

Структура системи автоматизованого керування автоматичною насосною пневматичною установкою

Михайло Лазаренко¹

1. Кафедра КІТАРБІ, Харківський національний університет радіоелектроніки,
Україна, Харків, пр. Науки. 14., email: mykhailo.lazarenko@nure.ua

Анотація: У роботі розглянуто принцип побудови та функціонування системи автоматизованого керування насосною пневматичною установкою, призначеною для забезпечення водопостачання господарчого та протипожежного напрямків.

Ключові слова: автоматизована система керування, насосна установка, програмований логічний контролер, програмування.

I. Вступ

Протипожежні насосні установки є важливим елементом систем забезпечення пожежної безпеки об'єктів, оскільки їх функціонування безпосередньо пов'язане із забезпеченням необхідної витрати та тиску води під час виникнення пожежі. У зв'язку з цим особливого значення набуває підвищення надійності та рівня автоматизації систем керування такими установками.

Надійність систем водопостачання є важливою умовою безпечної експлуатації промислових та інфраструктурних об'єктів. Особливі вимоги висуваються до систем, які одночасно забезпечують господарчі потреби персоналу та функціонування протипожежного водопостачання. Відмова насосного обладнання або зниження тиску в системі може призвести до порушення технологічного процесу та, у випадку протипожежного напрямку, до зниження готовності системи пожежогасіння.

Надійність протипожежної насосної установки визначається здатністю системи забезпечувати працездатність у встановлених режимах, своєчасно реагувати на зміну контрольованих параметрів та зберігати функціональність у разі відмови окремих елементів. Основними параметрами, що підлягають автоматизованому контролю, є тиск у трубопроводі, рівень води, стан насосного агрегату, параметри електроживлення та справність виконавчих механізмів. Автоматичне керування повинно забезпечувати своєчасний запуск основного насоса при зниженні тиску, контроль його роботи та формування сигналів про аварійні режими [1].

Перспективним напрямом є розробка системи керування на базі програмованого логічного контролера, яка забезпечуватиме централізований збір та оброблення інформації від первинних перетворювачів, керування насосними агрегатами та автоматичну діагностику стану обладнання. Застосування резервування насосів, електроживлення та критично важливих елементів системи дозволить підвищити її відмовостійкість.

Подальший розвиток системи автоматизованого керування доцільно пов'язувати з впровадженням

дистанційного моніторингу, реєстрації параметрів роботи, автоматизованої діагностики та засобів прогнозування технічного стану обладнання. Такий підхід дозволить не лише забезпечити оперативне реагування на аварійні ситуації, а й підвищити ефективність технічного обслуговування та зменшити ризик відмови обладнання.

II. Автоматична насосна пневматична установка

Структура системи автоматизованого керування

Основним керувальним елементом системи є програмований логічний контролер **Siemens S7-1515-2 PN**, який здійснює оброблення сигналів від первинних перетворювачів, формує керувальні впливи на насосне та компресорне обладнання і реалізує задані алгоритми автоматичного керування [2].

Функціонально насосна установка складається з декількох груп обладнання (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Структурна схема насосної установки

Перша група включає два артезіанські насоси для заповнення водяних резервуарів відповідних мереж. Робота насосів цієї групи забезпечує підтримання необхідного запасу води в резервуарах.

Друга група складається з двох протипожежних насосів, призначених для забезпечення необхідної подачі води у разі виникнення пожежі. Під час надходження сигналу «Пожежа» система автоматично формує команду на запуск протипожежного насоса. Насос продовжує працювати протягом дії відповідного сигналу.

Третя група містить два насоси підтримання мережі протипожежного водопроводу. Їх функцією є перекачування води та підтримання необхідного тиску в пневмоводному баку протипожежної мережі. Таким чином, дана група насосів забезпечує готовність протипожежної системи до роботи та підтримує необхідний гідравлічний режим.

Четверта група складається з трьох господарчих насосів, які забезпечують водопостачання для потреб

персоналу. Насоси цієї групи також здійснюють перекачування води та підтримують необхідний тиск у пневмоводяному баку господарчої мережі.

Окремим елементом системи є компресорне обладнання, призначене для відновлення тиску повітря в пневмоводяних баках. Якщо контрольований тиск у відповідному баку знижується нижче заданого значення, ПЛК формує команду на ввімкнення компресора. Після досягнення встановленого значення тиску компресор вимикається.

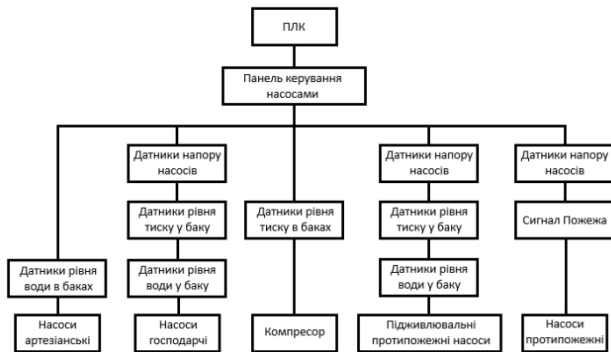


Рисунок 2 – Електрична структурна схема

Застосування ПЛК Siemens S7-1515-2 PN як центрального елемента системи автоматизованого керування дозволяє об'єднати керування всіма групами насосного обладнання в єдину систему. Реалізація автоматичного вибору основного та резервного насосів забезпечує можливість продовження роботи системи у разі несправності окремого агрегату.

Поєднання дискретних датників стану з аналоговими датниками тиску (Рисунок 2) дозволяє отримувати комплексну інформацію про поточний стан обладнання та технологічні параметри. Застосування окремих алгоритмів для господарчої та протипожежної мережі забезпечує їх незалежне функціонування відповідно до технологічних потреб.

Подальший розвиток системи може передбачати впровадження людино-машинного інтерфейсу для візуалізації стану насосів і резервуарів, архівування технологічних параметрів, ведення журналу аварій, дистанційного моніторингу та розширення функцій діагностики насосного обладнання.

Результати та перспективи

Застосування ПЛК Siemens S7-1515-2 PN як центрального елемента системи автоматизованого керування дозволяє об'єднати керування всіма групами насосного обладнання в єдину систему. Реалізація автоматичного вибору основного та резервного насосів забезпечує можливість продовження роботи системи у разі несправності окремого агрегату.

Поєднання дискретних датників стану з аналоговими датниками тиску дозволяє отримувати комплексну інформацію про поточний стан обладнання та технологічні параметри. Застосування окремих алгоритмів для господарчого та протипожежного напрямків забезпечує їх незалежне функціонування відповідно до технологічних потреб.

Подальший розвиток системи може передбачати впровадження людино-машинного інтерфейсу для візуалізації стану насосів і резервуарів, архівування технологічних параметрів, ведення журналу аварій, дистанційного моніторингу та розширення функцій діагностики насосного обладнання.

Для контролю стану насосної установки використовується комплекс дискретних та аналогових датників.

На кожному насосі встановлено **дискретний датник тиску напору**, сигнал якого використовується для контролю фактичного формування напору після запуску насоса. Відсутність необхідного сигналу протягом заданого часу розглядається системою як ознака ненормальної роботи або несправності насоса.

Для контролю резервуарів застосовуються **дискретні датники рівня води та тиску**. Сигнали від них використовуються для запобігання роботі обладнання за недопустимих рівнів води, контролю заповнення резервуарів та формування команд на відповідні виконавчі механізми.

Для контролю тиску в системах водопостачання використовуються **аналогові датники тиску**, встановлені на протипожежній та господарчій мережах. На відміну від дискретних датників, аналогові вимірювальні канали дають змогу контролеру отримувати поточне числове значення тиску та використовувати його для реалізації алгоритмів регулювання.

Таким чином, інформаційна структура системи поєднує дискретний контроль стану обладнання з аналоговим вимірюванням основних технологічних параметрів.

Алгоритм керування насосним обладнанням

Особливістю розробленої системи є можливість конфігурування кожного насоса як **основного або резервного**. Крім того, кожний насос може функціонувати в одному з двох режимів: **автоматичному або ручному**.

У автоматичному режимі рішення про запуск і зупинку насоса приймається програмою ПЛК відповідно до поточного стану технологічних параметрів та заданого алгоритму.

При необхідності запуску основного насоса контролер формує відповідну команду. Після запуску здійснюється контроль сигналу від дискретного датника тиску напору. Якщо протягом встановленого часу необхідний параметр не досягнуто, насос вважається таким, що не виконав команду запуску належним чином.

У цьому випадку ПЛК формує сигнал аварії, основний насос вимикається, а відповідний резервний насос автоматично вводиться в роботу. На насосі, який не виконав задану умову роботи, активується світлова аварійна сигналізація. Такий алгоритм дозволяє забезпечити автоматичне відновлення функціонування системи без безпосереднього втручання оператора.

Узагальнено послідовність роботи алгоритму можна представити таким чином:

формування потреби в роботі → вибір основного насоса → запуск → контроль тиску напору →

витримка заданого часу → перевірка досягнення параметра → продовження роботи або аварійне відключення → запуск резервного насоса при недосягненні параметру → зупинка роботи насосу при досягненні параметру через деякий час.

Використання такого алгоритму забезпечує функціональне резервування насосного обладнання та підвищує загальну надійність системи [3].

Керування протипожежним напрямком

Окремий алгоритм передбачено для роботи протипожежної групи. При надходженні зовнішнього сигналу «**Пожежа**» контролер формує команду на запуск протипожежного насоса.

Після запуску здійснюється контроль відповідних сигналів стану та тиску. Протипожежний насос продовжує роботу протягом усього часу дії сигналу «**Пожежа**». Таким чином, команда на зупинку не формується лише через досягнення звичайного значення тиску, оскільки пріоритетним є забезпечення роботи протипожежного напрямку протягом активного режиму пожежі.

Для забезпечення працездатності системи передбачено резервування протипожежних насосів. У разі невиконання основним насосом встановленої умови запуску система повинна забезпечити його відключення, формування аварійного сигналу та введення резервного насоса відповідно до заданої конфігурації.

Підтримання тиску в пневмоводяних баках

Підтримання необхідного тиску в пневмоводяних баках є одним із ключових завдань автоматизованої системи. Пневмоводяний бак забезпечує запас води та сприяє підтриманню необхідного тиску в системі між циклами роботи насосного обладнання.

Контроль тиску здійснюється за допомогою відповідних датчиків. Якщо значення тиску опускається нижче встановленої межі, ПЛК формує команду на запуск компресора. Компресор підвищує тиск у відповідному баку до заданого значення, після чого автоматично вимикається.

Для протипожежної та господарчої мереж передбачені окремі пневмоводяні баки, тому алгоритми підтримання тиску реалізуються незалежно для кожного напрямку. Це дозволяє системі реагувати саме на зміну параметрів того контуру, у якому виникла потреба у відновленні тиску.

Режими роботи та операторське керування

Для забезпечення гнучкості експлуатації передбачено два основні режими керування насосним обладнанням: **ручний та автоматичний**.

У ручному режимі оператор може безпосередньо керувати насосом для виконання пусконаладжувальних, ремонтних або технологічних операцій. При цьому система автоматичному режимі робота насоса визначається алгоритмом ПЛК. Вибір основного та резервного насосів здійснюється відповідно до налаштувань системи. Така організація дозволяє оперативно змінювати конфігурацію обладнання без зміни принципової структури повинна продовжувати здійснювати контроль критичних параметрів та формувати аварійні повідомлення.

В автоматичному режимі робота насоса визначається алгоритмом ПЛК. Вибір основного та резервного насосів здійснюється відповідно до налаштувань системи. Така організація дозволяє оперативно змінювати конфігурацію обладнання без зміни принципової структури програми керування.

Аварійна сигналізація

Важливою складовою автоматизованої системи є функція аварійної сигналізації. Аварійний стан може формуватися у випадку відсутності необхідного тиску напорі після запуску насоса, недопустимого рівня води, відхилення тиску від встановлених меж або виникнення інших передбачених програмою несправностей.

Аварійна сигналізація виконує дві основні функції: інформування оператора про несправність та ініціювання відповідного алгоритму автоматичного резервування. Таким чином, аварійний сигнал не лише фіксує факт відмови обладнання, а й може бути умовою для автоматичного переходу системи на резервний агрегат.

III. Висновки

У роботі розглянуто структуру та принцип функціонування системи автоматизованого керування автоматичною насосною пневматичною установкою на базі програмованого логічного контролера Siemens S7-1515-2 PN. Система забезпечує керування насосами заповнення резервуарів, протипожежними, підтримувальними та господарчими насосами, а також компресорним обладнанням для підтримання тиску в пневмоводяних баках.

Реалізація режимів автоматичного та ручного керування, можливість призначення основного і резервного насосів, контроль досягнення необхідного напорі та автоматичне перемикавання на резервне обладнання забезпечують підвищення надійності роботи установки.

Застосування автоматизованого контролю тиску та рівня води, а також реалізація окремих алгоритмів для господарчої і протипожежної мереж створюють умови для стабільної експлуатації насосної установки. Особливе значення має алгоритм реагування на сигнал «**Пожежа**», який забезпечує автоматичний запуск протипожежного насоса та його роботу протягом дії відповідного сигналу.

Таким чином, удосконалення системи автоматизованого керування протипожежною насосною установкою є перспективним напрямом підвищення надійності протипожежного водопостачання. Поєднання автоматичного керування, резервування, безперервного контролю параметрів і дистанційної діагностики створює передумови для формування сучасної відмовостійкої системи, здатної забезпечувати необхідний режим роботи установки в умовах надзвичайної ситуації.

Перелік посилань

- [1] Application of intelligent methods in energy efficiency enhancement of pump system: A review. *Energy Reports*. 2022. Vol. 8. P. 11592–11606. DOI: 10.1016/j.egy.2022.09.016.

- [2] Система автоматичного керування насосними агрегатами. Патент України № UA41430C2, 2001.
- [3] IEC 60204-1:2016+A1:2021. Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements. IEC, 2021.
- [4] Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Gopejenko, V., & Kosenko, V. (2025). Development of mathematical support for adaptive control for the intelligent gripper of the collaborative robot manipulator. *Advanced Information Systems*, 9(3), 57-65.
- [5] Yevsieiev V. Multi-Agent Collaborative Robots With Adaptive Sensor Fusion for Monitoring and Mitigation of Emergency Situations / V. Yevsieiev, N. Demska // Інтелектуальні технології цивільної безпеки та робототехнічні системи аварійно-рятувальних робіт 2026 : матеріали І-ої Всеукраїнської конфер.12-13 лютого 2026 р. - Харків: [електронний друк], 2026. – С. 162-165
- [6] Abu-Jassar, A., Hamdan, M., Aweisi, N., Howaidi, M., Yevsieiev, V., & Lyashenko, V. (2026). Model with Neural Network Component for Adaptive Manipulator Control under Variable Load. *International Journal of Intelligent Engineering & Systems*, 19(1), 855.
- [7] Yevsieiev, V., Gurin, D., Kulish, S., & Voloshyn, Y. (2025). Development of a partially supervised Markov decision-making model for a 3-link collaborative robot-manipulator. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2025(4), 83-94.
- [8] Vladyslav Yevsieiev, Ihor Holod. Integration of the NNARX Model in Python/Keras for Predictive Microclimate Control of Industrial Premises // In Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Science and Education in Progress», May 16-18, 2026. Dublin: JAPAGA, 2026. P. 244-249.
- [9] Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 3046116.
- [10] Lyashenko, Vyacheslav, Amer Tahseen Abu-Jassar, Vladyslav Yevsieiev, and Svitlana Maksymova. 2023. "Automated Monitoring and Visualization System in Production". *International Research Journal of Multidisciplinary Technovation* 5 (6):09-18. <https://doi.org/10.54392/irjmt2362>.
- [11] Syed Khalid Mustafa, Vladyslav Yevsieiev, Igor Nevliudov, Vyacheslav Lyashenko, Adel R. Alharbi, Wahid Rajeh, "HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation," *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 70, no. 1, pp. 139-145, 2022. Crossref, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I1P215>
- [12] Проектування мобільних маніпуляційних роботів : монографія / І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, В. В. Євсєєв та ін. ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2022. – 427 с.
- [13] Yevsieiev V. Mathematical Methods for Environment Representation in Collaborative Robotics: Comparative Analysis and Application Recommendations / V. Yevsieiev // Computer-integrated technologies, automation and robotics 2026 : Proceedings of III st All-Ukrainian Conference, May 14-15, 2026. - Kharkiv .: [electronic version], 2026. - P. 85-88.
- [14] Industry 5.0 та колаборативна робототехніка: динамічний опис навколишнього середовища роботів-маніпуляторів з використанням мови Python: монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2026. – 279 с.
- [15] Sarykova S. Using Free Web Applications for Designing Mobile Robots in General Secondary Education Institutions (GSEI) / S. Sarykova // Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2025 : тези доповідей ІІ-ої Всеукраїнської конференції, 16-17 травня 2025. - Харків, 2025. – С. 18-22.
- [16] Sarykova S. Automation of Urban Infrastructure Based on Predictive Maintenance and IoT / S. Sarykova // Sustainable smart cities and communities: business and innovation solutions 2025 : Theses of Reports of I st I International Conference, April 21, 2025. - Kharkiv, 2025. - P. 9-10.
- [17] Starikova S. Comparison of the Laws of Robotics by Isaac Asimov and BEAM Robotics / S. Starikova // Computer-integrated technologies, automation and robotics 2024 : proceedings of the I st All-Ukrainian Conference, Kharkiv, May 16-17, 2024. – Kharkiv, 2024. – P. 21-24.
- [18] YEVSIEIEV, V., & GURIN, D. (2026). Development of a model for constructing the optimal trajectory of the gripping device of a collaborative robot-manipulator taking into account the influence of the cargo mass and energy consumption. *Open Information and Computer Integrated Technologies*, (107), 224-240.
- [19] Nevlyudov, I., Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2025). Model development of dynamic representation a model description parameters for the environment of a collaborative robot manipulator within the industry 5.0 framework. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*, 1(79), 42-48.
- [20] Nevliudov I. Sh. Mathematical Model of Block Process Planning in Systems of Allocation of Task Between Peopleand Collaborative Robots in the Framework of Industries 5.0 / I. Sh. Nevliudov, V. V. Yevsieiev, D. V. Gurin // Visnyk of Kherson National Technical University. – 2025. - Vol. 1, № 1(92). - P. 157-163.
- [21] Yevsieiev V., Holod I. Development of a Self-Learning and Adaptation Algorithm for Microclimate Control System Using Sensor Networks // In Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Innovative Development in the Global Science», May 26-28, 2026. Boston: Independently Published, 2026. P.152-157.