Енергетика, контроль та діагностика об'єктів нафтогазового комплексу

УДК 681:519.7

СИНТЕЗ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ДВОСТУПЕНЕВОЇ СЕПАРАЦІЇ НАФТИ

Д. Д. Поварчук

ІФНТУНГ; 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, тел. (0342) 504521,
e-mail: g o r b @ n u n g . e d u . u a , p o v a r c h u k d i m a 0 0 7 @ g m a i l . c o m

За отриманою авторами лінеаризованою математичною моделлю процесу двоступеневої сепарації нафти проведено синтез автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти. Під-час проведення аналізу структурної схеми двоступеневої сепараційної установки виявлено, що існують не тільки прямі зв'язки «командний сигнал – тиск в сепараторі» та «командний сигнал – рівень нафти в сепараторі», але й перехресні зв'язки між входом і виходом об'єкта.

Отримані результати синтезу автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти будуть використані для імітаційного моделювання в програмному продукті математичній лабораторії MATLAB.

Ключові слова: нафта, двоступенева сепарація, математична модель, лінеаризація, передавальні функції, синтез, автоматична система керування.

По полученной авторами линеаризованной математической модели процесса двухступенчатой сепарации нефти проведен синтез автоматической системы управления процессом двухступенчатой сепарации нефти. При проведении анализа структурной схемы двухступенчатой сепарационной установки установлено, что существуют не только прямые связи «командный сигнал – давление в сепараторе» и «командный сигнал – уровень нефти в сепараторе», но и перекрестные связи между входом и выходом объекта.

Полученные результаты синтеза автоматической системы управления процессом двухступенчатой сепарации нефти будут использованы для проведения имитационного моделирования в программном продукте математической лаборатории MATLAB.

Ключевые слова: нефть, двухступенчатая сепарация, математическая модель, линеаризация, передаточные функции, синтез, автоматическая система управления.

On the basis of the obtained linearized mathematical model of the two-stage oil separation process, a synthesis of an automatic control system for the two-stage oil separation process has been carried out. During the analysis of the two-stage separation unit structural scheme, it has been established that there are not only direct links "command signal – pressure in the separator" and "command signal – the level of oil in the separator," but also cross links between the input and output of the object.

The obtained results of synthesis of the automatic control system of the two-stage oil separation process will be used for simulation in the software product and MATLAB mathematical laboratory.

Key words: oil, two-stage separation, mathematical model, linearization, transfer functions, synthesis, automatic control system.

Вступ

Синтез системи керування конкретним об'єктом є однією із важливих наукових прикладних задач. Метою синтезу є створення такої системи керування, яка б відповідала певним вимогам. По-перше, система керування повинна бути стійкою; по-друге вона повинна володіти певними показниками якості, такими як перерегулювання, час регулювання, похибка регулювання [1]. Синтез систем керування можна здійснювати як в частотній, так і в часовій областях.

Методи синтезу в частотній області ґрунтуються на використанні частотних характеристик у вигляді діаграм Боде, Найквіста або з використанням частотних характеристик, побудованих у полярних координатах. Ці методи

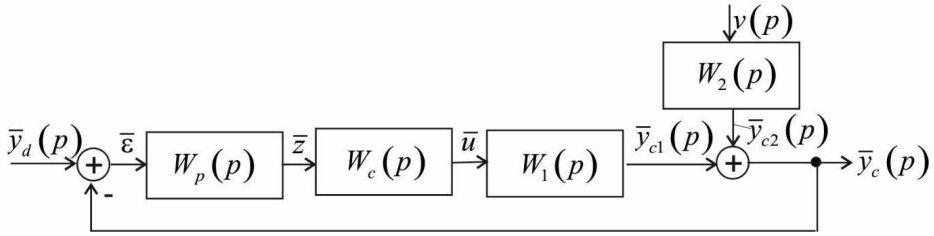

Рисунок 1 – Автономна система керування першим ступенем сепарації

дають змогу синтезувати коригуючі пристрої таким чином, щоб задовольнити певним критеріям якості системи, а саме: максимальне значення амплітуди частотної характеристики, резонансна частота, полоса пропускання і запас стійкості за амплітудою та фазою.

У часовій області якість синтезованої системи керування оцінюють за її перехідною характеристикою, поведінка якої залежить від розміщення нулів і полюсів передавальної функції $W_r(p)$. Після того, як структура автоматичної системи керування процесом сепарації визначена, задачею синтезу стає пошук параметрів налаштування певного типу регулятора.

Двоступенева сепараційна установка є складним багатозв'язним об'єктом автоматичного керування, на який діють як зовнішні впливи, так і «внутрішні» збурення, тому систему автоматичного керування потрібно синтезувати окремо для першого і другого ступенів сепарації [2].

Аналіз публікацій та висвітлення невирішених раніше проблем

Однією із перших математичних моделей, яка описує процес сепарації в термінах «вхід-вихід» і придатна для синтезування автоматичних систем керування, була модель, запропонована у роботі [2]. На основі розробленої математичної моделі двоступеневої сепараційної установки [2] авторами проведено лінеаризацію даної математичної моделі в роботі [3]. Згідно з одержаними результатами стосовно лінеаризації [3] встановлено, що лінеаризована модель придатна для синтезу автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти.

Аналіз структурної схеми двоступеневої сепараційної установки [2] свідчить, що існують не тільки прямі зв'язки «командний сигнал – тиск в сепараторі» та «командний сигнал – рівень нафти в сепараторі», але й перехресні зв'язки між входом і виходом об'єкта. Наявність таких зв'язків значно ускладнить керування процесом сепарації, якщо не вжити спеціальних заходів, які дадуть змогу компенсувати або значно послабити негативну дію перехресних зв'язків.

Одним із способів компенсації перехресних зв'язків є включення в пряме коло керування компенсатора, який забезпечить значне послаблення перехресних зв'язків, а в ідеалі – усуне діагональність матриці замкненої системи по відношенню до керуючих дій [4, 5].

Тому актуальною науковою задачею є синтез автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти і в подальшому створення математичних моделей імітаційного призначення в програмному середовищі MATLAB.

Ціль та задачі дослідження

Метою роботи є обґрунтування доцільності проведення синтезу автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти для подальшого створення математичних моделей імітаційного призначення в математичній лабораторії MATLAB.

Для досягнення вказаної мети було сформовано такі завдання:

1. Проаналізувати лінеаризовану математичну модель двоступеневої сепараційної установки.
2. Здійснити синтез автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти.
3. Сформулювати висновки за результатами досліджень щодо можливості створення імітаційної моделі в математичній лабораторії MATLAB.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо лінеаризовану математичну модель процесу двоступеневої сепарації нафти [3]. Компенсатор включимо у контур керування послідовно після регулятора з матричною передавальною функцією $W_c(p)$.

Одновимірні регулятори визначають діагональну структуру матричної передавальної функції $W_p(p)$:

$$W_p(p)=\begin{bmatrix} w_{p1}(p) & 0 \\ 0 & w_{p2}(p) \end{bmatrix},$$

де $w_{p1}(p)$, $w_{p2}(p)$ – передавальні функції регуляторів тиску і рівня.

Математичну модель системи (рис. 1) в області зображень за Лапласом отримаємо, виходячи із таких співвідношень:

$$\bar{y}_c(p)=\bar{y}_{c1}(p)+\bar{y}_{c2}(p),$$

$$\bar{y}_{c1}(p)=W_r(p)\bar{\varepsilon},$$

$$\bar{y}_{c2}(p)=W_2(p)v(p).$$

Значення вектора розузгодження

$$\bar{\varepsilon} = \bar{y}_d(p) - \bar{y}_c(p),$$

де $\bar{y}_d(p)$ - вектор вставок регуляторів.

Сумісне розв'язування наведених рівнянь дає такий результат:

$$\bar{y}_c(p) = \left(I + W_r(p)\right)^{-1} W_r(p)\bar{y}_d(p) + \\ + \left(I + W_r(p)\right)^{-1} W_2(p)v(p), \quad (1)$$

де $W_r(p) = W_1(p)W_c(p)W_p(p)$ - матрична передавальна функція розімкненої системи.

Оскільки матриця $W_p(p)$ діагональна, то для діагональності $W_r(p)$ необхідно виконання умови:

$$W_1(p)W_c(p) = \mathrm{diag}W_1(p), \quad (2)$$

де $\mathrm{diag}W_1(p)$ - діагональна матриця, яку отримують із матриці $W_1(p)$, шляхом обнулення всіх її недіагональних елементів.

Із матричного рівняння (2) отримаємо матричну передавальну функцію компенсатора

$$W_c(p) = W_1^{-1}(p)\mathrm{diag}W_1(p). \quad (3)$$

Рівняння (3) запишемо у розгорнутій формі

$$W_c(p) = \frac{1}{\Delta_r(p)} \times \\ \times \begin{bmatrix} w_{22}(p) & -w_{12}(p) \\ -w_{21}(p) & w_{11}(p) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_{11}(p) & 0 \\ 0 & w_{22}(p) \end{bmatrix} = \\ = \frac{1}{\Delta_r(p)} \begin{bmatrix} w_{11}(p)w_{22}(p) & -w_{12}(p)w_{22}(p) \\ -w_{11}(p)w_{21}(p) & w_{11}(p)w_{22}(p) \end{bmatrix},$$

де $\Delta_r(p) = w_{11}(p)w_{22}(p) - w_{12}(p)w_{21}(p)$.

Після врахування елементів матричної передавальної функції $W_1(p)$ отримаємо:

$$\Delta_r(p) = \frac{1}{\Delta^2(p)}\left(\alpha_0 p^2 + \alpha_1 p + \alpha_2\right), \quad (4)$$

де $\alpha_0 = b_{11}b_{22}$, $\alpha_1 = b_{11}\alpha_{22} + b_{22}\alpha_{11} - b_{12}\alpha_{21}$,
$\alpha_2 = \alpha_{11}\alpha_{22} - \alpha_{12}\alpha_{21}$; $\alpha_{11} = -a_{22}b_{11}$,
$\alpha_{12} = a_{12}b_{22} - a_{22}b_{12}$, $\alpha_{21} = a_{21}b_{11}$,
$\alpha_{22} = a_{21}b_{12} - a_{11}b_{22}$.

Знайдемо

$$w_{11}(p)w_{22}(p) = \frac{b_{11}b_{22}p^2 + \left(b_{11}\alpha_{22} + b_{22}\alpha_{11}\right)p + \alpha_{11}\alpha_{22}}{\Delta^2(p)},$$

$$-w_{12}(p)w_{22}(p) = -\frac{b_{12}b_{22}p^2 + \left(b_{12}\alpha_{22} + b_{22}\alpha_{12}\right)p + \alpha_{12}\alpha_{22}}{\Delta^2(p)},$$

$$-w_{11}(p)w_{21}(p) = -\frac{b_{11}\alpha_{21}p + \alpha_{11}\alpha_{21}}{\Delta^2(p)}.$$

Отримані результати дають змогу записати елементи матричної передавальної функції $W_c(p)$ у вигляді таких формул:

$$w_{11}^{(c)}(p) = w_{22}^{(c)}(p) = \frac{b_{11}b_{22}p^2 + \left(b_{11}\alpha_{22} + b_{22}\alpha_{11}\right)p + \alpha_{11}\alpha_{22}}{D(p)}, \quad (5)$$

$$w_{12}^{(c)}(p) = -\frac{b_{12}b_{22}p^2 + \left(b_{12}\alpha_{22} + b_{22}\alpha_{12}\right)p + \alpha_{12}\alpha_{22}}{D(p)}, \quad (6)$$

$$w_{21}^{(c)}(p) = -\frac{b_{11}\alpha_{21}p + \alpha_{11}\alpha_{21}}{D(p)}, \quad (7)$$

де $D(p) = \alpha_0 p^2 + \alpha_1 p + \alpha_2$.

Таким чином, елементами матричної передавальної функції є передавальні функції $w_{ij}^{(c)}(p)$, $i = j = 1,2$, які задані формулами (5) – (7). Аналіз отриманих співвідношень $w_{ij}^{(c)}(p)$, $i = j = 1,2$ показує, що порядок поліномів чисельника не перевищує порядку полінома знаменника $D(p)$. Це означає, що виконується умова фізичної реалізації компенсатора з матричною передавальною функцією $W_c(p)$.

Для компенсації збурення $v(t)$ утворимо додатковий контур, (як це показано на рис. 2) з матричною передавальною функцією $W_k(p)$ розміром 2×1.

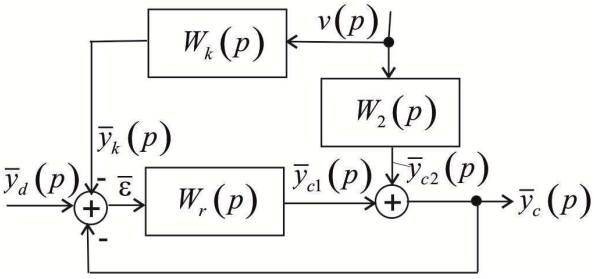

Рисунок 2 – Комбінована автономна система керування першим ступенем сепарації

Математичну модель системи (рис. 2) опишемо такими матрично-векторними рівняннями:

$$\bar{y}_c(p) = \bar{y}_{c1}(p) + \bar{y}_{c2}(p),$$
$$\bar{y}_{c1}(p) = W_r(p)\bar{\varepsilon},$$
$$\bar{y}_{c2}(p) = W_2(p)v(p),$$
$$\bar{y}_k(p) = W_k(p)v(p).$$

Значення вектора розузгодження

$$\bar{\varepsilon} = \bar{y}_d(p) - \bar{y}_c(p) - \bar{y}_k(p).$$

Після сумісного розв'язування наведеної системи рівнянь отримаємо

$$\bar{y}_c(p) = \left(I + W_r(p)\right)^{-1} W_r(p)\bar{y}_d(p) + \left(I + W_r(p)\right)^{-1}, \\ \left(W_r(p)W_k(p) - W_2(p)\right)v(p). \quad (8)$$

Збурення $v(p) = \Delta P_2$ може бути виміряне. У такому випадку для його компенсації необхідно виконання умови

$$W_r(p)W_k(p) - W_2(p) = 0.$$

Звідси знаходимо

$$W_k(p) = W_r^{-1}(p)W_2(p). \quad (9)$$

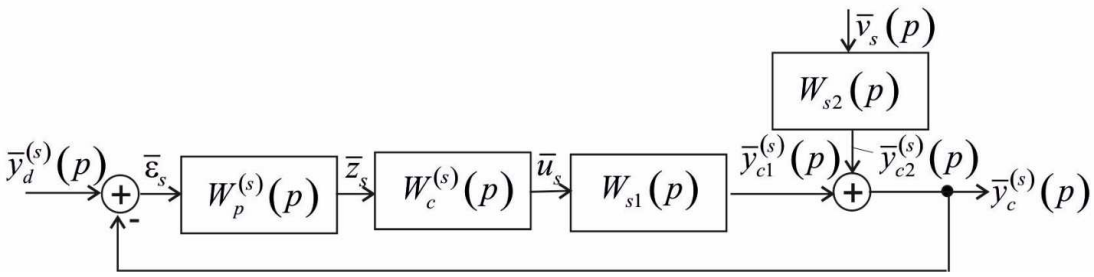

Рисунок 3 – Автономна система керування другим ступенем сепарації

Знайдемо матрицю $W_r^{-1}(p)$, яка є оберненою до матриці $W_r(p)=W_1(p)W_c(p)W_p(p)$. Оскільки $W_p(p)$ діагональна матриця, а матриця $W_c(p)$ задана формулою (3), то

$$W_r(p)=W_1(p)W_1^{-1}(p)\mathrm{diag}W_1(p)W_p(p)=$$
$$=\mathrm{diag}W_1(p)W_p(p).$$

Отже, $W_r^{-1}(p)=\left(\mathrm{diag}W_1(p)W_p(p)\right)^{-1}$ і

$$W_k(p)=\left(\mathrm{diag}W_1(p)W_p(p)\right)^{-1}W_2(p). \quad (10)$$

З врахуванням значень матричних передавальних функцій $\mathrm{diag}W_1(p)$ і $W_p(p)$, для першої ступені сепарації рівняння (10) буде таким:

$$W_k(p)=\begin{bmatrix}w_{k1}(p)\\ w_{k2}(p)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\dfrac{w_1(p)}{w_{11}(p)w_{p1}(p)}\\ \dfrac{w_2(p)}{w_{22}(p)w_{p2}(p)}\end{bmatrix}.$$

Оцінимо можливість фізичної реалізації передавальних функцій компенсатора $W_k(p)$. Фізична реалізація передавальної функції, яка має вигляд відношення двох поліномів – чисельника степені m і знаменника степені n, полягає у виконанні співвідношення $m\le n$.

Уведемо такі позначення: $w_i(p)=\dfrac{K_i(p)}{S_i(p)}$,

$w_{ii}(p)=\dfrac{K_{ii}(p)}{S_{ii}(p)}$, $w_{pi}(p)=\dfrac{K_{pi}(p)}{S_{pi}(p)}$, $i=1,2$. Тоді

$$w_{ki}(p)=\frac{w_i(p)}{w_{ii}(p)w_{pi}(p)}=\frac{K_i(p)}{S_i(p)}\cdot\frac{S_{ii}(p)}{K_{ii}(p)}\cdot\frac{S_{pi}(p)}{K_{pi}(p)},$$

$i=1,2$.

Якщо вибрати ПІ-регулятор, то поліноми $K_i(p)$ і $S_{pi}(p)$ матимуть одинакові порядки рівні одиниці. Так $K_i(p)$ і $K_{ii}(p)$ є поліномами першого порядку, що дорівнює одиниці, а порядки поліномів $S_{ii}(p)$ і $S_{pi}(p)$ - другого порядку. Отже, розмірності поліномів чисельника і знаменника передавальних функцій $w_{ki}(p)$, $i=1,2$ однакова і дорівнює чотирьом, тобто виконується умова $m=n$.

За аналогією можна переконатись, що при виборі ПІД-регулятора поліном чисельника функцій $w_{ki}(p)$, $i=1,2$ буде дорівнювати чотирьом, а поліном знаменника – п'яти. У цьому випадку має місце така умова $m<n$.

Таким чином, при виборі ПІ або ПІД-регулятора умова фізичної реалізації передавальних функцій $w_{ki}(p)$, $i=1,2$ виконується.

Автономна система керування другим ступенем сепарації буде за своєю структурою аналогічною системі, яка показана на рис. 3. Відмінність буде лиш структура відповідних передавальних функцій $W_{s1}(p)$ і $W_{s2}(p)$ (рис. 3).

Аналогічно рівнянню (8) можемо записати у вигляді:

$$\bar{y}_c^{(s)}(p)=\left(I+W_r^{(s)}(p)\right)^{-1}W_r^{(s)}(p)\bar{y}_d^{(s)}(p)+$$
$$+\left(I+W_r^{(s)}\right)^{-1}W_{s2}(p)\bar{v}_s(p), \quad (11)$$

де $W_r^{(s)}(p)=W_{s1}(p)W_c^{(s)}(p)W_p^{(s)}(p)$.

Враховуючи те, що структури передавальних функцій $W_p^{(s)}(p)$, $W_c^{(s)}(p)$ і $W_{s1}(p)$ тотожні структурам передавальних функцій $W_p(p)$, $W_c(p)$ і $W_1(p)$, будемо мати таку матричну передавальну функцію компенсатора:

$$W_c^{(s)}(p)=W_{s1}^{-1}(p)\mathrm{diag}W_{s1}(p). \quad (12)$$

Якщо врахувати значення матричної передавальної функції $W_{s1}(p)$, то будемо мати

$$W_c^{(s)}(p)=\frac{1}{\Delta_r^{(s)}(p)}\times$$
$$\times\begin{bmatrix}w_{11}^{(s)}(p)w_{22}^{(s)}(p) & -w_{12}^{(s)}(p)w_{22}^{(s)}(p)\\ -w_{11}^{(s)}(p)w_{21}^{(s)}(p) & w_{11}^{(s)}(p)w_{22}^{(s)}(p)\end{bmatrix},$$

де $\Delta_r^{(s)}(p)=w_{11}^{(s)}(p)w_{22}^{(s)}(p)-w_{12}^{(s)}(p)w_{21}^{(s)}(p)$.

Порівнюючи передавальні функції $w_{ij}^{(s)}(p)$, $i,j=1,2$ з передавальними функціями $w_{ij}(p)$, $i,j=1,2$ сепаратора першого ступеня, бачимо, що вони за своєю структурою ідентичні. Тому передавальні функції компенсатора можемо записати у вигляді рівняння (5) – (7):

ISSN 1993–9868 print
ISSN 2415–3109 online

$$w_{11}^{(sc)}(p)=w_{22}^{(sc)}(p)=$$

$$=\frac{b_{11}^{(s)}b_{22}^{(s)}p^2+\left(b_{11}^{(s)}\alpha_{22}^{(s)}+b_{22}^{(s)}\alpha_{11}^{(s)}\right)p+\alpha_{11}^{(s)}\alpha_{22}^{(s)}}{D_s(p)}, \quad (13)$$

$$w_{12}^{(sc)}(p)=-\frac{b_{12}^{(s)}b_{22}^{(s)}p^2+\left(b_{12}^{(s)}\alpha_{22}^{(s)}+b_{22}^{(s)}\alpha_{12}^{(s)}\right)p+\alpha_{12}^{(s)}\alpha_{22}^{(s)}}{D_s(p)}, \quad (14)$$

$$w_{21}^{(sc)}(p)=-\frac{b_{11}^{(s)}\alpha_{21}^{(s)}p+\alpha_{11}^{(s)}\alpha_{21}^{(s)}}{D_s(p)}, \quad (15)$$

$$D_s(p)=\alpha_0^{(s)}p^2+\alpha_1^{(s)}p+\alpha_2^{(s)},$$

де $\alpha_{11}^{(s)}=-a_{22}^{(s)}b_{11}^{(s)}$, $\alpha_{12}^{(s)}=a_{12}^{(s)}b_{22}^{(s)}-a_{22}^{(s)}b_{12}^{(s)}$,

$\alpha_{21}^{(s)}=a_{21}^{(s)}b_{11}^{(s)}$, $\alpha_{22}^{(s)}=a_{21}^{(s)}b_{12}^{(s)}-a_{11}^{(s)}b_{22}^{(s)}$;

$\alpha_0=b_{11}^{(s)}b_{22}^{(s)}$, $\alpha_1=b_{11}^{(s)}\alpha_{22}^{(s)}+b_{22}^{(s)}\alpha_{11}^{(s)}-b_{12}^{(s)}\alpha_{21}^{(s)}$,

$\alpha_2^{(s)}=\alpha_{11}^{(s)}\alpha_{22}^{(s)}-\alpha_{12}^{(s)}\alpha_{21}^{(s)}$.

Оскільки структури передавальних функцій (5) – (7) і (13) – (15) ідентичні, то можна стверджувати, що компенсатор з матричною передавальною функцією $W_c^{(s)}(p)$ можна фізично реалізувати.

Для компенсації збурень, які подані вектором $\overline{v}_s(p)$, у структурну схему автономної системи керування введемо додатковий контур, який містить матричну передавальну функцію $W_k^{(s)}(p)$ (рис. 4).

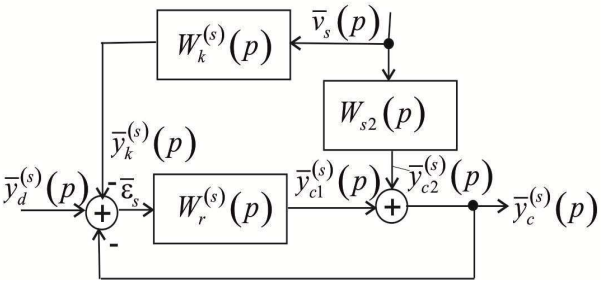

Рисунок 4 – Комбінована автономна система керування другим ступенем сепарації

За аналогією з рівнянням (8) запишемо математичну модель комбінованої автономної системи керування другим ступенем сепарації

$$\overline{y}_c^{(s)}(p)=\left(I+W_r^{(s)}(p)\right)^{-1}W_r^{(s)}(p)\overline{y}_d^{(s)}(p)+ \quad (16)$$

$$+\left(I+W_r^{(s)}(p)\right)^{-1}\left(W_r^{(s)}(p)W_k^{(s)}(p)-W_2^{(s)}(p)\right)\overline{v}_s(p).$$

Для компенсації впливу вектор-збурення необхідне виконання умови

$$W_r^{(s)}(p)W_k^{(s)}(p)-W_2^{(s)}(p)=0.$$

З останнього рівняння знаходимо матричну передавальну функцію компенсатора $W_k^{(s)}(p)$ розміром 2×3

$$W_k^{(s)}(p)=\left(W_r^{(s)}(p)\right)^{-1}W_2^{(s)}(p). \quad (17)$$

Враховуючи значення $W_r^{(s)}(p)$, будемо мати

$$W_k^{(s)}(p)=\left(\mathrm{diag}W_{s1}(p)W_p^{(s)}(p)\right)^{-1}W_{s2}(p). \quad (18)$$

Матричне рівняння (18) запишемо у розгорнутій формі

$$W_k^{(s)}(p)=\begin{bmatrix}w_{p1}^{(s)}(p) & 0\\ 0 & w_{p2}^{(s)}(p)\end{bmatrix}^{-1}\cdot\begin{bmatrix}w_{11}^{(s)}(p) & 0\\ 0 & w_{22}^{(s)}(p)\end{bmatrix}^{-1}\times$$

$$\times\begin{bmatrix}w_{11}^{(s2)}(p) & w_{12}^{(s2)}(p) & w_{13}^{(s2)}(p)\\ w_{21}^{(s2)}(p) & w_{22}^{(s2)}(p) & w_{23}^{(s2)}(p)\end{bmatrix},$$

Після виконання відповідних дій над матрицями отримуємо

$$W_k^{(s)}(p)=\begin{bmatrix}\dfrac{w_{11}^{(s2)}(p)}{w_{11}^{(s)}(p)w_{p1}^{(s)}(p)} & \dfrac{w_{12}^{(s2)}(p)}{w_{11}^{(s)}(p)w_{p1}^{(s)}(p)} & \dfrac{w_{13}^{(s2)}(p)}{w_{11}^{(s)}(p)w_{p1}^{(s)}(p)}\\ \dfrac{w_{21}^{(s2)}(p)}{w_{22}^{(s)}(p)w_{p2}^{(s)}(p)} & \dfrac{w_{22}^{(s2)}(p)}{w_{22}^{(s)}(p)w_{p2}^{(s)}(p)} & \dfrac{w_{23}^{(s2)}(p)}{w_{22}^{(s)}(p)w_{p2}^{(s)}(p)}\end{bmatrix}.$$

На рис. 5 показана структурна схема взаємодії першого і другого ступенів сепараційної установки.

Якщо використати методику, яка розроблена для першого ступеня сепарації, то можна показати, що компенсатор з матричною передавальною функцією $W_k^{(s)}(p)$ можна фізично реалізувати у тому випадку, коли у прямому контурі керування застосовані ПІ- або ПІД-регулятори.

Висновки

Синтез автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації підтвердив, що існують не тільки прямі зв'язки «командний сигнал – тиск в сепараторі» та «командний сигнал – рівень нафти в сепараторі», але й перехресні зв'язки між входом і виходом об'єкта. Наявність таких зв'язків значно ускладнює керування процесом сепарації, тому в процесі синтезу включено компенсатор, з допомогою якого компенсується і значно послаблюється негативна дія перехресних зв'язків.

Оскільки двоступенева сепараційна установка є складним багатозв'язним об'єктом автоматичного керування, на який діють як зовнішні впливи, так і «внутрішні» збурення, то систему автоматичного керування синтезовано окремо для першого і окремо для другого ступенів сепарації.

Отримані під час проведення синтезу автоматичної системи керування процесом двоступеневої сепарації нафти результати будуть використані для проведення імітаційного моделювання в програмі математичної лабораторії MATLAB.

Література

1 Справочник по теории автоматического управления / [Александров А. Г, Артемьев В. М, Белоглазов И. Н. и др.]; под ред. А. А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.

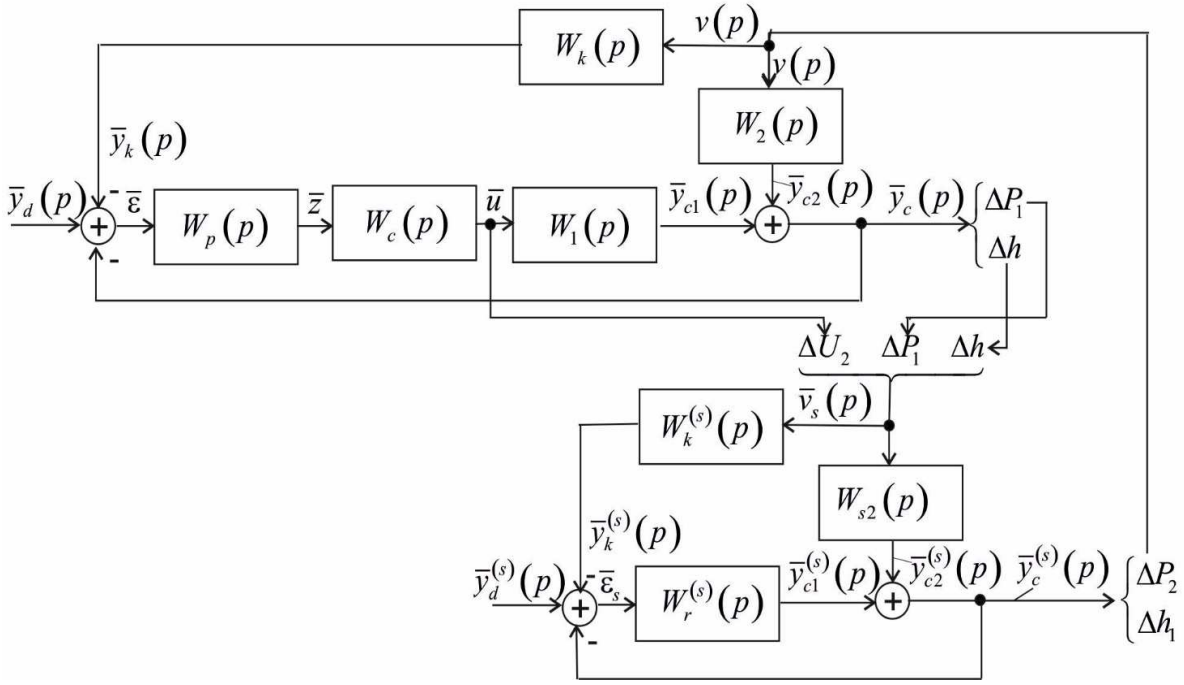

Рисунок 5 – Векторна структурна схема автоматичного керування сепараційною установкою

2 Horbiychuk M.I. Development of the mathematical model for the installation of two-stage separating / Horbiychuk M., Povarchuk D., Gumenyuk T., Lazoriv N. Access mode: //https://sis-journal.com/arhiv/9/

3 Горбійчук М.І. Лінеаризована математична модель двостадійного процесу сепарації нафти / М. І. Горбійчук, Д. Д. Поварчук // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ/ – 2017. – № 3. – С. 84-91.

4 Рей У. Методы управления технологическими процессами / Пер. с англ. А. М. Шафира под ред. С. А. Малого. – М.: Мир, 1983. – 368 с.

5 Гостев В. И. Синтез нечетких регуляторов систем автоматического регулирования: монография / В. И. Гостев. – К.: Радіоаматор, 2003. – 512 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 30.11.17
Рекомендована до друку професором ***Олійником А.П.*** *(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)*
професором ***Мещеряковим Л.І.*** *(ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро)*