

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА НАПОРУ НАСОСУ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Румик В.А., студентка, Кіселичник О.І., к.т.н., доцент

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Метою даної роботи є синтез регулятора напору системи стабілізації напору в диктуючій точці водогону. Такі системи знаходять широке застосування на практиці з метою енергозбереження. Проте, питання правильності вибору типу та параметрів регулятора залишається все ще недостатньо вивченим.

Математична модель насосу має вигляд [1]:

$$\frac{m}{\rho \cdot g} \cdot \frac{dQ}{dt} = S^2 \cdot H_{ге} - S^2 \cdot (a + a_{\phi}) \cdot Q^2 + \frac{S^2 \cdot H_{он}}{i_n^2 \cdot \omega_n^2} \cdot \omega_d^2, \quad (1)$$

$$H = \frac{S^2 \cdot H_{он}}{i_n^2 \cdot \omega_n^2} \cdot \omega_d^2 - S^2 \cdot a_{\phi} \cdot Q^2$$

де m - маса води в трубопроводі; ρ - густина води; Q - витрати; S - площа поперечного перерізу труби; H - напір; $H_{ге}$ - висота підйому води в трубопроводі; a - гідравлічний опір мережі; a_{ϕ} - гідравлічний опір насосу; i_n - коефіцієнт передачі; ω_d - швидкість двигуна; ω_n - номінальна швидкість насосу; $H_{он}$ - напір при нульових витратах; g - прискорення вільного падіння.

Після математичних перетворень отримуємо рівняння динаміки напору насосу:

$$\frac{m}{2 \cdot \rho \cdot g \cdot S^2 \cdot a_{\phi}} \cdot \frac{dH}{dt} = \frac{m \cdot H_{он}}{\rho \cdot g \cdot i_n \cdot \omega_n^2 \cdot a_{\phi}} \cdot \omega_d \cdot \frac{d\omega_d}{dt} - S^2 \cdot H_{ге} \cdot Q - \frac{S^2 \cdot H_{он}}{i_n \cdot \omega_n^2} \cdot \left(\frac{a + a_{\phi}}{a_{\phi}} - 1 \right) \cdot \omega_d^2 \cdot Q. \quad (2)$$

Після лінеаризації методом кінцевих приростів отримуємо рівняння динаміки напору в приростах:

$$T_{н1} \cdot p \cdot \Delta H + \Delta H = K_{н1} \cdot (T_{\omega} \cdot p + 1) \cdot \Delta \omega_d - K_Q \cdot \Delta Q - K_{ге} \cdot \Delta H_{ге}, \quad (3)$$

$$\text{де } T_{н1} = \frac{m}{2 \cdot \rho \cdot g \cdot S^2 \cdot a_{\phi}} \cdot \frac{a_{\phi}}{(a + a_{\phi}) \cdot Q}; \quad K_{н1} = \frac{a_{\phi}}{(a + a_{\phi}) \cdot Q} \cdot \frac{2 \cdot S^2 \cdot H_{он}}{i_n^2 \cdot \omega_n^2} \cdot \frac{a}{a_{\phi}} \cdot \omega_d \cdot Q;$$

$$T_{\omega} = \frac{m \cdot H_{он} \cdot \omega_d}{\rho \cdot g \cdot i_n^2 \cdot \omega_n^2 \cdot a_{\phi}} \cdot \frac{i_n^2 \cdot \omega_n^2 \cdot a_{\phi}}{2 \cdot S^2 \cdot H_{он} \cdot a \cdot \omega_d \cdot Q}; \quad K_{ге} = S^2 \cdot \frac{a_{\phi}}{a + a_{\phi}};$$

$$K_Q = \frac{a_\phi}{(a + a_\phi) \cdot Q} \left(S^2 \cdot H_{ге} + \frac{a + a_\phi}{a_\phi} \cdot H - \frac{S^2 \cdot H_{OH}}{i_n^2 \cdot \omega_H^2} \cdot \frac{a}{a_\phi} \cdot \omega_d^2 \right).$$

Структурна схема контуру стабілізації напору з урахуванням замкненого контуру керування швидкості асинхронного двигуна представлена на рис.1, де K_ω - коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю; T_v - стала часу контуру швидкості.

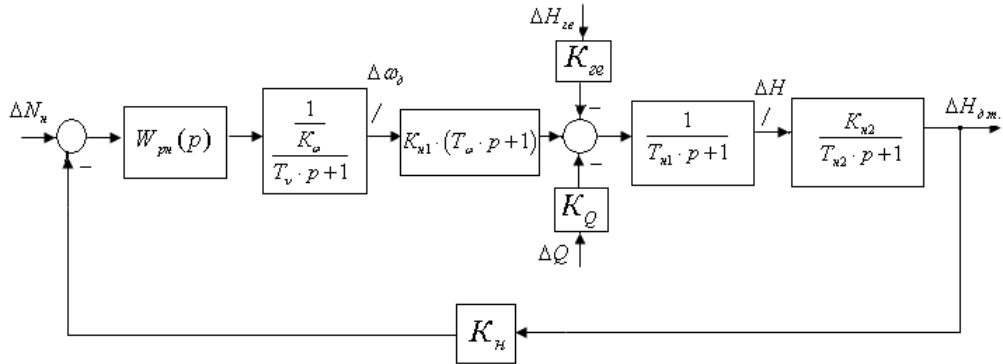


Рисунок 1 – Лінеаризована структурна схема контуру стабілізації напору

На схемі не враховано дискретність регулятора напору. Синтез проводиться, як для неперервної системи. Період квантування обирається таким, щоб систему можна було вважати неперервною. Вплив квантування за часом досліджується при моделюванні перехідних процесів в контурі напору.

Аперіодична ланка $\frac{K_{н2}}{T_{н2} \cdot p + 1}$ апроксимує транспортне запізнення та втрати в гідравлічній мережі при доставці води від насосу до диктуючої точки водогону.

Прирости ΔQ та $\Delta H_{ге}$ розглядаються як незалежні повільні збурення і при синтезі регулятора напору не враховуються. Коефіцієнт зворотного зв'язку за напором:

$$K_n = \frac{N_{нmax}}{H_{д.т.мах}}, \quad (4)$$

де $N_{нmax}$ - максимальне значення завдання напору; $H_{д.т.мах}$ - максимальне значення напору в диктуючій точці водогону.

Настроїмо контур на модульний оптимум:

$$W_{бaj}(p) = \frac{1}{2 \cdot T_v \cdot p (T_v \cdot p + 1)}. \quad (5)$$

$$W_{рн}(p) = \frac{W_{бaj}(p)}{W_{роз}(p)} = \frac{K_\omega \cdot (T_{н1} \cdot p + 1) \cdot (T_{н2} \cdot p + 1)}{2 \cdot T_v \cdot p \cdot K_{н1} \cdot (T_\omega \cdot p + 1) \cdot K_{н2} \cdot K_n}. \quad (6)$$

В результаті отримали послідовне з'єднання аперіодичного фільтру та ПД-регулятора.

Оскільки $T_{H2} \gg T_{H1}$ і $T_{H2} \gg T_{\omega}$, то останнє рівняння спроститься до вигляду:

$$W_{PH}(p) = \frac{K_{\omega} \cdot (T_{H2} \cdot p + 1)}{2 \cdot T_v \cdot K_{H1} \cdot K_{H2} \cdot K_H} = \frac{K_{\omega} \cdot T_{H2}}{2 \cdot T_v \cdot K_{H1} \cdot K_{H2} \cdot K_H} + \frac{K_{\omega}}{2 \cdot T_v \cdot K_{H1} \cdot K_{H2} \cdot K_H \cdot p} = K_1 + K_2 \cdot \frac{1}{p}, \quad (7)$$

де $K_1 = \frac{K_{\omega} \cdot T_{H2}}{2 \cdot T_v \cdot K_{H1} \cdot K_{H2} \cdot K_H}$; $K_2 = \frac{K_{\omega}}{2 \cdot T_v \cdot K_{H1} \cdot K_{H2} \cdot K_H}$.

В результаті отримали ПІ-регулятор. Проведемо Z-перетворення передаточної функції ПІ-регулятора.

$$W(z) = z \left\{ K_1 + K_2 \cdot \frac{1}{p} \right\} = z \{ K_1 \} + z \left\{ K_2 \cdot \frac{1}{p} \right\} = K_1 + K_2 \cdot \frac{T_0}{z-1}. \quad (8)$$

На рис.2 представлено результати моделювання відпрацювання в контурі стабілізації напору приросту стрибка сигналу завдання та зміни збурення ΔQ . Моделювання проведено для насосу марки NM 50M фірми Calpeda і привідного двигуна типу 4A160M2Y3: $P_{ном} = 18,5$ кВт, $n = 3000$ об/хв, $\eta = 88,5\%$. При моделюванні прийнято $K_{H2} = 0,2216$; $T_{H2} = 1,4994$; $K_H = 30,12$.

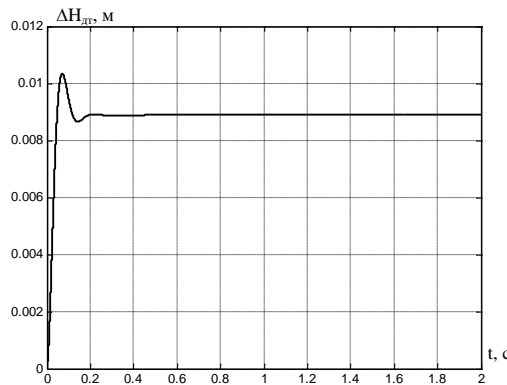


Рисунок 2 – Перехідний процес в контурі стабілізації з урахуванням квантування сигналів в регуляторі за часом

Отже, система забезпечує задану якість керування.

Перелік посилань:

1. Попович М.Г., Кострицький В.В. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод (теорія і практика). Навчальний посібник.-К.:КНУТД, 2008.-408с.
2. Румик В.А. Електромеханічні системи автоматизації водопостачання житлового будинку. Випускна робота бакалавра.- К.:КПІ, ФЕА, АЕМС-ЕП, 2008. 96с.