

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ШТАНГОВОЇ ГЛИБИНОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ НА БАЗІ ПЛК MICRO TSX

Постановка задачі

В умовах постійного зростання ціни на нафту та продуктів її переробки надзвичайно актуальною стає задача підвищення ефективності експлуатації нафтових свердловин.

Для нафтової промисловості України характерним є експлуатація малодобітних свердловин, що передбачає використання примусового способу видобування нафти за допомогою штангових глибинонасосних установок (ШГНУ) [1].

У більшості випадків приплив рідини до вибою свердловини з плином часу змінюється. Однак оператори встановлюють режим відкачування для даної свердловини, розрахований на максимальний відбір рідини. На деяких свердловинах це призводить до того, що рівень рідини опускається нижче рівня прийому насоса і установка працює, не подаючи рідини. Робота насоса при незаповненому рідиною циліндрі зумовлює збільшення динамічних навантажень на штанги і, як наслідок, до росту числа аварій підземного обладнання. Виникають умови за яких можливості обладнання повністю не використовуються і вся рідина не відбирається. Крім цього, ККД установки знижується і втрати електроенергії зростають.

Рациональна промислова експлуатація нафтоносного горизонту штанговими глибинними насосами передбачає збалансованість між відбором нафти насосом і притоком рідини у свердловину. На теперішній час режими роботи штангових глибинних насосів в основному регулюються зміною величини ходу полірованого штока шляхом зміни радіуса кривошипа або зміною числа ходів насоса за допомогою змінних шківів на валі приводного двигуна. Вказані способи є громіздкі і потребують додаткової зупинки верстата-гойдалки, що призводить до втрати нафти, а при тривалих зупинках – до утворення піскових ущільнень, які в свою чергу можуть призвести до заклинювання плунжера та інших неполадок, для ліквідації яких необхідно проводити ремонтні роботи. Крім цього, під час такої зміни режиму відкачування порушується умова зрівноваження верстата, для відновлення якої необхідний час і додаткова праця. Висока ефективність експлуатації таких свердловин може бути досягнута лише за умови використання відповідних автоматичних систем керування.

Розробці сучасних систем керування електроприводом верстата-гойдалки останнім часом приділяється підвищена увага [2-4]. Основний акцент робиться на використанні частотно - керованого електроприводу для регулювання продуктивності та використання коефіцієнту заповнення свердловини як регульованого параметру системи керування.

Дана стаття є подальшим розвитком та практичним втіленням ідей, запропонованих в [4]. Її метою є створення, на основі сучасного частотно-керованого електроприводу та засобів автоматизації, ефективної системи керування електроприводом верстата-гойдалки, яку можна легко інтегрувати в систему диспетчеризації нафтопромислу.

Опис системи керування електроприводом верстата-гойдалки

Функціональна схема запропонованої системи керування електроприводом верстата-гойдалки наведена на рис.1. Верстат-гойдалка 2 приводиться в рух асинхронним двигуном з підвищеним пусковим моментом, котрий отримує живлення від перетворювача частоти (ПЧ) 1 типу ATV71 [5] виробництва Шнейдер-Електрик.

Персональний логічний контролер (ПЛК) типу Micro TSX3722 призначений для реалізації системи керування [6]. Він реалізує місцеві або дистанційні команди пуск/стоп, аналізуючи сигнали від датчика зусилля 3 та кінцевих вимикачів положення кривошипа верстата-гойдалки 4, розраховує коефіцієнт заповнення свердловини, на основі якого корегує швидкість приводного двигуна для забезпечення оптимального режиму роботи установки. Моніторинг стану електроприводу та режиму роботи свердловини може проводитися дистанційно шляхом передачі інформації від контролера та ПЧ по мережі через радіо- або GSM-модем 6.

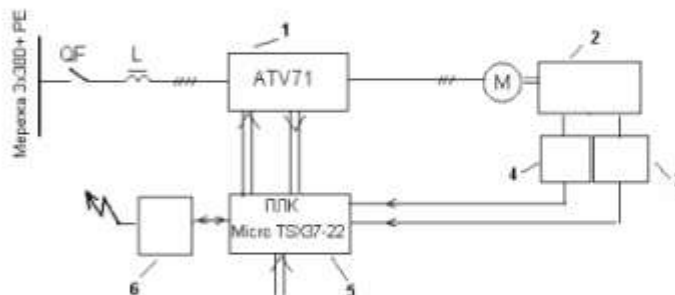


Рис.1. Функціональна схема системи керування

Блок-схема алгоритму визначення завдання швидкості електроприводу ШГНУ показана на рис.2. В блоці 1 алгоритму (рис.2) відбувається сканування входів контролера, на які подаються сигнали давачів переміщення і зусилля в полірованому штоці та сигнал завдання на початкову швидкість електроприводу. Блок 2 виконує перевірку готовності електроприводу до роботи, і у разі наявності несправності відбувається автоматичне відключення двигуна (блок 9 алгоритму) з подальшим повідомленням диспетчеру. В блоці 3 відбувається формування еталонного масиву зусилля в полірованому штоці за один цикл роботи верстата-гойдалки та масиву значень положення кривошипа. Далі знаходяться мінімальне P_{min} та максимальне P_{max} значення зусилля із масиву за один цикл роботи (блок 4). Ці значення записуються як еталонні для порівняння з мінімальним та максимальним значеннями зусилля в наступному циклі (блок 5).

При програмуванні контролера передбачається зміна уставки коефіцієнтів масштабування K_1 та K_2 . Після перевірки умов запуску електроприводу (блоки 2 та 5 алгоритму) відбувається запуск двигуна (блок 6) та підтримка його роботи до того часу, поки умови нормальної роботи виконуються (блоки 2 та 5). Після обчислення коефіцієнта заповнення (блок 8) формується сигнал завдання швидкості в залежності від знайденого коефіцієнта заповнення. Після запуску електроприводу корекція швидкості двигуна відбуватиметься доти, поки продуктивність насоса не стане рівною продуктивності нафтового пласта.

Використання перетворювача частоти дозволяє регулювати швидкість приводного двигуна для забезпечення збалансованого відбору нафти із свердловини. При досягненні двигуном мінімально допустимої швидкості або при значенні коефіцієнта заповнення $K_z < 0,5$ подається сигнал на зупинку верстата-гойдалки (режим "засинання" двигуна) на період відновлення рівня рідини у свердловині.

Для повторного запуску двигуна передбачається тестовий запуск через час, який або завчасно розрахований, за попередніми даними коефіцієнта заповнення та продуктивності пласта, або встановлений технологічною службою, для виявлення моменту повного заповнення насоса рідиною. Після заповнення свердловини рідиною відбувається вмикання ("пробудження") електроприводу верстата-гойдалки.

Перетворювач частоти забезпечує також функції захисту електроприводу (перевантаження, перегрів, к.з., несиметрія кола живлення, обрив кабелю двигуна, тощо) та функції моніторингу стану електроприводу.

Особливістю верстата-гойдалки є незрівноваженість мас і обумовлений цим знакозмінний момент статичного опору. Зазвичай, в таких умовах для уникнення перенапруг в колі постійного струму перетворювача частоти необхідно використовувати гальмівний модуль або модуль рекуперації. Одне і друге рішення є дорогим і економічно невиправданим для використання в електроприводі верстата-гойдалки. Для даного класу механізмів у перетворювачі частоти ATV71 реалізована т.з. функція ENA (Energy Adaptation System – Система адаптації потужності) [5].

Функція ENA дає змогу в умовах незрівноваженого навантаження верстата-гойдалки керувати електроприводом без гальмівного модуля, зменшуючи при цьому динамічні навантаження на штанги та коливання струму мережі. Функція ENA впливає на обмеження вихідного сигналу ПІ регулятора, який задає момент двигуна. У генераторному режимі ця функція встановлює обмеження моменту двигуна на нуль. Це здійснюється за допомогою системної змінної $TLIP=0$ (рис.3).

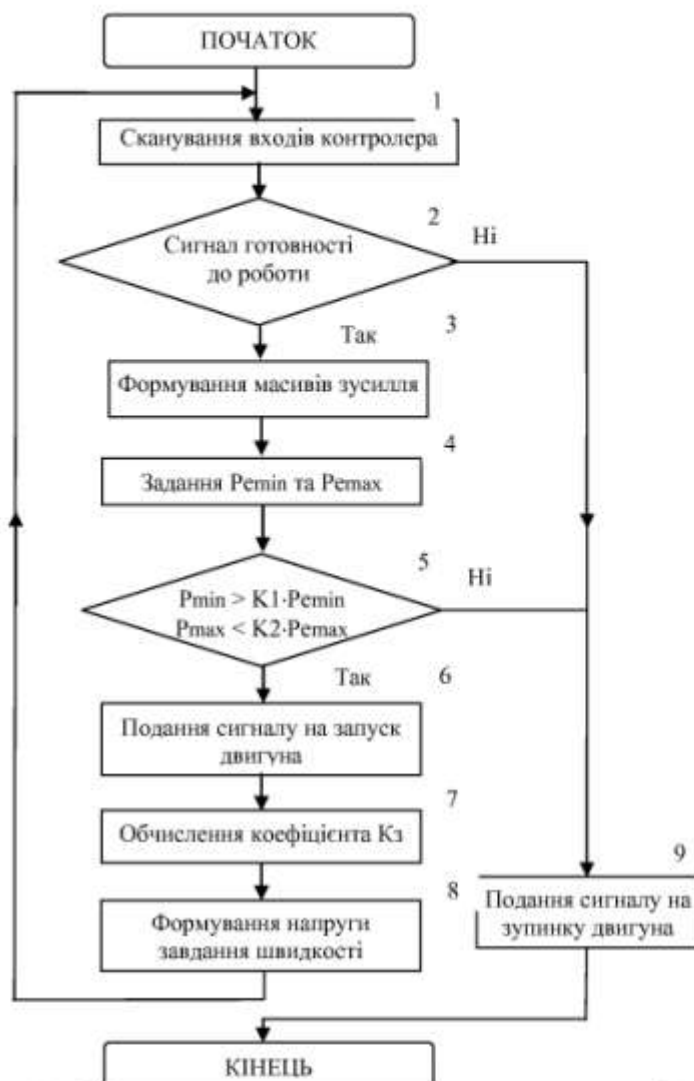


Рис.2. Блок-схема алгоритму визначення завдання швидкості електроприводу ШГНУ

Програмне забезпечення перетворювача ATV71 дозволяє проводити налаштування пропорційної GPE та інтегральної GIE складової ПІ регулятора ENA (рис.3). Налаштуванням пропорційної складової GPE можна отримати компроміс між споживанням електроенергії (коливанням струму) та динамічними зусиллями в ланках кінематичної схеми верстата-гойдалки. Підбір інтегральної складової GIE регулятора швидкості дозволяє стабілізувати напругу в колі постійного струму перетворювача частоти.

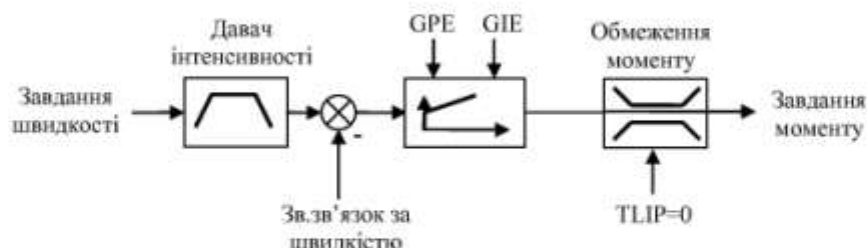


Рис.3. Структурна схема блоку формування завдання моменту двигуна

Висновки

Запропонована система керування електроприводом забезпечить раціональну експлуатацію ШГНУ, збалансованість між відбором нафти насосом і притоком рідини у свердловину, автоматичний захист обладнання установки, попередження та розпізнавання аварійних ситуацій. Така система електроприводу дає можливість продовжити термін роботи обладнання, уникнути додаткових експлуатаційних витрат пов'язаних із можливими наслідками аварій. Описана вище система є досить гнучкою як в плані розширення її можливостей, так і в плані її інтегрування в АСУ ТП нафтопромислу.

Робота виконана в рамках держзамовлення ДЗ/359-2007 "Розроблення адаптивної системи керування електроприводом глибинонасосної свердловини".

Література

1. 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.
2. 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.
3. Дудников В., Набиев Д., Гареев В. Новые возможности управления технологическим процессом нефтедобычи // Нефтегазовая промышленность. –2002. –№2. –С.30-35.
4. 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.
5. Преобразователи частоты для асинхронных двигателей. Altivar 71// Каталог - Schneider Electric, 2006. – 206с.

Платформа автоматизации Modicon TSX Micro и среда программирования PL7// Каталог - Schneider Electric, 2005.-120с.