

М. М. Мошнорізі, асп.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ НАСОСНОЮ СТАНЦІЄЮ ДРУГОГО ПІДЙОМУ

Роботу присвячено розв'язанню задачі підвищення ефективності керування насосною станцією за рахунок забезпечення сумісної роботи насосів та підтримання на її виході точного значення тиску чи подачі. В роботі побудовано модель системи керування насосною станцією, яка дозволяє забезпечити сумісну роботу насосних агрегатів з врахуванням вентиляторного характеру навантаження та квадратичного закону частотного керування.

***Ключові слова:** модель системи керування, насосний агрегат, насосна станція, добові витрати, продуктивність, оптимальний режим роботи.*

Вступ

Насосні станції другого підйому зазвичай оснащуються кількома насосними агрегатами (НА), ввімкненими паралельно. В разі виходу із ладу того чи іншого НА його замінюють на інший, параметри якого відрізняються від попереднього. Проблема полягає у можливості забезпечення їхньої сумісної роботи. Особливо гостро вона постає для України, більшість насосних станцій якої оснащені ще радянськими НА з вичерпаним ресурсом безвідмовної роботи. Тому **актуальною** є розробка моделі системи подачі води в місто, яка дозволить провести розрахунок оптимальних варіантів рішення при забезпеченні сумісної роботи НА.

Вибір оптимальних комбінацій та продуктивностей ввімкнених НА проводиться в роботах [1, 2], де за цільову функцію обираються затрати на електроенергію; накладаються обмеження на забезпечення потрібної подачі або не меншої ніж потрібна та враховується тривалість безперервної роботи насоса. Отримані рішення дозволяють вирішити проблему послідовності ввімкнення НА, але не враховують можливість сумісної роботи насосів.

Функціональна схема екстремальної енергозберігаючої системи керування насосною установкою, запропонована в [3], де необхідні тиск та подача, забезпечується регулятором технологічного параметру; враховується коефіцієнт корисної дії насоса при зміні його продуктивності; забезпечується мінімум втрат у двигуні. Запропонована функціональна схема не дозволяє здійснити керування насосною установкою по подачі та забезпечити сумісну роботу НА з мережею водопостачання.

Мета

Метою роботи є підвищення ефективності керування насосною станцією за рахунок забезпечення сумісної роботи насосів та підтримання точного значення тиску чи подачі на виході насосної станції (НС).

Постановка задачі

Для досягнення мети необхідно розробити систему подачі води в місто, яка враховує гідроенергетичні особливості та паралельну роботу НА, а також вихідні технологічні параметри системи водопостачання.

Основна частина

Відповідно до норм водоспоживання населенням, підприємствами, пожежною системою та витрати води на інші потреби міста розраховується графік водоспоживання [4], за яким в кожну годину доби станція повинна забезпечити відповідне значення подачі для покриття потреб міста у воді. За характеристикою мережі водопостачання цьому значенню подачі відповідає певне значення тиску. Для забезпечення узгодженої роботи мережі

водопостачання та НС подача з графіка водопостачання повинна бути рівною сумарній подачі НС при отриманому значенні тиску на її виході [5]. Для цього вдаються до регулювання продуктивності станції. Це може бути активне чи пасивне регулювання. Коли використовується дроселювання як найпростіший з точки зору можливості реалізації спосіб регулювання, невиправдано витрачається електрична енергія, оскільки двигуни при цьому працюють в номінальному режимі, а продуктивність їхньої роботи може суттєво відрізнятись від номінальної. Крім того такий спосіб регулювання призводить до швидкого вичерпання ресурсу обладнання та, відповідно, зменшення терміну його експлуатації. Використання додаткових пристосувань для регулювання продуктивності НА також призводить до додаткових затрат і виправдовує себе в певних конкретних застосуваннях [4]. Найбільш економічним способом регулювання є регулювання продуктивності НА зміною його кількості обертів [5]. При кількості НА більше 2-х продуктивність станції можна регулювати і шляхом ввімкнення чи вимкнення певних НА [1, 2]. При цьому під питанням виявляється вибір: який же з НА в той чи інший момент ввімкнути чи вимкнути? При виконанні систем керування НС в якості критерію вибору використовують рівномірний знос ресурсу обладнання. Тобто ввімкнення чи вимкнення НА станції відбувається так, щоб вирівняти залишковий ресурс насосного устаткування (в основному самого насоса та електричного двигуна). Оскільки введення або виведення НА з роботи зумовлює ступеневу зміну продуктивності станції, яка, до речі, не завжди відповідає потрібному значенню продуктивності, то цей спосіб регулювання стає більш ефективним при забезпеченні частотного керування електричними двигунами НА, що залишилися в роботі [6].

Враховуючи те, що будь-яке регулювання призводить до зміни характеристики чи то НА, чи самої мережі водопостачання, задача досягнення рівності подачі з графіка водопостачання сумарній подачі НС при визначеному значенні тиску на її виході ускладнюється тим, що зі зміною значення подачі змінюється і значення тиску. Таким чином, для отримання значень подачі НА станції (Q_1, Q_2, \dots, Q_n , де n – кількість паралельно працюючих НА), сумарного значення подачі станції (Q) та тиску на її виході (H), при яких забезпечується сумісна робота НС і мережі водопостачання та покриваються потреби міста у воді, потрібно розв'язати систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} H &= H_c + R_c Q, \\ Q &= Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \\ H &= v^2_1 H_{0,1} - R_{b,1} Q_1, \\ H &= v^2_2 H_{0,2} - R_{b,2} Q_2, \\ &\dots\dots\dots \\ H &= v^2_n H_{0,n} - R_{b,n} Q_n. \end{aligned} \right\} \tag{1}$$

де H_c – статичний напір, необхідний для підйому рідини на визначену висоту (геодезичний напір); R_c – гідродинамічний опір мережі водопостачання; v_n – відносна швидкість обертання робочого колеса n -го насоса; $H_{0,n}$ – тиск, що розвиває n -й насос при нульовій подачі; $R_{b,n}$ – внутрішній опір n -го насоса; Q_n – подача n -го НА.

На рис. 1 представлено модель системи керування НА (СКНА).

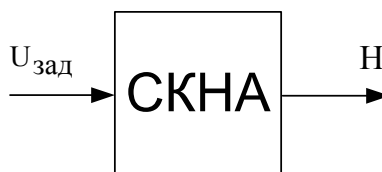


Рис. 1. Модель системи керування НА

Подача Q на виході кожного НА відповідає певному значенню задаючої напруги $U_{\text{зад}}$ та розраховується з математичної моделі системи перетворювач частоти – асинхронний двигун – відцентровий насос (ПЧ – АД – ВН). Якщо описану модель доповнити моделлю мережі водопостачання (МВ), то з урахуванням вентиляторного характеру навантаження АД, модель системи ПЧ – АД – ВН – МВ набуде вигляду, зображеного на рис. 2:

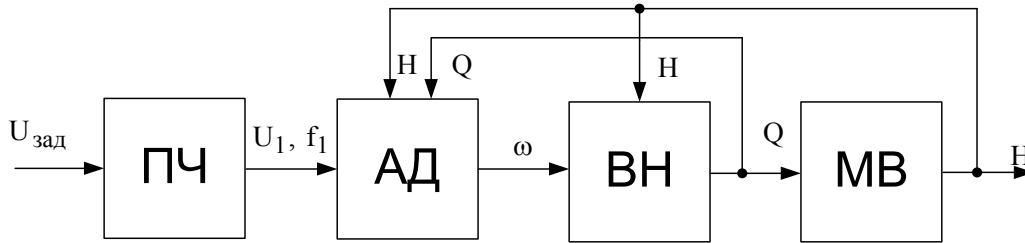


Рис. 2. Модель системи ПЧ – АД – ВН – МВ

Зворотній зв’язок на АД по тиску та подачі зумовлений навантаженням, в якості якого виступає ВН. Момент опору на валу двигуна [7]:

$$M_c = \frac{\rho g Q H}{\omega \eta_m}, \quad (2)$$

де ρ – густина рідини, кг/м^3 (для води $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$); g – прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2$; Q – продуктивність турбомеханізму, $\text{м}^3/\text{с}$; H – тиск, м ; η_i – коефіцієнт корисної дії турбомеханізму при даному режимі його роботи; ω – кутова швидкість робочого органу насоса, рад/с .

Зворотній зв’язок на ВН по подачі зумовлений рівнянням насоса, яке пов’язує тиск на його виході з продуктивністю та відносною швидкістю обертання, яке для насосів з пологими характеристиками має вигляд:

$$H = v^2 H_0 - R_b Q. \quad (3)$$

Відповідно до (3) структурна схема насоса, на вхід якої подається відносна швидкість обертання робочого органу, а на виході здійснюється продуктивність представлена на рис. 3:

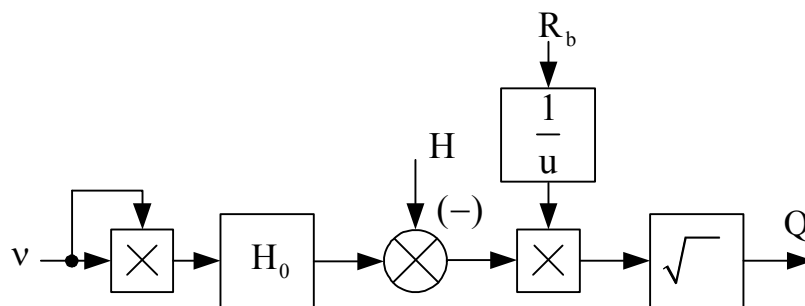


Рис. 3. Структурна схема ВН

Взявши за основу структурну схему, зображену на рис. 2, можна побудувати багатозв’язну систему подачі води в мережу. На рис. 4 представлено систему керування станцією другого підйому, яка складається з трьох НА.

Сумісна робота трьох НА-тів забезпечується промисловим контролером (ПК), вихідними сигналами якого є сигнали завдання кожного ПЧ, входними ж є потрібні значення подачі в кожну годину доби та інша інформація, необхідна для реалізації обчислень системи (1). Відповідно до програми контролера відбувається розрахунок та видаються команди на ввімкнення чи вимкнення НА та значення їх продуктивностей.

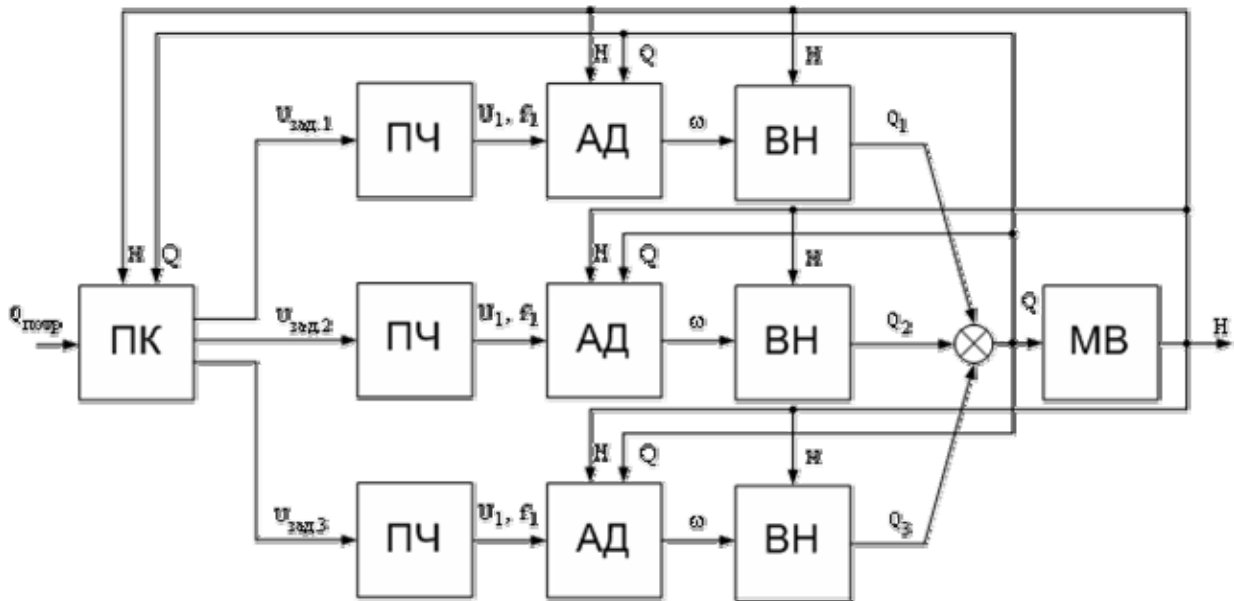


Рис. 4. Система керування станцією другого підйому, яка складається з трьох НА

Висновки

Отже, розроблено модель системи керування насосною станцією другого підйому, яка передбачає можливість сумісної роботи насосних агрегатів станції при підтриманні на її виході потрібного значення тиску чи продуктивності. Використання розробленої моделі дозволить здійснити попередній вибір оптимальних або близьких до них варіантів рішення продуктивностей кожного з НА по певному критерію, наприклад, по споживанню станцією електричної енергії. Вибір того чи іншого варіанту рішення відбувається для сумісно працюючих НА з урахуванням вентиляторного характеру навантаження на приводний двигун НА при виконанні закону частотного керування $U/f^2 = const$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Искендеров А. А. Задачи выбора оптимальных режимов работы НС// Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – №5. – С. 62 – 64.
2. Мошноріз М. М., Горячев Г. В. Оптимізація режимів роботи насосної станції водопостачання // Тези доповідей "Всеукраїнської конференції молодих вчених". Електромеханічні системи, методи моделювання та оптимізації.- Кременчук. – 2006. – С. 35.
3. Попович М.Г., Печеник М.В., Кіселичник О.І. Екстремальні енергозберігаючі електромеханічні системи автоматичного керування насосними установками // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Тематичний збірник наукових праць "Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика". Харків: НТУ "ХПІ". – 2002. – №12. – С. 37 – 41
4. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416с.
5. Лезнов Б. С. Экономия электроэнергии в насосных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.
6. Грабко В.В., Мошноріз М.М. Вдосконалення роботи насосної станції водопостачання // Тези доповідей XIII Міжнародної конференції з "Автоматичного управління (Автоматика-2006)". Автоматичне управління в технічних системах. – Вінниця. – 2006.
7. Залуцкий Э. В., Петрухно А. И. Насосные станции. Курсовое проектирование. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 167 с.

Мошноріз Микола Миколайович – аспірант кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті.

Вінницький національний технічний університет