

УДК 631.3:621.1

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ РЕЖИМИ РОБОТИ ДЛЯ ЗАНУРЮ ВАЛЬНОГО НАСОСА

В. Є. Василенков, кандидат технічних наук, доцент

А. Б. Грабарчук, студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: wasil14@ukr.net

Анотація. Розповсюдженим варіантом водопостачання в сільській місцевості є використання водонапірних башт для створення надлишкового тиску у мережі. Такий спосіб водопостачання отримав тотального розповсюдження в період з 70-х до 80-х років минулого століття. Досвід експлуатації башт Рожновського виявив багато недоліків цього устаткування: труднощі використання в зимовий період, особливо при зменшенні водоспоживання (схильність до обмерзання); корозія досить великої поверхні періодично змочуваних ділянок (погіршення якості води); тиск води на виході визначається висотою башти (часто недостатній для сучасних побутових приладів); неможливість регулювання тиску; протікання і переливи; виходи насоса з ладу, обумовлені важкими режимами роботи. Усе це зумовлює пошук альтернативних методів керування електрогідравлічними баштовими системами водопостачання.

Мета роботи – покращення функціонування роботи водонапірних башт і насосних установок за рахунок використання частотного регулювання для заглибного насоса.

Теоретичні і експериментальні дослідження з покращення функціонування водонапірних башт і насосних установок здійснювалась на основі аналізу статистичних даних роботи систем водопостачання в сільській місцевості, аналітичного огляду та аналізу наукових і практичних робіт за цією тематикою.

За результатами досліджень пропонується одне з перспективних і актуальних напрямків енергозбереження в системах водопостачання – використання частотного перетворювача для оптимізації тиску. Пропонується включати до комплектації станції керування "Каскад" частотний перетворювач BOSCH REXROTH EFC 3610, 4 КВТ, 3Ф/380В, що скорочує витрату електроенергії до 35 %, а термін експлуатації заглибного насоса збільшується на 10-15 % від паспортної.

Ключові слова: частотний перетворювач, системи водопостачання, водонапірні башти, насосна установка

Актуальність. Нині більшість систем сільськогосподарського водопостачання організовано з використанням відносно дешевих металевих

водонапірних башт Рожновського (ВБР). З плином часу технічний стан існуючих систем водопостачання погіршився. Сформована ситуація спровокована зношеністю обладнання сільськогосподарського водопостачання, в тому числі і водонапірних башт, побудованих за радянських часів (більше 30 років тому) або неякісним виконанням свердловин [2]. Такі системи водопостачання мають суттєві недоліки, що значно знижують їх рентабельність.

Усе це зумовлює пошук альтернативних методів керування електрогідравлічними баштовими системами водопостачання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найрозповсюдженішим варіантом водопостачання в сільській місцевості є використання водонапірних башт для створення надлишкового тиску в мережі. Основна частина таких систем водопостачання була створена у період з 70-х до 80-х років попереднього століття. Ця система водопостачання має значне поширення, особливо в сільській місцевості.

У ті роки використання підземних вод для забезпечення господарсько-питного водопостачання населення і потреб промисловості зростала стрімкими темпами. Лише у колишній Українській РСР щорік споруджувалось більше 4 тисяч нових свердловин, а загальна кількість експлуатованих водозабірних свердловин у промисловості, комунальному і сільському господарстві нашої держави перевищила 100 тисяч [1].

Значна частина таких систем водопостачання передбачає використання башти системи Рожновського. Аналіз досвіду експлуатації башт Рожновського виявив багато недоліків цього устаткування [1-3]: труднощі використання в зимовий період, особливо при зменшенні водоспоживання (схильність до обмерзання); корозія досить великої поверхні періодично змочуваних ділянок (погіршення якості води); тиск води на виході визначається висотою башти (часто недостатній для сучасних побутових приладів); трудомісткість монтажу; неможливість регулювання тиску; протікання і переливи; виходи насоса з ладу, обумовлені важкими режимами роботи. Постає питання про значні капітальні вкладення в заміну громіздких, вартісних водонапірних башт.

У той же час системи водопостачання великих міст, селищ міського типу в багатьох випадках не передбачають водонапірних споруд для забезпечення стабільного водопостачання. Стабільні показники роботи такої системи водопостачання досягаються за рахунок регулювання тиску у мережі, зміною подачі насоса залежно від потреби.

Нині значної популярності набули системи частотно регульованого електропривода. Такі системи мають значні переваги перед іншими методами регулювання [4–5].

Враховуючи використання для електропривода заглибних насосів асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, системи частотного керування можуть знайти своє місце і в цій галузі.

Мета дослідження – покращення функціонування роботи водонапірних башт і насосних установок за рахунок використання частотного регулювання для заглибного насоса, напрямки економії енергетичних ресурсів та визначення раціональних режимів його роботи.

Матеріали і методика дослідження. Теоретична і експериментальна дослідження з покращення функціонування електрогідравлічних баштових систем водопостачання здійснювалась на основі аналізу статистичних даних роботи систем водопостачання в сільській місцевості, аналітичного огляду і аналізу наукових і практичних робіт за цією тематикою.

Результати досліджень та їх обговорення. Необхідність використання башти у системі водопостачання викликана необхідністю створення надлишкового тиску, достатнього для самопливного транспортування води до споживача. При цьому цей тиск повинен підтримуватися у межах, що обумовлюють транспортування води до споживача і мінімально необхідний рівень тиску на виході (нижня межа) і підтримання цілісності системи від поривів і втрат за рахунок витоків на всіх її ланках (верхня межа). Схему автоматизації водонасосної установки, яка містить електронасосний агрегат 7 заглибного типу, розміщений в свердловині 6, наведено на рис. 1.

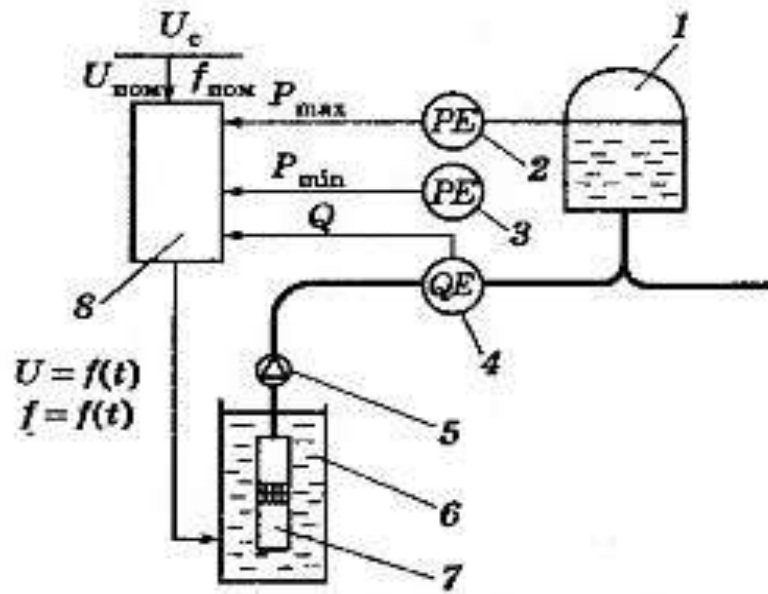


Рис. 1. Схема автоматизації водонасосної установки з частотно-регульованим електроприводом:

1 – водонапірна башта або повітряно-водяний котел; 2, 3 – датчики тиску (або рівня); 4 – витратомір; 5 – зворотній клапан; 6 – свердловина; 7 – заглибний електронасосний агрегат; 8 – блок керування

У напірному трубопроводі встановлені зворотній клапан 5 та витратомір 4. Насосна установка має напірний бак 1 (водонапірна башта або повітряно-водяний котел) та датчики тиску (або рівня) 2, 3, причому датчик 2 реагує на верхній тиск (рівень) у баку, а датчик 3 – на нижній тиск (рівень).

Керування насосною установкою відбувається так. Припустимо, що насосний агрегат відключений, а тиск у напірному баку зменшується і стає нижче P_{\min} . У цьому випадку від датчика надходить сигнал на включення електронасосного агрегату. Відбувається його запуск шляхом плавного збільшення частоти струму, що живить електродвигун насосного агрегату. Коли частота обертання насосного агрегату досягне заданого значення, насос вийде на робочий режим.

Програмування режиму роботи частотного перетворювача може забезпечити необхідну інтенсивність розбігу насоса, його плавний пуск та зупинку.

Застосування регульованого електропривода для заглибного насосу дозволяє реалізувати також і прямоточні системи водопостачання з автоматичною підтримкою тиску у водопровідній мережі.

Станція керування, що забезпечує плавний пуск і зупинку заглибного електронасоса та автоматичну підтримку тиску в трубопроводі, містить перетворювач частоти А1, датчик тиску ВР1, електронне реле А2, схему керування та допоміжні елементи, що підвищують надійність роботи електронного обладнання (рис. 2). Схема керування насосом і перетворювач частоти (на базі станції керування „Каскад - ПЧ“) забезпечують виконання таких функцій : плавний пуск і гальмування насоса; автоматичне керування за рівнем або тиском; захист від сухого ходу; автоматичне відключення електронасоса при неповнофазному режимі, неприпустимому зниженні напруги, при аварії у водопровідній мережі; захист від перенапруг на вході перетворювача частоти А1; сигналізацію про включенні і виключенні насоса, а також про аварійні режими; обігрівання шафи керування при від'ємних температурах у приміщенні насосної.

Електродвигун заглибного насосу підключається до виводів U, V і W перетворювача частоти. При натисканні на кнопку пуск SB2 спрацьовує реле K1, контакт якого K1.1 з'єднує входи STF і РС перетворювача частоти, забезпечуючи плавний пуск електронасоса за програмою, заданою при налаштуванні частотного перетворювача. При аварії частотного перетворювача або кіл електродвигуна насоса замикається коло А-С перетворювача, забезпечуючи спрацьовування реле K2. Після спрацьовування K2 замикаються його контакти K2.1, K2.2, а контакт K2.1 у колі K1 розмикається. Відбувається відключення виходу частотного перетворювача і реле K2. Повторне включення схеми можливе тільки після усунення аварії та скидання захисту кнопкою SB3.1. Датчик тиску ВР1 з аналоговим виходом 4 (20 мА) підключений до аналоговому входу частотного перетворювача (контакти 4, 5), забезпечуючи від'ємний зворотний зв'язок у системі стабілізації тиску.

Функціонування системи стабілізації забезпечується ПД-регулятором перетворювача частоти. Необхідний тиск задається потенціометром *K1* або з пульта керування частотного перетворювача. При сухому ході насоса в колі котушки реле *K3* замикається контакт 7-8 електронного реле опору *A2*, до контактів якого 3-4 підключений датчик сухого ходу.

Після спрацювання реле *K3* замикаються його контакти *K3.1* і *K3.2*, в результаті чого спрацьовує реле захисту *K2*, забезпечуючи відключення електродвигуна насоса. Реле *K3* при цьому стає на саможивлення через контакт *K3.1*. При всіх аварійних режимах загоряється лампа *HL1*; лампа *HL2* загоряється при неприпустимому зниженні рівня води (при сухому ході насоса). Підігрівання шафи керування в холодну пору року здійснюється з допомогою електронагрівачів *EK1* ... *EK4*, які включаються контактором *KM1* при спрацюванні термореле *BK1*.

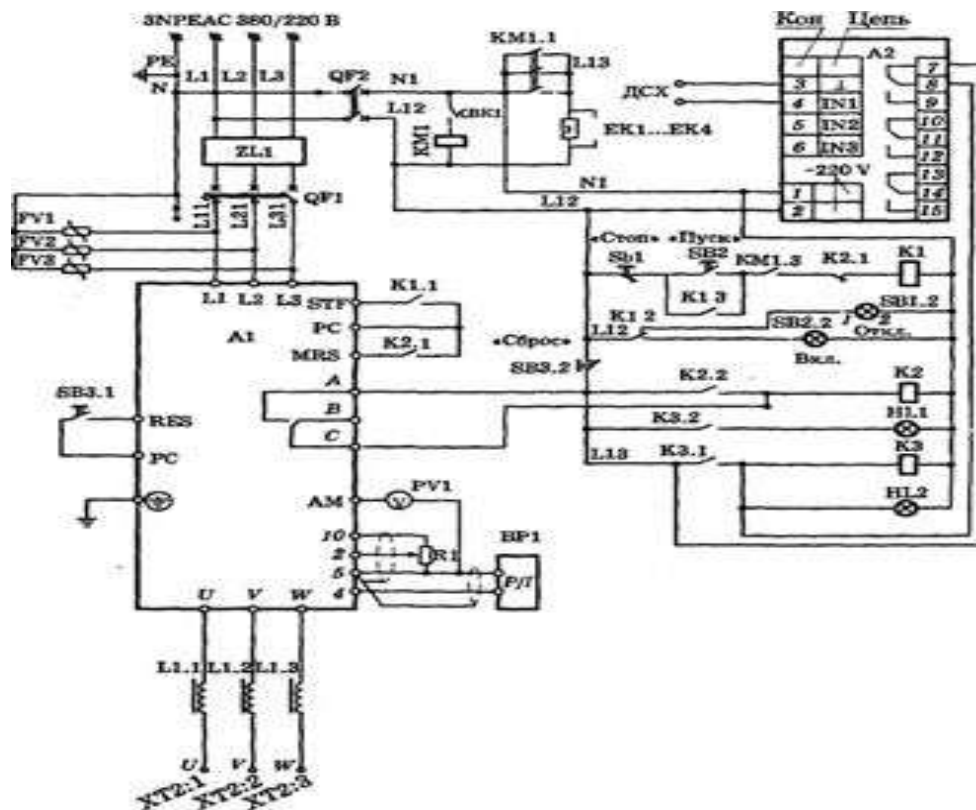


Рис. 2. Принципова електрична схема автоматизації керування заглибним насосом з пристроєм плавного пуску і автоматичним підтриманням тиску

Захист вхідних кіл перетворювача частоти від коротких замикань і перевантажень здійснюється автоматичним вимикачем *QF1*. Загальний вигляд частотного

перетворювача BOSCH REXROTH EFC 3610, 4 кВт, 3Ф/380В представлено на рис. 3, а технічна характеристика в таблиці. Встановлення на насосній станції частотного перетворювача дозволяє вирівняти тиск у системі водопостачання і підтримувати його на заданому рівні. Це досягається за рахунок регулювання частоти обертання електродвигуна насосного агрегату.

Наприклад, його максимальна частота обертання складає 2958 об/хв. Якщо він працює без частотного перетворювача, як більшість насосних агрегатів, його частота обертання може бути виключно максимальною. Запустивши цей самий агрегат через частотний перетворювач, його частоту обертання можна регулювати в необхідних рамках.



Рис. 3. Загальний вигляд частотного перетворювача BOSCH REXROTH EFC 3610, 4 кВт, 3Ф/380В

1. Технічна характеристика частотного перетворювача BOSCH REXROTH EFC 3610, 4 кВт, 3Ф/380В

Тип регулювання: U / f характеристика, вільно програмована
Напруга живлення: 3 АС 380 - 480 В
Частота мережі: 50/60 Гц
Номінальна потужність: 4 кВт
Номінальний струм: 8,8 А
Вихідна напруга: від 0 до напруги живлення
Гальмівний блок: вбудований
Гальмівний резистор: зовнішній
ШІМ: від 1 до 15кГц кроками по 1 кГц
Діапазон регулювання швидкості обертання 1:50
Роздільна здатність за частотою: цифрова - 0,01 Гц, аналогова - 1/1000 від максимальної частоти

Може використовуватися для двигуна потужністю 5.5 кВт з легким типом навантаження, як у насосів, вентиляторів тощо.
Адаптований під насоси
Захист від сухого ходу
Фільтр ЕМС С3
Рампи: лінійна, S-крива
Автоматичне підстроювання несучої частоти ШІМ: Регулювання частоти ШІМ залежно від навантаження
Повідомлення стану по багатофункціональним вихідним сигналам: вище, нижче діапазону частоти, готовність і т.д
Мережевий інтерфейс: Modbus
Робоча температура: -10 °С до +50 °С
Вологість: до 90 %
Можливий монтаж впритул без зазорів для економії простору
Ступінь захисту: IP20

Якщо розбір води у мережі малий, електродвигун насосного агрегату може працювати з частотою обертання 1700 об/хв. Тобто, якщо двигун має паспортну потужність 25 кВт, з якою він і має працювати протягом всього часу експлуатації, частотний перетворювач дозволяє зменшити споживання двигуном енергії до 16,6 кВт, економлячи майже 9 кВт, що призводить до збереження 35 % електроенергії.

Окрім оптимізації тиску, енергозбереження досягається за рахунок плавного запуску та плавної зупинки насосного агрегату. Коли відбувається моментальний запуск агрегату, пускові струми збільшуються в шість-сім разів. За допомогою перетворювача можна задати час, за який відбуватиметься запуск. Наприклад, 10 с. Тоді частота обертання наростає плавно і вал електродвигуна розкручується поступово.

Також плавний запуск насосного агрегату захищає мережу від гідродударів, вода подається в магістраль поступово та рівномірно, що сприяє збереженню запірної арматури, зворотних клапанів, дозволяє уникнути поривів та розривів у трубах.

Частотний перетворювач є сучасним універсальним пристроєм, досить простим в експлуатації, до того ж він передбачає захист електродвигуна від перевантажень, обриву фаз та інших факторів, які можуть виникати у процесі експлуатації.

Висновки і перспективи. За результатами досліджень пропонується одне з перспективних і актуальних напрямків енергозбереження в системах водопостачання з використання частотного перетворювача для оптимізації тиску. Пропонується включати до комплектації "Каскад" частотний перетворювач BOSCH REXROTH EFC 3610, 4 КВТ, 3Ф/380В, що скорочує витрату електроенергії до 35 %, а термін експлуатації заглибного насоса збільшується на 10-15 % порівняно з паспортною.

Список літератури

1. Морозов Э.А.Справочник по эксплуатации и ремонту водозаборных скважин / Э.А. Морозов, А.В. Стецюк. – К: Будівельник, 1984. – 96 с.
2. Поселковые станции водоснабжения – доступная реальность. Развитие территорий. – Режим доступа: <http://sib-filtr.ru/a41480-poselkovye-stantsii-vodosnabzheniya.html>
3. С чем связана замена водонапорных башен.– Режим доступа: <http://www.tsdservice.com.ua/zamena-vodonapornuh-bashen.html>
4. Электропривод сельськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Є. Л. Жулай, Б. В. Зайцев. Ю. М. Лавріненко та ін.– К.: Виша освіта. 2001.– 284 с.
5. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання / І.М. Голодний, Ю.М. Лавріненко, М.В. Синявський та ін. – К.: Виша освіта. 2011.– 511 с.

References

1. Morozov, E.A., Stetsyuk, A.V. (1984). Spravochnik po ekspluatatsii i remontu vodozabornykh skvazhin [Handbook of operation and maintenance of odor wells]. Kyiv: Budivel'nik, 96.
2. Poselkovyye stantsii vodosnabzheniya – dostupnaya real'nost'. Razvitiye territoriy [Settlement water supply stations are an accessible reality. Territory development]. Available at: <http://sib-filtr.ru/a41480-poselkovye-stantsii-vodosnabzheniya.html>
3. Schem svyazana zamena vodonapornykh bashen [What is the reason for the replacement of water towers]. Available at: <http://www.tsdservice.com.ua/zamena-vodonapornuh-bashen.html>.
4. Zhuly, E. L., Zaitsev, B. V., Lavrinenko, Yu. M. (2001). Elektropryvid silskohospodarskykh mashyn, ahrehativ ta potokovykh linii [Electric drive of agricultural machines, aggregates and flow lines]. Kyiv: Vysha osvita, 284.
5. Golodniy, I.M., Lavrinenko, Yu.M., Sinyavsky, M. V.. (2011). Rehulovanyi elektropryvod. Teoriia. Modeliuvannia [Adjustable electric drive. Theory. Modeling]. Kyiv: Vysha osvita, 511.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ДЛЯ ПОГРУЖНОГО НАСОСА.

В. Е. Василенков, А. Б. Грабарчук

Аннотация. *Распространенным вариантом водоснабжения в сельской местности является использование водонапорных башен для создания избыточного давления в сети. Такой способ водоснабжения получил распространение в период с 70-х до 80-х годов предыдущего века. Опыт эксплуатации башен Рожновского обнаружил много недостатков данного оборудования: трудности использования в зимний период, особенно при уменьшении водоиспользования (склонность к обледенению), коррозия достаточно большой поверхности периодически смачиваемых участков (ухудшение качества воды), давление воды на выходе определяется высотой башни (зачастую недостаточной для современных бытовых приборов); невозможность регулирования давления; протекания и переливы; выходы насоса из строя, обусловленные тяжелыми режимами работы. Все это обуславливает поиск альтернативных методов управления электрогидравлическими башенными системами водоснабжения.*

Цель работы - улучшение функционирования работы водонапорных башен и насосных установок за счет использования частотного регулирования для погружного насоса.

Теоретические и экспериментальные исследования по улучшению функционирования водонапорных башен и насосных установок осуществлялась на основе анализа статистических данных работы систем водоснабжения в сельской местности, аналитического обзора и анализа научных и практических работ по данной тематике.

По результатам исследований предлагается одно из перспективных и актуальных направлений энергосбережения в системах водоснабжения – использование частотного преобразователя для оптимизации давления. Предлагается включать в комплектацию станции управления "Каскад" частотный преобразователь BOSCH REXROTH EFC 3610, 4 КВТ, 3Ф / 380В., что сокращает расход электроэнергии до 35 %, а срок эксплуатации погружного насоса увеличивается на 10-15% по сравнению с паспортной.

Ключевые слова: *частотный преобразователь, системы водоснабжения, водонапорные башни, насосная установка*

ENERGY SAVING MODE FOR DOWNLOAD PUMP

V.E. Vasilenkov, A.B. Grabarchuk

Abstract. *A common option for water supply in rural areas is to use water towers to create excess pressure in the network. This method of water supply became widespread in the period from the 70s to the 80s of the previous century. The operating experience of Rozhnovsky's towers revealed many shortcomings of this equipment: difficulties of using in winter, especially when water use decreases (tendency to icing), corrosion of a sufficiently large surface of periodically wetted areas (deterioration of water quality), the outlet water pressure is determined by the height of the tower (often insufficient for*

modern household appliances); inability to control pressure; flow and play; pump failures due to heavy duty. All this leads to the search for alternative methods of controlling electro-hydraulic tower water supply systems.

The purpose of the work is to improve the operation of the water towers and pumping plants through the use of frequency control for the submersible pump.

Theoretical and experimental studies to improve the functioning of water towers and pumping installations were carried out on the basis of an analysis of statistical data on the operation of water supply systems in rural areas, an analytical review and analysis of scientific and practical work on this subject.

According to the results of research, one of the most promising and relevant areas of energy saving in water supply systems is the use of a frequency converter to optimize pressure. It is proposed to include the BOSCH REXROTH EFC 3610, 4 KW, 3F / 380V frequency converter in the Kaskad control station, which reduces energy consumption by up to 35 % and the lifetime of the submersible pump increases by 10-15 % compared to the passport one.

Key words: *frequency converter, water supply system, water towers, pumping station*