

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджено питання підвищення енергоефективності та надійності насосних агрегатів шляхом модернізації системи електропривода. Запропоновано технічне рішення на базі асинхронного двигуна з частотним перетворювачем, що дозволяє забезпечити плавне регулювання швидкості, зменшити динамічні навантаження та втрати електроенергії. Побудовано структурну і функціональну схеми системи керування з ПІД-регулятором та зворотним зв'язком за тиском. Проведено техніко-економічне обґрунтування та комп'ютерне моделювання, результати якого підтвердили ефективність запропонованого підходу.

Ключові слова: електропривод, насосний агрегат, частотний перетворювач, автоматизація, енергоефективність.

Abstract

The study addresses the issue of improving the energy efficiency and reliability of pumping units by modernizing the electric drive system. A technical solution based on an asynchronous motor with a frequency converter is proposed, which enables smooth speed control, reduces dynamic loads, and minimizes energy losses. Structural and functional control system diagrams with a PID controller and pressure feedback are developed. A techno-economic analysis and computer modeling have been performed, confirming the effectiveness of the proposed approach.

Keywords: electric drive, pump unit, frequency converter, automation, energy efficiency.

Вступ

Насосні агрегати є ключовими компонентами інженерної інфраструктури у системах водопостачання, теплопостачання, промислових технологічних процесах і каналізації [1, 2]. Їхня надійність, ефективність і здатність адаптуватися до змін навантаження мають вирішальне значення для безперебійного постачання життєво необхідних ресурсів та енергетичної стійкості об'єктів критичної інфраструктури [3].

У сучасних умовах значна частина насосних установок функціонує на базі морально та фізично застарілих схем електроприводів – із фіксованою швидкістю обертання, обмеженими можливостями регулювання, підвищеним споживанням електроенергії та зниженим ресурсом експлуатації [4, 5]. Такі системи не мають достатньої гнучкості, споживають надмірну кількість електроенергії, схильні до гідравлічних ударів, часто виходять з ладу, що знижує їх ефективність і скорочує термін служби.

Модернізація електропривода шляхом впровадження частотного регулювання дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати, збільшити ресурс механічних вузлів та забезпечити стабільну роботу насосного обладнання навіть в умовах змінного навантаження [6]. Такий підхід підвищує енергоефективність, зменшує зношування та покращує адаптивність системи.

Результати дослідження

У результаті дослідження було здійснено всебічне технічне та економічне обґрунтування модернізації системи електропривода насосного агрегату. Проведено аналіз конструктивних і динамічних характеристик насосного обладнання, зокрема вивчено вплив частоти обертання робочого колеса на параметри подачі, напору, потужності та ККД. Це дозволило сформулювати вимоги до системи автоматизованого керування з урахуванням змінного навантаження в умовах експлуатації.

На основі розрахунків гідравлічного режиму обрано насосний агрегат КМ-80-50/200 та асинхронний електродвигун АІР160S2Ж потужністю 15 кВт. Проведено техніко-економічний аналіз двох альтернативних систем керування: з тиристорним регулятором напруги (ТРН-АД) і частотним перетворювачем (ПЧ-АД). Результати свідчать на користь ПЧ-АД як економічно доцільнішого варіанту з меншими зведеними витратами та вищою енергоефективністю.

Розроблено структурну й функціональну схеми системи керування, яка реалізує ПІД-регулювання зі зворотним зв'язком за тиском. Вибрано та змодельовано різні варіанти регуляторів, зокрема П-регулятор, що продемонстрував кращу стабільність та меншу амплітуду перехідних процесів, забезпечуючи ефективну реакцію системи на зовнішні збурення.

За результатами комп'ютерного моделювання підтверджено доцільність впровадження зворотного зв'язку для стабілізації тиску та забезпечення надійної роботи системи в умовах змінних навантажень. Система оперативно реагує на зміни в заданні або збурення, зберігаючи робочі параметри в допустимих межах без перевищень або затримок у керуванні.

Також удосконалено математичну модель керування електроприводом насосного агрегату, адаптовану до роботи з частотним перетворювачем. Запропоноване рішення може бути ефективно реалізоване в умовах комунального та промислового водопостачання з метою зниження експлуатаційних витрат і підвищення стабільності роботи системи.

Висновки

Розглянуто проблему підвищення ефективності та надійності насосного обладнання шляхом модернізації системи керування електроприводом. Обґрунтовано доцільність використання частотного регулювання, що дозволяє забезпечити адаптивність до змін навантаження, зменшити енергоспоживання та підвищити загальну стабільність роботи агрегату.

У процесі дослідження проаналізовано конструкцію насосної установки, виконано необхідні розрахунки, обрано оптимальні компоненти електропривода, зокрема асинхронний двигун і частотний перетворювач. За результатами попередніх інженерних розрахунків було вибрано пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор (ПІД). Однак моделювання в MATLAB Simulink показало, що пропорційний регулятор (П) забезпечує вищу стійкість системи та меншу амплітуду перехідних процесів. Тому у подальшому для даної системи електропривода рекомендовано до використання П-регулятор тиску.

Результати роботи свідчать про те, що впровадження частотно-регульованого електропривода є доцільним кроком у напрямку підвищення енергоефективності, надійності та автоматизації насосних систем. Отримані техніко-економічні показники підтверджують перспективність такого підходу для впровадження на об'єктах водопостачання та інших технологічних системах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Розен В.П., Давиденко Н.В. Формування енергоефективних режимів насосних станцій комунального водопостачання: монографія. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2018. – 104 с.
2. Петренко О.В. Аналіз енергоспоживання насосних агрегатів у системах водопостачання. // Енергетика та електрифікація. – 2022. – №3. – С. 45–50.
3. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування»
4. Васи́лега П. О. Електропривод робочих машин. – Суми: Сумський державний університет, 2022. – 290 с.
5. Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Курсове та дипломне проектування. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 119 с.
6. Захарченко М.М. Розробка автоматизованої системи керування насосною станцією. // Автоматизація технологічних процесів. – 2023. – №1. – С. 30–35.

Сокіл Антон Андрійович – студент групи ЕМСА-21б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sok60626@gmail.com.

Грабко Валентин Володимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: grabko@vntu.edu.ua.

Sokil Anton A. – student of group EMSA-21b, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sok60626@gmail.com.

Grabko Valentyn V. – PhD, Associate Professor, Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: grabko@vntu.edu.ua.