

ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ ТА ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проведено порівняльний аналіз технічних особливостей програмованих логічних контролерів (ПЛК) та систем керування на базі персональних комп'ютерів (ПК) у контексті сучасної промислової автоматизації. Розглянуто еволюцію систем керування від релейних схем до сучасних рішень із використанням штучного інтелекту та комп'ютерного зору. Досліджено переваги ПЛК щодо надійності та детермінованості, а також можливості ПК при застосуванні ядра Linux із патчем PREEMPT_RT та програмних комплексів CODESYS і TwinCAT. Визначено сфери ефективного застосування кожного типу систем та їхню роль у сучасних архітектурах керування.

Ключові слова: ПЛК, персональний комп'ютер, промислова автоматизація, реальний час, Linux, PREEMPT_RT, CODESYS, детермінованість, Індустрія 4.0.

Abstract

The paper provides a comparative analysis of the technical features of programmable logic controllers and personal computer PC-based control systems in the context of modern industrial automation. The evolution of control systems from relay circuits to modern solutions using artificial intelligence and computer vision is considered. The advantages of PLCs regarding reliability and determinism are studied, as well as the capabilities of PCs when using the Linux kernel with the PREEMPT_RT patch and software packages like CODESYS and TwinCAT. The areas of effective application for each type of system and their role in modern control architectures are identified.

Keywords: PLC, personal computer, industrial automation, real-time, Linux, PREEMPT_RT, CODESYS, determinism, Industry 4.0.

Вступ

Розвиток мануфактурного виробництва зумовив потребу в автоматизованому керуванні конвеєрними лініями, верстатами та станціями. Перші системи автоматизації базувалися на шафах із набором реле та контактів, але така архітектура не дозволяла модернізацію. Переломним моментом став 1967 рік, коли компанія Bedford Associates заклала фундамент розробки ПЛК [1] (Програмованих логічних контролерів). Вже наприкінці 1973 року в галузі металообробки США використовувалося близько 3000 ПЛК. Проте сучасні вимоги індустрії, такі як комп'ютерний зір, штучний інтелект та Інтернет речей, виходять за межі можливостей класичних контролерів, що стимулює розвиток систем керування на базі ПК.

Основна частина

Програмований логічний контролер – це спеціалізований комп'ютер для промислових умов, завданням якого є детерміноване керування обладнанням [2] у реальному часі. Перевагами є висока надійність при тривалій роботі в агресивних середовищах, також операційні системи реального часу, які забезпечують точність виконання операцій до 1 мілісекунди та низький поріг входу, який забезпечується використанням графічних мов програмування [3]. Натомість система має обмежену обчислювальну потужність для складних логічних операцій, високу вартість порівняно з масовими ПК та закриту екосистему, орієнтовану виключно на промисловість. Недоліки стають особливо відчутними в умовах переходу до практики Індустрії 4.0, де виникає гостра необхідність обробки великих масивів даних, впровадження алгоритмів штучного інтелекту та використання систем комп'ютерного зору безпосередньо на виробничій лінії для контролю якості.

Термін «персональний комп'ютер» з'явився також ще у 80-х роках, але їх призначення та особливості робили неможливе їх використання у промисловості. Хоча комп'ютери мають потужніші

характеристики і дешевшу ціну, але тривалий час ПК не могли забезпечити роботу в реальному часі через особливості стандартних операційних систем. Планувальники задач у класичних ОС орієнтовані на загальну пропускну здатність, а не на гарантований час відгуку, що є критичним для керування механізмами.

Ситуація змінилася з розвитком ядра Linux [4]. У 2024 році патч PREEMPT_RT [5] був офіційно інтегрований у ядро, що дозволило системі негайно переривати поточні завдання для виконання пріоритетних запитів у встановлений час. Ця технологія забезпечила комп'ютерам необхідну детермінованість на рівні мікросекунд. Наприклад компанія SpaceX використовує обчислювальне обладнання архітектури x86 та ОС Linux з технологією роботи реального часу, для керування капсулою Dragon і марсіанським гелікоптером.

Також наразі існують багато програмних рішень які дозволяють перетворити ПК на детерміновані контролери реального часу, такі як CODESYS або TwinCAT. Середовища дозволяють інженерам використовувати традиційні промислові мови програмування, одночасно отримуючи переваги високопродуктивних багатоядерних процесорів ПК. Системи на базі ПК мають відкриту архітектуру, що дозволяє легко інтегрувати сторонні бібліотеки. Завдяки цьому реалізація складних математичних моделей, розгортання неймереж для прогнозування збоїв обладнання або підключення камер для машинного зору стає значно простішим завданням, ніж на базі закритої архітектури класичного ПЛК.

Однак вони мають вищі ризики в плані кібербезпеки через наявність стандартних мережевих стеків та вразливостей загальних ОС. ПЛК у цьому контексті є більш захищеними завдяки вузькій спеціалізації та використанню специфічних промислових протоколів. З огляду на це, сучасні архітектури керування еволюціонують до гібридних моделей. У них чітко розмежовуються сфери ефективного застосування: ПЛК залишаються незамінними на польовому рівні керування, де критичними є безпека та безперебійність базових операцій, тоді як промислові ПК інтегруються на вищих рівнях для виконання ресурсоємних обчислень, забезпечення аналітики та взаємодії зі штучним інтелектом.

Висновки

На сучасному етапі персональні комп'ютери не можуть повністю замінити ПЛК у сферах, де критично важлива максимальна надійність і швидкість. Проте вони суттєво розширюють функціонал автоматизації, беручи на себе роль центральних вузлів для обробки великих даних, інтеграції ШІ та зв'язку між декількома контролерами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bolton W. Programmable Logic Controllers. 7th Edition. Elsevier, 2021. 450 p.
2. Биков М. М. Порівняльний аналіз архітектур ПЛК та промислових комп'ютерів у системах автоматизації // Автоматизація виробничих процесів. 2023. № 2 (54). С. 15–22.
3. IEC 61131-3:2013. Programmable controllers – Part 3: Programming languages. International Electrotechnical Commission, 2013. 235 p.
4. Ковальський О. В., Сидоренко А. П. Використання ядра Linux з патчем PREEMPT_RT для керування робототехнічними комплексами в реальному часі // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2024. Вип. 51. С. 88–95.
5. LinuxCNC Documentation. Realtime Computing and the PREEMPT_RT Patch. 2024. URL: <http://linuxcnc.org/docs/html/getting-started/rt-prio.html> (дата звернення: 05.03.2026).

Біленький Олексій Васильович – студент групи ІПП-22Б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: olexiubilenkou@ukr.net

Романюк Оксана Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: romaniukoksanav@gmail.com

Bilenkyi Oleksii Vasylovych – Faculty of Information Technology and Computer Engineering
Oksana Volodymyrivna Romaniuk – Ph.D., Associate Professor, Department of Software Engineering,
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: romaniukoksanav@gmail.com