

## ЗАСТОСУВАННЯ ФАЗИ-РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ШТАНГОВОЇ НАФТОВИДОБУВНОЇ УСТАНОВКИ

### Вступ

Технологія видобування нафти із свердловини, до якої вона поступає із продуктивного пласта, потребує збалансування хоча б у середньому інтенсивності притоку пластової рідини у свердловину та інтенсивності відбору її із свердловини штанговою глибинною помпою. Продуктивність помпової установки залежить від кількості ходів поршня за хвилину та її технічного стану, який з часом може погіршуватись і, відповідно, продуктивність буде зменшуватись. Інтенсивність притоку, або продуктивність пласта, залежить від висоти рівня рідини, що заповнила свердловину, і стану привибійної зони нафтоносного пласта. У кожних конкретних умовах роботи свердловини рівень рідини в ній відповідає динамічній рівновазі між притоком та відбором і називається динамічним рівнем. Очевидно, що найкращим режимом експлуатації свердловини є режим, коли динамічний рівень встановлюється на глибині прийому плунжерної помпи [1]. Такі свердловини відносяться до класу малодобітних, які експлуатуються періодично. На теперішній час для таких свердловин пропонується використовувати частотно-керований електропривод для регулювання їх продуктивності [1-4]. Такий підхід передбачає більш раціональну експлуатацію свердловини і покращення техніко-економічних показників роботи всієї глибиннопомпової установки.

### Постановка задачі

Оптимізація експлуатації нафтового родовища потребує як забезпечення оптимальної організації роботи всіх глибиннопомпових установок, так і оптимізації роботи кожної конкретної установки та свердловини.

Для вирішення цього питання необхідно, щоб привід установки із штанговою глибинною помпою забезпечував режими роботи, адаптовані до різних значень допливу рідини у свердловину. Оперативну зміну цих режимів може забезпечити система частотного регулювання електропривода змінного струму із зовнішнім контуром регулювання відповідно до коефіцієнта заповнення глибинної помпи  $k_z$  [1].

Найкращим режимом роботи системи "свердловина-помпа" буде режим, за якого встановиться рівновага між кількістю видобутої рідини і подаванням пласта, а коефіцієнт заповнення не буде виходити за задані межі. Цього можна досягти регулюючи кількість ходів верстата-гойдалки так, щоб зберегти встановлене значення коефіцієнта заповнення  $k_z$ , за однакової продуктивності свердловини і помпи. При порушенні рівноваги в системі, коли кількість рідини, що надходить у свердловину, стане меншою від кількості рідини, що відбирається помпою, коефіцієнт заповнення зменшується. Робота помпи при незаповненому рідиною циліндрі приводить до збільшення динамічних навантажень на штанги і, як наслідок, до збільшення кількості аварій підземного обладнання. Тому виникає необхідність регулювання кількості ходів верстата-гойдалки аж до можливості повної зупинки установки на період відновлення свердловини.

### Система керування електроприводом верстата-гойдалки

Для встановлення оптимального режиму роботи установки із штанговими глибинними помпами пропонується система електропривода, яка дає змогу плавно регулювати продуктивність помпи у функції коефіцієнта заповнення. У системі керування процесом нафтовидобутку з використанням класичного регулятора складно сформувати потрібний керуючий вплив на перетворювач внаслідок відсутності точних значень технологічних параметрів. Тому пропонується система частотно-керованого асинхронного електропривода, яка містить нечіткий регулятор. Сигнал зворотного зв'язку за коефіцієнтом заповнення в такій системі обчислюється на підставі інформації про величину коефіцієнта заповнення та частоту обертання двигуна, а далі подається на вхід нечіткого регулятора. При цьому враховується зміна продуктивності помпи внаслідок зменшення її коефіцієнта заповнення.

Для реалізації нечіткого регулятора використаємо структуру регулятора типу Мамдані [5, 6]. Входом даного регулятора є різниця між заданим  $k_z$  та дійсним значенням коефіцієнта заповнення  $k_{z6}$  глибинної помпи  $\Delta k_z = k_z - k_{z6}$ , яка розраховується один раз за цикл роботи установки. Виходом нечіткого регулятора є сигнал задання швидкості для частотного перетворювача. Інтервал зміни коефіцієнта заповнення лежить в межах  $0 \div 1$ . У випадку коли  $\Delta k_z \leq \Delta k_{max}$ , де  $\Delta k_{max}$  – задане максимальне значення різниці, необхідно передбачити можливість повної зупинки установки на час відновлення свердловини. Час відновлення встановлюється експертом згідно експериментальних досліджень. Вихідний сигнал регулятора  $U_k$  змінюється в межах від 0 до  $U_{max}$ , де  $U_{max}$  – максимальний сигнал завдання для частотного перетворювача, що забезпечує максимальну допустиму швидкість роботи верстата-гойдалки.

Вхідні змінні відповідають три лінгвістичні терми: малий (A1), середній (A2), великий (A3). Форма термів є трапецевидною. База правил сформована на основі інтуїтивних знань експертів і для малодобітної періодичної свердловини зі штанговою глибинною помпою має вигляд:

Якщо  $\Delta k_3 \in A1 \dots$  то  $U_k \in B1$ .  
 Якщо  $\Delta k_3 \in A2 \dots$  то  $U_k \in B2$ .  
 Якщо  $\Delta k_3 \in A3 \dots$  то  $U_k \in B3$ ,  
 де  $A1, A2, A3, B1, B2, B3$  задані функції приналежності (рис. 1).

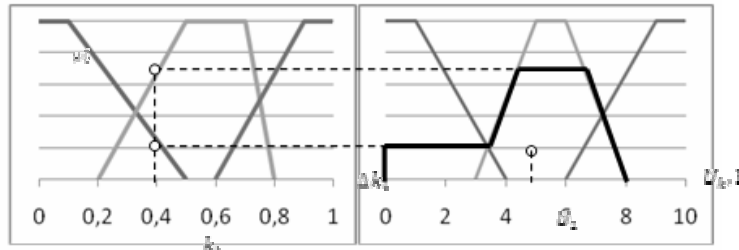


Рис.1. Функції належності лінгвістичних змінних та схема нечіткого виводу за Мамдані.

Для усунення нечіткості використано метод середнього центру. Результатом виходу нечіткого регулятора є точне значення змінної  $U_k$  на основі заданих значень  $\Delta k_3$ . В лівій частині рисунка видно, що вхідний сигнал  $k_1 = 0,4$  за даними бази правил відкладається на лінгвістичних термах  $A1$  та  $A2$ . В цьому випадку вхідна змінна буде вважатися *малою* з ступенем приналежності 0,22 і *середньою* з ступенем приналежності 0,63. Далі отримані дані проєктуються на вихідні функції приналежності  $B1$  та  $B2$  (права частина рисунка) і отримуємо нову вихідну нечітку множину. Для усунення нечіткості проводимо фазифікацію методом середнього центру, тобто знаходимо геометричний цент вихідної кривою. Після проведених обчислень на виході системи отримуємо керуючий сигнал для частотного перетворювача величиною 5 В.

Даний фазі-контролер реалізований на програмованому логічному контролері (ПЛК), який аналізує сигнали від давачів зусилля та давачів крайніх положень кривошипа верстата-гойдалки, розраховує коефіцієнт заповнення свердловини, на основі якого корегує швидкість привідного двигуна за заданим алгоритмом. Структурна схема даної системи регулювання показана на рис.2. Запропонована система може працювати як в складі системи централізованого контролю та раціонального керування видобутком нафти, так і в автономному режимі.

На схемі введено такі позначення:

QF – автоматичний вимикач; АД – асинхронний двигун з к.з. ротором; Р – редуктор; ВГ – верстат-гойдалка; ДП – давачі крайніх положень кривошипа; ДЗ – давач зусилля;

СК – система керування, на базі ПЛК.

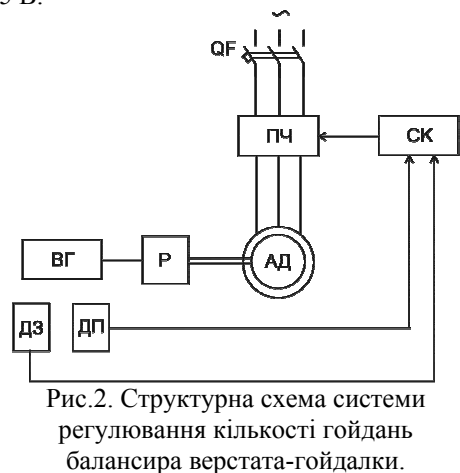


Рис.2. Структурна схема системи регулювання кількості гойдань балансира верстата-гойдалки.

## Висновки

Запропонована система керування з нечітким регулятором дає змогу плавно регулювати продуктивність помпи використовуючи обчислене значення коефіцієнта заповнення. Внаслідок цього стабілізується відбір рідини із свердловини і встановлюється оптимальний режим відбору рідини із свердловини. Це дозволяє ефективно використовувати привідний двигун, збільшити дебіт свердловини та зменшити витрати енергії.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калужний Б.С, Маляр А.В., Яремко Р.В. Моніторинг та оперативне керування роботою глибинонасосних установок // Технічна електродинаміка. – Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – 2004. – Ч. 4. – С.69-72.
2. Справочник по добыче нефти/ В.В.Андреев, К.Р.Уразаков, В.У. Далимов и др.; Под ред. К.Р. Уразакова. – М: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. –374с.
3. Барский В.А., Курдюмов В.С. Станция управления штанговой глубинно-насосной установки с частотно-регулируемым электроприводом // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Електромашинобудування та електрообладнання», тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». –2006. –№ 66. – С.170-172.
4. Поздеев Д.А., Кудрявцев С.В. «Интеллектуальная станция ALC800 компании АББ для управления станками-качалками» // Вестник НТУ "Харьковский политехнический институт" «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика», 2008. – №30.
5. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Издательство Физматлит, 2002. – 252 с.
6. Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления. – К.: Радиоаматор, 2008. – 972 с.