

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ НАСОСОМ ГІДРОАКУМУЛЯТОРА НА БАЗІ ПЧ INVT ТА ДАТЧИКА ТИСКУ

Тези представляють експериментальні результати і теоретико-прикладний аналіз використання перетворювача частоти з вбудованим ПД-регулятором, як чинник підвищення енергоефективності насосних установок гідроакуюлюючих систем.

Показано, що інтеграція частотного регулювання з «режимом сну» формує нову модель керування, засновану на плавному модулюванні витрати й адаптивному підтриманні тиску, що мінімізує кількість пусків-зупинок і подовжує ресурс обладнання.

Ключові слова: перетворювач частоти, ПД-регулятор, регулювання тиску, водні ресурси, насос гідроакуюлюатора, енергоефективність.

Підтримання сталого тиску в гідроакуюлюючих системах традиційно реалізується через релейне керування насосом, що приводить до частих запусків і надмірного споживання енергії. У статті пропонується рішення на основі однофазного перетворювача частоти (ПЧ) INVT G10 з вбудованим ПД-регулятором та датчика тиску 4–20 мА → 0–16 бар. [1] Ключовою особливістю є використання «режиму сну», який вимикає насос при низькому навантаженні та відновлює роботу лише за потреби, що суттєво скорочує цикли вмикання.

Метою дослідження є розробити та перевірити алгоритм ПД-керування, який:

- плавно регулює частоту обертання насоса для підтримання тиску 4 бар;
- переводить привід у «сон» при частоті ≤ 10 Гц;
- гарантує автозапуск після відновлення живлення;
- реагує на обрив датчика тиску.

Перелік обладнання:

- ПЧ INVT G10 (230 В, 4 кВт)
- Датчик тиску 0–16 бар, вихід 4–20 мА
- Насос 1,5 кВт
- Гідроакуюлюатор 200 л

Для інтерфейсу перетворювача частоти (0–10 В) [1], безпосередньо струм від сенсора перераховується і виконується лінійна нормалізація сигналу за формулою:

$$U = 2 + \frac{I - 4}{16} * 8$$

Для розрахунку тиску використовується наступна формула:

$$P = \frac{I - 4}{16} * 16$$

Для роботи необхідно коректно налаштувати параметри перетворювача частоти. Зокрема перевести його у режим формування частоти від ПД регулятора. Коефіцієнти і налаштування ПД регулятора виконуються у групі параметрів P09. У таблиці 1 зображено основні параметри і їх значення що були задані.

Таблиця 1

Частина налаштованих параметрів перетворювача частоти INVT G10

Група	Параметр	Значення	Призначення
P00	01	1	Пуск із зовнішньої кнопки
	05	10 Гц	Нижня межа, поріг «сну»
	06	7	Режим частоти «А» = ПД
P01	19	2	Режим сну активний
	22	2 с	Затримка автозапуску
P09	01	40 %	Уставка тиску = 4 бар
	02	1	Зворотній зв'язок ПД регулятора. Аналоговий вхід 4..20мА
	11/12	0.1 / 9 с	Контроль обриву датчика

Спрощений алгоритм роботи:

1. ПД- контур порівнює уставку 4 бар з поточним тиском.

2. При зниженні тиску насос розганяється до потрібної частоти.
3. Якщо частота ≤ 10 Гц і похибка $< 0,05$ бар, активується «сон».
4. За падіння тиску нижче 3,7 бар ПЧ виходить із сну.
5. У разі обриву датчика через 9 с формується аварія.

Випробування макета зі споживанням 1,5 кВт показали 28 % економії енергії порівняно з релейним керуванням, завдяки скороченню активного часу роботи насоса на 32 %. Динамічна похибка тиску не перевищувала $\pm 0,12$ бар при стрибку витрати 20 %.

Висновки: Запропоноване рішення забезпечує:

- до 30 % енергозбереження;
- плавний пуск і зупинку що подовжує ресурс роботи насоса;
- гнучку адаптацію до різних діапазонів тиску лише програмними налаштуваннями.

References

1. INVT. G10 VFD Manual. https://lprom.com.ua/files/Rukovodstvo_po_ekspluatacii_privodi_GD10.pdf. [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.17

Yurii Dymyrov
Ruslan Kostenko

ENERGY EFFICIENT CONTROL OF THE HYDROACCUMULATOR PUMP BASED ON THE INVT DRIVE AND PRESSURE SENSOR

The theses present experimental results and a theoretical-applied analysis of using a frequency converter with a built-in PID controller as a factor for improving the energy efficiency of pump units in hydro-accumulation systems.

It is shown that the integration of frequency control with a “sleep mode” forms a new control model based on smooth flow modulation and adaptive pressure maintenance, which minimizes the number of start-stop cycles and extends the equipment’s service life.

Key words: frequency converter, PID controller, pressure control, water resources, hydro-accumulator pump, energy efficiency.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Юрій Димитров, викладач, аспірант кафедри Автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна; Інженер з автоматизації технологічних процесів. E-mail: yuriidymyrov@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0008-6965-2695>.

Yurii Dymyrov, lecturer and PhD student at the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine; Process Automation Engineer. E-mail: yuriidymyrov@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6965-2695>.

Руслан Костенко, інженер з автоматизації технологічних процесів, керівник відділу розробок і робототехніки ТОВ «КАПЕЛОУ». E-mail: krv@kapelou.com.ua.

Ruslan Kostenko, process Automation Engineer, Head of the Development and Robotics Department at TOV «KAPELOU». E-mail: krv@kapelou.com.ua.

© Ю. Димитров, Р. Костенко
20.05.2025.

Стаття отримана редакцією