

Магістерська кваліфікаційна робота

**НАВЧАЛЬНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАТФОРМИ THINGWORX  
ПРИ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМ  
УПРАВЛІННЯ З ІНТЕРНЕТОМ РЕЧЕЙ**

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

Розробив: студент гр. 1АКІТ-17м Шалінський П.С.

**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 "Інтеграція промислових систем управління з "хмарними" сервісами Інтернету речей". 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:**

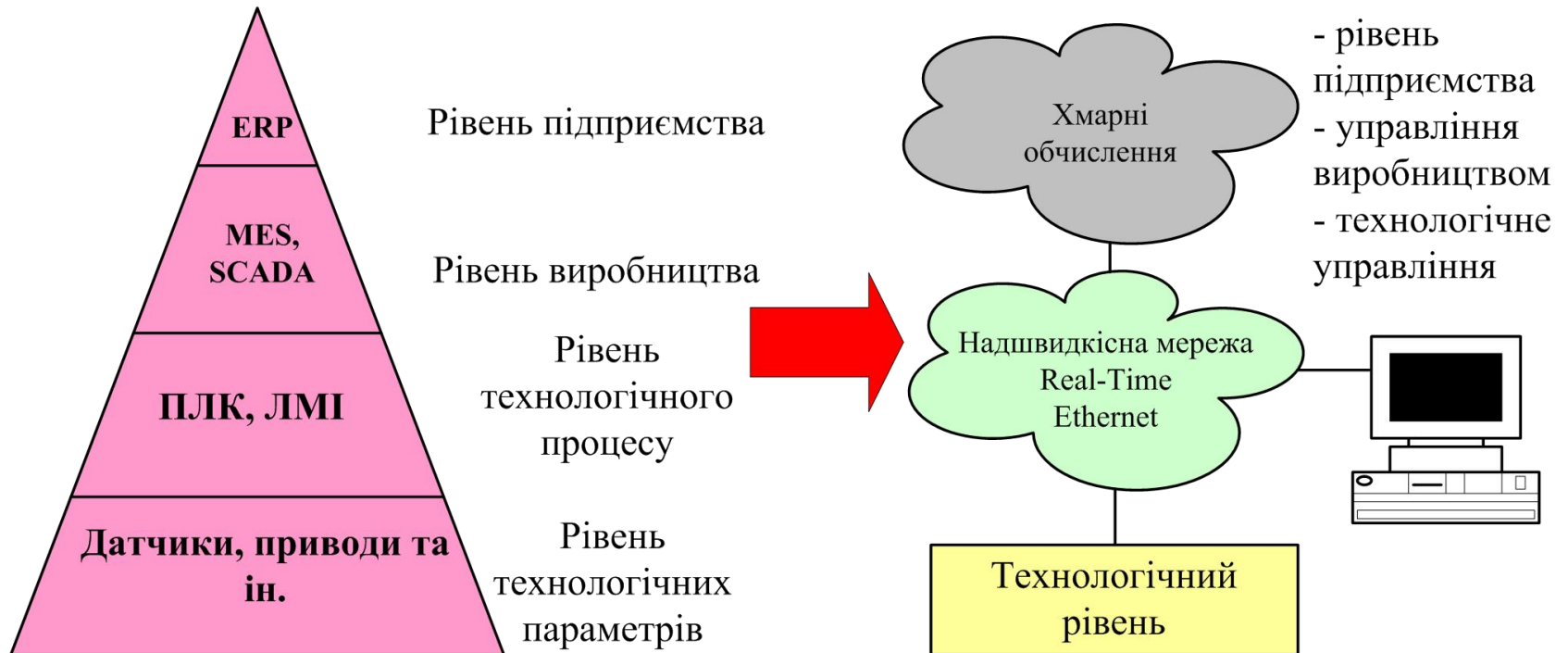
1. Детальне вивчення особливостей застосування інформаційної технології платформи ThingWorx для інтеграції промислових систем управління з Інтернетом речей.
2. Дослідження предметної області комп'ютеризованих навчальних засобів аналогічного призначення.
3. Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування 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 як промислових зразків програмно-технічних засобів автоматизації, так і моделей технологічного устаткування різної природи та ступеню абстрагування (фізичних, аналогічних, імітаційних, програмних, гібридних) підвищити ефективність практичного освоєння студентами інформаційної технології платформи ThingWorx "Інтеграція промислових системах управління з "хмарними" сервісами Інтернету речей".

**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.

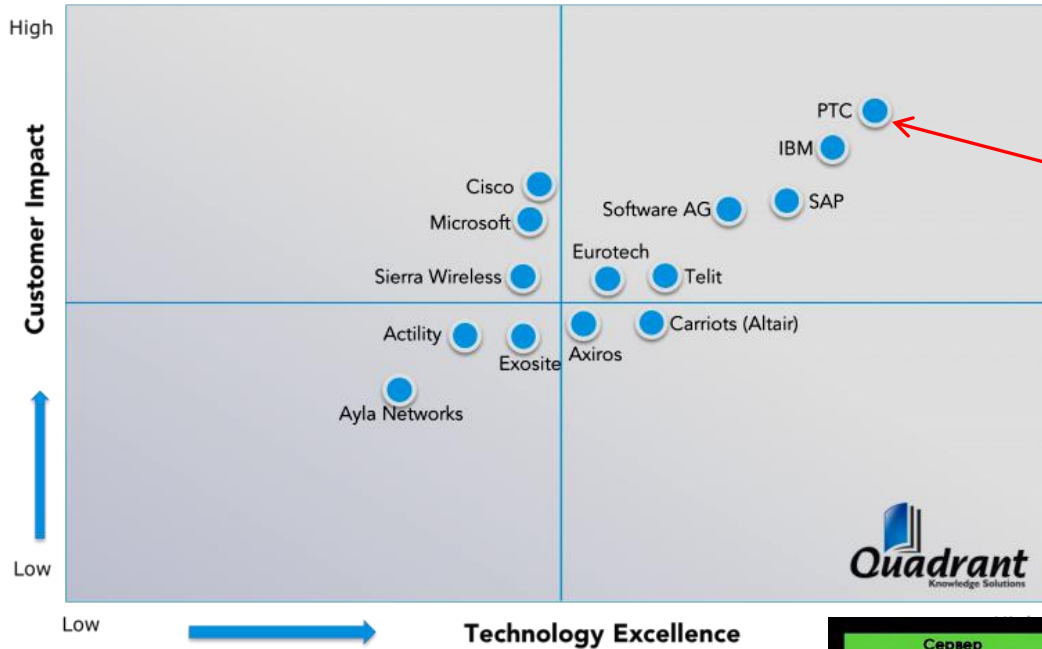
**Апробація результатів дослідження:** основні результати виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані в матеріалах щорічної регіональної науково-практичної Інтернет - конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця,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

# Нова концепція автоматизації для "розумному" підприємства



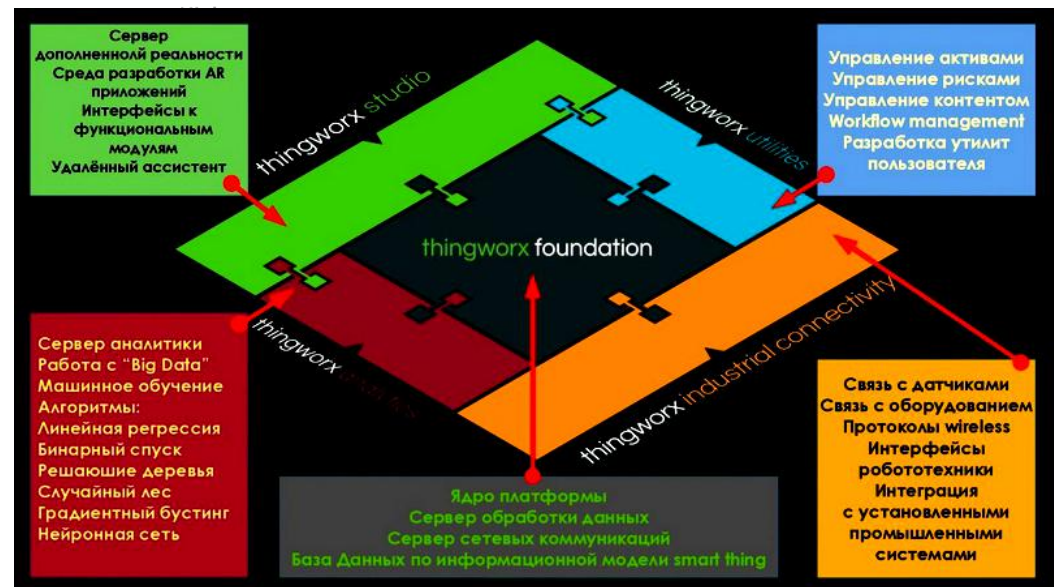
# ThingWorx Foundation - платформа промислового Інтернету речей

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

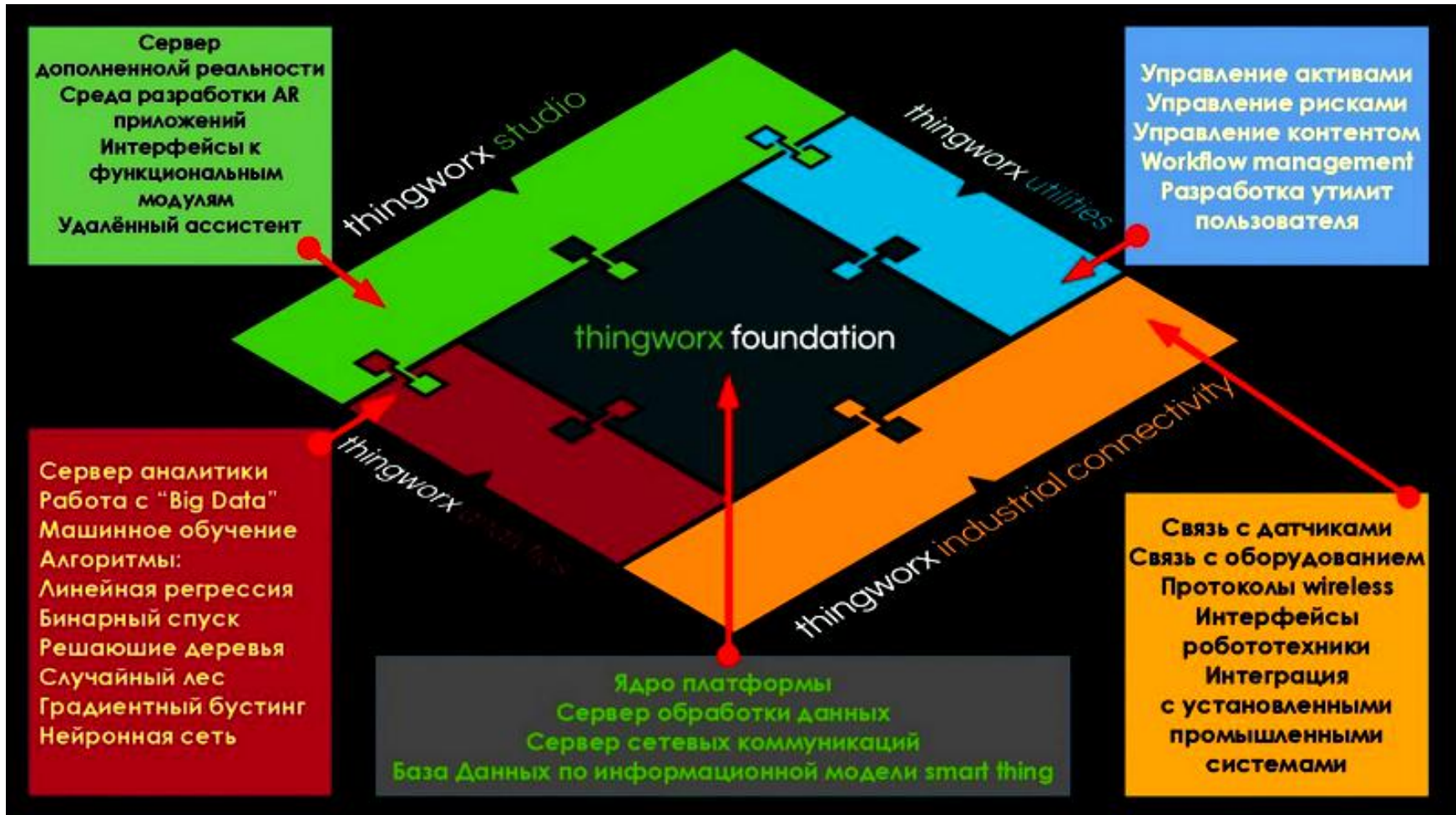


Лідуюча позиція компанії  
PTC як виробника  
платформи ThingWorx

Загальна архітектура  
платформи ThingWorx

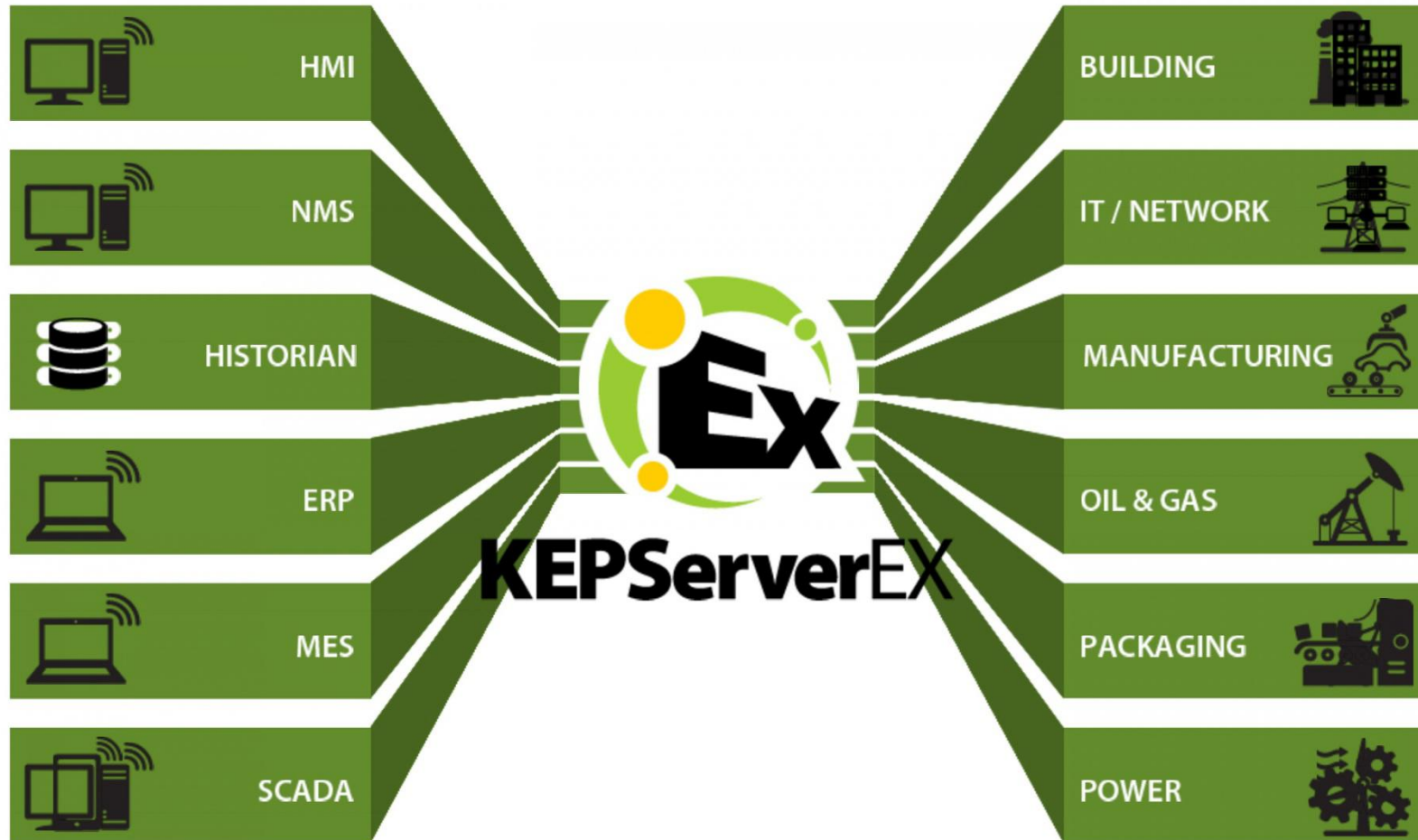


# ThingWorx Foundation - платформа промышленного Интернета речей



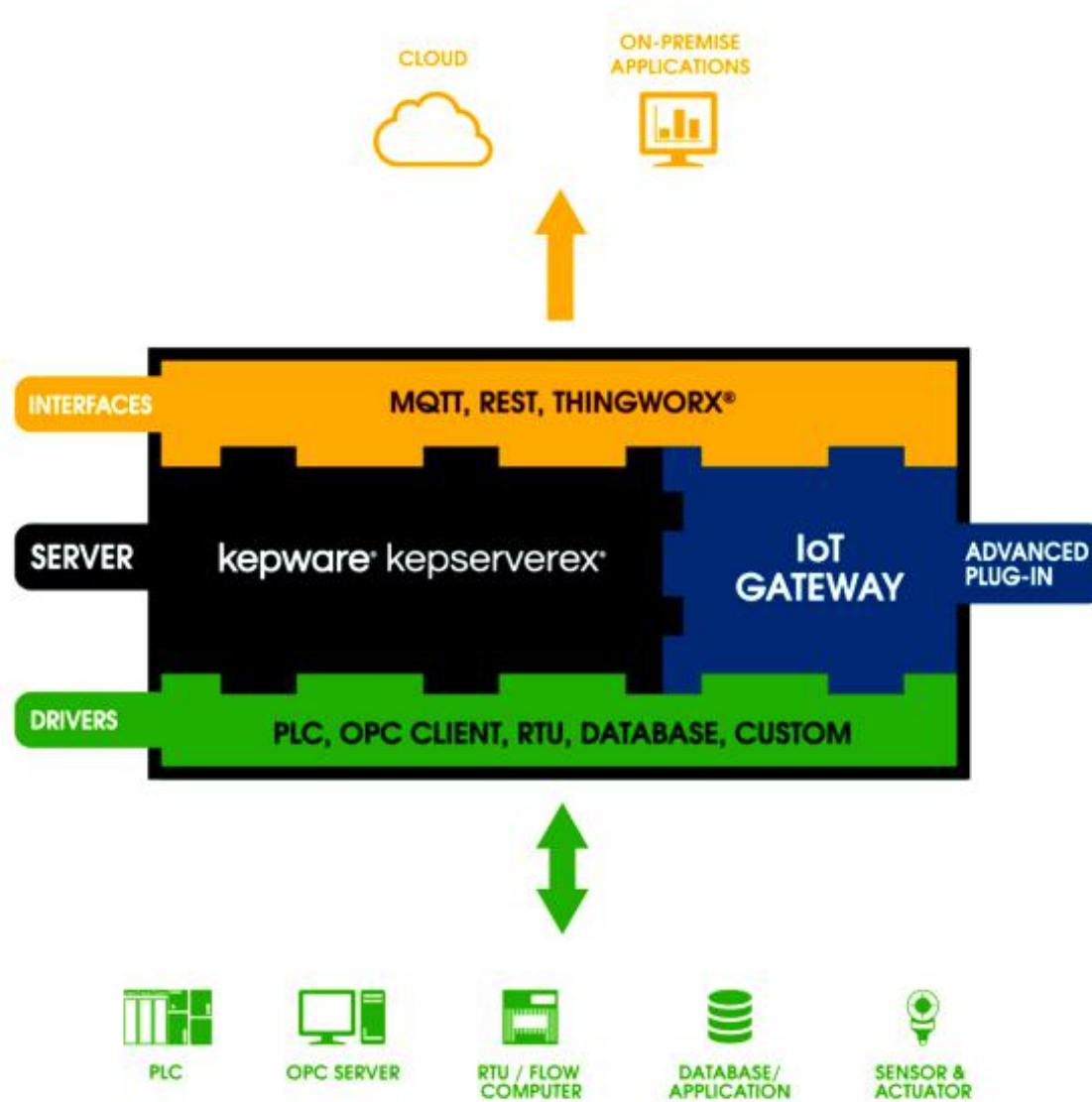


# Промислова комунікаційна платформа KEPServerEX





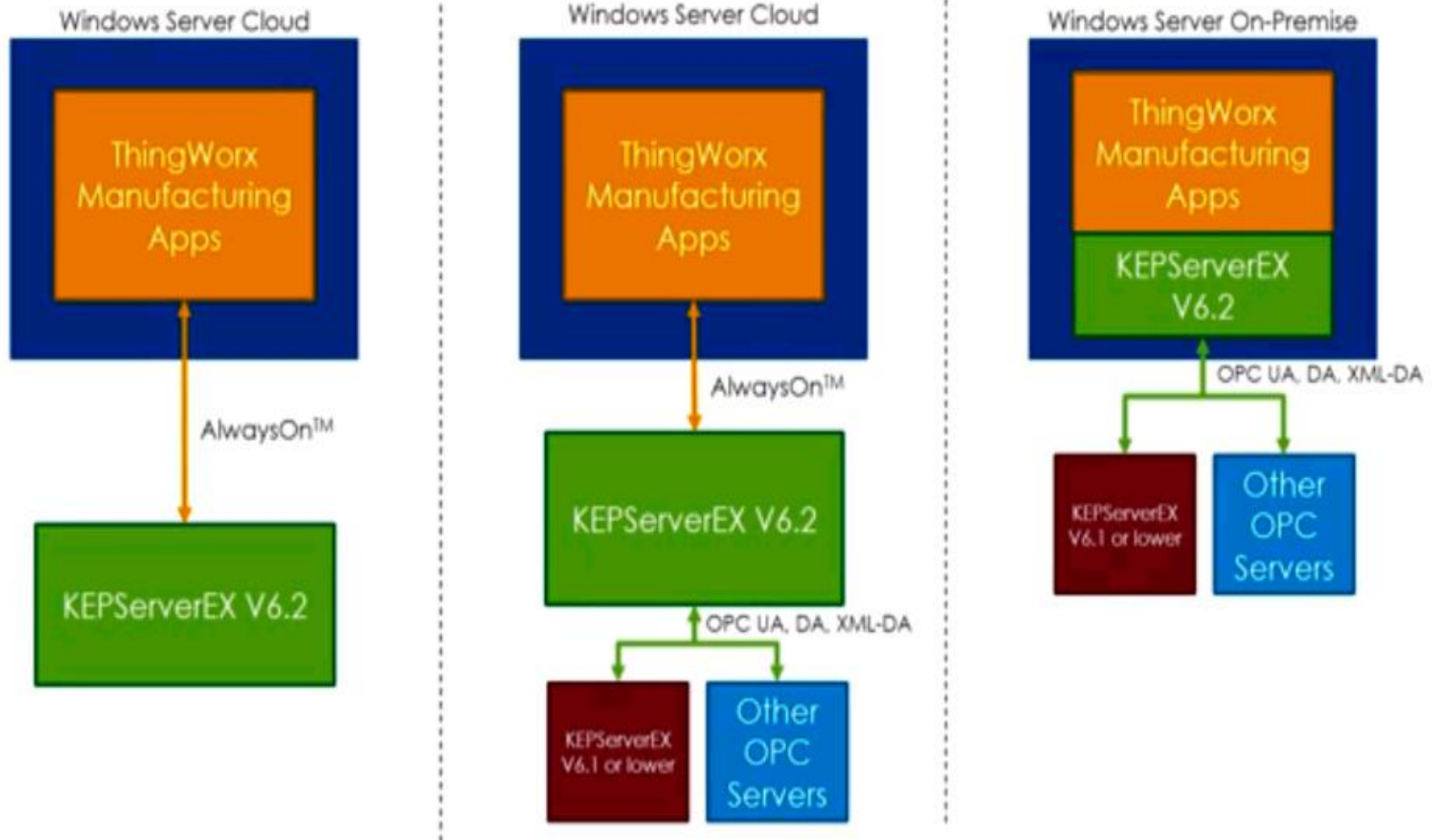
# Промислова комунікаційна платформа KEPServerEX



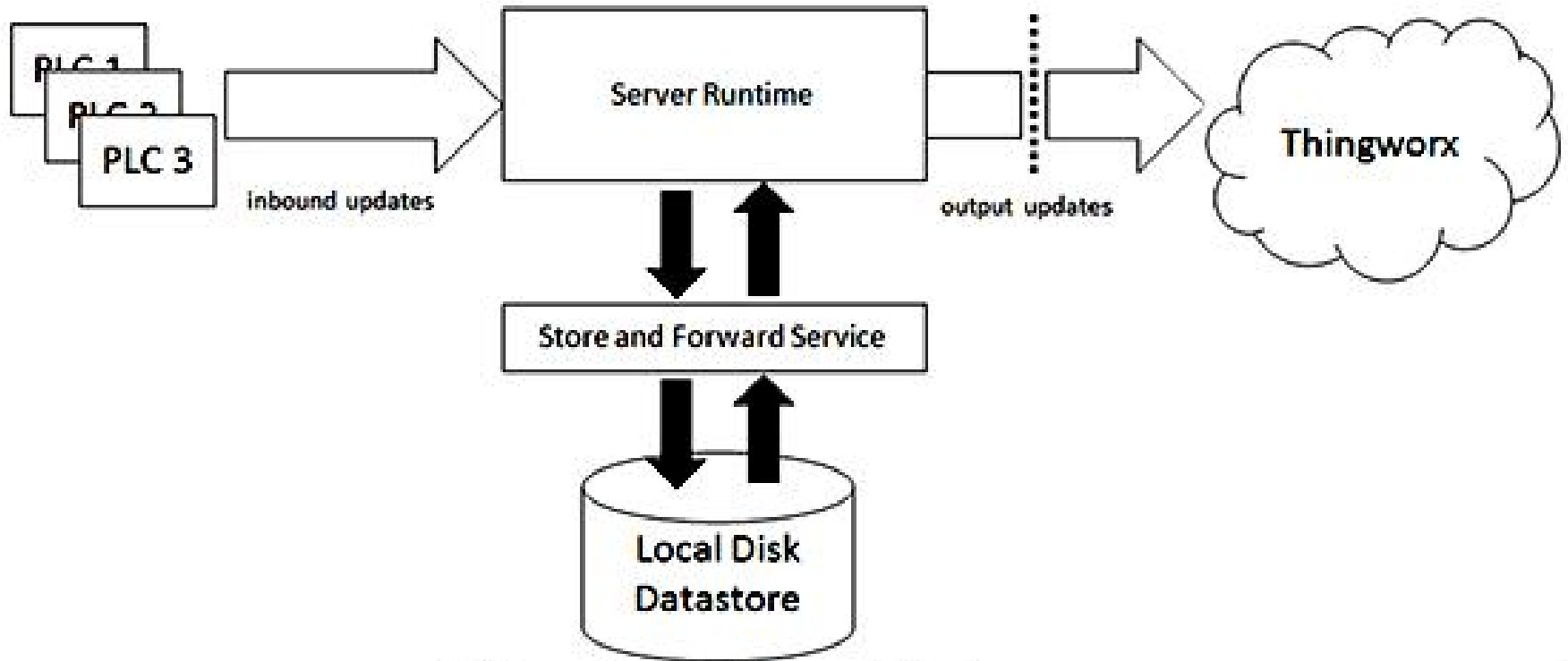
# Промислова комунікаційна платформа KEPServerEX



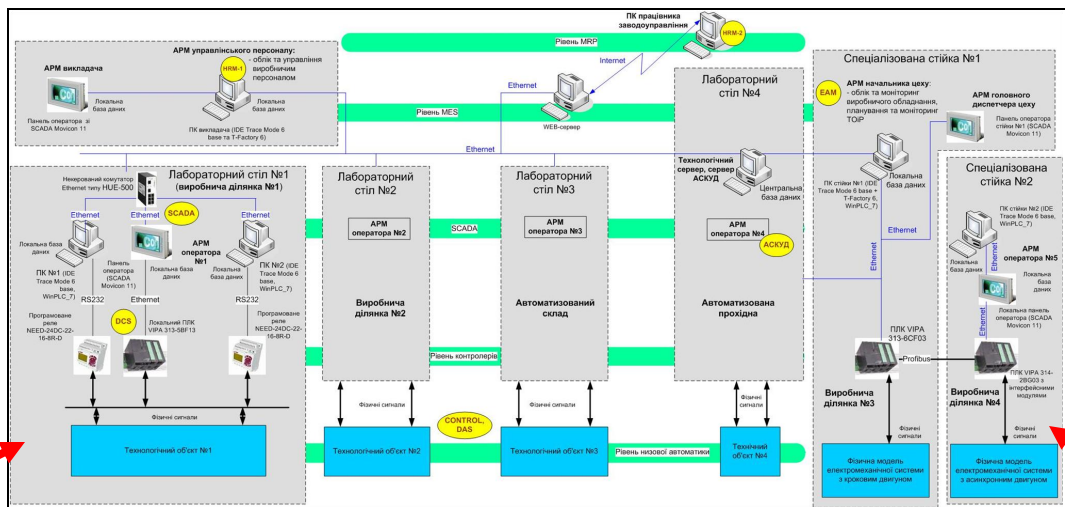
## DEPLOYMENT CONFIGURATIONS



# Промислова комунікаційна платформа KEPServerEX



# Навчальні засоби для практичного освоєння інформаційної технології



Лабораторна комп'ютерно-інтегрована система ФКСА

"Проміжне" рішення – лабораторна імітація КІСУ виробництвом

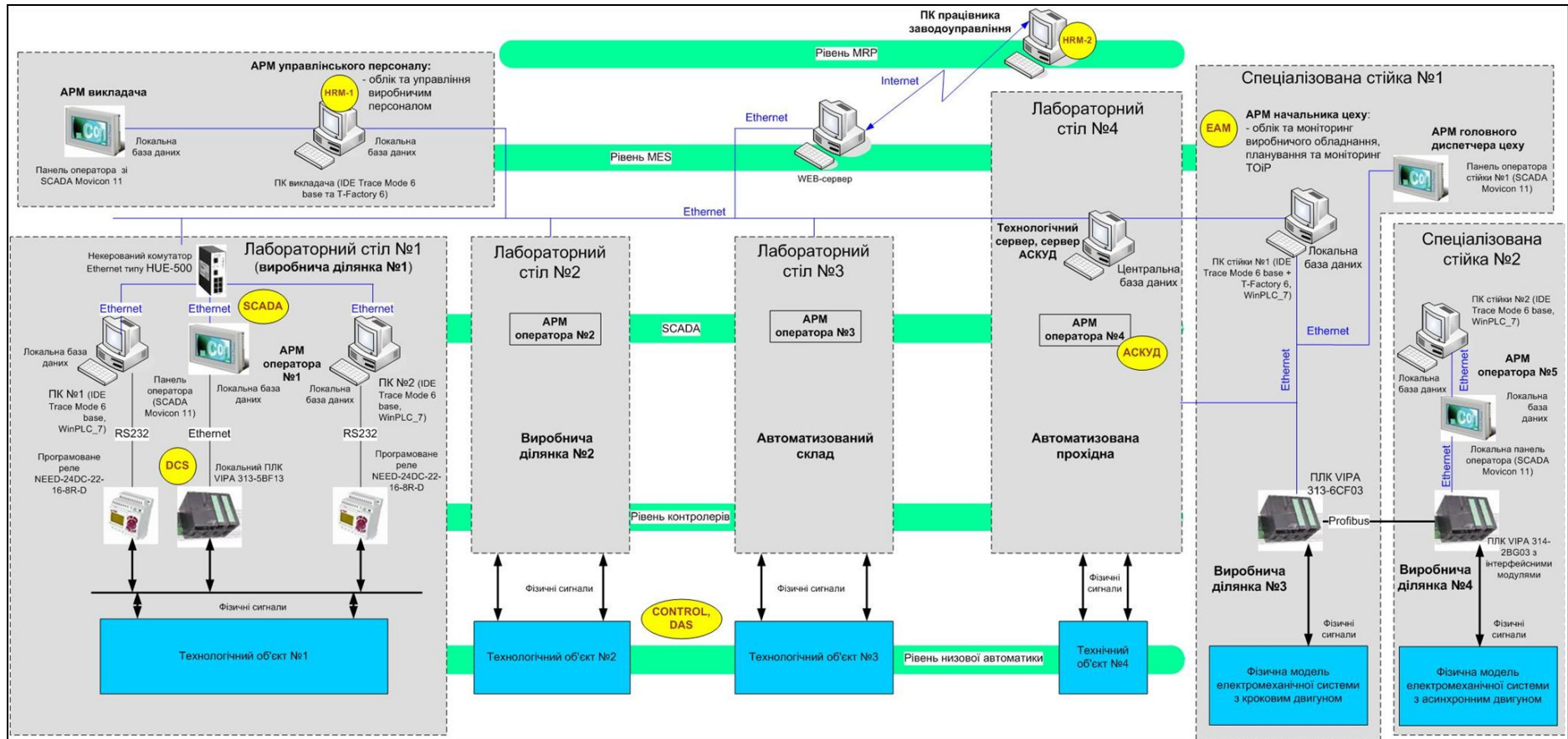


"Ідеальне" рішення – модульні кіберфізичні лабораторії навчальної фабрики ("Learning Factory")



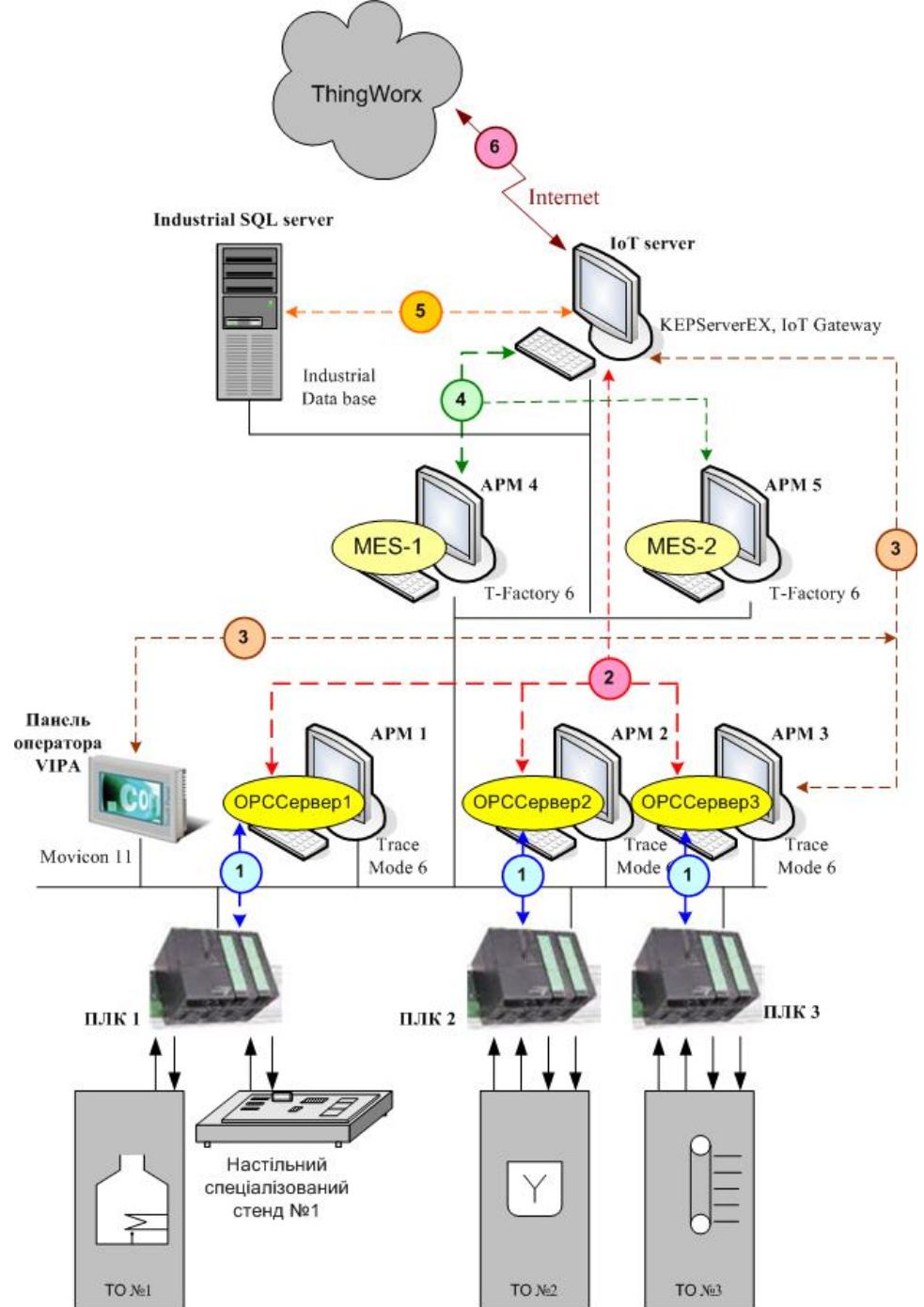
"Традиційне" рішення – комп'ютеризовані лабораторні стенди

# Імітація КІСУ виробництвом в лабораторії ФКСА

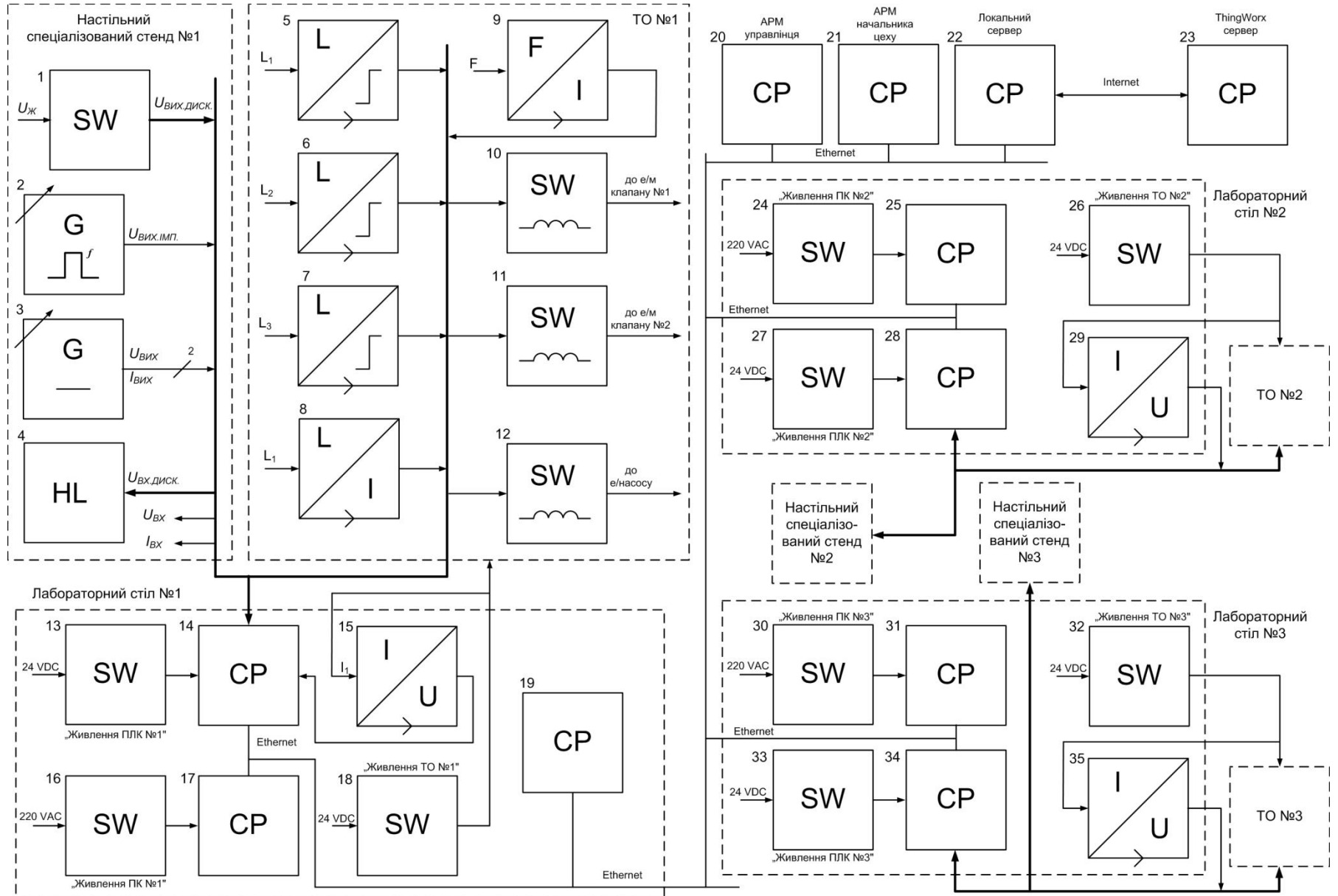




# Загальна конфігурація нового комп'ютеризованого навчального засобу

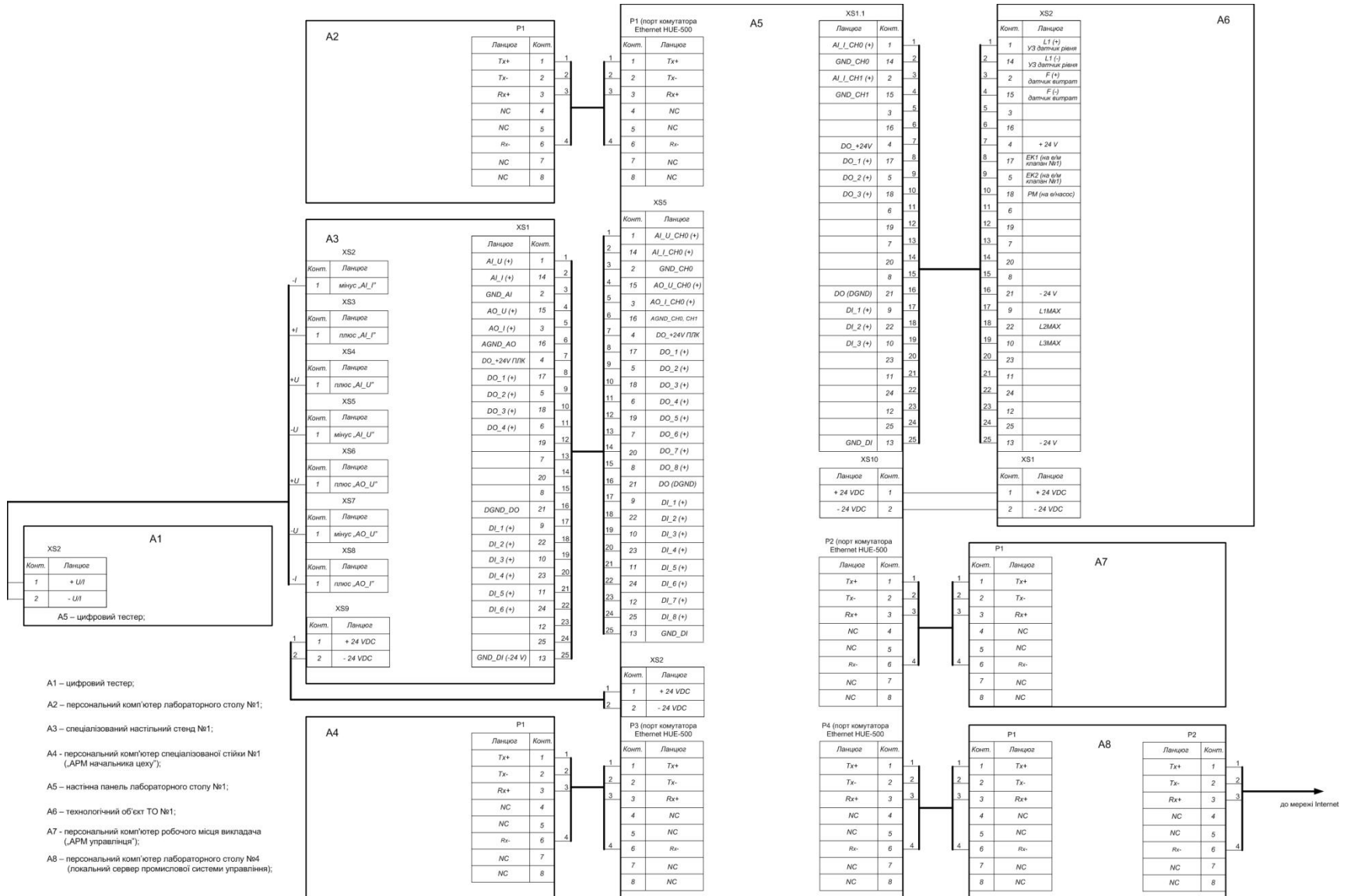


# Навчальний засіб. Схема електрична структурна

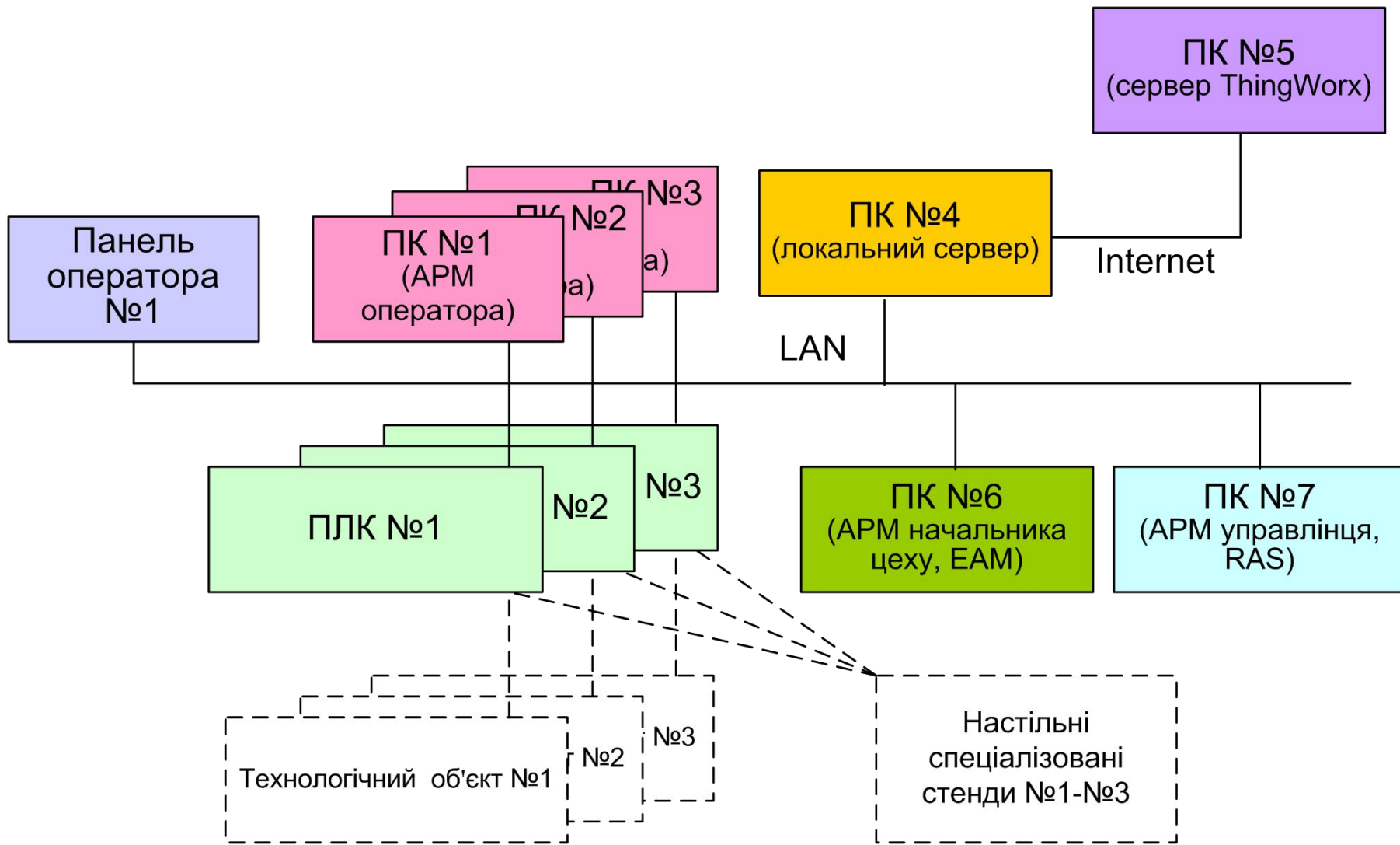




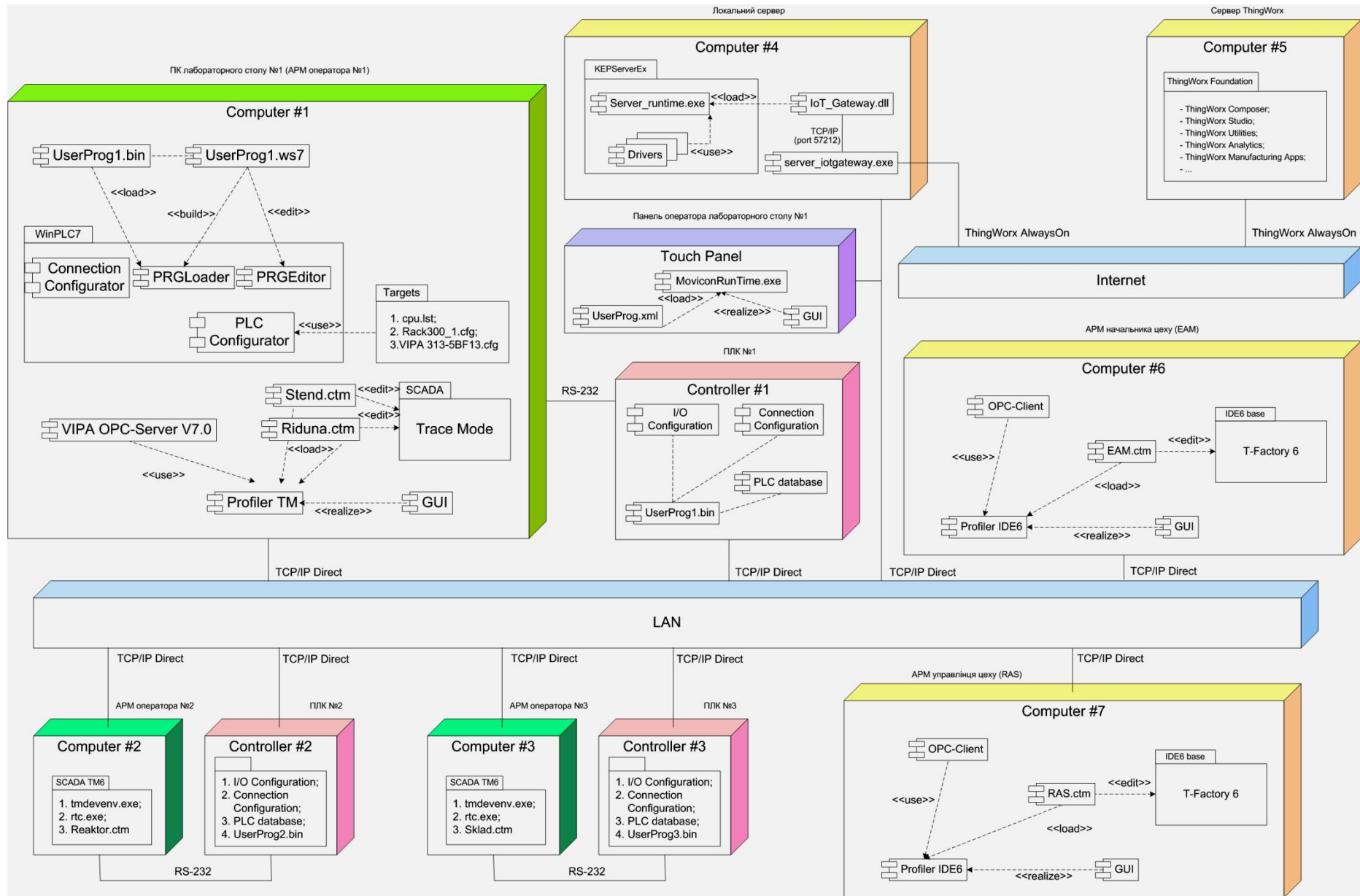
# Навчальний засіб. Схема електрична підключення



# Обчислювальні ресурси вибраної конфігурації навчального засобу



# Архітектура програмного забезпечення навчального засобу



# 1. Дослідження підсистеми введення/виведення сигналів

## промислового контролера

The image displays the SIMATIC Manager interface for a PLC system. It includes a hardware rack configuration, symbol tables for inputs and outputs, and a ladder logic diagram for a control function block.

**Hardware Configuration:**

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				
-2.3	AI/AO				
-2.4	Count				
3	IM 360	6ES7 360-3AA01-0AA0			
4					
5					
6					

**Inputs Symbol Table:**

Symbol	Address	Type	Symb. -Comment
Inputs			
AI_U/I	IW 3	WORD	Вхідна напруга чи струм
DI_1	I 0.0	BOOL	Вх. дискретний сигнал 1
DI_2	I 0.1	BOOL	Вх. дискретний сигнал 2
DI_3	I 0.2	BOOL	Вх. дискретний сигнал 3
DI_4	I 0.3	BOOL	Вх. дискретний сигнал 4
DI_5	I 0.4	BOOL	Вх. дискретний сигнал 5
DI_6	I 0.5	BOOL	Вх. дискретний сигнал 6

**Outputs Symbol Table:**

Symbol	Address	Type	Symb. -Comment
Outputs			
AQ_U/I	QW 3	WORD	Вихідна напруга чи струм
DO_1	Q 0.0	BOOL	Вих. дискретний сигнал 1
DO_2	Q 0.1	BOOL	Вих. дискретний сигнал 2
DO_3	Q 0.2	BOOL	Вих. дискретний сигнал 3

**Control Function Block (FB2) Ladder Logic:**

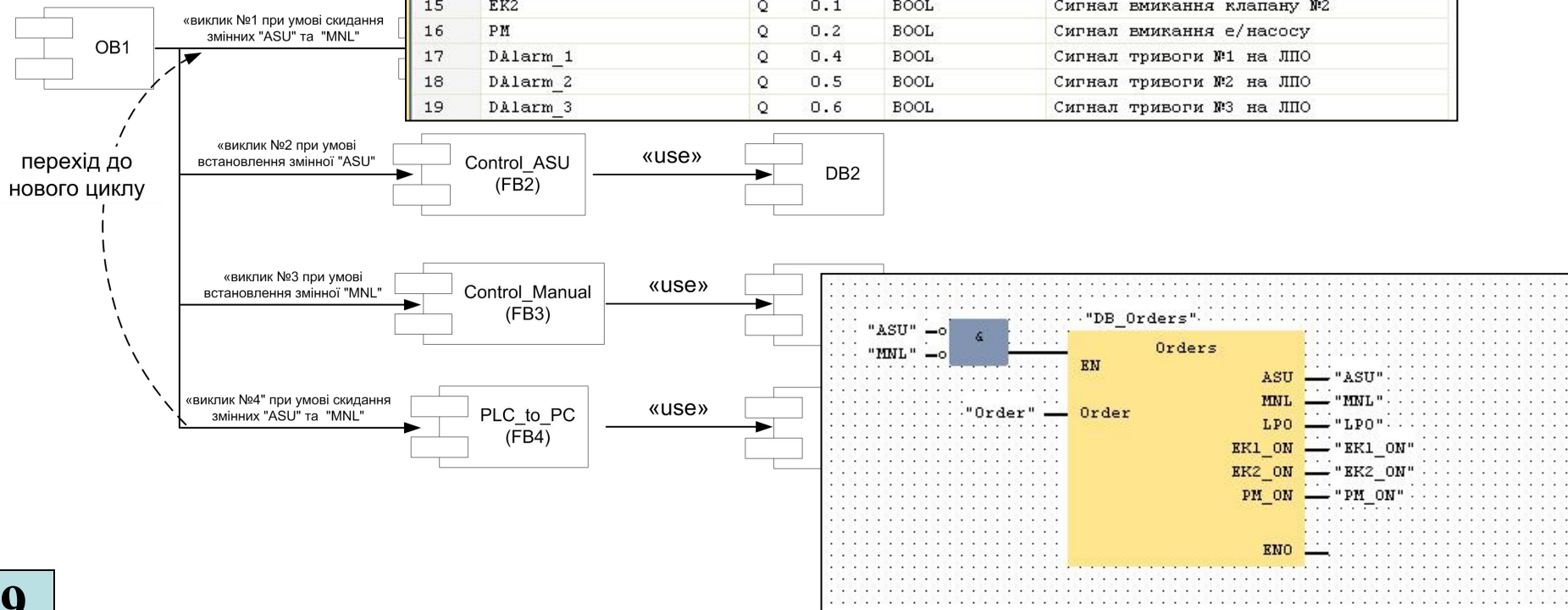
```
graph TD
    subgraph FB2 [Control FB2]
        direction TB
        Start1["Start_1"] -- EN --> Inputs
        AIUI["AI_U_I"] -- AI_U_I --> Inputs
        DI1["DI_1"] -- DI_1 --> Inputs
        DI2["DI_2"] -- DI_2 --> Inputs
        DI3["DI_3"] -- DI_3 --> Inputs
        DI4["DI_4"] -- DI_4 --> Inputs
        DI5["DI_5"] -- DI_5 --> Inputs
        DI6["DI_6"] -- DI_6 --> Inputs
        MD10["MD10"] -- K_U --> Inputs
        MD14["MD14"] -- K_I --> Inputs
        Inputs --> ENO
    end

    Inputs -- «use» --> DB1
    Inputs -- «use» --> DB2
    Inputs -- «use» --> DB3
```

## 2. Дослідження застосування промислового контролера в АСУТП

Symbol	Address	Type	Symb.-Comment	
1	Inputs			
2	L1	IW 3	WORD	Вихід датчика рівня
3	F	IW 5	WORD	Вихід датчика витрат
4	Regul_U	IW 7	WORD	Сигнал регулювання з ЛПО
5	L1MAX	I 0.0	BOOL	Максимальний рівень в баку №1
6	L2MAX	I 0.1	BOOL	Максимальний рівень в баку №2
7	L3MAX	I 0.2	BOOL	Максимальний рівень в баку №3
8	DCont_1	I 0.3	BOOL	Сигнал управління №1 з ЛПО
9	DCont_2	I 0.4	BOOL	Сигнал управління №2 з ЛПО
10	DCont_3	I 0.5	BOOL	
11	DCont_4	I 0.6	BOOL	
12	DCont_5	I 0.7	BOOL	

Symbol	Address	Type	Symb.-Comment	
13	Outputs			
14	EK1	Q 0.0	BOOL	Сигнал вмикання клапану №1
15	EK2	Q 0.1	BOOL	Сигнал вмикання клапану №2
16	PM	Q 0.2	BOOL	Сигнал вмикання е/насосу
17	DAlarm_1	Q 0.4	BOOL	Сигнал тривоги №1 на ЛПО
18	DAlarm_2	Q 0.5	BOOL	Сигнал тривоги №2 на ЛПО
19	DAlarm_3	Q 0.6	BOOL	Сигнал тривоги №3 на ЛПО





### 3. Дослідження застосування технології OPC на рівні АСУТП

The screenshot displays the OPC-Editor interface with several overlapping windows:

- Create network dialog:** Name: Lab\_net, Type: MPI over COMPort.
- OPC-Editor (C:\Program Files\Vipa GmbH\OPC Server\INI\VOPCSR.VI):** Shows a table of tag configurations.
- OPC-Editor (C:\Program Files\Vipa GmbH\OPC Server\INI\VOPCSR.VI):** Shows a project tree with 'Lab\_net' and 'PLC\_1' selected.
- OPC-Editor (C:\Program Files\Vipa GmbH\OPC Server\INI\VOPCSR.VI):** Shows a project navigator and a list of tags.

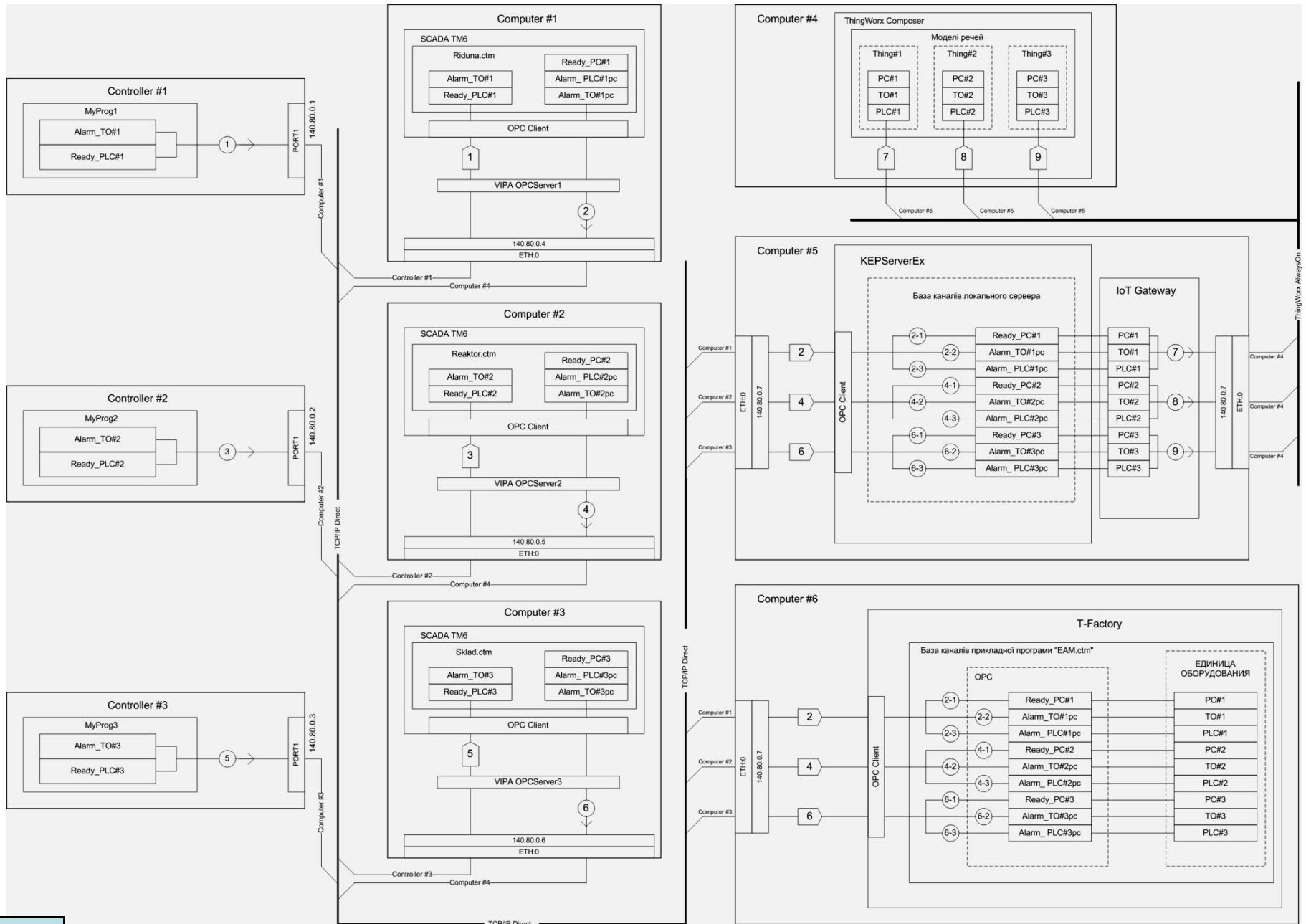
**Table 1: Tag Configuration (from top OPC-Editor window)**

Tag	Destination	Access right	Simulation	Comment
DI_1	IX0.0	RO		Диск. вих. сигнал №1
DI_2	IX0.1	RO		Диск. вих. сигнал №2
DI_3	IX0.2	RO		Диск. вих. сигнал №3
DI_4	IX0.3	RO		Диск. вих. сигнал №4
DI_5	IX0.4	RO		Диск. вих. сигнал №5
DI_6	IX0.5	RO		Імпульс. вих. сигнал
AI_U_1	IW3	RO		Аналог. вих. сигнал
		RW		Диск. вхід. сигнал №1
		RW		Диск. вхід. сигнал №2
		RW		Диск. вхід. сигнал №3

**Table 2: Tag Configuration (from bottom OPC-Editor window)**

Tag	Destination	Access right	Simulation	Comment
Order	MX0.2	RO		Біт дозволу на ЛПО
LI2_PC	IX0.0	RO		Максим. рівень в баку №1
ASU	IX0.1	RO		Максим. рівень в баку №2
MNL	IX0.2	RO		Максим. рівень в баку №3
LPO	IX0.3	RO		Сигнал управління №1 з ЛПО
L1MAX	IX0.4	RO		Сигнал управління №2 з ЛПО
L2MAX	IX0.5	RO		Сигнал управління №3 з ЛПО
L3MAX	IX0.6	RO		Сигнал управління №4 з ЛПО
DCont_1	IX0.7	RO		Сигнал управління №5 з ЛПО
DCont_2	IW3	RO		Поточний рівень в баку №1
DCont_3	IW5	RO		Поточні витрати рідини
DCont_4	IW7	RO		Сигнал регулювання з ЛПО
DCont_5	QX0.0	RO		Сигнал вмикання клапану №1
L1	QX0.1	RO		Сигнал вмикання клапану №2
F	QX0.2	RO		Сигнал вмикання насосу
ReguLU	QX0.4	RO		Сигнал тривоги №1 на ЛПО
EK1	QX0.5	RO		Сигнал тривоги №2 на ЛПО
EK2	QX0.6	RO		Сигнал тривоги №3 на ЛПО
	MB1	RO		Байт повідомлення до ПК

# Дослідження програмних засобів вертикальної інтеграції АСУ





# 4. Дослідження програмних засобів управління виробництвом

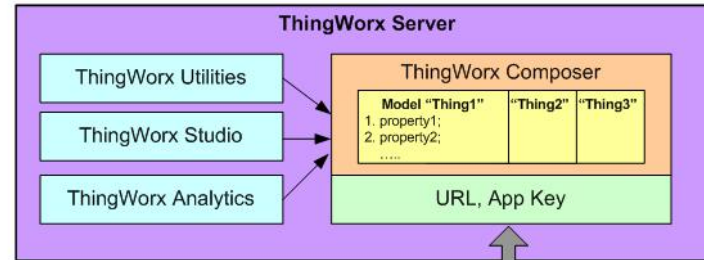
The screenshot displays the OPC-Editor software interface with several overlapping windows:

- OPC-Editor Main Window:** Shows a project tree on the left with 'Lab\_net' containing 'PLC\_1', 'PLC\_2', and 'PLC\_3'. The main area shows a 'Property' window for 'Ready\_PLС#1' with the 'Filename for Tags' field.
- Table:** A table listing tags and their destinations:
 

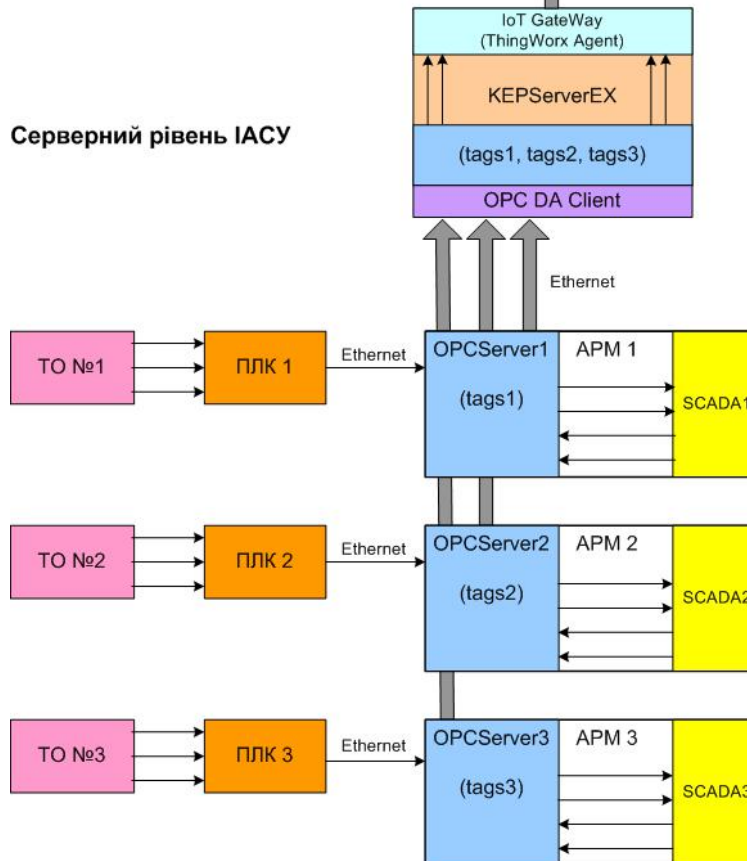
Tag	Destination	Access right	Simulation	Comment
Alarm_TO#1	MX1.0	RO		Авария ТО №1
Ready_PLС#1	MB1	RO		Готовность ПЛК №1
- Браузер OPC (OPC Browser):** A dialog box for selecting an OPC server. It lists 'Локальный компьютер' with sub-items: 'VIPA.OPCServer', 'CoDeSys.OPC.02', 'OWEN.MOДBUS', and 'OWEN.RS485'. It also has a 'Сетевое окружение' section.
- Выбор переменных OPC (Select OPC Variables):** A dialog box for selecting variables, with columns for 'Имя' (Name) and 'Описание' (Description).
- Навигатор проекта (Project Navigator):** A tree view showing the project structure, including 'Шаблоны\_связей\_с\_СУБД', 'База\_каналов', 'Система', and 'RTM\_1'. A secondary instance of this window shows a list of components like 'Ready\_PLС#1', 'Ready\_PLС#2', 'Ready\_PLС#3', and 'Alarm\_TO#1'.
- Form:** A detailed form for 'ПК №1' (PC #1) with fields for 'Имя' (Name), 'Комментарий' (Comment), 'Паспортное имя' (Passport name), 'Номер паспорта' (Passport number), 'Дата выпуска' (Issue date), 'Срок службы' (Service life), 'Производительность' (Performance), and 'Системные' (System) parameters like 'Тип' (Type), 'Размерность' (Dimensions), and 'Период' (Period).
- Another Project Navigator:** A detailed view of the project navigator showing a tree structure with 'База\_каналов', 'Система', 'RTM\_1', 'Каналы', 'Источники/Приемники', 'Технология', 'Оборудование цеха' (Factory equipment), 'Топология', 'КИПиА', and 'Библиотеки\_компонентов'. A secondary pane shows a list of components: 'PC#1', 'TO#3', 'PLC#1', 'TO#1', 'PC#2', 'PLC#2', 'TO#2', 'PC#3', and 'PLC#3'.

## 5. Дослідження серверного та «хмарного» рівнів ІАСУ

"Хмарний" рівень ІАСУ

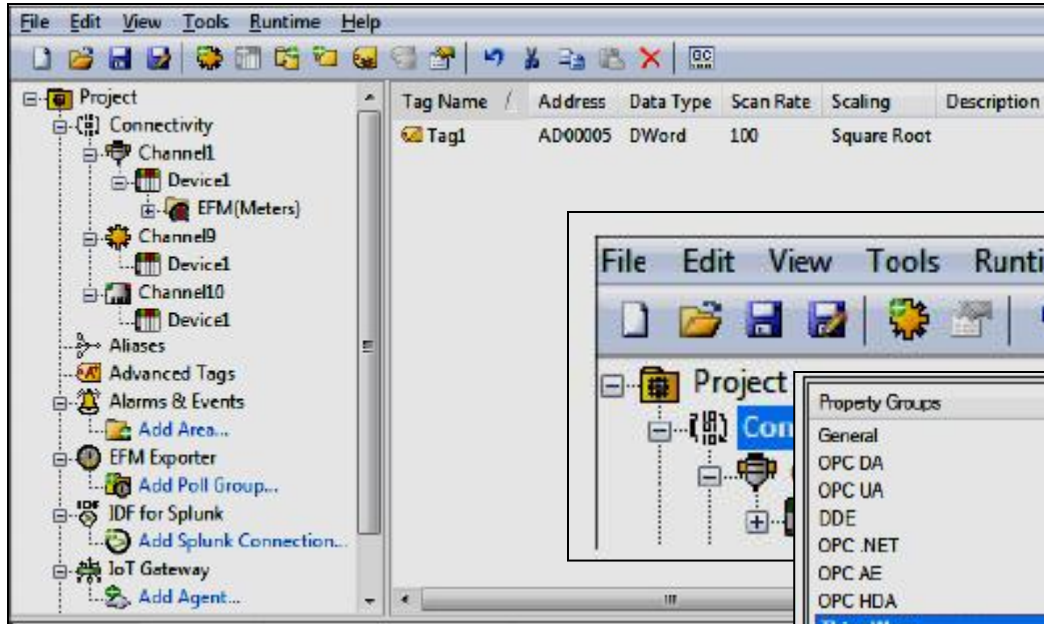


Серверний рівень ІАСУ

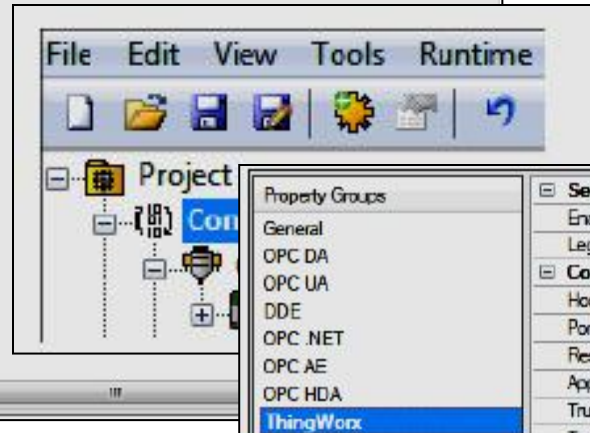


Архітектурне рішення інтеграції серверного та "хмарного" рівнів ІАСУ виробництвом

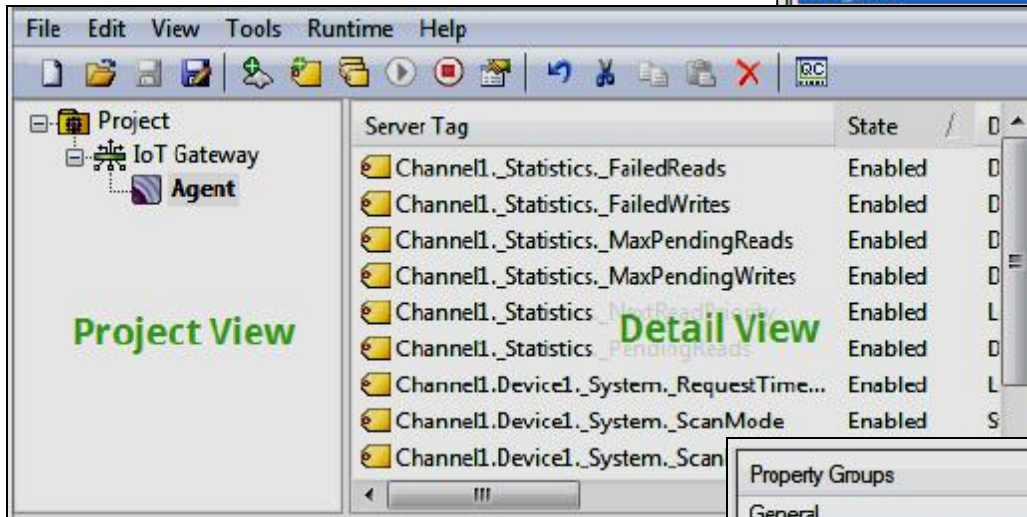
## 5. Дослідження серверного та «хмарного» рівнів ІАСУ



ПЗ IoT сервера KEPServerEX



<b>Server Interface</b>	
Enable	Yes
Legacy Mode	Disable
<b>Connection Settings</b>	
Host	localhost
Port	443
Resource	/Thingworx/WS
Application key	*****
Trust self-signed certificates	Yes
Trust all certificates	Yes
Disable encryption	Yes
<b>Platform</b>	
Thing name	Server
<b>Data Rates</b>	
Publish floor (ms)	1000
<b>Logging</b>	
Enable	No
Level	Warning
Verbose	No
<b>Store and Forward</b>	
Store and Forward	<b>Enable</b>
Storage Location	C:\Program Data\
Max Datastore Size	2 GB



ПЗ IoT агента «IoT GateWay»

<b>Server</b>	
URL	ws://localhost:80/Thingworx/WS
App Key	*****
Trust SSL Certificates	Yes

# Обґрунтування навчально-методичного забезпечення навчального засобу

