

УДК628.1

В.В.НОР, аспірант

Т.П.ХОМУТЕЦЬКА, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Розглянуто методи регулювання потоку в системах водопостачання, схеми та особливості застосування перетворювача частоти, досліджено ефективність частотного регулювання насосів на водопровідних насосних станціях Чернігова.

Ключові слова: система водопостачання, насосна станція, частотне регулювання, енергоефективність.

Рассмотрены методы регулирования потока в системах водоснабжения, схемы и особенности применения преобразователя частоты, исследована эффективность частотного регулирования насосов на водопроводных насосных станциях Чернигова.

Ключевые слова: система водоснабжения, насосная станция, частотное регулирование, энергоэффективность.

The article contains methods of flow regulation in water supply systems, circuits and features of frequency converter, studies the efficiency of frequency regulation pumps for water pumping stations in Chernigov.

Key words: water supply system, pumping station, frequency regulation, energy efficiency.

Одним з найважливіших завдань комунальних підприємств водопостачання в умовах невинного зростання цін на електроенергію є забезпечення енергоощадної роботи споруд водопровідної системи, насамперед, насосних станцій, функціонування яких вимагає значних експлуатаційних витрат.

Діючим системам водопостачання в Україні притаманна велика зношеність споруд і обладнання, що давно відпрацювали свій

експлуатаційний період і вимагають реконструкції чи заміни. На насосних станціях і досі використовуються застарілі енергоємні насосні агрегати, які в умовах існуючої тенденції до зниження водоспоживання в населених пунктах працюють поза зоною їх рекомендованого застосування, тобто з низькими ККД, що збільшує показники питомої витрати електроенергії на подачу води. Особливо складні ситуації виникають при роботі безбаштової водопровідної мережі при зниженні водорозбору, коли в системі створюються значні надлишкові тиски, що, окрім перевитрати електроенергії, призводить ще й до зростання числа аварій через велику зношеність інженерних комунікацій, втрат води через негерметичність стиків, матеріальним і моральним збиткам.

Для поліпшення ситуації застосовують різні методи регулювання подачі води. Наприклад, його здійснюють за допомогою байпасів, вихрових та дросельних клапанів, шляхом вмикання і вимикання різної кількості насосів (переривчасте регулювання). Проте, жоден з вище перерахованих методів регулювання витрати рідини не в змозі забезпечити оптимальну роботу електроприводу у поєднанні з підтримкою необхідного тиску в трубопроводі та ефективною витратою електроенергії. Єдиним існуючим способом для одночасного досягнення цих цілей є регулювання шляхом зміни числа обертів валу електроприводу (частотне регулювання). На рис. 1 наведено характеристики одного і того ж електродвигуна насоса, що працює в системі, яка регулюється різними способами [1]. Як бачимо, лише частотне регулювання здатне забезпечити мінімальну потужність двигуна при мінімальній витраті води.

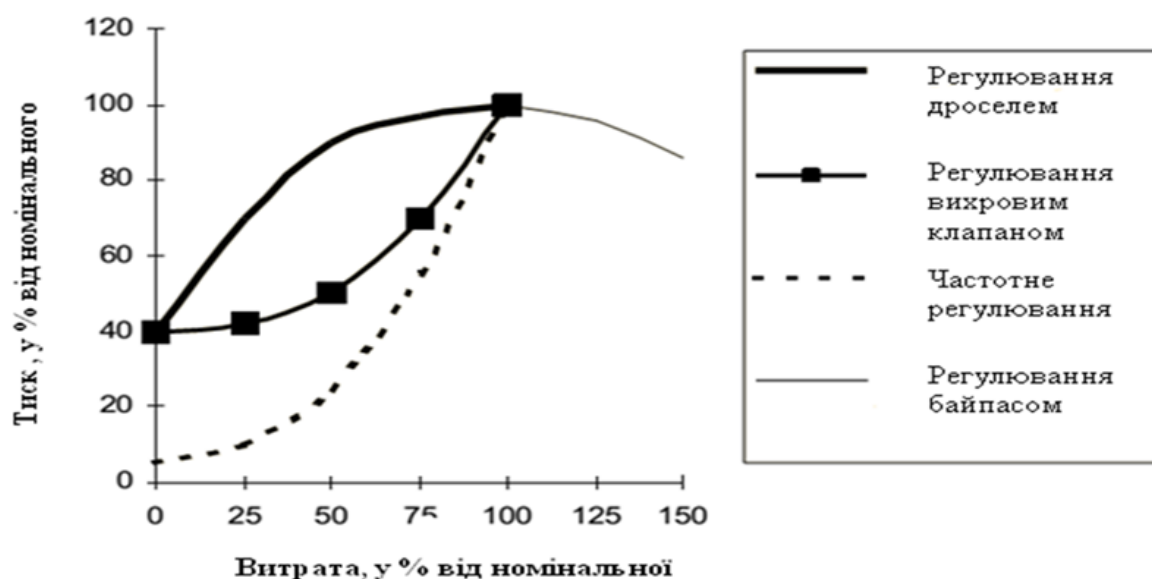


Рис .1. Характеристики електродвигуна при різних способах регулювання подачі води

Електроенергія, що витрачається на підтримку потужності електроприводу, тим менше, чим вище ККД. Регулювання методом зміни швидкості обертання валу електроприводу за рахунок зміни числа обертів

забезпечує необхідну величину тиску в мережі без будь-якого зниження ККД електроприводу.

Для регулювання швидкості асинхронного електроприводу можуть застосовуватися два типи пристроїв: механічні варіатори та перетворювачі частоти, які відрізняються принципами і особливостями використання.

Для плавного безступінчатого регулювання швидкості обертання валу асинхронного двигуна використовують перетворювачі частоти. Регулювання та управління швидкістю обертання валу тут здійснюється за допомогою зміни частоти і амплітуди трифазної напруги, що подається на двигун. Більшість сучасних перетворювачів частоти побудовано за схемою подвійного перетворення, що складається з наступних основних частин: ланки постійного струму; силового трифазного імпульсного інвертора; системи керування (рис. 2).

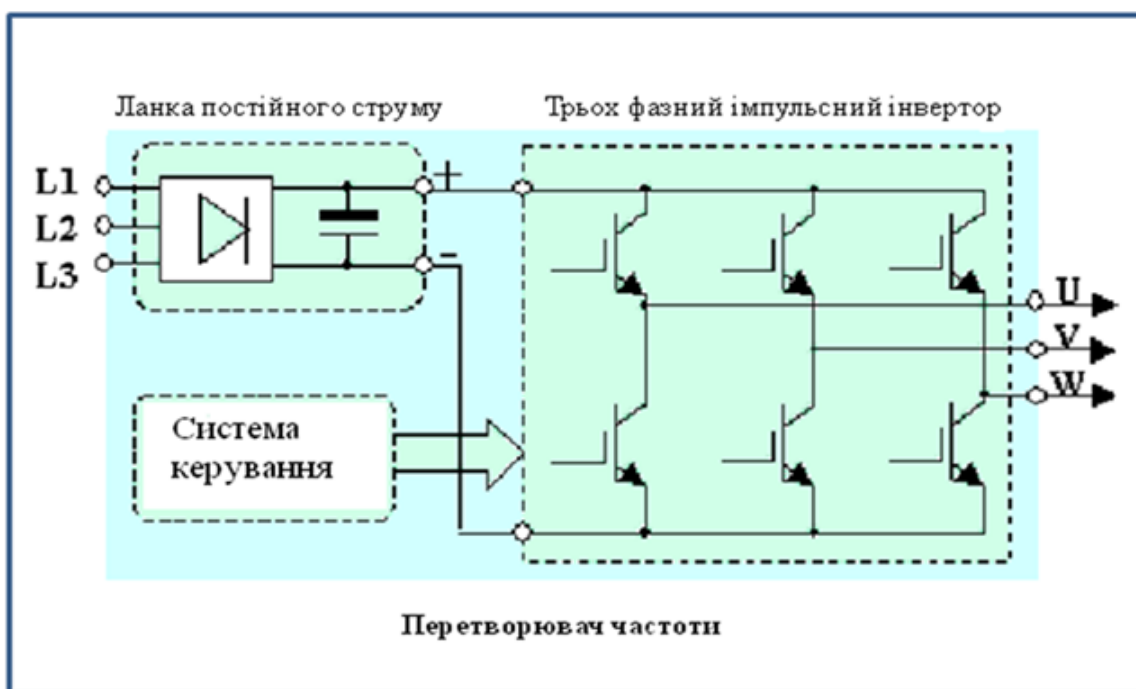


Рис. 2. Схема перетворювача частоти

Ланка постійного струму складається з некерованого випрямляча і фільтра. Змінна напруга живлячої мережі (L1, L2, L3) перетворюється в ньому в напругу постійного струму (+, -). *Силовий трифазний імпульсний інвертор* складається з шести транзисторних ключів, сполучених за приведеною схемою. Кожна обмотка двигуна під'єднується через відповідний ключ до позитивного і негативного полюса ланки постійного струму. Інвертор здійснює перетворення напруги постійного струму в трифазну змінну напругу змінної частоти і амплітуди (U, V, W), що управляє двигуном. *Система керування* здійснює управління силовим інвертором, імпульсно прикладаючи до обмоток двигуна напругу ланки постійного струму таким чином, що ефект виявляється практично еквівалентний прикладанню синусоїдальної напруги, необхідної частоти і амплітуди [1].

На сьогоднішній день перетворювач частоти – це малогабаритний пристрій на сучасній напівпровідниковій базі, керований вбудованим мікропроцесором. Він може не лише змінювати частоту обертання двигуна, але і відстежує його справність. Частотний перетворювач легко працює з будь-якою системою управління технологічним процесом, його програмування просте і інтуїтивно зрозуміле, обслуговування не становить особливої складності.

При з'єднанні перетворювача частоти з витратоміром система підтримує витрату з точністю до долі відсотка. При цьому зникають небажані явища, такі як стрибки напруги, гідравлічні удари, не руйнуються обмотки двигуна від ривків, пуск здійснюється плавно. Найголовніше – двигун витрачає рівно стільки енергії, скільки йому необхідно для забезпечення заданих показників технологічного процесу (тиск і витрата води). Необхідна інформація про тиск в мережі поступає в блок перетворювача частоти від спеціального датчика, встановленого на трубопроводі за працюючим насосом, після чого перетворювач змінює частоту, що подається на двигун, і відповідно його робочі характеристики [1]. У загальному вигляді схему підключення перетворювача частоти представлено на рис. 3.

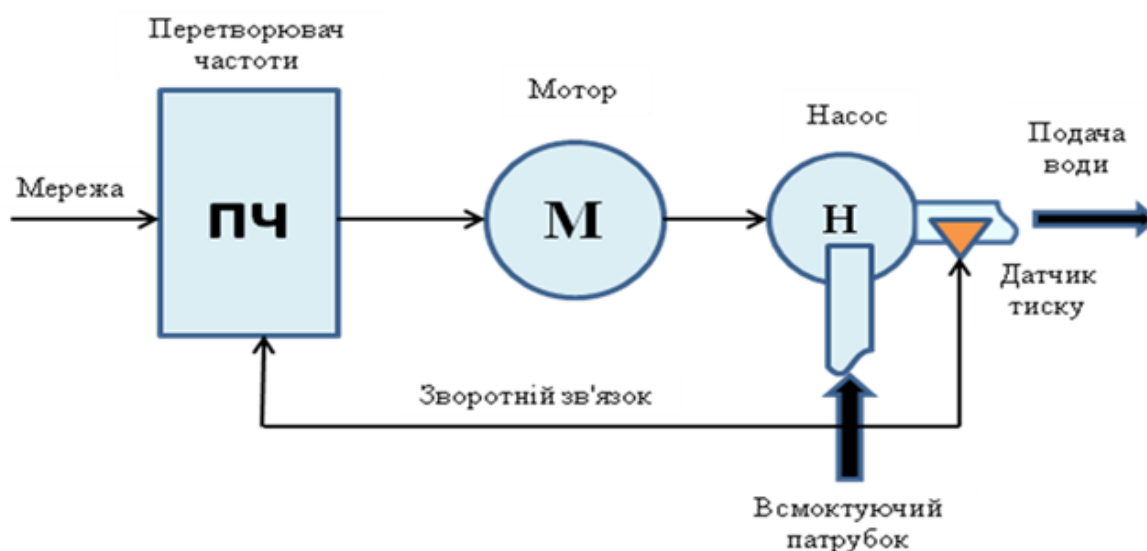


Рис.3. Схема підключення перетворювача частоти

Повний захист шафи, в якій розташований перетворювач, від пилу і вологи дозволяє встановлювати подібні системи в найтяжчих умовах і екстремальних робочих середовищах. Необхідні для безступінчатого регулювання складові елементи об'єднані в корпусі перетворювача частоти, який може бути встановлений незалежно від місця розташування самого приводу в будь-якому досяжному місці. Не зважаючи на малі розміри, сучасні перетворювачі частоти характеризуються широкими експлуатаційними можливостями, що дають змогу вирішувати більшість управлінських завдань.

Перетворювач, налагоджений при пуску, не вимагає в подальшому кваліфікованого обслуговування. Для виключення несанкціонованого

втручання в налаштування існує спеціальний параметр, що забороняє всі зміни (у більшості виробників). Перетворювачі можуть стикуватися з промисловими інформаційними мережами (Profibus/dp, Device Net, Cc-link), що дає можливість інтегрувати перетворювачі у вже існуючі системи автоматизації та регулювати будь-який зовнішній параметр, поставлений в залежність від швидкості обертання двигуна: тиск насоса, витрату, температуру в системах вентиляції тощо.

У водопровідних системах використання частотних перетворювачів дозволяє:

- економити електроенергію за рахунок роботи електроприводу залежно від реального водоспоживання;
- зменшити втрати води, пов'язані з надлишковим тиском;
- знизити витрати на профілактичний і капітальний ремонт споруд і устаткування (як електроприводів і насосів, так і трубопроводів).

Досвід впровадження та експлуатації перетворювачів частоти на водопровідних станціях Москви, Новосибірська та Рязані підтверджує ефективність їх застосування: в системі водопостачання цих міст зменшилась кількість спожитої електроенергії; оптимізовано режими роботи водопровідної мережі; зменшились втрати води; збільшився ресурс роботи основного обладнання; зменшилась кількість проривів на водопровідній мережі [1].

В Україні подібні дослідження проводили на КП "Чернігівводоканал", які показали наступне. Найвагомішу частку у складі собівартості води на підприємстві становлять затрати за споживану електроенергію, тому невпинне зростання цін на енергоресурси призводить до збільшення собівартості води та підвищення тарифів. Зменшити енергоспоживання на насосних станціях, усунути надлишкові напори та знизити аварійність водопровідних мереж можна завдяки частотного регулювання насосів та оптимізації режимів роботи взаємодіючих споруд системи протягом доби.

Дослідити ефективність частотного регулювання насосів можливо шляхом математичного моделювання роботи системи водопостачання міста та аналізу різних варіантів експлуатації регульованих та нерегульованих насосів.

У Чернігові подача води в безбаштову водопровідну мережу здійснюється одночасно кількома насосними станціями. При такій схемі повинні виконуватись два закони фізики – закон збереження енергії та закон збереження маси. Протягом доби водоспоживання змінюється і подача води від кожної насосної станції встановлюється таким чином, щоб забезпечити виконання цих законів. П'єзометрична поверхня при цьому залежить від напорів, які створюють насосні станції в даний момент часу. Розподіл води між насосними станціями відбувається автоматично та залежить від їхньої потужності, місця розташування, а також гідравлічних характеристик водопровідних мереж.

Математичне моделювання сумісної роботи водопровідних споруд дозволяє аналізувати різні можливі варіанти експлуатації системи водопостачання та встановити оптимальний розподіл навантаження між

насосними станціями протягом доби при зміні водоспоживання. Для цього запропоновано методику розрахунку споживаної потужності регульованих і нерегульованих насосів, які працюють одиночно і в групі, а також залежності з визначення необхідної частоти обертів регульованого насоса для усунення надлишкового напору в мережі [2-5].

Дослідження, проведені на чотирьох ВНС м. Чернігова, показали, що частотне регулювання насосів дає змогу скоротити споживання електроенергії в середньому на 25-30%, на стільки ж зменшуються і середні питомі витрати електроенергії на подачу 1 м³ води. Порівняння економічних показників роботи насосних станцій з регульованими та нерегульованими насосами (рис.4) свідчить, що застосування частотних перетворювачів дозволяє зменшити загальне річне енергоспоживання в системі на 651 тис. кВт.год/рік та заощадити значні кошти експлуатаційних витрат комунального підприємства.

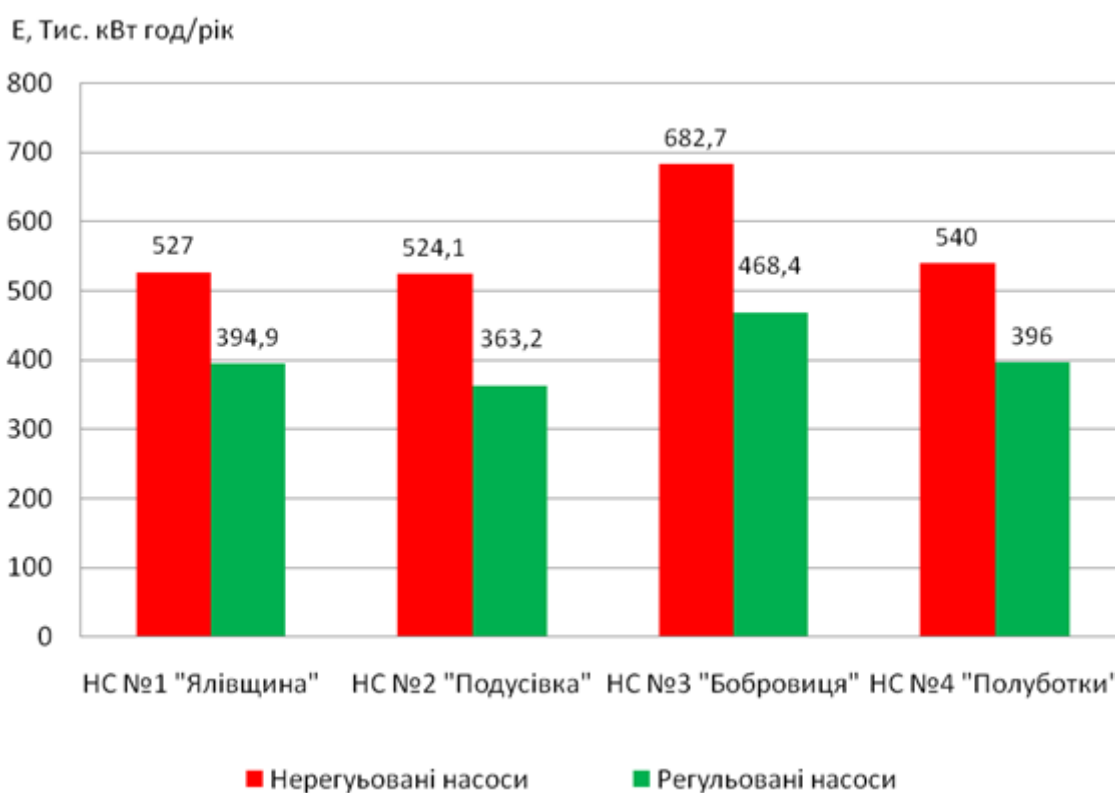


Рис. 4. Річне споживання електроенергії на ВНС м. Чернігова при роботі регульованих і нерегульованих насосів

Висновок

Вартість спожитої електроенергії становить одну з головних складових, що формують собівартість води на підприємствах водопостачання, тому актуальними є заходи, спрямовані на зменшення енергоспоживання. Забезпечити оптимальну роботу насосної станції при поєднанні вимог підтримки потрібного тиску в мережі та ефективної витрати електроенергії можна лише шляхом зміни числа обертів валу електроприводу. Для плавного безступінчатого регулювання швидкості обертання валу асинхронного двигуна застосовують перетворювачі частоти, які забезпечують економію

електроенергії за рахунок роботи електроприводу насоса залежно від реального водоспоживання, сприяють зниженню витрат води, пов'язаних з надлишковим тиском, а також витрат, спрямованих на профілактичний і капітальний ремонт споруд і устаткування. Методика розрахунку показників роботи насосних станцій і безбаштової водопровідної мережі дає можливість визначати споживану потужність регульованих і нерегульованих насосів, питому витрату електроенергії на подачу води та добові витрати електроенергії при різних можливих варіантах роботи встановлених насосів, що дозволяє оптимізувати роботу насосної станції, забезпечуючи мінімальне добове енергоспоживання системи. Порівняння економічних показників роботи ВНС Чернігова з регульованими та нерегульованими насосами свідчить, що застосування частотних перетворювачів дає можливість зменшити загальне річне енергоспоживання в системі на 651 тис. кВт.год/рік, що складає 28,6%, та заощадити значні експлуатаційні кошти комунального підприємства.

Список літератури

1. *Внедрение преобразователей частоты на насосных станциях. Технико-экономическое обоснование / ЗАО «Комбарко», Москва, 2008. – 37с.*
2. *Хоружий П.Д.* Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений. – Львов: Вища школа, изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 152 с.
3. *Хомутецька Т.П.* Методика оптимізації роботи насосних станцій і безбаштової водопровідної мережі (на прикладі Чернігівського водопроводу) / Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури: наук. видання, 2012. – Вип.48. – С. 215-229.
4. *Шкіль О.М., Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П.* Шляхи енергозбереження в системах господарсько-питного водопостачання на прикладі Чернігівського водопроводу / Водне господарство України, № 2 (104), 2013. – С. 18-22.
5. *Хомутецкая Т.П.* Энергосберегающие технологии в системах подачи и распределения воды / Сб. научных трудов "Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства". – Рязань, 2013. – № 10. – С. 246-252.

Надійшло до редакції 25.09.2015