

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ ДИНАМІЧНОЇ ПОХИБКИ В УМОВАХ ВАРІАЦІЇ ОПОРУ ГІДРАВЛІЧНОЇ МЕРЕЖІ В НАСОСНИХ КОМПЛЕКСАХ

Печеник М.В. к.т.н., доц., Бур'ян С.О., к.т.н., доц., Землянухіна Г.Ю., студентка

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Стабільність роботи системи водопостачання як промислових, так і житлових комплексів дозволяє забезпечити технологічний цикл виробництва і комфортні умови в житлових будинках. Одним з шляхів вирішення даного питання є стабілізація напору в гідравлічній мережі за рахунок регулювання продуктивності у відповідності до вимог, що здійснюється в умовах зміни гідравлічного опору. В залежності від режимів роботи і особливостей технологічного процесу гідравлічний опір може змінюватися дискретно або плавно.

Застосування сучасних способів регулювання турбомеханізмів дозволяє збільшити одиничну потужність насосних агрегатів і тим самим зменшити їх загальну кількість на станціях [1]. Завдяки цьому, при певних умовах, можуть бути значно зменшені будівельні об'єми насосних станцій. Крім того, застосування способів регулювання за рахунок стабілізації тиску зменшує витрати і відповідно скорочує витрати води в системах водопостачання на 3-5%, а також забезпечує потрібний технологічний процес підприємства [2].

На сьогоднішній день виконано ряд робіт [3] по стабілізації напору, однак при цьому не враховується рівень похибки відпрацювання необхідного закону, як при дискретній, так і при плавній зміні опору, який може призвести до виникнення недопустимого рівня динамічних збурень в гідравлічній мережі.

Мета роботи. Дослідження характеру зміни похибок процесу стабілізації напору при дискретній та плавній змінах опору гідравлічної мережі.

Матеріали і результати досліджень. Для вирішення поставленої задачі дослідження використана модель [1], функціональна схема якої представлена на рис. 1. На схемі приведені наступні позначення: ПН – ПН-регулятор тиску, ПЧ – перетворювач частоти, АД – асинхронний двигун, НУ – насосна установка, $K_{\text{ззн}}$ – коефіцієнт зворотного зв'язку за тиском, a – заданий гідравлічний опір, H – тиск гідравлічної мережі, $U_{\text{зн}}$ – завдання за тиском, $U_{\text{ззн}}$ – сигнал зворотного зв'язку за тиском, U_{1a} , U_{1b} – компоненти вектора напруги статора в ортогональній системі координат (a-b), ω – кутова швидкість обертання приводного двигуна, M_c – момент навантаження, що формує насос.

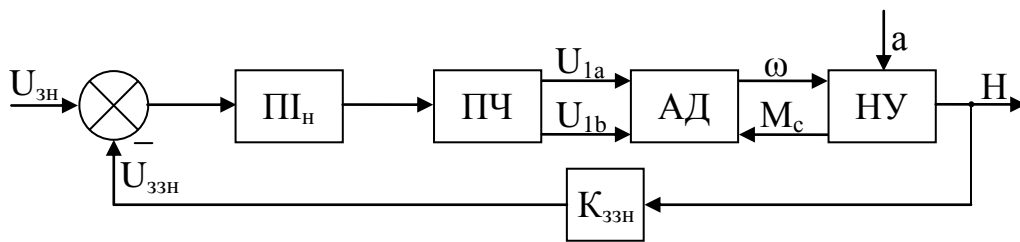


Рисунок 1 – Функціональна схема моделі

Математичний опис АД в координатах (a-b) і ПЧ, що реалізує U/f^2 закон керування, отримано відомими методами [4].

Насосна установка описується рівняннями (1)-(3) [1]:

- нелінійним диференціальним рівнянням першого порядку:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{H_{0н}}{\chi\omega_n^2} \omega^2 - \frac{H_{ст}}{\chi} - \frac{1}{\chi} (a_n + a) Q^2; \quad (1)$$

- рівнянням, що визначає напір насосу,

$$H = \frac{H_{0н}}{\chi\omega_n^2} \omega^2 - a_n Q^2; \quad (2)$$

- рівнянням моменту навантаження привідного двигуна

$$M_c = \frac{\rho g Q H}{\eta_{нас} \omega} \quad (3)$$

де Q – продуктивність насосу; $H_{0н}$ – номінальний напір при нульовій подачі насосу на номінальній швидкості; ω_n – номінальна швидкість обертання насосу; χ – стала інтегрування насосу; $H_{ст}$ – геодезична висота підйому води; a_n – номінальний гідравлічний опір насосу; a – гідравлічний опір мережі; ρ – густина води; g – прискорення вільного падіння; $\eta_{нас}$ – ККД насосу; t – час.

Для досліджень системи стабілізації напору розроблена модель в пакеті прикладних програм MATLAB/Simulink.

Дослідження проведені на прикладі насосної установки LMN 80-250-4502, що забезпечує витрати (продуктивність) $Q = 120$ ($m^3 / год$) та напір (тиск) $H = 80$ (м), АД типу 4A200L2У3 потужністю 45 кВт.

Дослідження проводилися для випадку найбільш характерного, з точки зору технологічного процесу, діапазону зміни опору гідравлічної мережі $(0,8 \div 1,2) a_n$.

На основі проведених досліджень побудовані графіки залежностей динамічної похибки відпрацювання напору від опору мережі $\tilde{H} = (a)$ при дискретній та плавній його зміні. Графіки представлені на рис. 2 та рис. 3 відповідно.

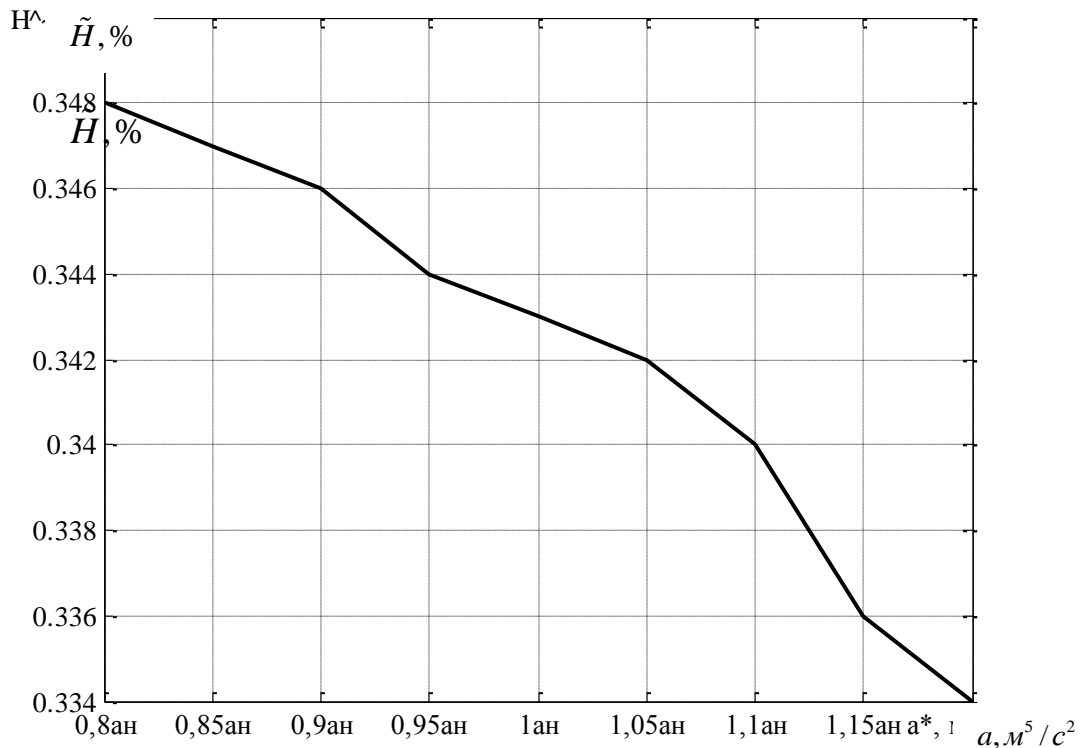


Рисунок 2 – Графік залежності динамічної похибки відпрацювання напору від дискретної зміни гідравлічного опору $\tilde{H} = (a)$

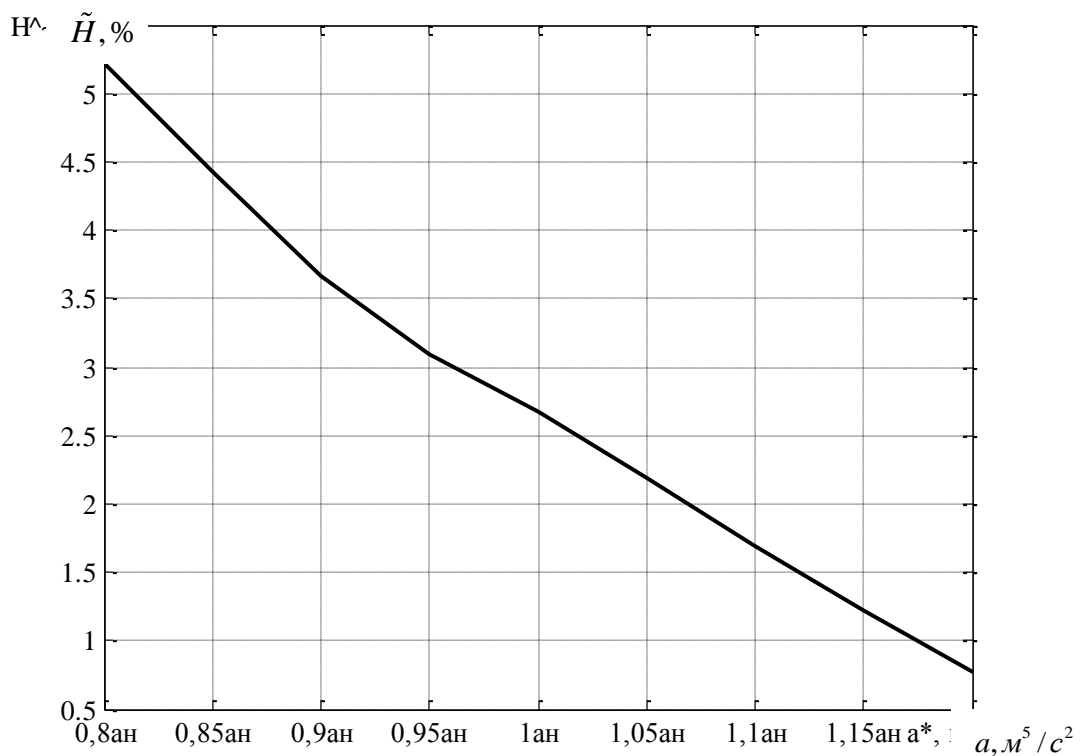


Рисунок 3 – Графік залежності динамічної похибки відпрацювання напору від плавної зміни гідравлічного опору $\tilde{H} = (a)$

Результати досліджень похибок відпрацювання стабілізації напору в діапазоні зміни опору мережі від 0,8 a_n до 1,2 a_n дозволяють зробити наступні висновки:

1) при дискретній зміні гідравлічного опору похибка змінюється в межах $(0,348 \div 0,334)\%$ від заданого значення напору, що не перевищує рівень допустимих збурень, за умовами стійкого стану гідравлічної мережі.

2) при плавній зміні в межах $(0,8 \div 1,2)a_n$ і розглянутому характері зміни опору мережі, динамічна похибка відпрацювання заданого напору коливається в діапазоні $(0,7 \div 5,5)\%$, що при певних умовах може перевищити допустимі значення і вивести гідравлічну систему з області стійкої роботи.

Висновки. Отримані результати показали, що найбільш перспективною з точки зору точного відпрацювання напору є система стабілізації напору з дискретною зміною опору гідравлічної мережі, тиск стабілізується з малою похибкою, що не викликає збурень в мережі за умовами експлуатації. При використанні плавної зміни опору мережі слід враховувати можливість переходу гідравлічної системи в нестійкий стан. Тому в даному випадку необхідно, з метою обмеження рівня похибок, внесення відповідних корекцій в структуру системи стабілізації напору гідравлічної мережі та проведення додаткових досліджень.

Перелік посилань

1. Шевчук С.П. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки : підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямком підготовки «Електромеханіка» / С.П. Шевчук, О.М. Попович, В.М. Світлицький // Мін-во освіти і науки України ; НТУУ «КПІ». – Київ : НТУУ «КПІ». – 2010. – 308 с.

2. Бур'ян С.О. Оптимальне керування насосною установкою з варіацією параметрів гідромережі / С.О. Бур'ян, М.В. Печеник, Д.О. Боднар // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. - № 12(1121). – С. 54-59.

3. Ron Palgrave «Troubleshooting centrifugal pumps and their systems» , Tilgjengelig fra Høgskolen i Telemark – Norway, 2009

4. Теорія мехатронних систем – 1: Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів заочної форми навчання напряму підготовки 6.050702 – "Електромеханіка" спеціальності "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" / Уклад: С. М. Пересада, С. М. Ковбаса. –К.: НТУУ "КПІ", 2011 р. – 96 с.