

БЕЗДРОТОВА СХЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НАСОСНОЮ СТАНЦІЄЮ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Хандола Ю. М., Серeda А. І., Назаренко О. Ю., Федюшко Ю. М.

¹Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,

²ООО Маюс

На основі статистичної обробки добових графіків водопостачання, шляхом застосування імовірнісного метода виокремлення апріорної інформації про характер витрати води, розроблена бездротова схема автоматичного керування насосною станцією з водонапірним баком системи водопостачання для фермерських господарств.

Постановка проблеми. Питання підвищення ефективності водопостачання є одним із засобів ефективного функціонування будь-якого фермерського господарства. Системи водопостачання та водовідведення характеризуються далеко не оптимальним режимом роботи і являються енергозатратними технологіями. Для ефективного функціонування водопостачальних систем необхідно забезпечити управління електроспоживанням на всіх рівнях з урахуванням особливостей технологічного процесу, можливих оптимізаційних критеріїв та обмежень [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Електроспоживання водопостачальної системи залежить від режиму роботи її структурних елементів на кожному рівні. Для оптимізації режиму електроспоживання системи подачі та розподілу води необхідно, в першу чергу, забезпечити оптимізацію режимів роботи на кожному рівні. В задачі оптимізації управління режимами систем водопостачання виділяють: 1) управління насосними агрегатами; 2) управління запасами чистої води в резервуарах на основі прогнозу водоспоживання; 3) моделювання гідравлічних режимів мережі [2].

Представлення поточного інформаційного потоку у вигляді випадкової функції часу дає можливість повному розглянути процес керування таким потоком. Імовірнісний метод розрахунку дозволяє розробити математичну модель, яка більш повно і точно відображає дійсність, ніж детермінована модель. Однак значення імовірнісного методу не зводиться тільки до розрахунку виробничих процесів, з'являється можливість застосовувати його для побудови автоматичних процесів на нових, ймовірнісних засадах.

Мета статті. Розробка бездротової схеми автоматичного керування насосною станцією з водонапірним баком на основі статистичної обробки добових графіків водопостачання фермерських господарств.

Основні матеріали дослідження. Водопостачання фермерських господарств як правило здійснюється за рахунок використання насосних станцій з водонапірним баком, які віддалені від джерела води [1]. Для автоматичного керування насосами в залежності від рівня води в баку широко застосовуються різні датчики рівня, наприклад контактні. При цьому необхідна кабельна або повітряна лінія зв'язку між насосною установкою і вежею, вартість якої пропорційна дов-

жині та порівняно велика. Тому неодноразово пропонувались різні способи автоматичного керування насосами без лінії дротового зв'язку між насосом і вежею [4]. Електрична схема керування електроприводом насоса представлена на рисунку 1, вона працює наступним чином.

Якщо рівень води в баку водонапірної башти при відключеному насосі знизився до мінімальної розрахункової відмітки, то електронасос вмикається від реле тиску SP внаслідок спрацьовування його при зниженні статичного тиску до мінімального. Через певний проміжок часу, що задається за допомогою реле часу КТ, насос вимикається. Після відключення насоса рівень води в баку поступово знижується. Коли він стане рівним мінімальному, насос від реле тиску включиться знову, і процес роботи повториться. Таким чином, в системі керування ми отримуємо інформацію лише про досягнення нижнього рівня води в баку – цей мінімальний рівень контролюється. Верхній, максимальний рівень, при якому відбувається відключення насоса, визначають розрахунком, тобто на основі апріорної інформації про процес подачі та витрати води. Коло зворотного зв'язку між насосом й вежею переривається в момент включення насоса. Тому необхідно при відсутності поточної інформації про реальний рівень води, дуже точно визначити регульований об'єм бака.

Визначимо показники бездротової системи автоматичного керування електронасосом. Прийнемо наступні умови:

- продуктивність насоса перевищує максимальну поточну годинну витрату води;
- продуктивність насоса постійна внаслідок невеликого коливання рівня води у баку і практично постійного протитиску;
- протягом одного циклу роботи насоса витрата води споживачем залишається незмінною [3].

З урахуванням прийнятих припущень регульований об'єм (регулююча маса) води в баку за час одного циклу роботи насоса збільшиться на величину:

$$W = (q_n - q_p) t_p ; \quad (1)$$

де t_p – час роботи насоса, що задається витримкою реле часу КТ; q_n – продуктивність насоса; q_p – поточні витрати води протягом даного проміжку часу.

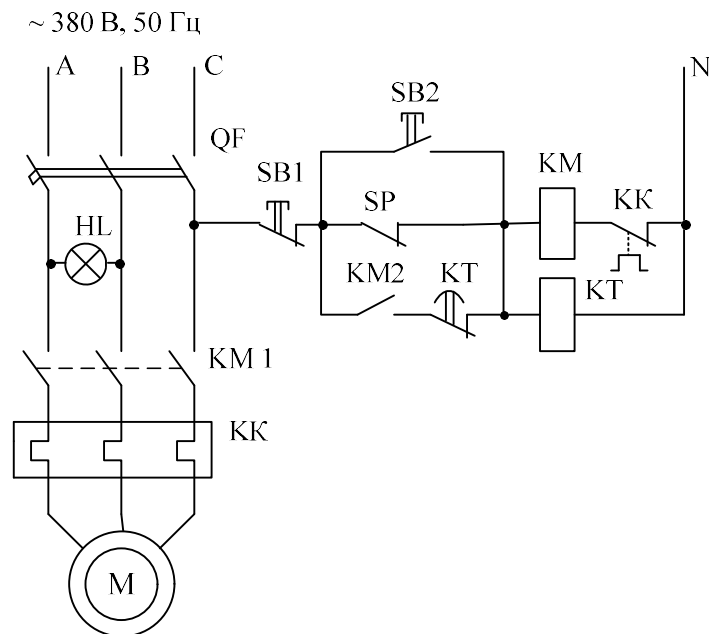


Рисунок 1 – Електрична схема керування насосом з витримкою часу при включенні

Оскільки регульований об'єм W є лінійною функцією поточного потоку витрати q_p , то він при нормальному законі розподілу витрат також підпорядкований нормальному закону.

Отже, щільність ймовірності регульованого об'єму води:

$$f(W) = f(m_w; \sigma_w) \quad (2)$$

де m_w і σ_w – математичне очікування і середньоквадратичне відхилення випадкової величини об'єму води, що надійшла в бак, згідно з виразом (1):

$$m_w = (q_n - m_q) t_p \quad (3)$$

$$\sigma_w = \sigma_q t_p \quad (4)$$

Ймовірність того, що значення регульованого об'єму, що підпорядковується нормальному закону розподілу, не буде перевищувати деякого заданого розрахункового значення W_0 виразимо формулою:

$$P(w < W_0) = \Phi(t_\sigma) \quad (5)$$

де $t_\sigma = (W_0 - m_w) / \sigma_w$ – кратність сигма, тобто кратність σ_w .

Величина регульованого об'єму залежить від співвідношення статистичного середнього і дисперсії на розглянутому інтервалі. Визначимо для деякого i -го інтервалу часу, тобто t_i , практично максимально можливу величину розрахункового регульованого об'єму. З цією метою треба задатися такою кратністю сигма t_σ , щоб отримати досить високу ймовірність:

$$P(w < W_{0i}), \quad (6)$$

$$\text{де } W_{0i} = \{ q_n - [m_q(t_i) - t_\sigma \sigma_q(t_i)] \} t_p.$$

На різних інтервалах часу m_q та σ_q будуть різними, тому при заданій кратності сигма t_σ величина W_{0i} також буде різною.

Ємність бака має бути розрахована на розміщення максимального регульованого об'єму $W_{0 \text{ макс}}$ для будь-якого інтервалу часу. Тому розрахунок слід починати з такого m -го інтервалу, на якому значення $m_q(t_m) - t_\sigma \sigma_q(t_m)$ буде мінімальним, тоді:

$$W_{0m} = W_{0 \text{ макс.}} = \{ q_n - [m_q(t_m) - t_\sigma \sigma_q(t_m)]_{\text{мін}} \} t_p, \quad (7)$$

де t_m – інтервал доби, коли досягається найнижче значення $m_q(t_m) - t_\sigma \sigma_q(t_m)$.

Коефіцієнту t_σ відповідають певні значення максимального регульованого об'єму у виразі (7) і $\Phi(t_\sigma)$. Значення $1/2 + \Phi(t_\sigma)$ показує, якою є ймовірність того, що регульований об'єм не перевищить максимального регульованого об'єму на інтервалі, де значення $m_q - t_\sigma \sigma_q$ мінімальне. Очевидно, що різниця $1/2 - \Phi(t_\sigma)$ показує ймовірність протилежної події, тобто того, що регульований об'єм перевищить $W_{0 \text{ макс.}}$

Ми вибрали регульований об'єм за певним інтервалом, на якому він виходить максимальним. Тоді на інших інтервалах кратність сигма $t_{\sigma i}$ виходить іншою. Збільшуючи витримку реле часу на цих інтервалах доби, можна скоротити кратність сигма до необхідної величини, що відповідає необхідній ймовірності. При цьому скорочується число включень насоса протягом доби.

Дійсно, нехай ми прагнемо до того, щоб на кожному інтервалі зберігалася незмінне значення кратності сигма t_σ , що відповідає заданій ймовірності, наприклад $t_\sigma = 3$. Нехай $W_{0 \text{ макс}}$ визначено за формулою (7), тоді прирівнюючи (7) і (6), отримаємо з формули (6) нове значення витримки реле часу:

$$t_{pi} = \frac{q_n - [m_q(t_m) - t_\sigma \sigma_q(t_m)]_{\min}}{q_n - [m_q(t_i) - t_\sigma \sigma_q(t_i)]} t_p \quad (8)$$

Імовірність того, що протягом доби регульованих об'єм перевершить значення $W_{0 \text{ макс}}$ обчислюється в цьому випадку по одному довільно вибраному інтервалу:

$$P_{\text{уст}}(w < W_{0 \text{ макс}}) = \{0,5 - \Phi(t_\sigma)\} n \quad (9)$$

Залежності математичного очікування і дисперсії поточного потоку витрати води від часу доби, що входять в формулу (9) – це звичайні детерміновані функції часу [2]. Отже, в системі керування доцільно застосувати програмний елемент, який буде автоматично встановлювати витримку реле часу в залежності від поточного часу доби відповідно до формули (9). Порівняємо економічні показники двох способів керування: по дротах з електродним датчиком рівня і без проводів з включенням за сигналом реле тиску і з відключенням від реле часу.

Порівняння проводимо методом приведених розрахункових витрат. Витрати на обслуговування, норми відрахувань на обладнання і запас води в баку вважаємо рівними в обох варіантах. Вважаємо також однаковою кількість включень агрегату за добу, так як вона істотно впливає на зношування електронасоса та апаратури керування.

Результати економічного розрахунку показують, що бездротова система більш економічна, коли відстані між насосною установкою й баштою більше 0,12 км, за рахунок вартості кабельної лінії зв'язку між насосом і вежею [5].

Таким чином, застосування ймовірнісного методу дозволяє шляхом статистичної обробки випадкових графіків витрат води виділити апіорну інформацію по поточним витратам води у вигляді детермінованих залежностей $m_q(t)$ та $\sigma_q(t)$ й на цій основі побудувати бездротову програмну систему автоматичного керування насосом. При віддаленій від джерела води водонапірній башті така система виявляється економічно вигіднішою провідної системи автоматично, незважаючи на збільшення регулюючого об'єму бака або частоти включень електронасоса. Без ймовірнісного метода, виокремлення апіорної інформації про характер витрати води не представляється можливим. У цьому випадку керування має здійснюватися повністю на основі поточної інформації про процес, для чого необхідна лінія зв'язку між насосом та регулюючою ємністю водонапірної башти.

Висновки. Імовірнісний метод дослідження дає апіорну інформацію про процес, що дозволяє скоротити необхідний для керування процесом обсяг поточної інформації. В результаті виходить така комбінація програмного управління з керуванням зі зворотним зв'язком, яка має економічні переваги перед звичайними способами керування, заснованими тільки на програмі або тільки на отриманні поточної інформації. Такий спосіб є особливо перспективним для установок, в яких окремі ланки віддалені від інших частин пристрою, або всі ланки роз'єднані між собою.

Список використаних джерел

1. Бородин И. Ф., Судник Ю. А. Автоматизация технологических процессов: учеб. для вузов. Москва : Колос, 2004. 344 с.
2. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учеб. пособие для втузов. Москва : Академия, 2003. 448 с.
3. Хандола Ю. М., Назаренко О. Ю., Середин М. Ю. Стабілізація тиску води у сільських водопровідних мережах із застосуванням регульованого електропривода. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка, "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України"*. Харків : ХНТУСГ, 2017. Вип. 186. С. 132-134.
4. Елизаров И. А., Мартемьянов Ю. Ф., Схиртладзе А. Г. Технические средства автоматизации: учеб. пособие для вузов. Москва : Машиностроение-1, 2004. 180 с.
5. Водяников В. Т., Лысюк А. И., Кушнарёв Л. И. Практикум по организации и управлению производством на сельскохозяйственных предприятиях: учеб. пособие для вузов. Москва : Колос С, 2007. 448 с.

Аннотация

БЕСПРОВОДНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ СТАНЦИЯМИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Хандола Ю. М., Середина А. И., Назаренко О. Ю.,
Федюшко Ю. М.

На основе статистической обработки суточных графиков водоснабжения, путем применения вероятностного метода выделения априорной информации о характере расхода воды, разработана беспроводная схема автоматического управления насосной станцией с водонапорным баком системы водоснабжения для фермерских хозяйств.

Abstract

WIRELESS AUTOMATIC CONTROL DIAGRAM FOR PUMPING STATIONS WATER SUPPLY SYSTEMS FOR FARMING

Yu. Handola, A. Sereda, O. Nazarenko,
Yu. Fedyushko

Based on the statistical processing of daily water supply schedules, by applying the probabilistic method of extracting a priori information about the nature of water consumption, a wireless scheme has been developed for automatic control of a pumping station with a water tank for a water supply system for farmers.