

АНАЛІЗ СПОСОБІВ РЕГУЛЮВАННЯ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

М.І. Сотник, С.О. Хованський, О.І. Дужак
Сумський державний університет, м. Суми

У даній статті розглянуто особливості та проблеми роботи водопровідних насосних станцій великих міст на складній розгалуженій гідравлічній мережі. Проаналізовані методи погодження гідравлічних характеристик насосних агрегатів при одночасній роботі на мережі з нерівномірною витратою води в часі.

У сучасних умовах реформування житлово-комунального господарства та переведення галузі на режим самоокупності виникає гостра проблема підвищення енергоефективності роботи, зниження аварійності, підвищення якості послуг при одночасному зниженні витрат на їх надання. Без вирішення цих проблем не можлива не тільки ефективна, безперебійна робота міської інфраструктури систем життєзабезпечення населення, але й її надійне, безпечне функціонування, недосяжне також поліпшення якості житлово-комунальних послуг та неможливе залучення інвестицій. Тому єдиним можливим напрямком поліпшення стану сфери житлово-комунального господарства є перехід на якісно новий рівень надання житлово-комунальних послуг за рахунок зниження енергоемності.

Значну увагу на сьогоднішній день слід приділити водопостачанню, яке являє собою складний комплекс інженерних споруд, машин і апаратів, призначених для видобутку води з природних джерел, поліпшення її якості, зберігання, транспортування подачі та розподілу її між споживачами.

Особливо великі проблеми при організації водопостачання виникають при експлуатації складних водорозподільних мереж великих міст, які пов'язані насамперед з:

- наявністю декількох гідравлічно взаємозалежних зон, що перебувають на різних геодезичних відмітках;
- одночасною роботою декількох водонасосних станцій з різними насосними агрегатами на розгалужену гідравлічну мережу, і пов'язаний з цим небажаний перерозподіл води при зміні режиму роботи хоча б однієї із водонасосних станцій;
- різною поверховістю житлових мікрорайонів та будинків;
- недостатньою подачею води на верхні поверхи будинків у години максимального водозбору;
- перевитратою електроенергії від 15 % до 50 % [1] унаслідок встановлення обладнання з надлишковою потужністю для забезпечення максимальної можливої витрати води [2];

Отже, одним із найбільш ефективних методів вирішення даного комплексу проблем є розроблення та впровадження сучасних методів моніторингу і керування роботи насосних станцій із застосуванням сучасних енергоефективних систем автоматизації. Зважаючи на економічні показники та ціни на енергоносії, основною задачею при

реконструкції та модернізації систем водоподачі є підвищення енергоефективності роботи насосних агрегатів.

На сьогоднішній день, з точки зору економічної доцільності, необхідно адаптувати роботу насосного агрегата до умов і режимів роботи конкретного споживача або групи споживачів, для чого необхідно:

- узгодження характеристик насоса з характеристиками гідравлічної мережі, на яку він працює;
- узгодження характеристик паралельно працюючих насосів;
- забезпечення регулювання подачі насосного агрегата, відповідно до потреб споживача.

При узгодженні оптимальної роботи насосного агрегата з гідравлічними параметрами мережі найкращі результати досягаються тоді, коли при будь-якому коливанні витрати у мережі відхилення параметрів насосного агрегата від оптимальних параметрів у робочій точці буде знаходитися у межах $\pm 10\%$ від максимального ККД. Також необхідно зважати на те, що енергоефективність роботи насосних агрегатів, тобто відношення кількості затраченої енергії електродвигуна до кількості перекачуваної води насосом була б величиною постійною, при наближенні кількості затраченої енергії електродвигуна до мінімуму.

На жаль, сучасні водонасосні станції систем водозабезпечення великих промислових об'єктів та міст були спроектовані не завжди з урахуванням вищезазначеної умови. При їх проектуванні вибирався стандартний ряд насосів, що були розраховані на максимальну подачу, та не завжди враховувалися особливості узгодження паралельної роботи насосних агрегатів на мережу.

Як показує практика, сьогодні на більшості насосних станцій та у гідравлічних мережах надлишок тиску (напору) на 30-40 % перевищує об'єктивно необхідний рівень, а це, в свою чергу, змушує гасити надлишок напору різними гідравлічними опорами. Це пов'язано насамперед з тим, що при проектуванні насосних станцій насоси вибираються зі стандартного ряду з більшим запасом щодо напору, а також розраховуються на максимальний режим витрати, що виникає як при пікових значеннях споживання води в ранкові й вечірні години або в екстремальних ситуаціях.

У житлово-комунальному господарстві у міру зміни добового споживання води режими роботи насосного обладнання змінюються в широкому діапазоні. Цей діапазон в основному становить $0,3 - 1,25 Q_{\text{ном}}$ насоса. При зміні характеристик мережі насос починає працювати на режимах, які відрізняються від оптимального. При цьому ефективність його роботи знижується. Крім того, при роботі на режимах, більших за оптимальний, насос не створює в системі необхідного тиску, а при роботі в режимах менше оптимального надлишковий тиск необхідно дроселювати, що призводить до додаткових втрат. Також робота насоса в режимах $0,3 - 0,5 Q_{\text{ном}}$ призводить до ряду проблем, пов'язаних з підвищенням вібрації насоса, виникненням нестаціонарних осьових і радіальних сил, що може привести до виходу з ладу опорних та ущільнюючих вузлів. Отже, оптимальною робочою зоною експлуатації насоса вважається зона, що перебуває в межах від $0,7 - 1,2$ від оптимальної подачі.

При узгодженні подачі насосного агрегата відповідно до потреб мережі можливі такі способи регулювання: ступеневе, безступеневе і комбіноване (рис. 1.).



Рисунок 1 – Способи регулювання $H(Q)$ характеристик насосної станції

При ступеневому способі регулювання зміна характеристик станції досягається шляхом зміни кількості працюючих насосів. Величина “кроку” перемикання залежить від продуктивності та виду характеристик використовуваних насосів.

Ступеневе регулювання є найбільш простим та відносно дешевим, тому зміна характеристик шляхом переключення числа нерегульованих насосів знайшло велике застосування на більшості підвищених насосних станціях в Україні, Росії та за кордоном. Продуктивність (подача) роботи одного насосного агрегата, як правило, є більшою за споживання в години мінімального розбору споживачами. У деяких випадках для запобігання роботі потужних насосів з малим навантаженням і відповідно з малим ККД застосовують допоміжні насоси, які мають подачу, близьку до витрати в години мінімального розбору води споживачами, як правило, це нічний час з 23-ї до 5-ї години. Існує також закордонний досвід, коли у деяких випадках для зменшення кроку дискретності, окрім допоміжних і головних, застосовується третій вид насосів, подача якого менша, ніж у головного. Він відіграє роль розмінного і вмикається, коли витрата завелика для допоміжного та замала для головного насоса.

Коли регулювання здійснюється зміною кількості працюючих насосів, стрибок напору при переході від одного насоса до іншого залежить від пологості (крутизни) характеристики. Підкачуючі насосні станції третього підйому, які проектувалися за часів СРСР, в основному укомплектовані консольними насосними агрегатами типу 4К8 з робочими параметрами $H = 55 \text{ м}$ і $Q = 90 \text{ м}^3/\text{год}$, зміна напору яких при переключенні досягає 10 %. У випадку застосування насосів 4К12, що мають характеристики з великим нахилом, стрибок досягає 20 %.

Підкачуючі насосні станції третього підйому укомплектовані насосами з вузьким діапазоном роботи в економному режимі, це зумовлено тим, що промисловість СРСР не випускала насоси високого напору і малої подачі, для зазначених станцій, крім того, методика розрахунку необхідної подачі враховувала максимальне значення потреби мережі з урахуванням подальшого зростання кількості споживачів. Це є причиною того, що в деяких режимах водопостачання насоси змушені працювати в

неекономічних режимах, що призводить до зниження ККД водопостачання в цілому.

При безступеневому регулюванні гідравлічних параметрів відцентрових насосів, що працюють на мережу, найбільшого застосування набули такі способи:

- зміна частоти обертання робочого колеса насоса за допомогою впливу на його привод;

- регулювання гідравлічного опору на виході насоса, що здійснюється шляхом зміни прохідного перерізу регулюючого органу (дроселювання);

- частковий відбір води шляхом зміни перерізу регулюючого органу на трубопроводі зворотного зливу.

При безступеневому регулюванні залежно від властивостей системи керування і виконавчих механізмів можливе будь-яке найменше зміщення характеристик і більш точне регулювання гідравлічних параметрів.

При зміні частоти обертання робочого колеса насоса його характеристики у першому приближенні переміщуються паралельно самі собі, тобто за допомогою плавної зміни частоти обертів електродвигуна можна досягнути плавної зміни як подачі, так і напору в широкому діапазоні.

Досвід застосування частотно – регульовального електропривода насосного агрегата на насосних станціях показав його перевагу над нерегульовальним за рахунок зниження електроспоживання до 60 %, усунення гідроударів.

До переваг даного способу регулювання можна віднести економічність, плавність та технологічність. До недоліків частотного регулювання можна віднести збільшення капітальних затрат на насосний агрегат за рахунок збільшення вартості привода електродвигуна та підвищення вимог до обслуговуючого персоналу.

На сьогодні з'явилася можливість орієнтуватись на частотні перетворювачі, освоєні вітчизняними виробниками, які при нижчій питомій вартості (90-100 дол.США/кВт) не поступаються за своїми техніко-економічними параметрами закордонним аналогам.

Сьогодні також альтернативою частотним регуляторам є керовані гідромуфти (наприклад, виробництва TWIN DISC (Бельгія), які завдяки своєму конструктивному вирішенню та здатністю швидкого і точного керування дають можливість змінювати швидкість обертання робочого колеса насоса в широкому діапазоні зміни потужності електродвигунів (від 250 до 3000 кВт). Вищезазначений пристрій дає можливість використання дешевих асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, а також здійснювати керування в ручному або автоматичному режимі.

Регулювання засувкою (дроселювання) на вихідній лінії насоса є малоефективне, оскільки пов'язане з великими невиправданими втратами енергії (вся потужність, затрачувана на створення тиску води перед засувкою, втрачається марно).

Способи дроселювання та зворотного відбору пов'язані із втратами енергії та низьким у порівнянні з частотним регулюванням ККД, але зважаючи на те, що реалізація вищезазначених способів відносно малозатратна і не потребує складних технічних рішень, дані способи узгодження параметрів мережі та насосних станцій третього підйому мають місце у вітчизняній практиці.

Також необхідно відмітити, що при роботі групи насосних агрегатів, паралельно працюючих на мережу, немає необхідності у регулюванні всіх насосів групи. В такому разі необхідне і достатнє регулювання лише одного насоса групи, тобто регулювання системи здійснюється за

допомогою одного регульованого і декількох нерегульованих насосних агрегатів, що дає можливість з більшою точністю регулювати напір у мережі і одночасно змогу нерегульованим насосним агрегатам постійно працювати в режимі, близькому до номінального. Такий спосіб узгодження параметрів мережі і групи насосних агрегатів називається комбінованим регулюванням і є енергоресурсозаощадливим.

При виборі варіанта регулювання роботи насосних станцій пропонується враховувати такі моменти: загальну кількість води, яка має бути передана водогоном, режими споживання води протягом доби, мінімальну та максимальну подачу при виборі кроку регулювання; кількості насосного обладнання з точки зору енергоефективності роботи насосної станції та економічної доцільності при розрахунку капітальних затрат. Глибину регулювання частоти необхідно брати $\pm 10\%$ від номіналу, виходячи з умов роботи електродвигуна (при навантаженні двигуна на 50% і менше відбувається різке зниження його ККД, що спричиняє зменшення енергоефективності як електродвигуна, так і насосного агрегата в цілому). Тому при розгляді роботи водонасосної станції необхідно розглядати роботу насосного агрегата у комплексі двигун-насос.

SUMMARY

«THE ANALYSIS OF WAYS OF REGULATION OF WORK PUMP STATIONS OF MUNICIPAL WATER SUPPLY»

Khovanskyi S.A., Sotnyk N.I.

In given clause it is considered features and problems of work of water pump stations of greater cities on the complex branched out hydraulic network. The analysed methods of the coordination of hydraulic characteristics of pump units at simultaneous work on a network with a non-uniform expense of water in time.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. — "Кондор", 2007. — 288 с.
2. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.; Л.: Машиностроение, 1966.—364с.
3. Технология водоснабжения / А.Е. Белан.—Киев: Наук. думка, 1985.—264 с.
4. Дмитренко Ю.А. Регульований електропривод насосної станції. - М.: Енергія, 1972. - 127с.

Сотник М.І., канд. техн. наук, доцент;

Хованський С.О., аспірант;

Дужак О.І., студент

Надійшла до редакції 8 лютого 2008 р.