

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ ККД НАСОСУ НА СПЕЦІАЛІЗОВАНОМУ ЛАБОРАТОРНОМУ СТЕНДІ

**Бур'ян С.О., асистент, Грищук Т.В., магістрантка**

*кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** Питання підвищення енергоефективності електромеханічних систем автоматизації насосних установок шляхом впровадження екстремальних алгоритмів керування для різних типів з'єднань агрегатів викладене та досліджене шляхом математичного моделювання у [1]-[5]. Проте одного лише моделювання іноді не достатньо для підтвердження працездатності алгоритмів керування на реальних технологічних об'єктах. Такі дослідження можуть бути виконані на експериментальних установках, що імітують промислові технологічні процеси.

**Мета досліджень.** Перевірити працездатність екстремального алгоритму керування ККД насосної установки на спеціально розробленому лабораторному стенді при стабілізації продуктивності на виході насосу.

**Матеріали досліджень.** Екстремальний алгоритм керування ККД насосної установки реалізований на базі мікроконтролера ATmega 8535, ЦАП TLC5615C і трирозрядного семисегментного індикатора RL-T3620 SWAB/D15. Програмне забезпечення написано в середовищі AVR Studio 4.12 та відлагоджено за допомогою програматора Kit STK 500.

Для реалізації технологічної схеми, що зображена на рис. 1, застосовано насосний агрегат Calpeda MXH 202E привідним трифазним асинхронним двигуном потужністю 0.33 кВт, перетворювач частоти Lenze серії 8200 Vector потужністю 0.75 кВт, датчик напору MBS 3000, датчик витрат Kobold DSR 1.15, гнучкі трубопроводи, шарові вентиля діаметром 25 мм, дві ємності з технічною

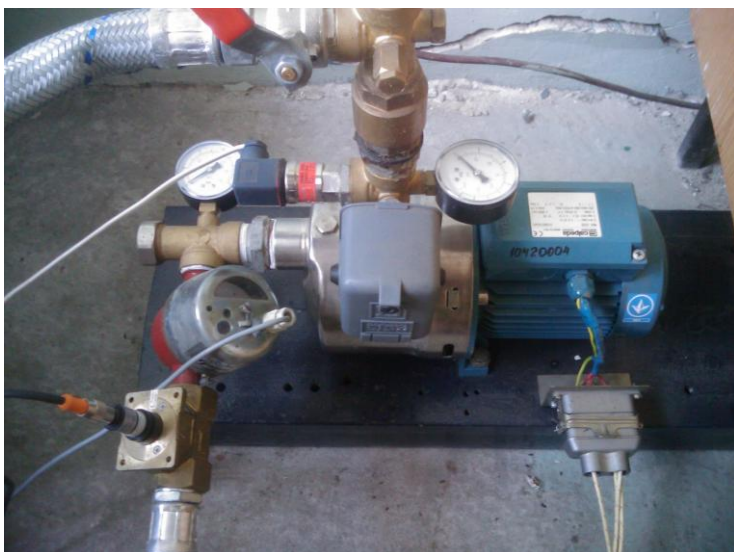


Рисунок 1 – Технологічна частина стенду для дослідження насосної установки

водою об'ємом 200 літрів. Одна із ємностей розміщена на висоті 1,5 м для забезпечення статичного напору в системі. На передній панелі стенду встановлені електронні амперметри Autronics MT4W для фіксації величини тиску та ОВЕН 2ТРМ0 для фіксації витрат. Вимірювання споживаної потужності відбувається шляхом підключення до аналогового виходу перетворювача частоти цифрового вольтметра Autronics MT4W. Регулювання частоти

обертання насосу здійснюється за допомогою потенціометра.

Номинальні параметри насоса: продуктивність  $Q_n = 4,8 \text{ м}^3/\text{год}$ ; напір  $H_n = 5,5 \text{ м}$ ; ККД  $\eta_n = 0,4$ ; напір при нульовій продуктивності  $H_{0n} = 22,5 \text{ м}$ ; швидкість обертання  $\omega_n = 306,05 \text{ рад/с}$ ; гідравлічний опір  $a_n = 0,73785 \text{ м}/(\text{м}^6/\text{год}^2)$ . Номинальні дані привідного двигуна: потужність  $P_{2n} = 0,33 \text{ кВт}$ ; синхронна швидкість обертання  $\omega_0 = 314 \text{ рад/с}$ ; лінійна напруга статора  $U_{1n} = 220 \text{ В}$ ; лінійний струм статора  $I_{1n} = 1,7 \text{ А}$ ; частота живлення  $f_n = 50 \text{ Гц}$ ; коефіцієнт потужності  $\cos\varphi_n = 0,8$ . Такт квантування екстремального регулятора  $T_0$  складає 2 секунди, частота живлення  $f$  зменшувалася з кроком 3 герца. Результати дослідження показані у таблиці 1.

Таблиця 1. Результати експериментальних досліджень екстремального регулятора ККД насосу

| № кроку | $f, \text{Гц}$ | $H, \text{м}$ | $Q, \text{м}^3/\text{год}$ | $P_1, \text{Вт}$ | $P_{\text{нас}}, \text{Вт}$ | $\eta_{\text{заг}}$ | $\eta_{\text{нас}}$ |
|---------|----------------|---------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| $0T_0$  | 50             | 15.4          | 2.53                       | 382.5            | 106.4                       | 0.278               | 0.331               |
| $1T_0$  | 47             | 13.5          | 2.31                       | 302.5            | 86.08                       | 0.281               | 0.338               |
|         | 47             | 12.9          | 2.53                       | 310              | 88.81                       | 0.286               | 0.34                |
| $2T_0$  | 44             | 11.03         | 2.27                       | 212.5            | 68.14                       | 0.321               | 0.382               |
|         | 44             | 9.9           | 2.54                       | 220              | 68.37                       | 0.312               | 0.371               |
| $3T_0$  | 47             | 12.3          | 2.81                       | 321.3            | 92.91                       | 0.289               | 0.344               |
|         | 47             | 12.9          | 2.53                       | 310              | 88.81                       | 0.284               | 0.34                |
| $4T_0$  | 44             | 11.03         | 2.27                       | 212.5            | 68.14                       | 0.321               | 0.382               |
|         | 44             | 9.9           | 2.54                       | 220              | 68.37                       | 0.312               | 0.371               |

У таблиці 1 прийняті наступні позначення:  $f$  – частота живлення;  $H$  – напір на виході насосу;  $Q$  – продуктивність на виході насосу;  $P_1$  – активна потужність, що споживається привідним асинхронним двигуном;  $P_{\text{нас}}$  – потужність на виході насосу;  $\eta_{\text{заг}}$  – загальний ККД системи двигун-насос;  $\eta_{\text{нас}}$  – ККД насосу.

Як видно з таблиці 1, на кроці  $2T_0$  робоча точка опиняється в околі максимального ККД і починається циклічний рух її навколо цієї лінії. Результати обробки даних таблиці 1 показані на рис. 2.

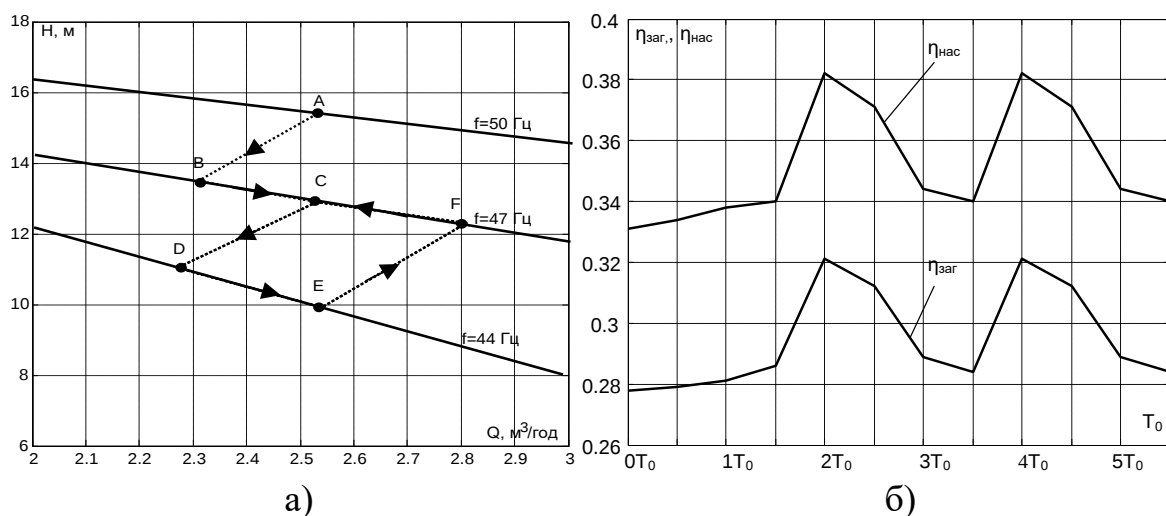


Рисунок 2 – Результати експериментальних досліджень екстремального регулятора ККД насосу на основі експериментального стенду: а) рух робочої точки насосу; б) графіки зміни ККД насосу та загального ККД системи

На рис. 2, а) показаний рух робочої точки в процесі роботи екстремального регулятора. Робота системи починається в точці А на частоті 50 Гц. В момент часу  $1T_0$  екстремальний регулятор робить перший крок на зменшення частоти на 3 Гц. У результаті продуктивність зменшується і робоча точка переходить у точку В. Для стабілізації продуктивності зменшується гідравлічний опір мережі шляхом відкривання вентилі до значення продуктивності, що відповідало точці А. Нова робоча точка буде С. Так як максимум ККД не досягнуто, регулятор у момент часу  $2T_0$  робить новий крок і частота зменшується до 44 Гц. Знову відбувається стабілізація продуктивності і робоча точка переходить у Е. Так як відбувся перехід через лінію максимального ККД регулятор на кроці  $3T_0$  збільшує частоту і система переходить у робочу точку F, де знову відбувається стабілізація продуктивності шляхом прикривання вентилі до продуктивності, що відповідає точці А. Далі алгоритм повторюється. На рис. 2, б) графіки зміни ККД насосу та загального ККД системи двигун-насос в процесі роботи екстремального регулятора.

Як видно з рис. 2, алгоритм виявився працездатним, ККД насосу наближається до максимуму та коливається в його околі в процесі роботи системи.

**Висновки.** Результати експериментальних досліджень екстремального регулятора ККД насосу на спеціально розробленому стенді продемонстрували його працездатність за умови стабілізації продуктивності на виході насосу. При цьому ККД насосу підвищується на 13.5% (у порівнянні з максимальним значенням 0.38), а споживана двигуном активна потужність зменшується на 63.6% (у порівнянні з номінальною потужністю 0.33 кВт).

#### Перелік посилань

1. Popovich M. Extremal electromechanical control system of water supply pumps connected in series / Popovich M., Kiselychnyk O., Buryan S. // Transactions of Kremenchuk State University. – Kremenchuk: KSU. – N3/2010 (62), part 2. – 2010. – pp. 37-41.
2. Бур'ян С.О. Двоканальна екстремальна електромеханічна система автоматичного керування насосною установкою / Бур'ян С.О., Гришук Т.В. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010 р. – №28. – с. 176-179.
3. Бур'ян С.О. Двоканальна екстремальна електромеханічна система автоматичного керування паралельно з'єднаними насосами водопостачання / Бур'ян С.О. // Інформаційний збірник Промелектро. «Промислова електроніка та електротехніка». – Випуск №4-5. – 2011 р. – с. 10-16.
4. Бур'ян С.О. Визначення границь роботи екстремального енергоефективного алгоритму для послідовного з'єднання насосів за відсутності реакції споживачів / Бур'ян С.О., Гришук Т.В. // Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики. - Київ: «Політехніка» . – 2010 р. – с.320-322.
5. Бур'ян С.О. Оцінювач коефіцієнта корисної дії насосу на основі нейронної мережі та каталожних характеристик / Бур'ян С.О., Гришук Т.В. // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. Збірник наукових праць IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів у місті Кременчук 07-08 квітня 2011 р. – Кременчук, КН. – 2011 р. – с. 97-98.