

# СУЧАСТІ ПІДХОДИ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Слюсар Є.В., студент, Тимохін О.В., к.т.н.

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** Сучасні підходи до побудови систем управління електроенергетичних об'єктів передбачають використання різноманітних засобів автоматики та автоматизації. Основну частину засобів автоматики та автоматизації складають спеціалізовані пристрої, що виконують покладені на них функції та пристосовані до інтеграції у автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУ ТП) електроенергетичних об'єктів.

Слід відзначити, що сучасні тенденції розвитку електроенергетики, що пов'язана із розвитком ВЕС, СЕС, ГЕС, малої енергетики і т.д. перед АСУ ТП постають нові задачі. Такі електроенергетичні об'єкти можуть містити нетипове обладнання, що забезпечує надійне та ефективне функціонування таких об'єктів.

В якості прикладу нетипових задач АСУ ТП електроенергетичних об'єктів можна розглядати задачу просторової орієнтації сонячних панелей, контроль та обробка даних метеостанцій, контроль та реалізація захистів редукторів вітрових турбін, тощо [3, 5, 11].

**Мета роботи.** Об'єктом дослідження є автоматизація електроенергетичних об'єктів, предмет дослідження – елементи, що дозволяють вирішити задачі АСУ ТП це RTU, PLC та ін.

**Матеріали і результати досліджень.** Вибір рішення задач АСУ ТП залежить від необхідності програмування чи конфігурації, швидкодії пристрою та ін. Тому визначаємо оптимальне вирішення шляхом порівняння всіх доступних засобів для АСУ ТП.

У зв'язку із новими задачами постає питання інформаційної взаємодії між системами АСУ ТП та нетиповим обладнанням. Вирішення цієї задачі залежить від комунікаційних можливостей цього обладнання та може бути зроблено апаратно або програмно. Апаратне вирішення, як правило, використовує Remote terminal unit (RTU) та програмних логічних контролерів (ПЛК).

RTU зазвичай виконують функції збору та передачі дискретних та аналогових даних та передачу її до систем АСУ ТП із мінімальною обробкою. Особливістю RTU є широка підтримка комунікаційних інтерфейсів та протоколів. На сьогоднішній день RTU широко використовуються на електроенергетичних об'єктах [1].

*До переваг RTU слід віднести:*

- Наявність простого інтерфейсу та відсутність необхідності у складному програмуванні, яке по суті зводиться до конфігурування пристрою;
- Наявність великої кількості аналогових та дискретних входів та виходів;
- Можливість роботи в промислових умовах [14].

*До недоліків RTU слід віднести:*

- Відсутність можливості обробки зібраних даних та можливості реалізувати на їх основі алгоритми автоматичного керування [14].

Іншим шляхом вирішення нових задач є використання ПЛК. На відміну від RTU ПЛК призначений не тільки до збору аналогової та дискретної інформації, а й її обробки. ПЛК по своїй суті міні промисловий комп'ютер, який збирає, обробляє та передає інформацію, а також реалізує алгоритми керування на їх основі. Відповідно ПЛК можуть бути обладнані вихідними аналоговими та дискретними каналами для вироблення вихідних керуючих впливів.

Розробка програм для ПЛК здійснюється в спеціалізованих середовищах (IDE – Integrated development environment). Вони підтримують різні мови програмування, зокрема як класичні C, C++, Python так і блочні, що мають вигляд алгоритмів та блок-схем, такі як Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST), Instruction List (IL). Ці мови програмування стандартизовані стандартом IEC 61131-3. IDE постачаються із набором бібліотек, що містять готові високоефективні алгоритми та моделі регуляторів, захистів та фізичних об'єктів (турбін, генераторів). Серед поширених регуляторів слід відзначити класичний ПД-регулятор, MDC, JUMO, Rawet, Smaris, Wes tInstruments регулятор [10].

ПЛК доцільно використовувати при вирішенні нетипових задач, що постають перед АСУ ТП та для яких відсутні спеціалізовані засоби, або є необхідність у поєднанні різноманітних функцій в межах одного пристрою. До нетипових задач АСУ ТП можна віднести моніторинг режимних параметрів нетипового обладнання (температура редуктора, рівень води, маслата ін.), нетипові або ускладнені алгоритми керування або захисту допоміжним обладнанням [2, 4].

До переваг ПЛК слід віднести:

- Компактність;
- Широкі можливості програмування.
- Підтримка різних мов програмування, що розраховані на користувачів з різним рівнем підготовки;
- Можливість роботи в промислових умовах;
- Можливість автоматичного керування об'єктами керування на основі зібраних даних та реалізованих алгоритмах без зв'язки із системою АСУ ТП [6].

До недоліків ПЛК слід віднести:

- Необхідність у певних знаннях для програмування ПЛК;
- Можливість збоїв у роботі ПЛК, що обумовлені помилками у програмах ПЛК, які можуть бути при програмуванні;
- Повільніша робота у порівнянні із спеціалізованими пристроями.[7]

Важливим аспектом побудови систем АСУ ТП електроенергетичних об'єктів є побудова інформаційної мережі для інформаційної взаємодії засобів автоматики та програмного забезпечення систем АСУ ТП.

Інформаційна взаємодія здійснюється із використанням різноманітних інформаційних мереж (Ethernet, RS-485, тощо) за допомогою різноманітних інформаційних протоколів. Серед найбільш поширених у системах АСУ ТП електроенергетичних об'єктів слід відзначити Modbus, Profibus, IEC 60870-101, IEC 60870-103, IEC 60870-104, DNP3, IEC 61850 [15].

Modbus є простим, легким у використанні протоколом. Однак, існує досить велика кількість варіацій в самому протоколі та у визначенні його фізичного рівня, що створює проблеми в додатках різних виробників. Modbus використовується при підключенні контролера до одного інтелектуального пристрою в конфігурації "точка-точка" або у ланцюговій мережі на основі інтерфейсу RS-485. Являє собою протокол де дані від пристрою передаються по запиті. Існує Ethernet-різновид протоколу Modbus [13].

Profibus – відкритий промисловий багаторівневий протокол, що розроблений Siemens AG. Має рівні, що забезпечують швидкісну та звичайну передачу даних. Будує по суті інформаційну мережу на основі своїх складових. Широко використовується в промисловості [13].

DNP3 – поширений протокол, який в основному використовується для зв'язку між різними пристроями на рівні підстанції та локальних SCADA систем. DNP3 - це протокол, який набув більшого поширення за останні 10-15 років. До особливостей слід віднести ієрархічність та наявність мітки часу за допомогою якої можна вибудувати часову послідовність появи повідомлень [9].

IEC 60870-5-101 – міжнародний стандарт, випущений на початку 90-х років IEC (International Electrotechnical Commission). Протокол знайшов широке застосування в енергетиці, і використовується досі, базується на архітектурі ЕРА (Enhanced Performance Architecture) і визначає лише фізичний каналний та прикладний рівні моделі OSI (The Open Systems Interconnection model).

IEC 60870-5-101 відомий своєю стійкістю каналного рівня та простотою структури прикладного рівня. Основна увага була приділена визначенню продуктивності, щоб деяка інформація, необхідна для декодування даних, не передавалася.

Розширюють IEC 60870-5-101 такі стандарти:

- 1) IEC 60870-5-1 визначає різні формати кадрів, хоча IEC 60870-5-101 використовує тільки формат FT1.2;
- 2) IEC 60870-5-2 визначає режим передачі на каналному рівні;
- 3) IEC 60870-5-3 визначає базову структуру даних додатку;
- 4) IEC 60870-5-4 визначає спосіб кодування інформації;
- 5) IEC 60870-5-5 визначає основні функції прикладного рівня.

Через асинхронний інтерфейс V.24, IEC 60870-5-101 використовується з відносно повільними середовищами передачі. Стандарт обіцяє швидкість передачі даних до 10000 байт/с, при цьому реально використовуються значно більші швидкості [16].

IEC 60870-5-103 – міжнародний стандарт, що дозволяє з'єднати центральний блок з декількома пристроями захисту і в першу чергу використовується в енергетиці. Стандартизований набір функцій спеціально розроблений для зв'язку з пристроями захисту, тому його складно адаптувати до інших застосувань. На додаток до стандартних функцій протоколу, IEC 60870-5-103 також містить розширення для власних функцій, специфічних для постачальників, що широко використовуються виробниками захисних пристроїв. Протокол визначає лише фізичний каналний та прикладний рівні моделі рівня OSI.

Аналогічно IEC 60870-5-101 має підстандартів. IEC 60870-5-103 в основному використовується для відносно повільних середовищ передачі по асинхронних інтерфейсах V.24 (RS232) і RS485. Стандарт також охоплює з'єднання через оптоволокно. Швидкість передачі в загальному випадку вказана з максимальною швидкістю 1920 байт/сек [16].

IEC 60870-5-104 (також відомий як IEC 870-5-104) – міжнародний стандарт, випущений у 2000 році IEC (International Electrotechnical Commission). Повна назва протоколу – це "Доступ до мережі за IEC 60870-5-101 з використанням стандартних транспортних профілів", його прикладний рівень базується на IEC 60870-5-101.

IEC 60870-5-104 забезпечує зв'язок між диспетчерською станцією та підстанцією через стандартну мережу TCP/IP. Протокол TCP використовується для захищеної передачі даних, орієнтованої на встановлення з'єднання.

IEC 60870-5-104 обмежує типи інформації та параметри конфігурації, визначені в IEC 60870-5-101, що означає, що не всі функції, доступні в IEC 60870-5-101, підтримуються IEC 60870-5-104. Наприклад, IEC 60870-5-104 не підтримує короткі часові мітки (3-байтовий формат), довжина різних адресних елементів встановлюється до визначених максимальних значень. Але на практиці виробники дуже часто поєднують прикладний рівень IEC 60870-5-101 з транспортним профілем IEC 60870-5-104, не звертаючи уваги на ці обмеження. Це може потім призвести до проблем, якщо пристрій строго застосовує стандарт.

Крім того, ті ж самі плюси і мінуси стосуються стандарту IEC 60870-5-104 та IEC 60870-5-101. Невирішеними питаннями залишаються: визначення зв'язку з резервними системами або мережами та з використанням Інтернету і шифрування даних [16].

IEC 61850 – це міжнародний стандарт, який визначає сімейство протоколів інформаційної взаємодії між різним обладнанням електроенергетичних об'єктів та охоплює як передачу інформаційних повідомлень включно із їх пріоритетами, так і побудову інформаційної ієрархічної моделі електроенергетичного об'єкту (СІМ–модель). Серед зазначених протоколів є найбільш сучасним та повним протоколом, що найбільш повно забезпечує потреби інформаційної взаємодії засобів релейного захисту та автоматики електроенергетичних об'єктів [8].

Програмне вирішення задач інформаційної взаємодії між нетиповим обладнанням та системами АСУ ТП полягає у програмних конверторах, що перетворюють інформаційні повідомлення нетипового обладнання, що використовує нестандартний протокол, до повідомлень чи програмних об'єктів зрозумілих програмним комплексам АСУ ТП.

В якості такого типового програмного рішення є використання технології OPC-серверів. OPC (OLEforProcessControl) – це програма, що забезпечує інформаційний обмін із зовнішнім обладнанням із використанням як стандартних так і не стандартних протоколів та конвертацію інформаційних повідомлень в набір системних об'єктів зрозумілих програмним комплексам АСУ ТП [17].

Існує ряд промислових OPC-серверів, що працюють із стандартними інформаційними протоколами (такими як Modbus, IEC60870-101/104, IEC61850). Це дозволяє інтегрувати до систем АСУ ТП пристрої із підтримкою протоколів, які не підтримує конкретна система АСУ ТП. Також ряд виробників випускають OPC сервери для свого обладнання, яке використовує закриті або нестандартні протоколи інформаційної взаємодії. В цьому випадку системи АСУ ТП через OPC-сервер може комунікувати із кінцевим обладнанням.

OPC-сервер є надбудовою над технологією інформаційної взаємодії між окремими об'єктами в межах операційної системи MicrosoftWindows – COM (ComponentObjectModel). Технологія має мережеву версію DCOM (DistributedComponentObjectModel), що дозволяє обмін інформацією між об'єктами на віддалених комп'ютерах під керуванням операційних систем MicrosoftWindows [17].

#### *Переваги OPC:*

- Не потребує визначення мережевого протоколу або механізму міжпроцесорної взаємодії [12].

#### *Недоліки OPC:*

- Присутній на стороні комп'ютера і тільки на Windows.
- Знімається з підтримки в нових версіях Microsoft Windows як застарілий;
- DCOM важко конфігурувати, він має дуже довгі та неконфігуровані таймаути і не може бути використаний для інтернет-зв'язку [12].

**Висновки.** Нетипові задачі, що постають перед АСУ ТП потребують інтеграції до систем АСУ ТП нетипового обладнання, що можна вирішити програмним та апаратним шляхом.

Апаратний шлях лежить у використанні пристроїв RTU або ПЛК. RTU підходить для збору дискретної та аналогової інформації, та передачу команд керування. ПЛК дозволяють окрім збору та передачі аналоговою та дискретної інформації виконувати обробку інформації та вироблення керуючих впливів локально без систем АСУ ТП верхнього рівня.

Для інтеграції RTU та ПЛК до АСУ ТП потрібна підтримка інформаційних протоколів на їх рівні та рівні АСУ ТП. Підтримка протоколів інформаційної взаємодії контролерів нетипового обладнання до систем АСУ ТП може бути вирішена програмним шляхом із використанням спеціальних програм конверторів – OPC-серверів, які можуть використовуватись в тому числі і для інтеграції RTU та ПЛК.

#### **Перелік посилань**

1. Substation automation and communications for controlling primary equipment (switches, breakers, etc.) / EEP – Electrical Engineering Portal PR Kralja Petra I Karadjordjevica 85 22330, Nova Pazova, Serbia URL: <https://electrical-engineering-portal.com/download-center/books-and-guides/power-substations/substation-automation-communications>
2. C.V.Dayakar, S. N. Sivaraj, B. Karthikeyan , S.Gunasekar Wind Turbine Gearbox Condition Monitoring using PLC and SCADA / Department of EIE, VEC, Chennai - 66, International Journal of Applied Engineering Research, Research India Publications (2015) – 5p.

3. A. K. Myint, K. Z. Latt, T. T. Hla, and N. M. Tun IoT-Based SCADA System Design and Generation Forecasting for Hydropower Station / Department of Electronic Engineering, Mandalay Technological University, Mandalay, Myanmar - July 2021 – 10p.
4. Aman Soni, Debashis Singh Deo Geothermal Power Plant Design using PLC and SCADA / (Department of Electronics and Instrumentation, Bharath University, Chennai-76 // International Journal of Scientific & Engineering Research (May-2013) – 4p.
5. Solar Panel System Maker Uses Micro PLCs / Rockwell Automation URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/case-studies/solar-panel-system-maker-uses-micro-plcs.html>
6. Antonio Armenta Differences Between a Programmable Logic Controller (PLC) and a Remote Terminal Unit (RTU) TECHNICAL ARTICLE / Control Automation – November 30, 2021 URL: <https://control.com/technical-articles/the-differences-between-plcs-and-rtus/>
7. The advantages and disadvantages of PLC control systems / Hills Electrical Group // Unit 1, Newton House, Innovation Centre, Second Avenue, Pensnett Estate, Kingswinford, DY6 7YE URL: <https://hillselectricaltd.co.uk/the-advantages-and-disadvantages-of-plc-control-systems/>
8. Basic understanding of IEC 61850 Santander / Isabel Torres, 3 (PCTCAN) 39011 - Santander (Cantabria); Madrid Orense 68, Planta 6 28020 - Madrid - 30 Apr 2021 URL: <https://www.sgrwin.com/basic-understanding-iec-61850/>
9. Troy Morlan Communication protocols and how they apply to PV SCADA / NOR-CAL CONTROLS Energy Solutions - July 21, 2020 url: <http://blog.norcalcontrols.net/communication-protocols-pv-scada>
10. List of PLC devices, meters and regulators/ PROMOTIC 9.0.22 SCADA system documentation // Promotic SCADA visualization software URL: <https://www.promotic.eu/en/pmdoc/Subsystems/Comm/PLC/Group.htm>
11. PLC Orion 420 Weather Station with 4-20mA Outputs / Scientific Sales INC URL: <https://www.scientificsales.com/420-PLC-Orion-Weather-Station-with-4-20mA-Outputs-p/9420-a-1.htm>
12. Overview of OPC Communication / Inst Tools // Editorial Staff URL: <https://instrumentationtools.com/overview-of-opc-communication/>
13. PROFIBUS AND MODBUS: A COMPARISON / PI North America // 16101 N 82nd St. Suite 3B Scottsdale, AZ 85260 USA URL: <https://us.profinet.com/white-papers/profibus-v-modbus/>
14. Andrew Erickson RTU vs PLC: Top Three RTU Problems You Need to Know About / OPS Telecom URL: <https://www.dpstele.com/blog/rtu-vs-plc-problems-with-rtus.php>
15. Electrical SCADA Data Acquisition / ETAP URL: <https://etap.com/product/SCADA-Data-Acquisition>
16. Standard Protocol / IPCOMM GmbH Walter-Bouhon-Str. 4 90427 Nuremberg Germany URL: [https://www.ipcomm.de/protocols\\_en.html](https://www.ipcomm.de/protocols_en.html)
17. Open Platform Communications (OPC): Understanding OPC Server Technology/ PTC URL: <https://www.ptc.com/en/technologies/iiot/industrial-automation/opc>