

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ККД НАСОСУ ТА СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТИСКУ ДЛЯ ПОСЛІДОВНО З'ЄДНАНИХ НАСОСІВ

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

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Насосні установки, які забезпечують країну водою, є потужними споживачами електричної енергії. Сучасні вимоги їх експлуатації потребують впровадження нових енергозберігаючих технологій. Застосування регульованого електроприводу суттєво підвищує енергоефективність систем водопостачання, знижуючи втрати електричної енергії до 30-40%. Тому актуальним питанням є впровадження вискоефективних електромеханічних систем автоматичного керування на базі регульованих електроприводів, що дозволить забезпечити додаткове підвищення енергоефективності насосної установки.

Вибір насосного обладнання та режимів його роботи робиться виходячи з особливостей технологічної задачі, а також, потреб споживачів. В процесі роботи насосної установки робоча точка може відхилятися від лінії максимального коефіцієнта корисної дії (ККД). Так як номінальний ККД насосної установки зазвичай нижчий за ККД двигуна, то його зменшення суттєво знижує енергоефективність системи в цілому. Багатоагрегатні насосні установки, що використовуються у системах наповнювання великих резервуарів, системах поливу та гідроакumuлюючих станціях, працюють на робочих точках, які можна вважати квазістаціонарними через повільність зміни гідравлічного опору. Постає питання передачі великої кількості води без суттєвого обмеження за часом з максимальною енергоефективністю в умовах невідомого, але сталого гідравлічного опору в наперед заданому діапазоні. Ця задача може бути розв'язана за допомогою використання положень теорії екстремальних систем керування, які встановлюють, що для збіжності пошуку локальної точки екстремуму достатньо самого факту її існування з властивістю унімодальності. У роботі [1] запропонований та досліджений екстремальний алгоритм керування ККД насосу у випадку послідовного з'єднання агрегатів, один з яких керований за швидкістю, а у [2] визначені можливі границі його роботи. Для оцінки ККД насосів у роботах синтезований оцінювач ККД на основі нейронних мереж та каталожних характеристик [3]. Проте питання енергоефективності роботи екстремального регулятора у вище вказаних системах залишилось нерозкритим.

Мета досліджень. Проаналізувати та порівняти енергоефективність роботи екстремального алгоритму керування ККД насосу та системи стабілізації тиску при послідовному з'єднанні агрегатів.

Матеріали досліджень. Дослідження системи з двома послідовно з'єднаними насосами з привідними асинхронними двигунами потужністю 160 кВт, один з яких керований за швидкістю, проводилося у два етапи. На першому етапі відбувалося порівняння енергоефективності системи стабілізації

тиску та екстремального алгоритму керування ККД при пуску та виходу робочої точки в зону максимального ККД. На рис. 1 показані енергетичні характеристики при запуску системи стабілізації, після якого керований насос працює з номінальними обертами при максимальному ККД. При цьому ККД $\eta_{н1}$ і $\eta_{н2}$ та потужності P_1 і P_2 насосів 1, 2 відповідно є однаковими. В момент часу 10 секунд гідравлічний опір мережі збільшується таким чином, що витрати води стають $70 \text{ м}^3/\text{год}$.

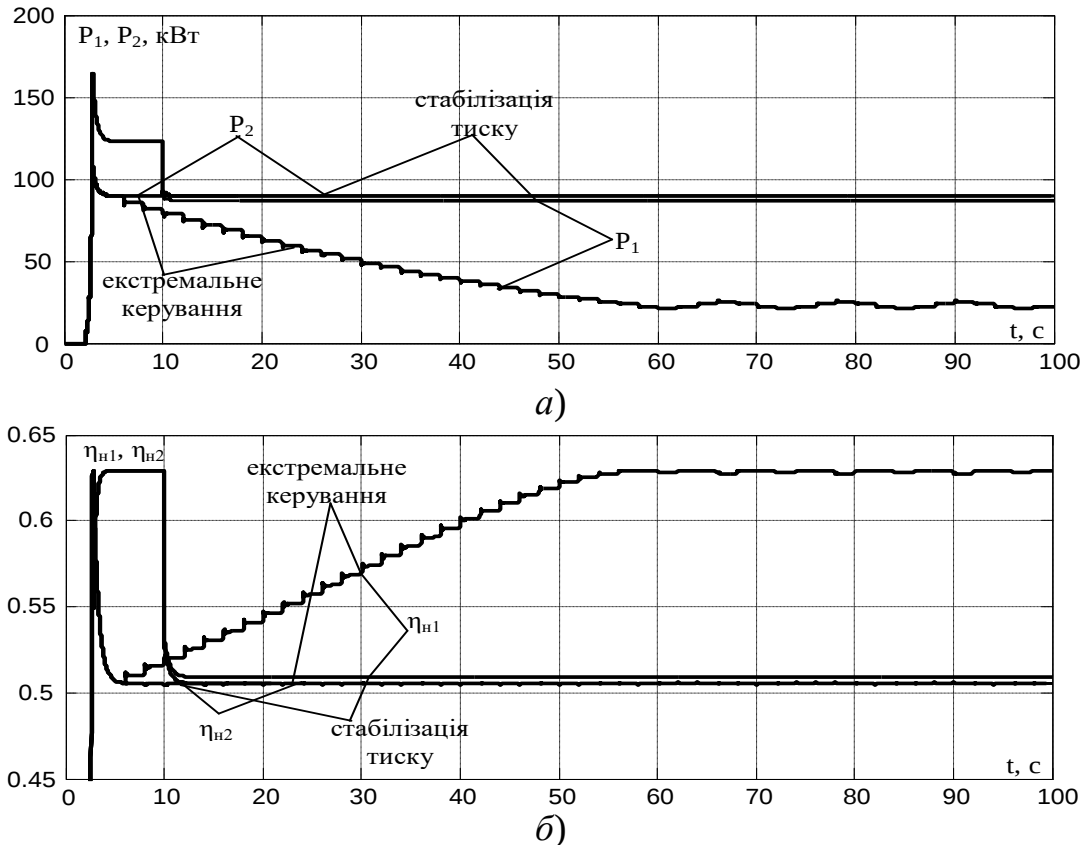


Рисунок 1 – Порівняння енергоефективності екстремального керування та системи стабілізації тиску: а) – потужності P_1 та P_2 на виході керованого та некерованого двигунів відповідно; б) – ККД керованого $\eta_{н1}$ та некерованого $\eta_{н2}$ насосів

У результаті система стабілізації напору зменшує швидкість керованого насосу, його ККД стає більшим, ніж ККД некерованого. Але потужність, яку споживає насос 2 перевищує потужність насоса 1. В результаті ККД та потужності некерованих насосів в обох випадках збігаються. У випадку системи стабілізації ККД керованого насосу в порівнянні з екстремальним керуванням зменшується на 0.12 (19% від максимального значення), а його потужність збільшується на 65.7 кВт (41% від номінальної потужності).

На другому етапі був проведений порівняльний аналіз енергоефективності роботи системи з регулятором та без нього при заповнюванні заданого об'єму резервуару з налаштуваннями регулятора, як у попередньому досліді. Для цього був обраний резервуар типу басейн розмірами $2 \times 5 \times 1$ метрів загальним об'ємом 10 м^3 .

Результати досліджень наведені у таблиці 1.

Таблиця 1.

Режим роботи/ параметри	Час заповнення, $t_{\text{нп}}$, с	Витрачена електрична енергія керованого двигуна, E_1 , кДж	Витрачена електрична енергія некеровано го двигуна, E_2 , кДж	Сумарна витрачена енергія системи, E , кДж	Сумарна витрачена енергія системи, W , кВт·год
Екстремальний регулятор ($Q=70$ м ³ /год)	516.6	15500	50660	66160	18.38
Без екстремального регулятора ($Q=70$ м ³ /год)	516.6	50660	50660	101320	28.14
Система стабілізації тиску ($Q=70$ м ³ /год)	511	48850	50360	99210	27.56
Без екстремального регулятора ($Q=Q_{\text{max}}=160$ м ³ /год)	227.6	40970	40970	81940	22.76

Проаналізувавши таблицю 1, можна зробити висновки про енергоефективність екстремального регулятора. В обох випадках при наявності та відсутності регулятора для заповнення резервуару був витрачений один і той самий час при величині продуктивності 70 м³/год. Однак необхідна електрична енергія у першому випадку на 34.68% (9.76 кВт·год) менша ніж у другому. Навіть, якщо здійснювати перекачування з максимально можливою для даного типу насоса продуктивністю 160 м³/год і порівняти з першим випадком, то економія електричної енергії у системі з регулятором становить 19.24% (4.38 кВт*год). У порівнянні з системою стабілізації тиску економія енергії при використанні екстремального керування складає 33.3% (9.18 кВт*год).

Висновки. Застосування екстремального регулятора ККД керованого за швидкістю насоса для послідовного з'єднання агрегатів дозволяє знизити витрачену енергію системи на 33.3% у порівнянні із системою стабілізації тиску при перекачування 10³ рідини. Проведені дослідження підтвердили вищу енергоефективність екстремального регулятора ККД навіть при перекачуванні рідини з максимально можливою продуктивністю, що дає можливість застосування розглянутого алгоритму для систем наповнення великих резервуарів, гідроакumuлюючих станцій, тощо.

Перелік посилань

2. 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.

3. Бур'ян С.О. Визначення границь роботи екстремального енергоефективного алгоритму для послідовного з'єднання насосів за відсутності реакції споживачів / Бур'ян С.О., Грищук Т.В. // Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенергетичної та автоматики. - Київ: «Політехніка». – 2010 р. – с.320-322.

4. Бур'ян С.О. Оцінювач коефіцієнта корисної дії насосу на основі нейронної мережі та каталожних характеристик / Бур'ян С.О., Грищук 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.