

Ілона Лагун, Юрій Яцук

Супервізорні системи керування та збору даних

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Видавець ФОП Марченко Т.В.

Львів 2025

УДК 681.51:004.5

Л 14

Рецензенти: **Богдан Поберейко**, д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного лісотехнічного університету.

Ростислав Ткачук, д.т.н., професор, начальник кафедри управління інформаційною безпекою Державного університету безпеки життєдіяльності.

Леся Мичуда, д.т.н., професор кафедри безпеки інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка».

Рекомендовано науково-методичною радою Національного університету «Львівська політехніка» (протокол №83 від 21 листопада 2024 року) як навчальний посібник для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 17 "Електроніка, автоматизація та електронні комунікації" спеціальності 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка"

Л 14 Ілона Лагун, Юрій Яцук.

Супервізорні системи керування та збору даних: навчальний посібник. / Ілона Лагун, Юрій Яцук. – Львів: Видавець ФОП Марченко Т.В., 2025. – 223 с.

ISBN 978-617-8194-41-3

Навчальний посібник охоплює основні елементи супервізорних систем керування та збору даних (SCADA), а також нові розробки у цій галузі. Курс починається з огляду загальних принципів побудови SCADA систем, основ апаратного забезпечення, програмного забезпечення та систем зв'язку, які з'єднують зовнішні станції з головною станцією керування SCADA. Розглядаються протоколи зв'язку DNP3, IEC 60870-5-101/104, Modbus, HDLC, стандарти інтерфейсу RS-232 і RS-485, а також протоколи Ethernet і TCP/IP. Надається детальне пояснення питань безпеки у системах SCADA. Окремий розділ присвячено принципам роботи програмованих логічних контролерів, їх апаратній структурі, програмному забезпеченню та мовам програмування. Проведено огляд існуючого програмного забезпечення SCADA/HMI, у якому розглянуто популярні програмні рішення HMI/SCADA такі, як Siemens SIMATIC, ICONICS GENESIS64, GE SIMPLICITY, ADROIT IGNITE та ZENON. Наведено приклад реалізації проекту HMI/SCADA у середовищі ZENON Supervisor.

ISBN 978-617-8194-41-3

© Ілона Лагун, Юрій Яцук, 2025

© Видавець ФОП Марченко Т.В., 2025

ЗМІСТ

Передмова	7
1. Загальні принципи побудови супервізорних систем керування та збору даних	9
1.1. Базовий дизайн SCADA	9
1.2. Типи систем SCADA	12
1.3. Застосування SCADA	16
2. Апаратне забезпечення систем SCADA	21
2.1. Віддалені термінальні пристрої (RTU).....	22
2.2. Програмований логічний контролер (PLC)	27
2.3. Головний термінал (MTU)	28
2.4. Комунікаційна система	29
2.5. Застосування інформаційних технологій в SCADA системах	31
3. Програмне забезпечення систем SCADA	40
3.1. Загальна архітектура програмного забезпечення SCADA	41
3.2. Програмне забезпечення SCADA для взаємодії з PLC.....	42
3.3. Бази даних у SCADA.....	47
3.4. Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу (HMI).....	49
3.5. Переваги використання програмного забезпечення SCADA	56
4. Протоколи зв'язку	58
4.1. Протокол DNP3.....	59
4.2. Стандарт IEC 60870-5-101/104	61
4.3. Протокол Modbus.....	63
4.4. Протокол HDLC	67

4.5.	Інтерфейси RS-232/RS-485	68
4.6.	Технології LAN/WAN для систем SCADA.....	72
5.	Безпека у системах SCADA	76
5.1.	Ідентифікація та моніторинг підключення до мереж SCADA	77
5.2.	Захист від загроз у реальному часі	79
5.3.	Безпека програмного середовища SCADA. Протоколи і сервіси.....	79
5.4.	Функції безпеки та елементи керування	80
5.5.	Автентифікація та контроль середовища.....	81
5.6.	Вразливості SCADA	82
5.7.	Процеси управління конфігурацією	83
6.	Програмовані логічні контролери (PLC)	84
6.1.	Апаратна структура PLC.....	84
6.1.1.	Центральний процесор (CPU).	85
6.1.2.	Пам'ять.....	86
6.1.3.	Модулі введення/виведення.	88
6.1.4.	Джерело живлення	92
6.1.5.	Апаратний інтерфейс зв'язку PLC	93
6.1.6.	Пристрої програмування.....	94
6.2.	Програмне забезпечення PLC.....	95
6.2.1.	Мови програмування PLC	96
6.2.2.	Мова FBD	97
6.2.3.	Функціональні блоки бітової логіки.....	98
6.2.4.	Функціональні блоки таймера.....	99
6.2.5.	Функціональні блоки лічильників	99

6.2.6.	Переваги мови FBD.....	100
6.2.7.	Мова SFC.....	101
6.2.8.	Мова LAD.....	103
6.2.9.	Мова ST	108
6.2.10.	Мова IL	110
6.3.	Принцип роботи PLC.....	111
7.	SCADA системи та Інтернет речей.....	115
8.	Програмне забезпечення SCADA/HMI	124
8.1.	Siemens SIMATIC	125
8.2.	ICONICS GENESIS64.....	127
8.3.	GE SIMPLICITY	129
8.4.	ADROIT IGNITE.....	131
8.5.	ZENON.....	134
9.	Практикум з SCADA ZENON	138
9.1.	Створення нового проекту.....	139
9.2.	Перевірка правильності функціонування розробленого програмного забезпечення для SCADA–системи.....	149
9.3.	Копіювання робочого простору	150
9.4.	Створення копії проекту	151
9.5.	Додавання драйвера PLC	153
9.6.	Створення змінних програмованого логічного контролера	156
9.7.	Використання елемента візуалізації Тренд для відображення стану сигналів давачів і виконавчих механізмів.....	162
9.8.	Реалізація перемикачів між вікнами.....	169
9.9.	Хронологічний список подій та інформаційний список тривоги.....	174

9.9.1.	Реалізація вікна хронологічного списку подій.....	174
9.9.2.	Конфігурування змінних для реєстрації їх стану в хронологічному списку подій.....	179
9.9.3.	Реалізація вікна інформаційного списку тривоги	183
9.9.4.	Конфігурування умов формування тривоги	186
9.10.	Розроблення вікна розширеного тренда.....	188
9.11.	Архівування даних	195
9.12.	Розроблення багатомовного інтерфейсу	204
9.12.1.	Створення нової мовної таблиці	204
9.12.2.	Зміна мови в середовищі виконання	205
9.13.	Адміністрування користувачів.....	207
9.13.1.	Загальні налаштування “Адміністрування користувачів”	207
9.13.2.	Створення користувачів.....	211
9.13.3.	Операції в середовищі виконання.....	215
9.13.4.	Створення вікна логування.....	216
Література	220

ПЕРЕДМОВА

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – це система, що складається з різноманітного апаратного та програмного забезпечення, яке використовується для промислової автоматизації, а також для контролю та моніторингу промислових процесів у реальному часі.

Термін SCADA виник наприкінці 1960-х років. Це технологія, яка використовується для дистанційного моніторингу та керування фізичними пристроями та процесами, як правило, у важкій промисловості чи комунальному господарстві. SCADA підвищила ефективність виробничих процесів, зменшивши позапланові простої та відходи, дозволила очисним спорудам виявити витoki та збільшити вихід підзвітної води, повністю змінила спосіб експлуатації заводів, нафтопереробних підприємств, електростанцій, систем метро та багато іншого. Фактично, появу технології SCADA часто називають зіркою третьої промислової революції. Згідно з цією моделлю, перша промислова революція відбулася ближче до кінця вісімнадцятого століття, коли парова машина була застосована в промислових процесах, що значно збільшило масштаби виробництва. Друга промислова революція сталася на початку двадцятого століття з впровадженням виробництва з електричним приводом і рухомої конвеєрної лінії. Третя революція почалася з винаходом промислових логічних контролерів (PLC або programmable logic controller, PLC) і початком розподіленого управління та автоматизації, або SCADA. Необхідно зазначити той факт, що кожен із цих революційних досягнень був необхідним для наступного. Наприклад, електроенергія та рухомі складальні лінії не могли б зробити революцію в промисловості, якби парова енергія не змінила спосіб роботи заводів і праці людей. Промислова інфраструктура, створена паровими двигунами, проклала шлях успішним компаніям до швидкого впровадження

електрики та рухомих конвеєрів. Крім того, наявна електрична інфраструктура та передбачуваність рухомих конвеєрів дозволили компаніям швидко запровадити технологію SCADA, дистанційне керування та автоматизацію виробничих процесів. Таким же чином прогрес, досягнутий SCADA, проклав шлях до четвертої промислової революції «Industrial 4.0», у якій ми живемо вже зараз.

Навчальний посібник охоплює основні елементи систем SCADA, а також нові розробки у цій галузі. Курс починається з огляду загальних принципів побудови супервізорних систем керування та збору даних, основ апаратного забезпечення систем SCADA, програмного забезпечення та систем зв'язку, які з'єднують зовнішні станції з головною станцією керування SCADA. Розглядаються протоколи зв'язку DNP3, IEC 60870-5-101/104, Modbus, HDLC, стандарти інтерфейсу RS-232 і RS-485, а також протоколи Ethernet і TCP/IP. Також розглядається застосування як локальних, так і глобальних мереж для зв'язку систем SCADA. Надається детальне пояснення питань безпеки у системах SCADA. Окремий розділ присвячено принципам роботи програмованих логічних контролерів, їх апаратній структурі, програмному забезпеченню та мовам програмування. Проведено огляд існуючого програмного забезпечення SCADA/HMI, у якому розглянуто популярні програмні рішення SCADA такі, як Siemens SIMATIC, ICONICS GENESIS64, GE SIMPLICITY, ADROIT IGNITE та ZENON. Наведено приклад реалізації проекту SCADA системи у середовищі ZENON Supervisor.

Навчальний посібник «Супервізорні системи керування та збору даних» призначений для студентів спеціальності 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та рекомендований для використання при вивченні дисципліни «Супервізорні системи керування та збору даних».

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Ілона Лагун, Юрій Яцук

Супервізорні системи керування та збору даних

Навчальний посібник з дисципліни «Супервізорні системи керування та збору даних» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Формат 70×100/16. Папір друк. №2.

Гарнітура Times NewRoman.

Умовн. друк.14,36.

Видавець ФОП Марченко Т.В.

м. Львів-53, 79053, Україна, тел.: +38 (050) 370-19-57,

e-mail: magnol06@ukr.net

<https://magnolia.lviv.ua>

Видавець Марченко Т. В.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців,
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції:
серія ДК № 6784 від 30.05.2019 року, видане Державним
комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавця ФОП Марченко Т. В.