійних знань та практичного досвіду щодо застосування в комп'ютерно-інтегрованих системах управління виробництвом інформаційної технології платформи ThingWorx "Реалізація аналітичної обробки даних у промислових системах управління". Загальне рішення навчального засобу повинно бути таким, щоб у разі подальших вдосконалень інформаційної технології, його можна було легко модернізувати та адаптувати до цих вдосконалень.

**Об'єктом досліджень** є навчальний процес підготовки у вищому технічному навчальному закладі фахівців з інформаційних технологій, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих систем управління. Такий об'єкт досліджень зазвичай вивчається в рамках наукової дисципліни "Інженерна педагогіка".

**Предметом досліджень** є підвищення ефективності практичного освоєння студентами даної інформаційної технології за рахунок використання у навчальному процесі сучасного комп'ютеризованого навчального засобу.

**Задачі досліджень:**

1. Детальне вивчення особливостей застосування інформаційної технології платформи ThingWorx для аналітичної обробки даних у промислових системах управління.
2. Дослідження предметної області комп'ютеризованих навчальних засобів аналогічного призначення.
3. Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування загальної конфігурації нового навчального засобу.
4. Проектування технічної частини навчального засобу.
5. Проектування програмної частини навчального засобу.
6. Обґрунтування навчально-методичного забезпечення практичних та лабораторних занять з використанням нового навчального засобу.

**Наукова новизна** отриманих результатів дослідження полягає в тім, що на відміну від існуючих комп'ютеризованих навчальних засобів, новий засіб будується на основі лабораторної імітації комп'ютерно-інтегрованої системи управління виробництвом, що дозволило за рахунок використання фізичних моделей технологічних установок та імітаторів аномальних сигналів датчиків підвищити ефективність практичного освоєння студентами інформаційної технології "Реалізація аналітичної обробки даних у промислових системах управління" платформи ThingWorx.

**Практична цінність** отриманих результатів дослідження полягає в тім, що їх легко застосувати при створенні аналогічних комп'ютеризованих навчальних засобів для підготовки фахівців споріднених галузей знань та спеціальностей.

**Апробація результатів дослідження:** основні результати виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані в матеріалах щорічної регіональної науково-практичної Інтернет - конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця, ВНТУ, 2019 р.).

# Концепція "Індустрія 4.0": аналітична обробка даних



**Аналітика великих даних (машинне навчання)**



**Аналітична обробка різних типів даних**

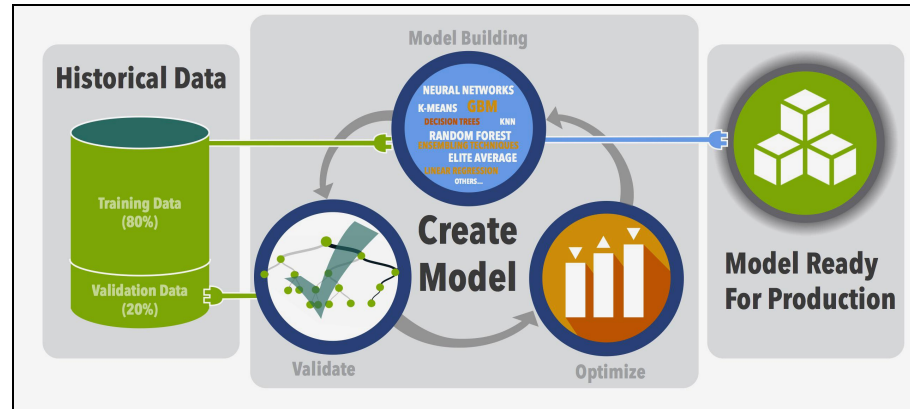


**Первинна аналітична обробка у мережеских структурах "розумних речей"**



**Промисловий Інтернет речей**

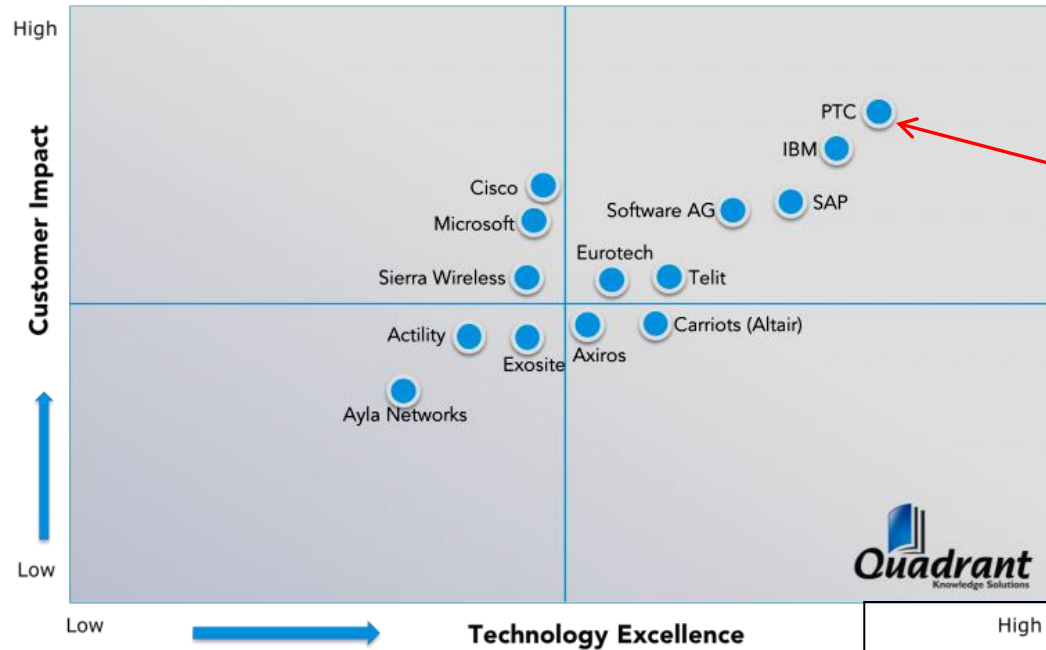
## Існуючі вже проекти на базі технологій машинного навчання



- підвищення продуктивності технологічного процесу за рахунок підбора **оптимальних режимів роботи** обладнання, завантажень сировини й т.д.;
- підвищення якості продукції шляхом **виявлення критичних факторів** у виробничому процесі, що впливають на кінцевий результат;
- оптимізація технологічного обслуговування й ремонту (ТОiP) дорогого виробничого устаткування, **прогноз поломок і деградації** устаткування;
- оптимізація витрат на випробування продукції за допомогою **цифрової моделі виробів** і віртуальних датчиків;
- управління ціноутворенням і ланцюжками поставок - **оптимізація й прогнозування** по процесах закупівель, доставки, зберігання, попиту та пропозиції;
- комплексне поліпшення виробничих показників за рахунок **виявлення латентних факторів**, що впливають на виробничі процеси, і застосування **моделювання ситуацій** у цифрових середовищах.

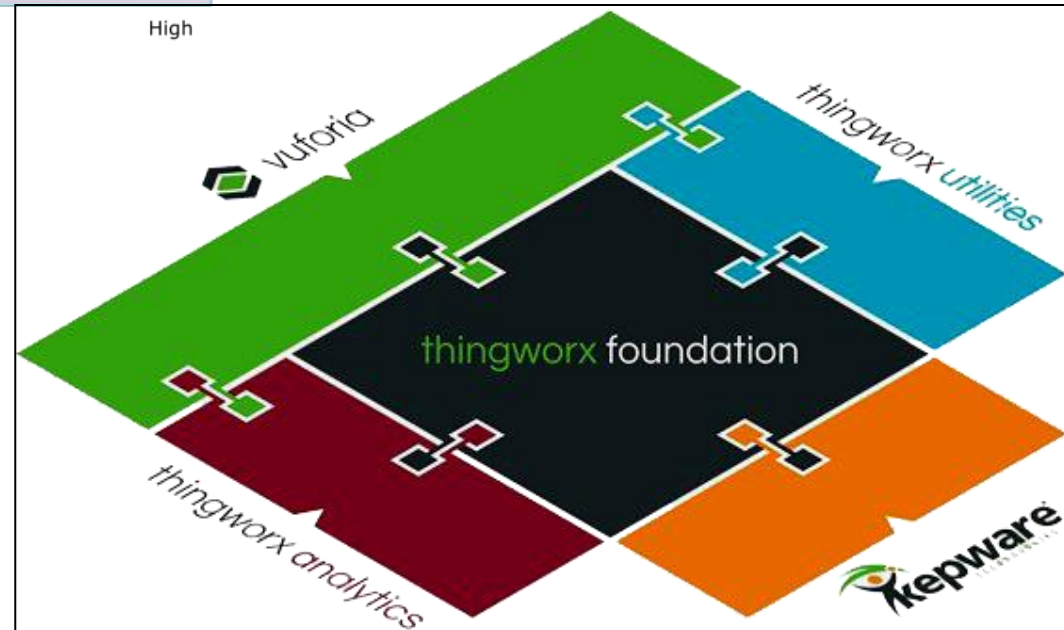
# ThingWorx Foundation - платформа промислового Інтернету речей

Market Outlook: Industrial IoT Platform, 2018-2023, Worldwide

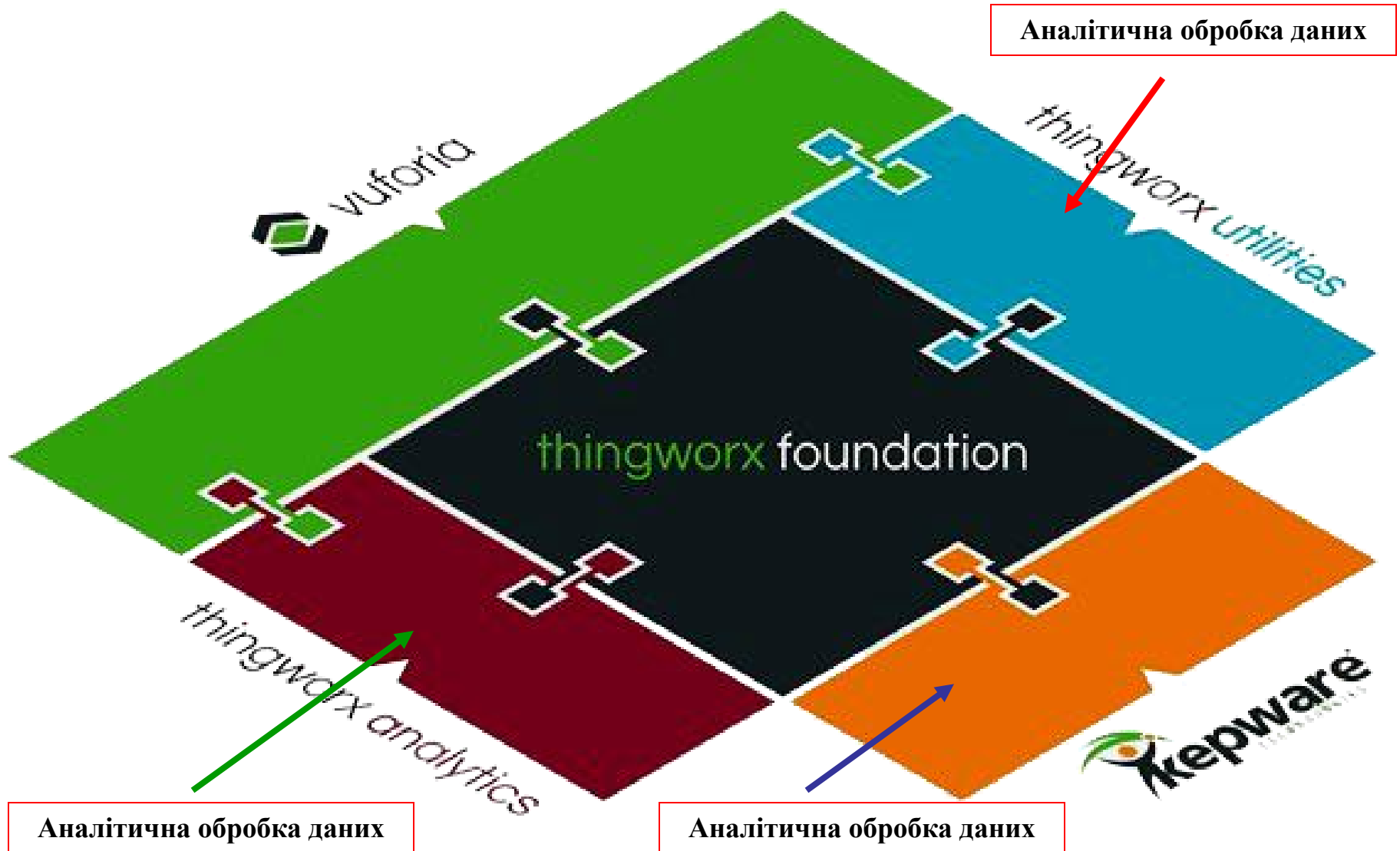


Лідируюча позиція компанії  
PTC як виробника  
платформи ThingWorx

Загальна архітектура  
платформи ThingWorx



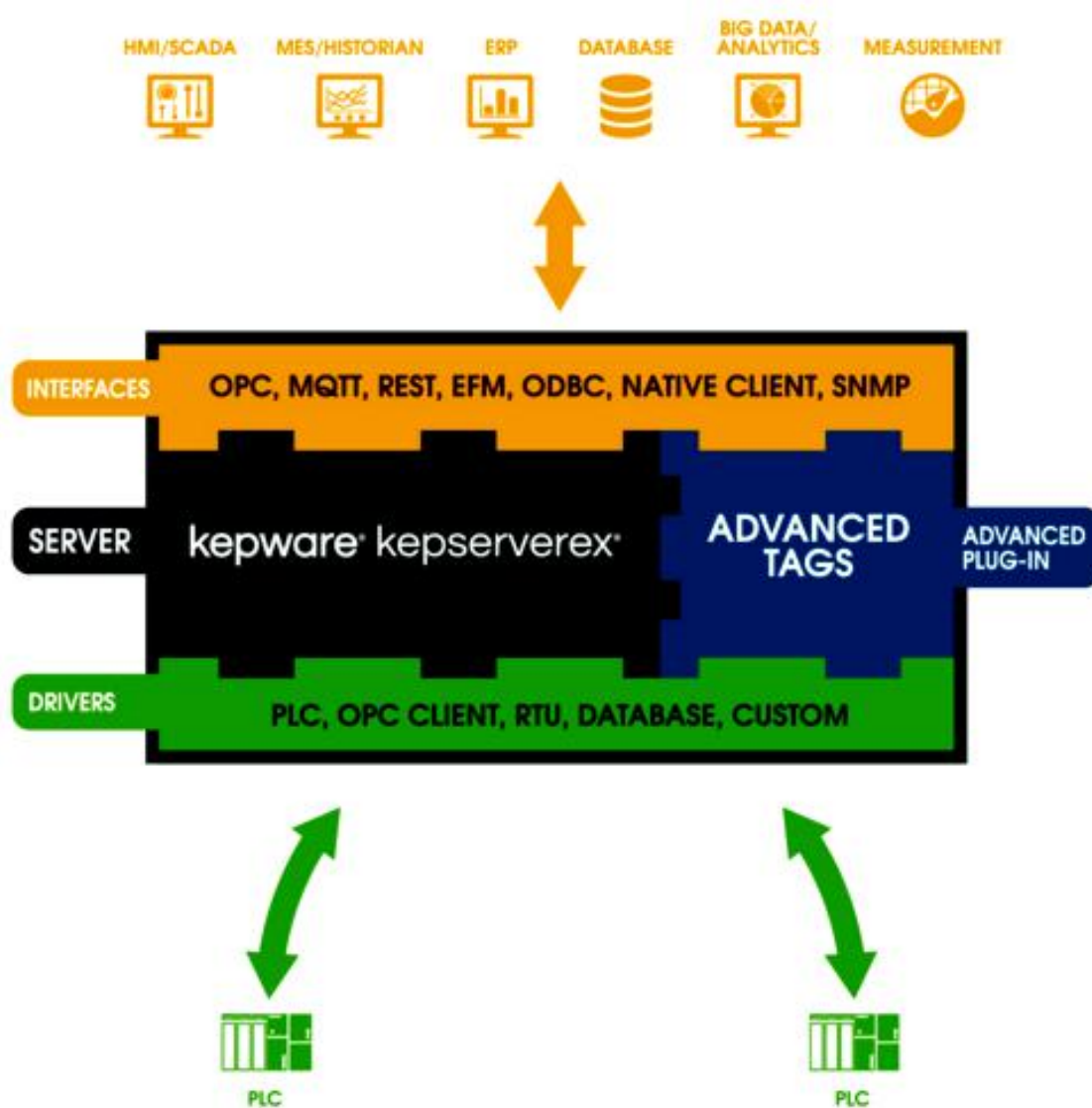
# ThingWorx Foundation - платформа промислового Інтернету речей





# Первинна аналітична обробка даних на основі комунікаційної платформи

## KEPServerEX

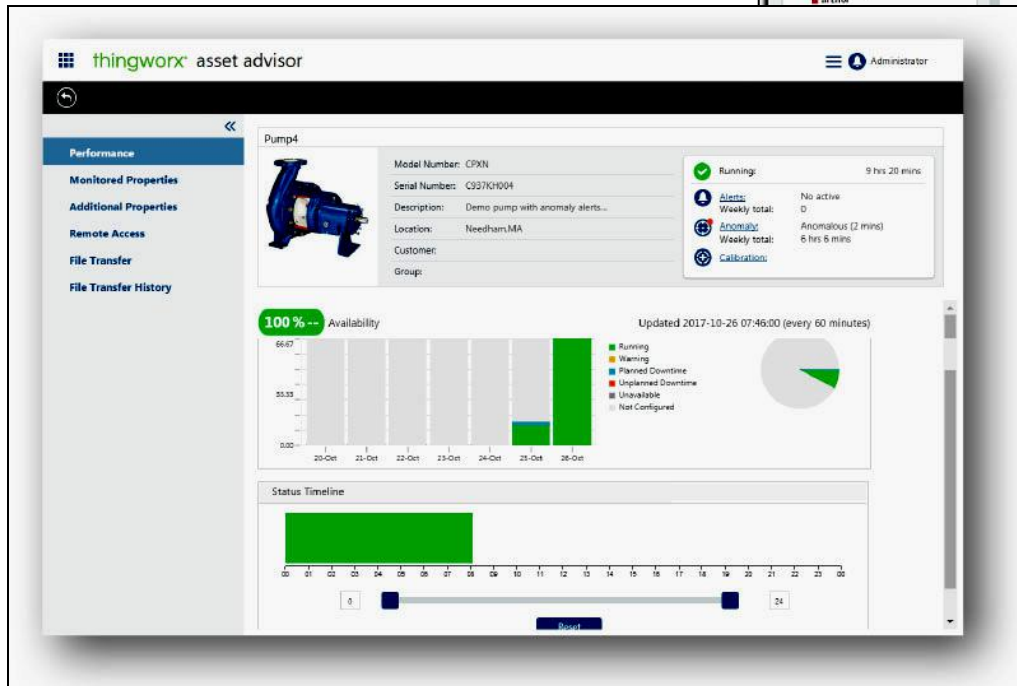
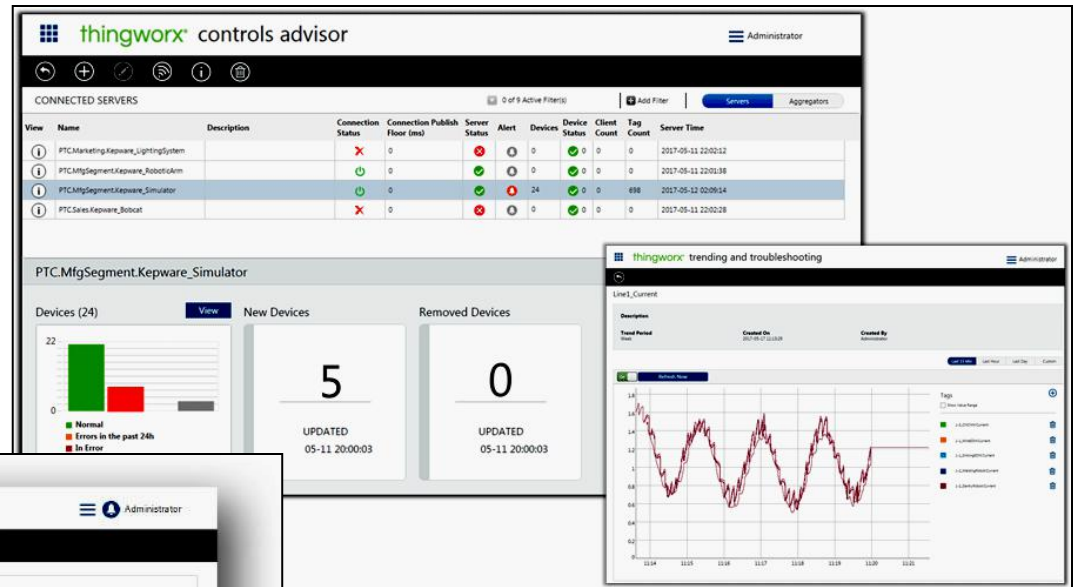


# Первинна аналітична обробка даних на основі комунікаційної платформи KEPServerEX

В комунікаційну платформу KEPServerEX вбудовані такі типи **Advanced Tags**:

- **Average Tag**: розраховує середнє значення тегу за визначений період часу;
- **Complex Tag**: групує багато тегів з різними типами даних у єдину комплексну сутність або структуру;
- **Link Tag**: зв'язує дані, отримані за різними протоколами;
- **Maximum Tag**: читає та зберігає на визначений час максимальне значення тегу;
- **Minimum Tag**: читає та зберігає на визначений час мінімальне значення тегу;
- **Derived Tag**: використовує головний сценарій та стандартні логічні та математичні функції для виконання обчислень над визначеними тегами. При цьому є можливість управляти частотою та умовами обрахунку функцій, а користувачі мають змогу вставляти більш складні функції у свої додатки.

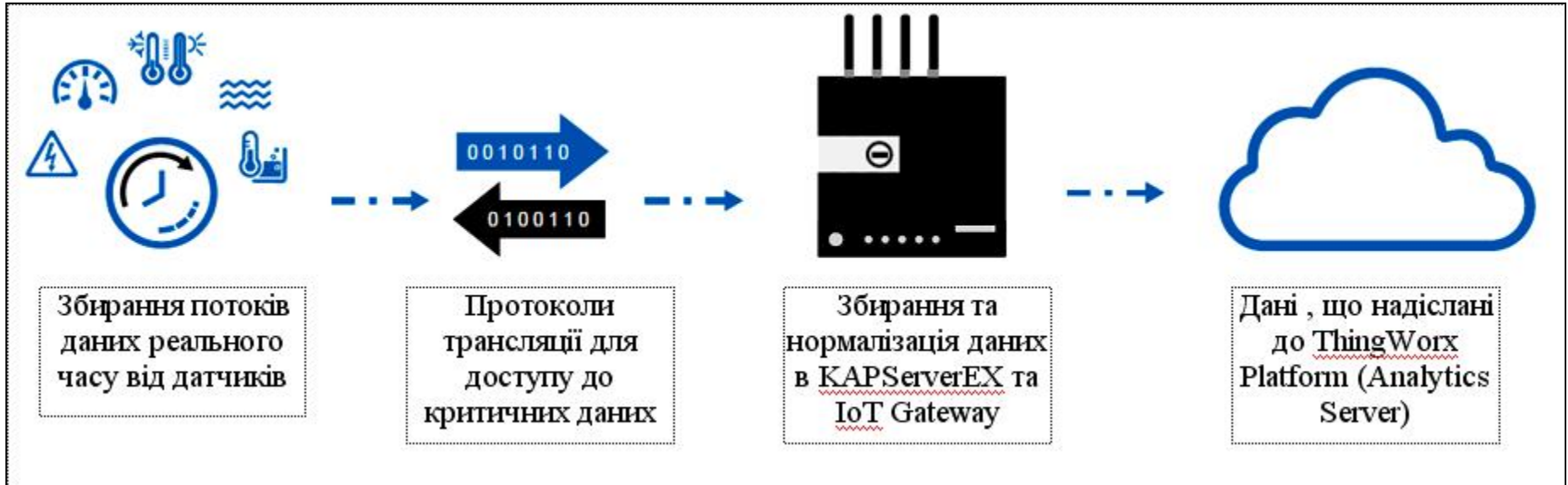
# Аналітична обробка даних на основі сервера ThingWorx Utilities



## Аналітична обробка даних засобами ThingWorx Controls Advisor

## Аналітична обробка даних засобами ThingWorx Asset Advisor

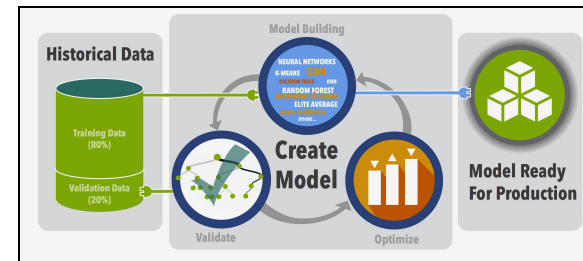
# Аналітика великих даних на основі "хмарного" сервера ThingWorx Analytics



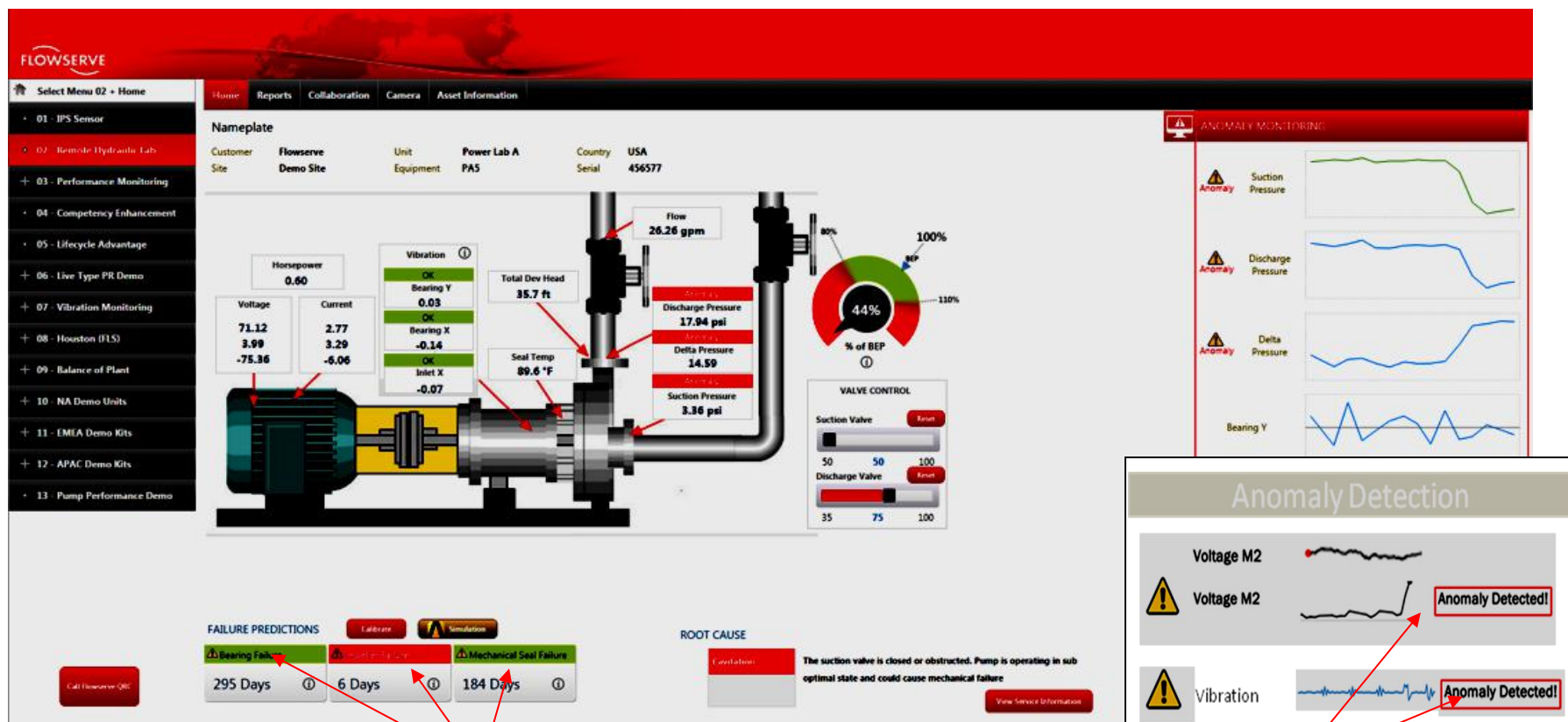
Загальний принцип передавання вихідних даних від первинних джерел до "хмарного" серверного модуля

Сервер **ThingWorx Analytics** містить шість базових сертифікованих алгоритмів машинного навчання - елементу штучного інтелекту:

- "Лінійна регресія";
- "Бінарний спуск";
- "Дерев рішень";
- "Випадковий ліс";
- "Градiєнтний бустінг";
- "Нейронна мережа".



# Аналітика великих даних на основі “хмарного” сервера ThingWorx Analytics

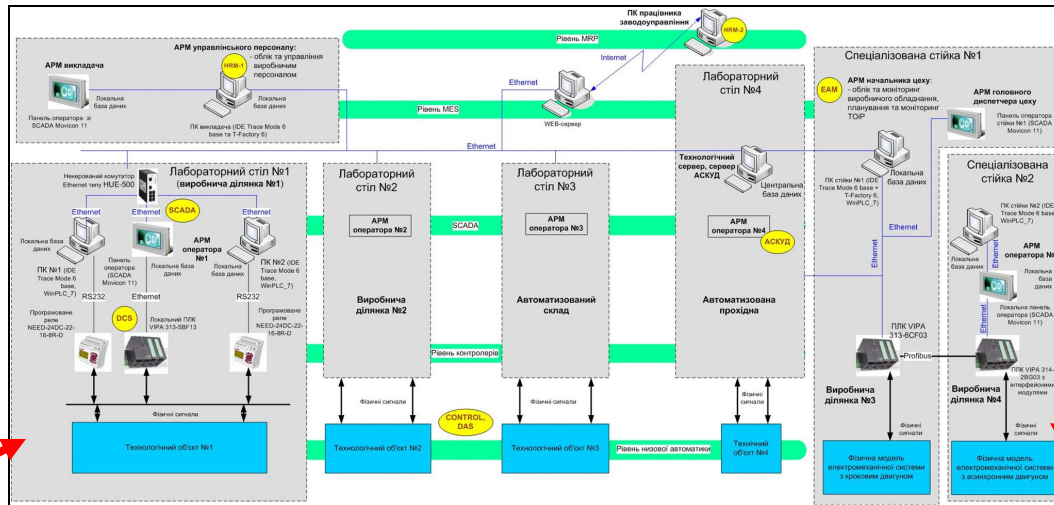


Результати аналітичного прогнозу

Результати виявлення аномалій даних

Приклад використання результатів аналітичної обробки «великих» даних для прогнозування роботи промислового устаткування

# Навчальні засоби для практичного освоєння інформаційної технології



Лабораторна  
комп'ютерно-  
інтегрована система  
ФКСА

"Проміжне" рішення – лабораторна імітація КІСУ виробництвом



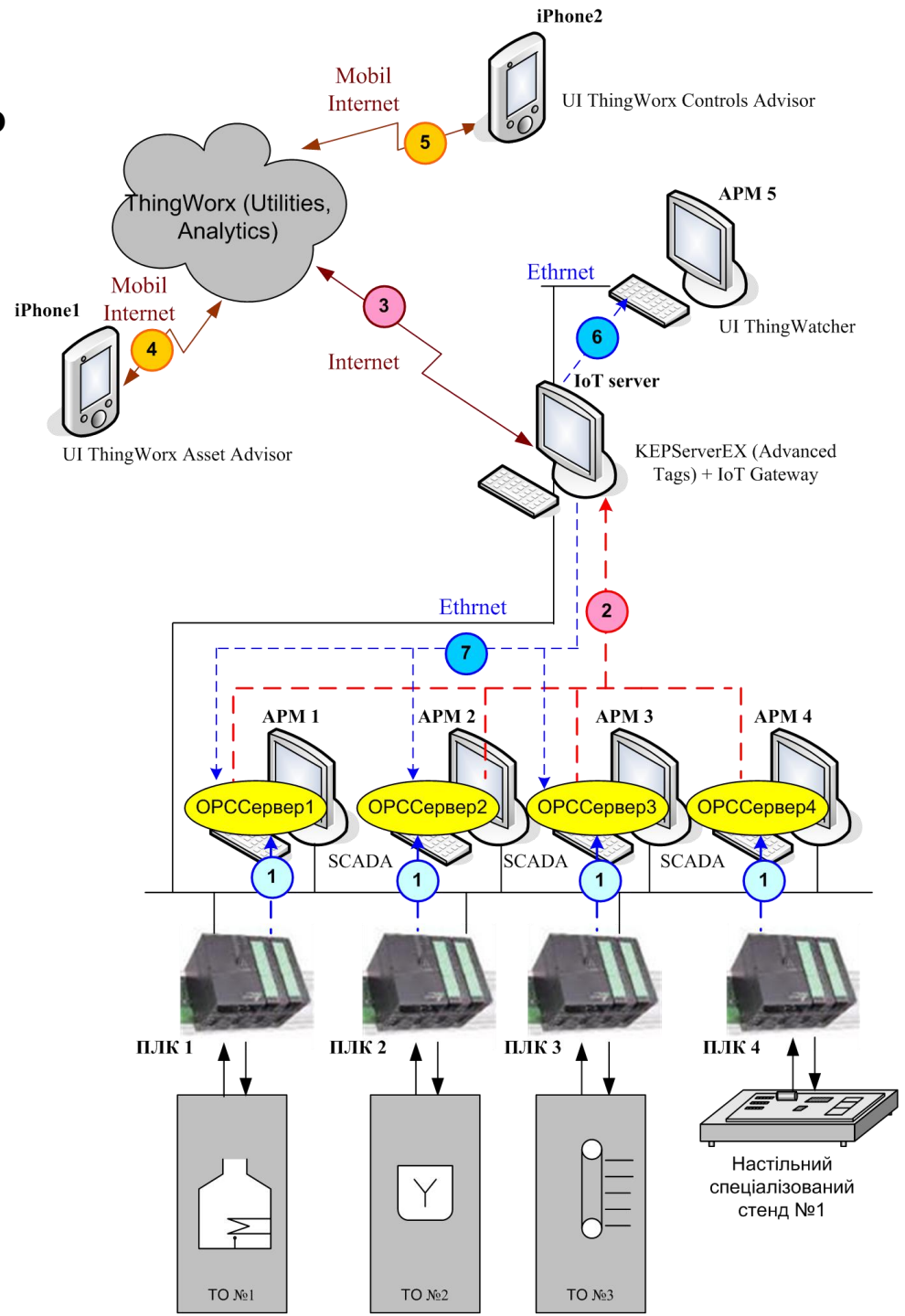
"Ідеальне" рішення – модульні  
кіберфізичні лабораторії навчальної  
фабрики ("Learning Factory")



"Традиційне" рішення –  
комп'ютеризовані лабораторні стенди

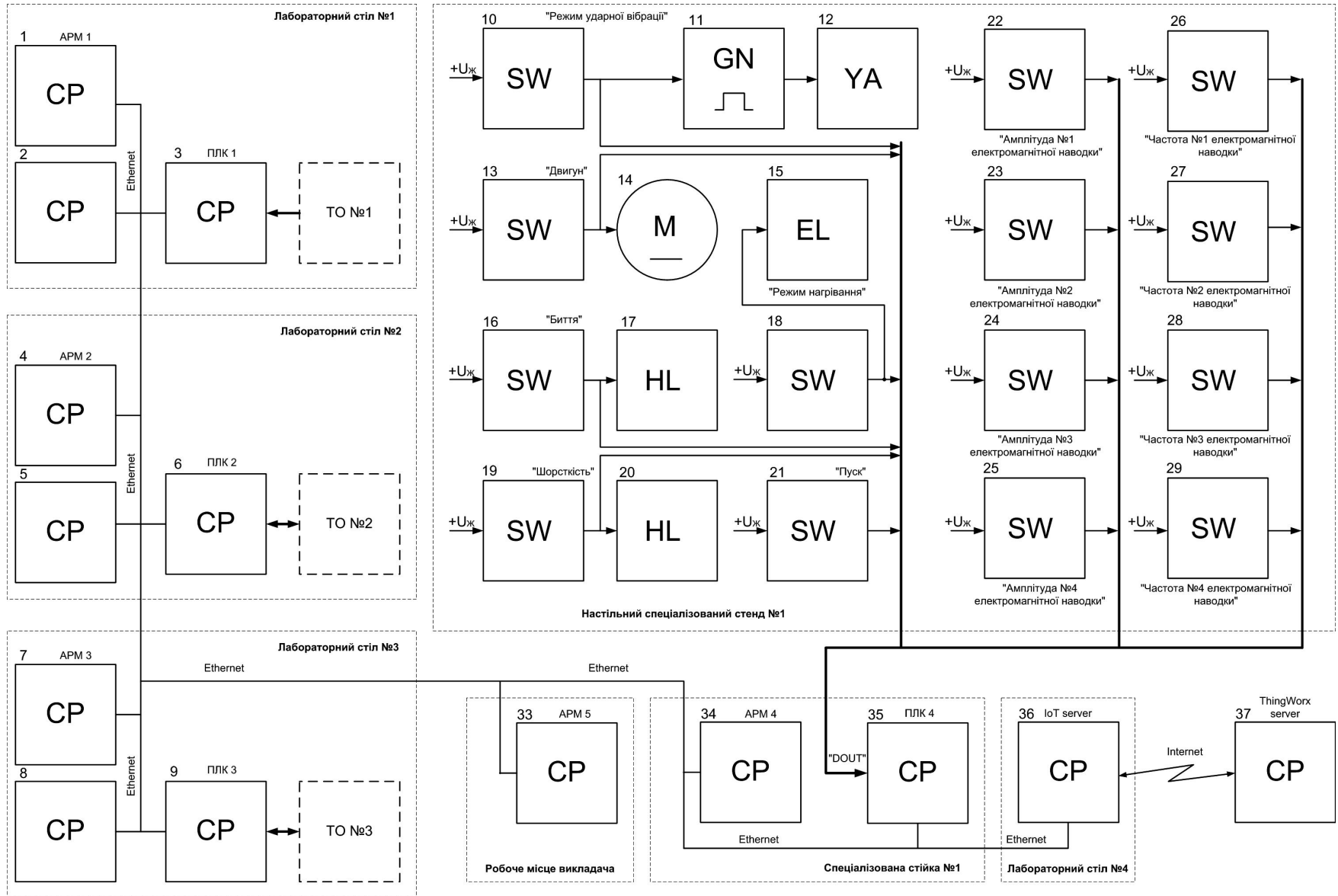


# Загальна конфігурація нового комп'ютеризованого навчального засобу

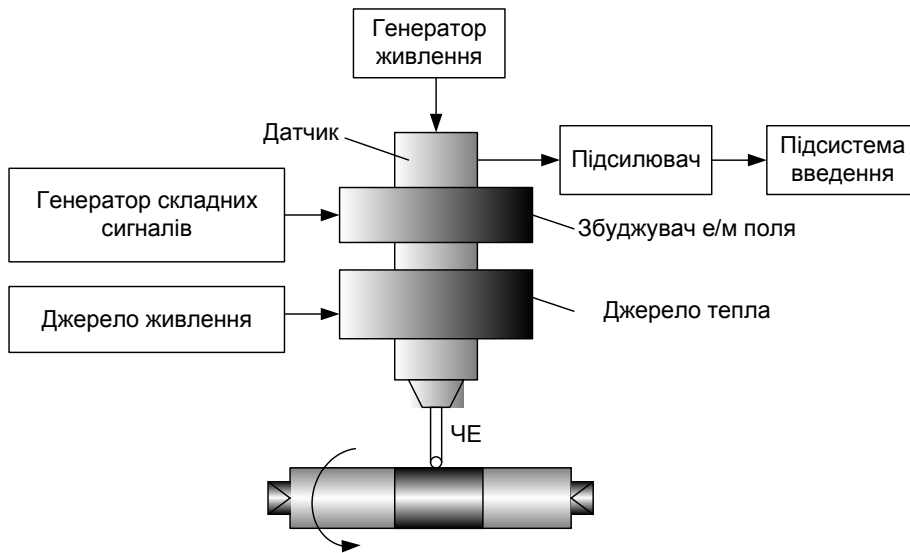




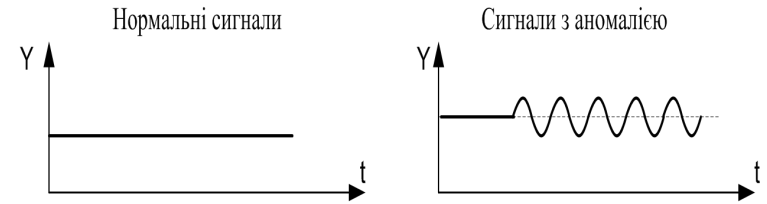
# Навчальний засіб. Схема електрична структурна



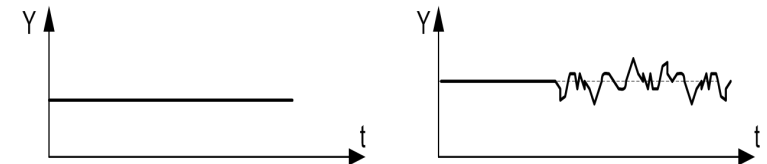
# Настільний спеціалізований стенд №1



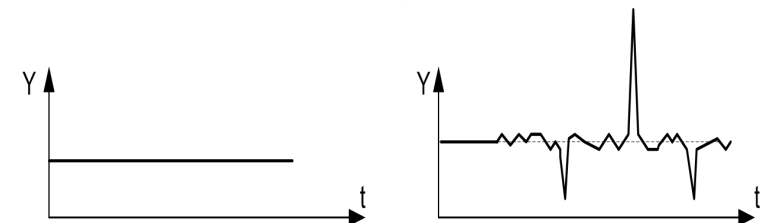
Експериментальна установка, роботу якої відтворює стенд



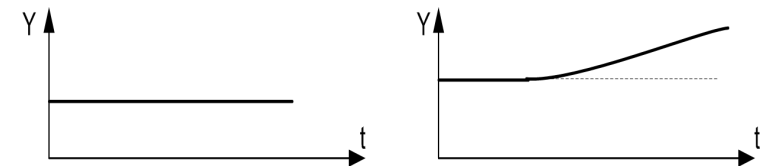
a)



б)



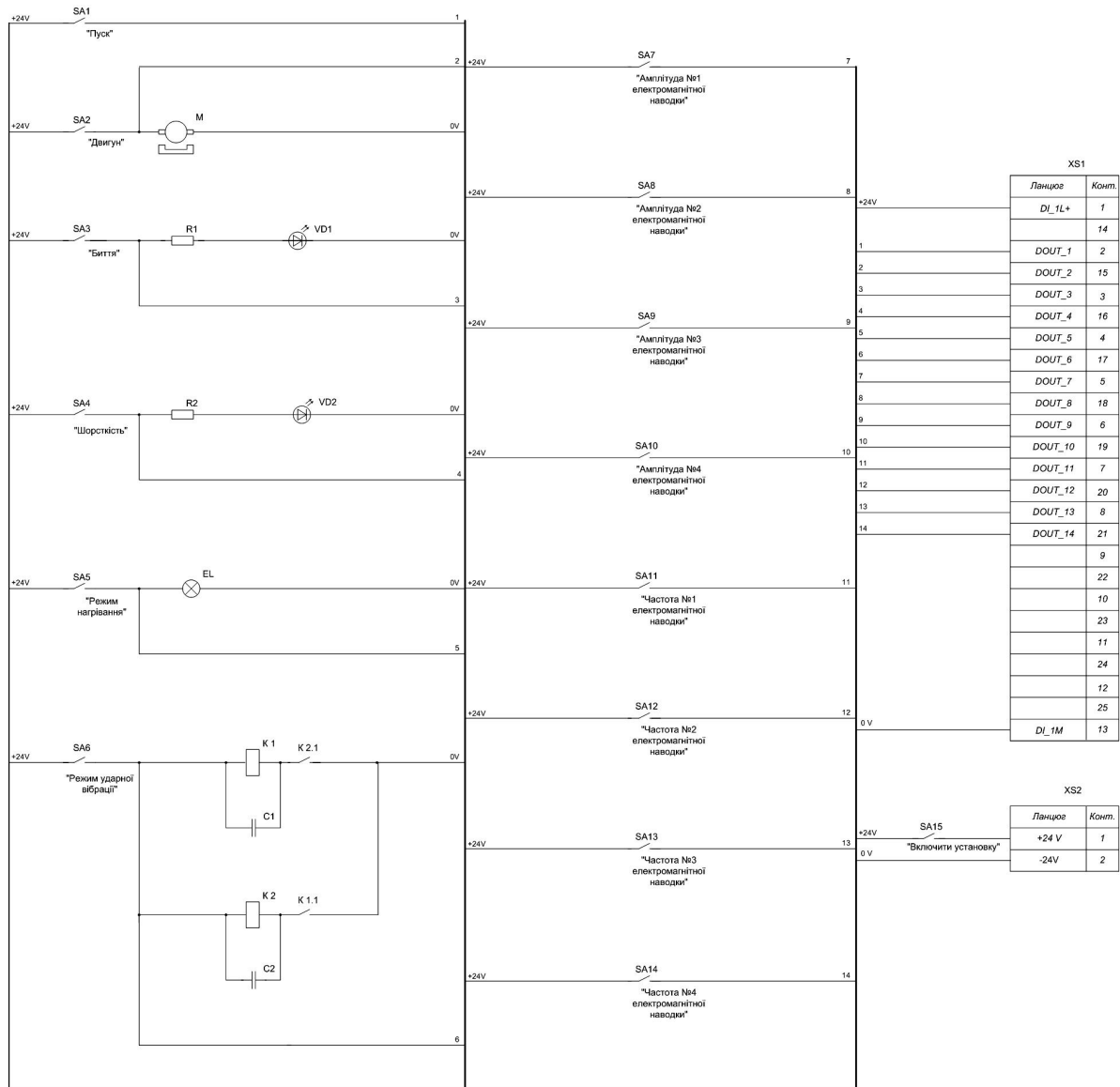
в)



г)

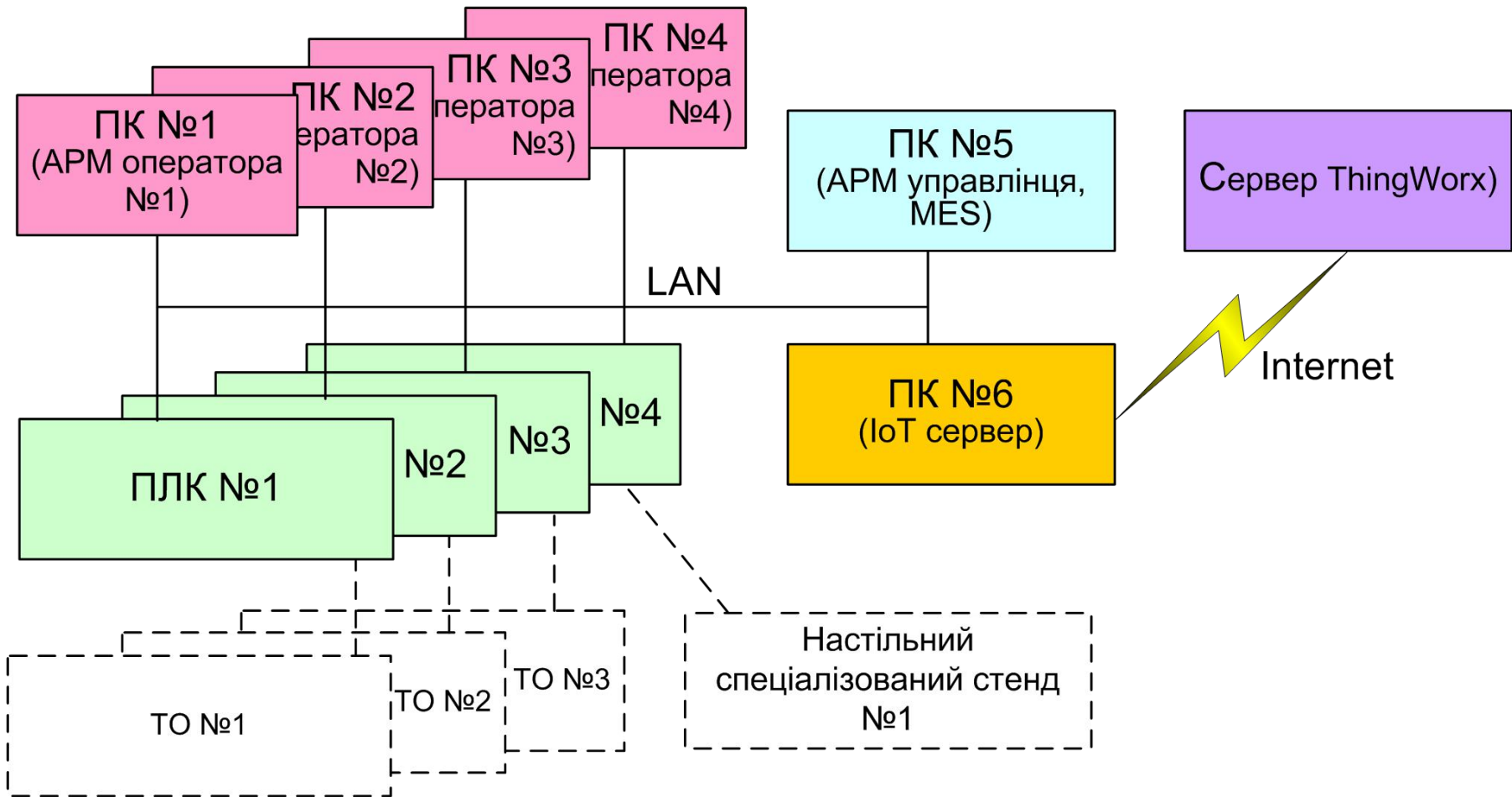
Приклади сигналів з аномалією

# Навчальний засіб. Схема електрична принципова

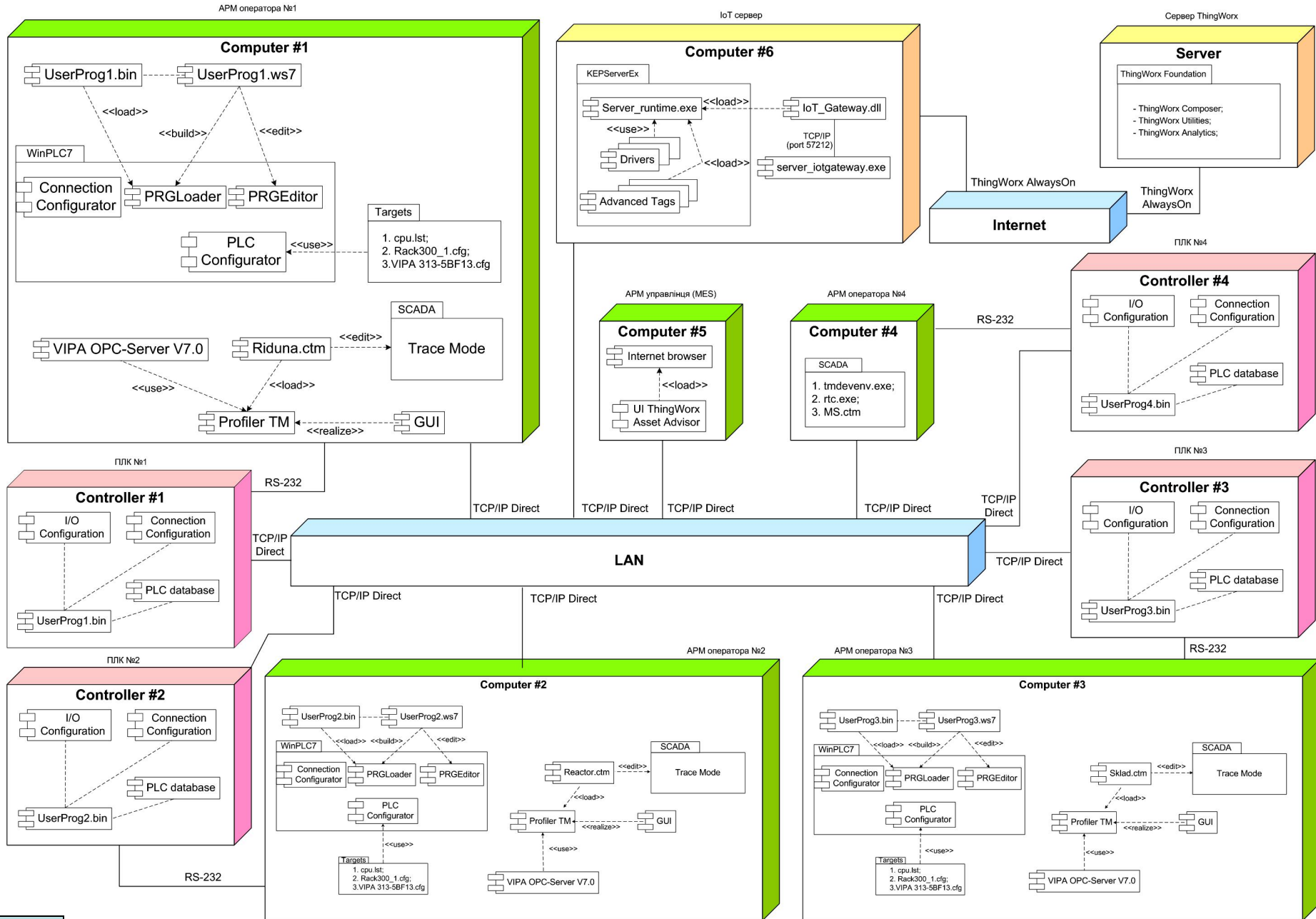


Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітки
<b>Конденсатори</b>			
C1	Конденсатор КМ5-Н90-10 мкФ±20%	1	
C2	Конденсатор КМ5-Н90-20 мкФ±20%	1	
EL	Лампа ЛН-0,5-6 вт	1	
K1, K2	Реле РСЦ32 РФ. 4.500.341	2	
M	Електродвигун ДТМ-1Н	1	
<b>Резистори</b>			
R1, R2	C2-29F-0,25-1,0 «Омн», 10%	2	
SA1...SA15	Перемикачі ПТТЗ	15	
VD1, VD2	Світлодіод АЛ307А	2	
<b>З'єднувачі</b>			
XS1	DB25S	1	
XS2	РГН-1-1	1	

# Обчислювальні ресурси вибраної конфігурації навчального засобу



# Архітектура програмного забезпечення навчального засобу



# 1. Дослідження програмної реалізації ІАСУ на рівні АСУТП

**Station-Offline---PLC\_2**

Slot	Module	Order No.	MPI address	I address	Q address
1	PS 307 10A	6ES7 307-1KA00-0AA0			
2	CPU 313SC SPEED7	6ES7 313-5BF13-0AB0	2		
2.2	DI/DO			124 - 126	124 - 125
2.3	AI/AO			752 - 761	752 - 755
2.4	Count			768 - 783	768 - 783
3	IM 360	6ES7 360-3AA01-0AA0		2000	

**Properties DI/DO300**

Input: 0 1 2 3 4 5 6 7

Hardware Interrupt on:  
 Rising edge:          
 Falling edge:

**Properties Ethernet-Interface**

Parameters

Set MAC address/use ISO-protocol

MAC-Address: \_\_\_\_\_

IP-protocol is being used  Use router

IP-Address: 140 . 80 . 0 . 1 IP-Address Router: 140 . 80 . 0 . 1

Subnet mask: 255 . 255 . 0 . 0

Buttons: New subnet, Subnet properties, Delete subnet

**SymbolTable.SEQ**

Symbol	Address	Type	Symbol-Comment
Inputs			
Regul_U	IW 7	WORD	Аналогове управління з пульту оператора
T	IW 11	WORD	Сигнал температурного датчика
LMAX	I 0.0	BOOL	Сигнал максимального рівня рідини
LMIN	I 0.1	BOOL	Сигнал мінімального рівня рідини
DCont_1	I 0.3	BOOL	Сигнал №1 з пульту оператора
DCont_2	I 0.4	BOOL	
DCont_3	I 0.5	BOOL	
DCont_4	I 0.6	BOOL	
DCont_5	I 0.7	BOOL	

**Control\_Manual (FB3)**

«виклик №2 при умові встановлення змінної "ASU"»

«виклик №3 при умові встановлення змінної "MNL"»

**PLC to\_PC (FB4)**

«виклик №4 при умові скидання змінних "ASU" та "MNL"»

**DB1**

Orders

EN

ASU "ASU"

MNL "MNL"

LPO "LPO"

EK\_ON "EK\_ON"

PM\_ON "PM\_ON"

M\_ON "M\_ON"

HTR\_ON "HTR\_ON"

ENO

Order

«USE»

«USE»

перехід до нового циклу

# 1. Дослідження програмної реалізації ІАСУ на рівні АСУТП

The image displays the OPC-Editor software interface, which is used for configuring and monitoring industrial control systems. The main window shows the 'OPC-Project' configuration for 'Lab\_net'. The 'Property' window lists various settings such as 'Filename for Tags' (PLC\_2.csv), 'PLC type' (S7), and 'Remote IP address' (140.80.0.1).

The 'Tag' table lists the following data points:

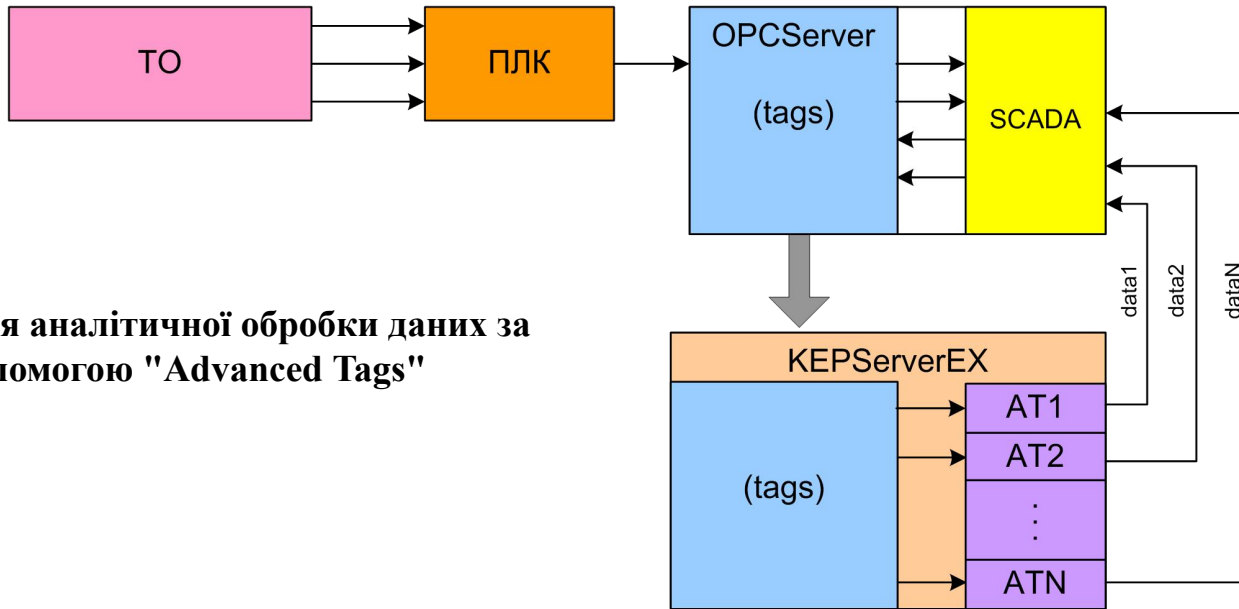
Tag	Destination	Access right	Simulation	Comment
Order	MB0	RW		Байт наказу з ПК
TZ_PC	MW1	RW		Слово значення заданої температури
T	IW0	RO		Слово поточної температури рідини
Regul_U	IW1	RO		Слово аналогового регулювання з ЛПО
ASU	MX0.0	RO		Біт вибору автоматизованого управління
MNL	MX0.1	RO		Біт вибору ручного управління
PO	MX0.2	RO		Біт дозволу ЛПО
MAX	IX0.0	RO		Біт сигналу максимального рівня
MIN	IX0.1	RO		Біт сигналу мінімального рівня
Cont_1	IX0.3	RO		Біт стану сигналу №1 з ЛПО
Cont_2	IX0.4	RO		Біт стану сигналу №2 з ЛПО
Cont_3	IX0.5	RO		Біт стану сигналу №3 з ЛПО
Cont_4	IX0.6	RO		Біт стану сигналу №4 з ЛПО
Cont_5	IX0.7	RO		Біт стану сигналу №5 з ЛПО
K	QX0.0	RO		Біт сигналу вмикання е/м клапану
M	QX0.1	RO		Біт сигналу вмикання е/насосу
	QX0.2	RO		Біт сигналу вмикання мішалки
TR	QX0.3	RO		
Alarm_1	QX0.4	RO		
Alarm_2	QX0.5	RO		
Alarm_3	QX0.6	RO		

The 'Браузер OPC' window shows the configuration of the OPC server, including the 'Выбор переменных OPC' (Select OPC variables) section, which lists variables like ASU, DAlarm\_1-3, DCont\_1-5, EK, HTR, LMAX, LMIN, and LPO.

The 'Навигатор проекта' (Project Navigator) window shows the project structure, including the 'Система' (System) and 'Источники/Приемники' (Sources/Receivers) sections.

The 3D simulation window shows a 'Промышленный химический реактор' (Industrial chemical reactor) with various components and animations. The reactor is connected to a 'Горелочный аппарат' (Burner) and a 'Мешалка' (Stirrer). The reactor is labeled '3' and has a 'Кнопка отображения поточной стадии ТП, аварийного статуса та переходу до екрану деталізації ТП' (Button for displaying the current stage of the TP, emergency status, and transition to the TP detail screen).

## 2. Дослідження застосування локального IoT сервера для аналітичної обробки даних



Реалізація аналітичної обробки даних за допомогою "Advanced Tags"





## 2. Дослідження застосування локального IoT сервера для аналітичної обробки даних

### Аналітична обробка для ТО №1 "Промисловий накопичувач рідини"

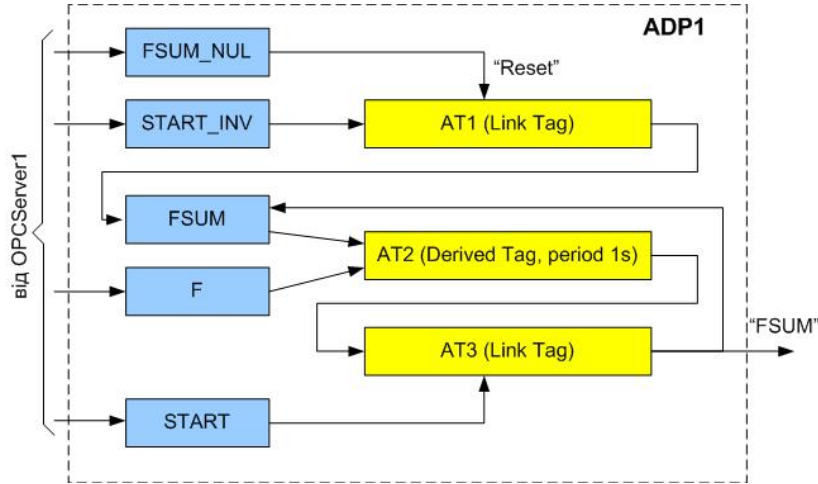


Схема ADP1 розрахунку загальних витрат рідини

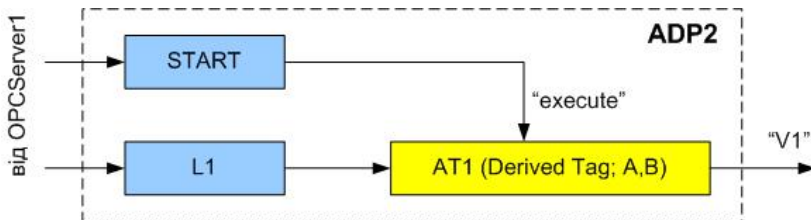
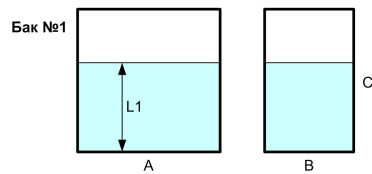


Схема ADP2 розрахунку запасу (об'єму) рідини в баку 1

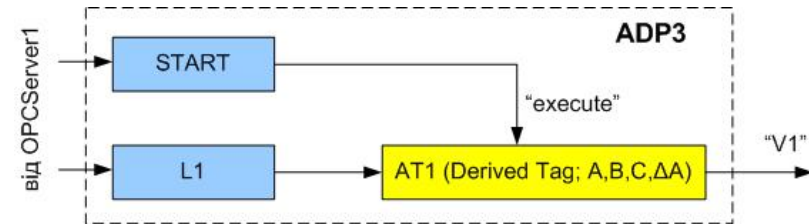
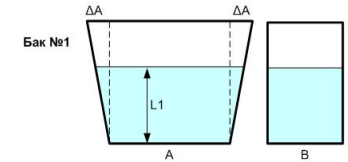


Схема ADP3 розрахунку запасу (об'єму) рідини в баку 1

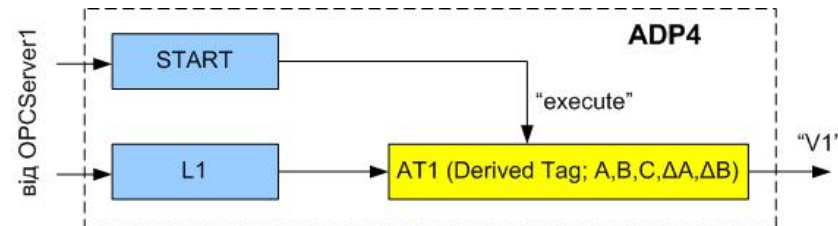
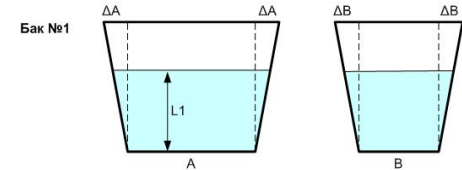


Схема ADP4 розрахунку запасу (об'єму) рідини в баку 1

## 2. Дослідження застосування локального IoT сервера для аналітичної обробки даних

### Аналітична обробка для ТО №2 "Промисловий хімічний реактор"

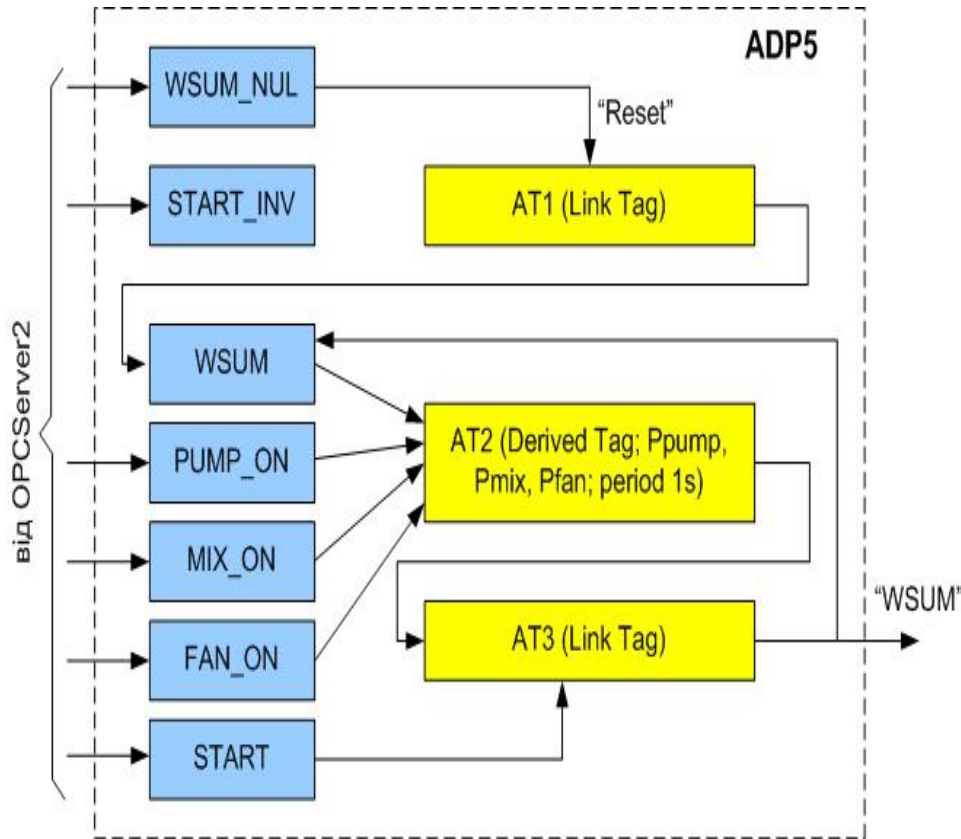


Схема ADP5 розрахунку загальних витрат електроенергії

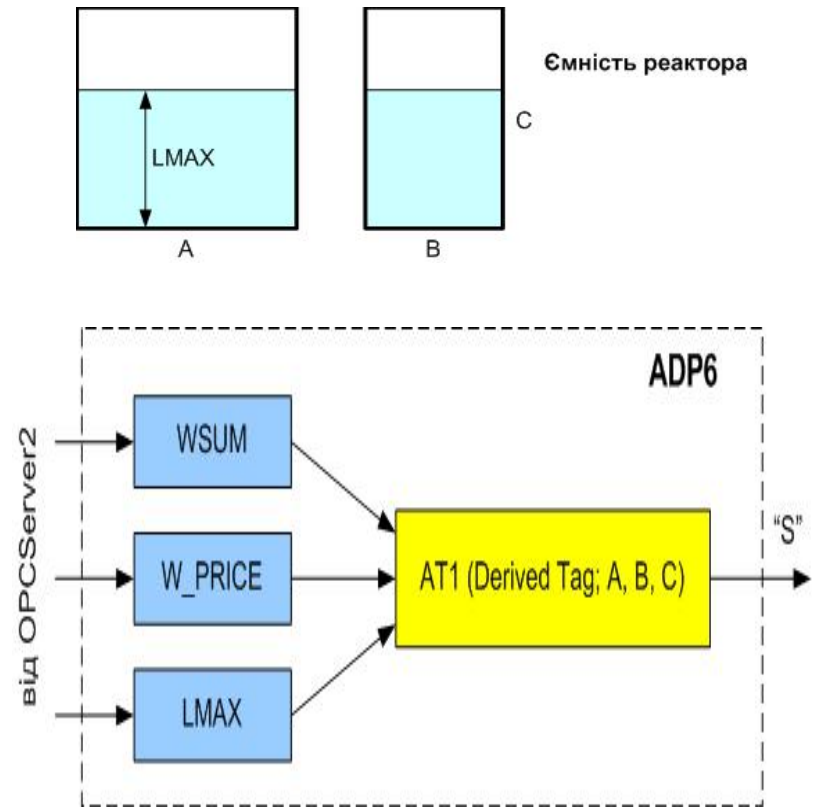


Схема ADP6 розрахунку собівартості одиниці продукції

## 2. Дослідження застосування локального IoT сервера для аналітичної обробки даних

### Аналітична обробка для ТО №3 "Промисловий склад"

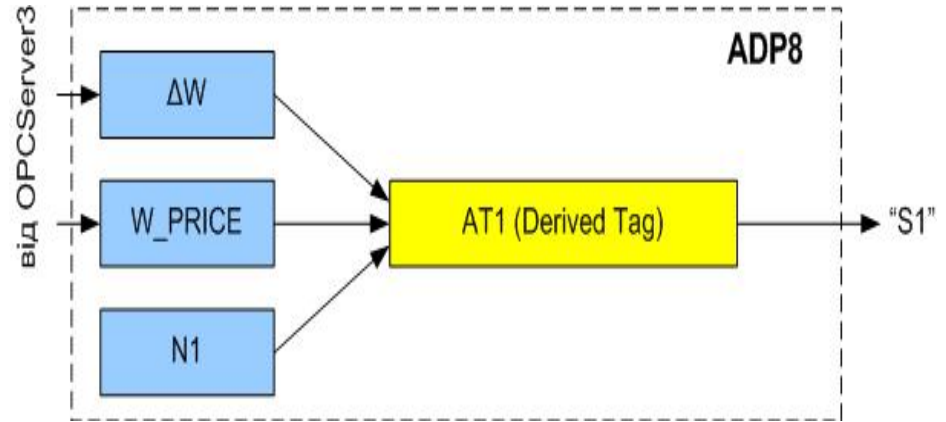
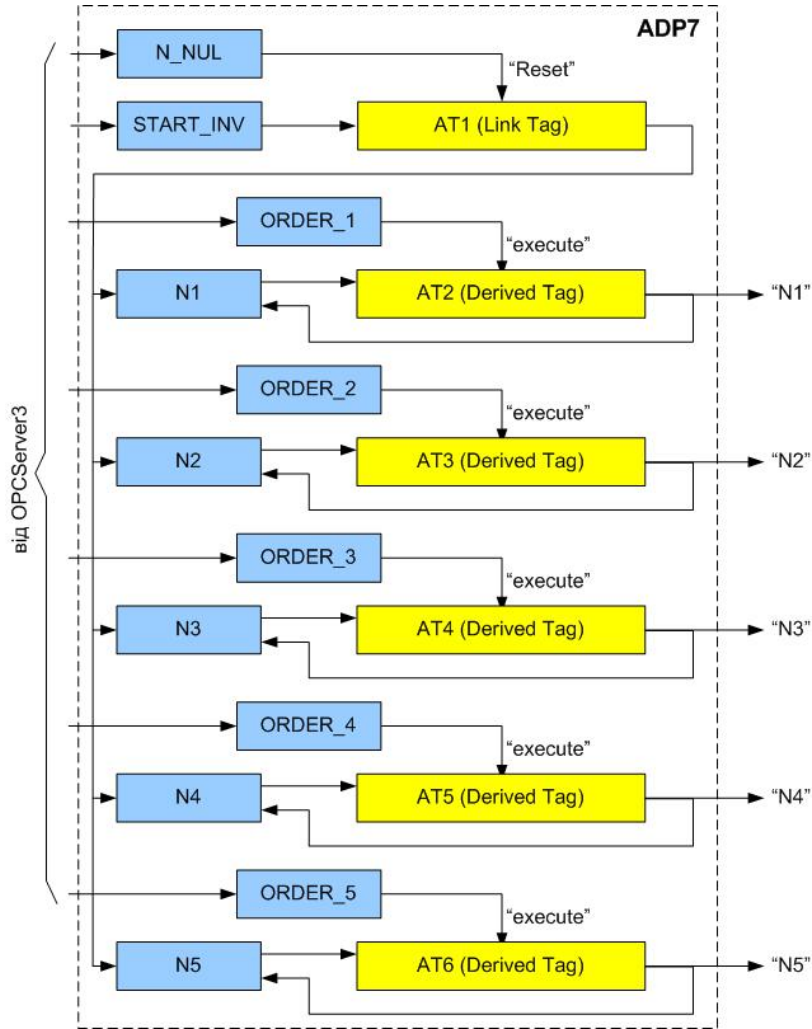


Схема ADP8 розрахунку вартості операцій з полицею №1

Схема аналізу ADP7 розподілу складських операцій

# 3. Дослідження застосування "хмарного" сервера для аналітичної обробки даних

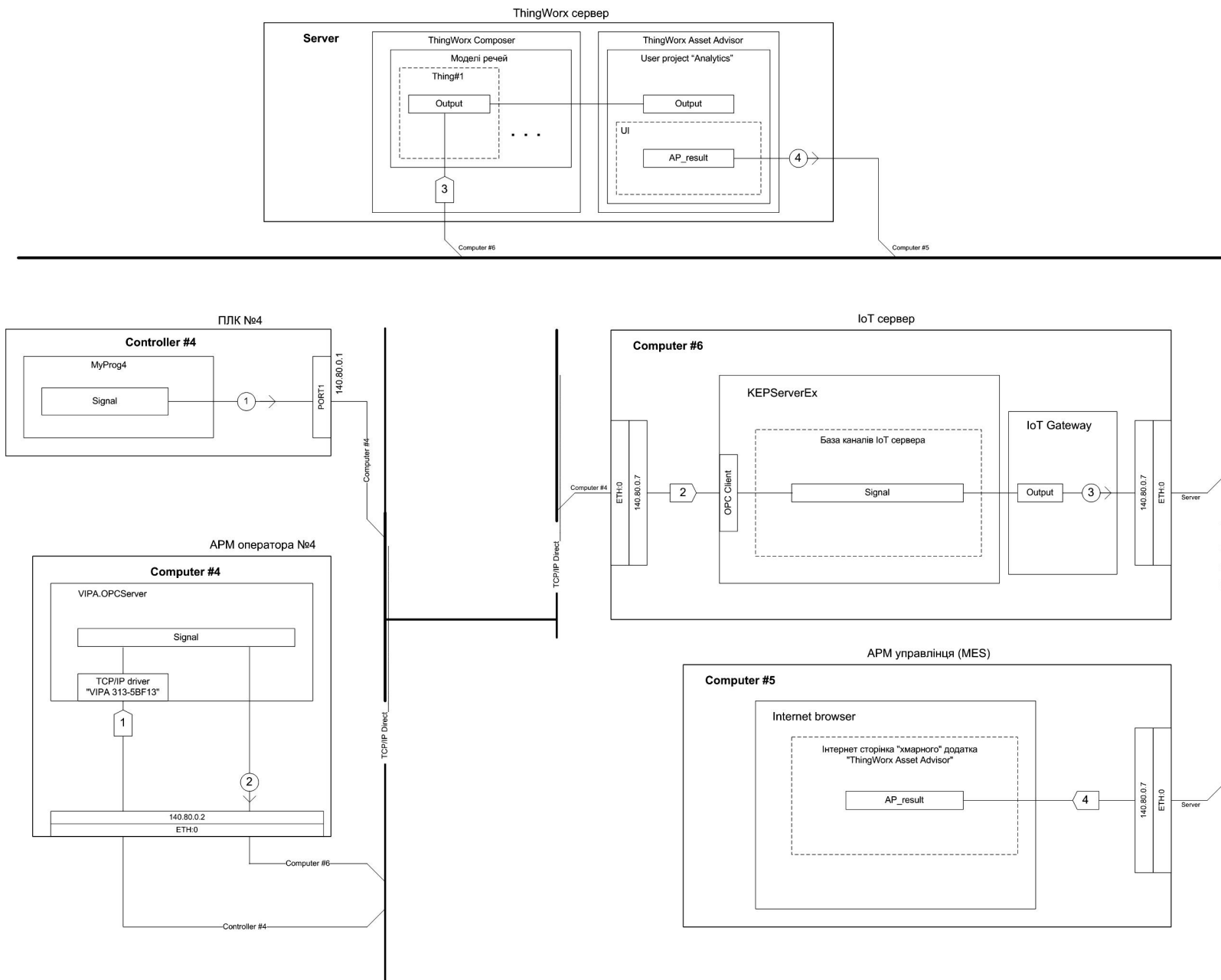
The screenshot displays the Siemens SIMATIC Manager environment for a project named 'MYPROG.WS7'. The main window shows the hardware configuration for a 'Station-Offline---PLC' with a rack containing a CPU 313SC/DPM SPEED7 and a DP module. A 'Properties Ethernet-Interface' dialog is open, showing the IP address 140.80.0.1. A 'TableOfVariables.var' window lists various symbols and their addresses. A ladder logic diagram shows three function blocks: 'Roughness (FB3)', 'Heater (FB4)', and 'Vibration (FB5)', each connected to a data block (DB3, DB4, DB5) via a '«use»' connection.

Slot	Module	Order No.	MPI address	I address	Q address
1					
2	CPU 313SC/DPM SPEED7	6ES7 313-6CF13-0AB0	2		
-X2	DP			1023	
				124 - 125	124 - 125
				768 - 783	768 - 783
				2000	

Symbol	Address	Type	Symb.-Comment
DOUT_1	I 0.0	BOOL	код режиму роботи, розряд 1
DOUT_2	E 0.1	BOOL	код режиму роботи, розряд 2
DOUT_3	E 0.2	BOOL	код режиму роботи, розряд 3
DOUT_4	E 0.3	BOOL	код режиму роботи, розряд 4
DOUT_5	E 0.4	BOOL	код режиму роботи, розряд 5
DOUT_6	E 0.5	BOOL	код режиму роботи, розряд 6
DOUT_7			
DOUT_8			
DOUT_9			
DOUT_10			
DOUT_11			
DOUT_12			
DOUT_13			
DOUT_14			
15	Blocks		
16	Inputs	FB 1	FB1 процедура введення фізичних сигналів
17	Whip	FB 2	FB2 процедура моделювання дії биття
18	Whipness	FB 3	FB3 процедура моделювання дії шурпоту
19	Whipness	FB 4	FB4 процедура моделювання дії шурпоту
20	Whipness	FB 5	FB5 процедура моделювання е/м вібрації
21	Whipness	FB 6	FB6 процедура моделювання е/м вібрації
22	Whipness	FB 7	FB7 процедура об'єднання резу...

Declaration	Name	Type	Initial value	Comment
in	DOUT_1	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 1
in	DOUT_2	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 2
in	DOUT_3	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 3
in	DOUT_4	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 4
in	DOUT_5	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 5
in	DOUT_6	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 6
in	DOUT_7	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 7
in	DOUT_8	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 8
in	DOUT_9	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 9
in	DOUT_10	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 10
in	DOUT_11	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 11
in	DOUT_12	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 12
in	DOUT_13	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 13
in	DOUT_14	BOOL	FALSE	код режиму роботи, розряд 14
word	WPIB0000	WORD	WPIB0000	код режиму роботи експериментальної установки
real	0.000000e+00	REAL	0.000000e+00	реальне значення вибраної амплітуди е/м наводки
real	0.000000e+00	REAL	0.000000e+00	реальне значення вибраної частоти е/м наводки
bool	FALSE	BOOL	FALSE	пуск програмної моделі
bool	FALSE	BOOL	FALSE	пуск електродвигуна експериментальної установки
bool	FALSE	BOOL	FALSE	включення режиму "Биття"
bool	FALSE	BOOL	FALSE	включення режиму "Шурпоту"
bool	FALSE	BOOL	FALSE	включення режиму "Нагрівання"
bool	FALSE	BOOL	FALSE	включення режиму "Джарна вібрація"

# 3. Дослідження застосування "хмарного" сервера для аналітичної обробки даних



# Обґрунтування навчально-методичного забезпечення навчального засобу

