

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
ПРОГРАМОВАНОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА SIEMENS
S7-1500 У СИСТЕМАХ ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

Курочка Д.В.

e-mail: danylo.kurochka@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., проф. Зубков О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС
м. Харків, Україна

This paper evaluates the efficiency of the Siemens SIMATIC S7-1500 programmable logic controller in industrial automation systems. Key performance metrics, including cycle time, response time and communication determinism in PROFINET networks, are analyzed. The controller is compared with other PLC series such as S7-1200 and S7-300/400 in terms of performance and scalability. The results demonstrate that S7-1500 provides high processing speed, flexible configuration and reliable communication, making it suitable for complex and high-speed industrial applications in the context of Industry 4.0.

У сучасних системах промислової автоматизації ключовими вимогами є висока швидкість обробки сигналів, детермінована комунікація, інтеграція Motion Control, безпеки та діагностики в одному пристрої. Сімейство програмованих логічних контролерів SIMATIC S7-1500 є флагманським рішенням Siemens у класі Advanced Controllers і призначений для складних машин, виробничих ліній та розподілених систем [1].

Актуальність теми зумовлена швидким розвитком Industry 4.0, де потрібні контролери з мінімальними часами реакції (мікросекундний діапазон), підтримкою OPC UA, AI-модулів та високою масштабованістю. Проблемою залишається правильний вибір CPU та оптимізація конфігурації для досягнення максимальної ефективності [1].

Метою роботи є оцінка ефективності використання S7-1500 через аналіз продуктивності, часових характеристик та порівняння з альтернативами. Завдання включають: огляд технічних характеристик, аналіз циклів та реакції, порівняльний аналіз та висновки щодо типових застосувань.

Серія S7-1500 має модульну архітектуру з широким вибором CPU: від компактних CPU 1511-1 PN до високопродуктивних CPU 1518-4 PN/DP (включаючи версії T, F, TF, MFP, R/H для резервації).

Ключові переваги (станом на 2026 рік):

- Час виконання бінарних операцій: від 60 нс (CPU 1511) до 0,3–1 нс (CPU 1518).

- Обсяг робочої пам'яті: до 18 МБ для програми та до 150 МБ для даних у топових моделях [3].

- Кілька незалежних PROFINET-інтерфейсів (до 4 у CPU 1518), підтримка IRT, MRP, DFP, кільцевих топологій.

- Інтегрований Motion Control (PLCopen, технологічні об'єкти, синхронізація осей, ками, кінематика) [1].

- Вбудована діагностика, Web-сервер, дисплей CPU, trace-функція (до 64 сигналів).

- Підтримка OPC UA (сервер/клієнт), Security Integrated, виконання коду C/C++ (MFP), AI-модулі (TM NPU).

- Масштабування: до кількох тисяч точок I/O, резервація (S7-1500R/H).

Така архітектура дозволяє реалізовувати високошвидкісні процеси, розподілені системи та гібридні завдання (PLC + edge-обчислення).

Оцінка продуктивності та часових характеристик

Основний показник – час циклу (cycle time) та час реакції системи.

Час виконання команд:

- Бітові операції: 0,3–1 нс (CPU 1518), 6 нс (CPU 1511–1516).

- Слово/фіксована точка: 0,6–2 нс в топових моделях.

Час оновлення образу процесу (process image update time) залежить від кількості підключених модулів вводу/виводу, типу комунікаційної мережі та конфігурації системи. У контролерах серії S7-1500 обмін даними з локальними та розподіленими модулями здійснюється з високою швидкістю, що забезпечує малий час реакції системи та стабільну роботу навіть у складних автоматизованих комплексах.

Час реакції (від зміни входу до реакції виходу):

- У детермінованому режимі з IRT < 500 мкс [2].

- Ізохронний режим: точність синхронізації ± 25 –30 мкс [2].

- Точність циклічних переривань: ± 25 –90 мкс.

Окреме комунікаційне ядро зменшує коливання циклу при інтенсивному обміні.

Порівняльний аналіз ефективності

Порівняно з S7-1200: S7-1500 забезпечує в 5–20 разів вищу швидкодію, більшу масштабованість (до 2048+ I/O проти 256), повноцінний Motion Control та розподілені системи. S7-1200 оптимальний для компактних задач.

Порівняно з S7-300/400: у 10–100 разів менший час виконання, вбудований PROFINET замість PROFIBUS, сучасна діагностика. Міграція дає приріст продуктивності 300–1000 %.

Порівняно з конкурентами (наприклад, Allen-Bradley ControlLogix): S7-1500 перевершує за швидкістю та детермінованістю PROFINET, хоча може вимагати більше часу на освоєння.

Практичні приклади застосування та ефективність

- Пакувальні лінії з 20+ осями: час реакції <1 мс, точність позиціонування 10–50 мкм.

- Безперервні процеси (хімія, металургія): резервування S7-1500R/H, перемикання <100 мс.

– Високошвидкісне сортування: oversampling до 100 кГц.

Застосування принципів дозволяє знизити простої на 30–70%, скоротити час налагодження завдяки інтегрованій діагностиці та зменшити витрати на обладнання.

Отримані результати демонструють високу ефективність використання програмованого логічного контролера Siemens SIMATIC S7-1500 у сучасних системах промислової автоматизації. Проведений аналіз підтверджує, що поєднання високої швидкодії, детермінованої комунікації PROFINET та широких можливостей масштабування робить цей контролер ефективним рішенням для складних автоматизованих виробничих систем.

Контролери серії Siemens SIMATIC S7-1500 забезпечують наднизькі часи виконання команд, інтегровані функції Motion Control, безпеки та розширеної діагностики, що дозволяє застосовувати їх у середніх та великих автоматизованих комплексах, де критичними є продуктивність, надійність і гнучкість системи.

Станом на 2026 рік S7-1500 залишається одним із ключових рішень у сфері високопродуктивної промислової автоматизації, поєднуючи традиційне PLC-керування з технологіями Industry 4.0, такими як OPC UA, штучний інтелект та edge-обчислення.

Список використаних джерел:

1. Siemens. SIMATIC S7-1500 – High-Performance Controller. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.siemens.com/s7-1500> (дата звернення: 09.03.2026).

2. Siemens. SIMATIC S7-1500, S7-1500R/H, ET 200SP, ET 200pro Cycle and response times. Function Manual (A5E03461504-AJ). [Електронний ресурс]. URL: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/59193558/s71500_cycle_and_reaction_times_function_manual_en-US_en-US.pdf (дата звернення: 10.03.2026).

3. Siemens. SIMATIC S7-1500 CPU 1518-4 PN/DP Equipment Manual (A5E40882737-AE). [Електронний ресурс]. URL: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109749061/s71500cpu1518_4_pndp_mfp_manual_en-US_en-US.pdf (дата звернення: 10.03.2026).