

1. Hach Company 0, Catalog Number 6010018 / 1720E Low Range Turbidimeter User Manual December 2005, Edition 6, USA.

2. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теория автоматического управления: Учебник. – 2е издание, Издательство „Либідь”. – Киев. – 656 с.

3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975. – 534 с.

4. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. – Ч. 1 – 3, М. – Л., 1965. – 70 с.

5. Бесекеерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1972. – 767 с.

6. Горобченко А.И. Алгоритмы управления работой фильтровальными сооружениями. Дисс.... канд. техн. наук. – Одесса: 2008. – 157 с.

Получено 29.01.2013

УДК 628.1

Т.О.ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

Ю.В.ЯРОШЕНКО, канд. техн. наук

КП «Харківводоканал»

РЕГУЛЮВАННЯ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ, ЩО РЕГУЛЮЄТЬСЯ

Наведено аналіз роботи насосного устаткування при застосуванні електроприводу, що регулюється. Показані основні переваги та недоліки застосування даного методу з метою зміни основних характеристик відцентрових насосів.

Приведен анализ работы насосного оборудования при применении регулируемого электропривода. Показаны основные преимущества и недостатки применения данного метода для изменения основных характеристик центробежных насосов.

The analysis of the pumping equipment in the application of electric drive. The basic advantages and disadvantages of this method to change the basic characteristics of centrifugal pumps.

Ключові слова: водопровідно-каналізаційне господарство, автоматизовані системи управління, регулювання роботи, електропривод, що регулюється.

Розвиток методів автоматизації на сучасному етапі у водопровідно-каналізаційному господарстві (ВКГ) досяг досить високого рівня. Останнім часом автоматизація у ВКГ розвивається переважно в напрямку створення автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП). Такі системи поєднують у собі комп'ютерну і мікропроцесорну техніку, математичні методи, а також прилади, давачі, засоби регулювання та управління [1].

Звичайно схема роботи системи виглядає наступним чином. На кожному об'єкті, що включається в АСУ ТП, встановлюється мікроконтролер, що забезпечує збір інформації від давачів стану устаткування по

вимірюваних параметрах (тиску, витратах води, рівню в резервуарах, струму насосних агрегатів, витратах електроенергії). Далі по каналах зв'язку (провідний, радіо, або GSM) інформація передається на центральний диспетчерський пункт (ЦДП) підприємства, на якому встановлений комп'ютер. Диспетчер може викликати з комп'ютера будь-який об'єкт, відобразити схему об'єкта з працюючим устаткуванням і значеннями параметрів, а також керувати пуском – зупинкою насосних агрегатів, регулюванням засувками або приводом насосів, що регулюється. У системі подачі та розподілу води на ЦДП надходить також інформація про напори з контрольних точок мережі водопостачання. Контрольні точки обладнуються в місцях (найбільш віддалених від насосних станцій, на підвищених геодезичних відмітках), які характеризують напори в прилеглий мережі. Інформація з контрольних точок передається на ЦДП, і по ній ведеться регулювання напорів на виходах насосних станцій.

На водоочисних станціях створюються автономні АСУ ТП, при цьому диспетчер станції здійснює контроль та управління насосними станціями I і II підйомів, очисними спорудами (фільтри, відстійники, реагентне господарство). Особливо ефективна автоматизація фільтрувальних блоків, де економія досягається за рахунок зниження витрати промивної води та оптимізації тривалості фільтроциклу.

Автоматизація каналізаційних станцій розвивається шляхом створення цифрових систем управління КНС (з використанням сучасних приладів обліку, контролю, мікропроцесорної техніки та засобів регулювання) та телемеханічного контролю роботи з ЦДП. На КОС також створюються автономні АСУ ТП. АСУ ТП станцій біологічної очистки дозволяють диспетчеру управляти процесом аерації у аеротенках, насосними станціями перекачки активного мулу та очищених стічних вод і т.і. [2].

На очисних спорудах як водопостачання, так і водовідведення, також створюються підсистеми контролю якості вхідних, очищених вод та параметрів якості очистки по всьому технологічному процесу.

Як показує практика, створення АСУ ТП дозволяє домогтися економії електроенергії у системі водопостачання від 10 до 20%.

Необхідно відзначити, що найбільший ефект від впровадження АСУ ТП досягається в сукупності із застосуванням регулюємого електроприводу насосних агрегатів (частотний перетворювач).

Хоча, слід зазначити, що у випадках створення АСУ ТП КНС та КОС (повітрорудні станції) не завжди доцільно встановлення регулюємого електроприводу та це питання слід попередньо поглиблено дослідити, в такому разі має сенс застосування пристроїв плавного пуску електродвигунів насосних агрегатів.

Важливим фактором впровадження автоматизації є не тільки економія електроенергії, але і ряд інших позитивних результатів:

- ◆ збільшення терміну служби устаткування та арматури;
- ◆ зниження аварійності в мережах і на спорудах;
- ◆ підвищення загальної культури ведення технологічних процесів;
- ◆ поліпшення умов праці персоналу та ін.

Найбільш перспективним на сьогоднішній день при створенні автоматизованих систем управління технологічними процесами на насосних станціях є застосування регулюемого електроприводу (частотного перетворювача).

Умови, при яких доцільно застосовувати частотний електропривід, сформульовані Б.С. Лезновим [3]:

- насосна водопровідна установка подає воду безпосередньо в мережу (насосні станції II, III підйомів, станції підкачування);
- об'єм приймальних резервуарів каналізаційних та інших насосних станцій не перевищує звичайних розмірів, тобто його ємність не перевищує 5-10 – хвилинної подачі найбільшого насосу;
- діапазон коливань водоспоживання та притоку достатньо великий (не менше 15-20 % максимальної подачі);
- динамічна складова водоподачі достатньо велика (не менше 20-30 % загальної висоти підйому рідини);
- в окремих випадках, наприклад, для забезпечення рівномірного режиму роботи очисних споруд;
- при потужності насосних агрегатів 75-100 кВт та вище.

Застосування частотного електроприводу для насосів потужністю 300-400 кВт та вище зазвичай дуже трудомістке, тому що вони забезпечуються високовольтними електродвигунами, а це різко ускладнює та робить дорожчою установку.

Таким чином, привід, що регулюється, має істотні обмеження до широкого використання і для визначення його економічної вигоди необхідно детально проаналізувати систему перекачки [4].

З огляду на нерівномірний характер водоспоживання, для насосних станцій виникла вкрай гостра необхідність плавного регулювання їхньої продуктивності (напір та подача).

Традиційно продуктивність насосних станцій у системах водопостачання та водовідведення регулювалася ступінчасто або дроселюванням напірними засувками. Як показали багаторічні спостереження за такою роботою систем «насос – трубопровід», такі способи регулювання є неекономічними. Крім того, збільшується знос устаткування через часті пуски і зупинки агрегатів; частіше виходять з ладу напірні засувки,

внаслідок того, що засувка є запірною арматурою і не призначена для регулювання.

Плавне регулювання продуктивності насосних агрегатів може бути забезпечено кількома способами [5]:

- ◆ застосуванням двигунів постійного струму, число обертів яких змінюють шляхом регулювання напруги живлення;
- ◆ застосуванням різноманітних муфт ковзання (індукційних, гідравлічних, електромагнітних);
- ◆ зміною частоти напруги електроживлення двигуна агрегату (регулюємий електропривод).

Найбільше поширення в даний час має останній спосіб, при якому в спеціальному частотному перетворювачі (тиристорному, транзисторному) напруга частотою 50 Гц може бути перетворена у напругу заданої частоти (0-50 Гц). Як відомо, швидкість обертання електродвигуна прямопропорційна частоті напруги живлення. Змінюючи число обертів, можливо домогтися зміни подачі Q , напору H і потужності N у наступній залежності:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{n_1}{n_0}; \frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^2; \frac{N_1}{N_0} = \left(\frac{n_1}{n_0}\right)^3, \quad (1)$$

де n_1 і n_0 – число обертів електродвигуна при змінній (n_1) і номінальній (n_0) частоті напруги живлення; H_1 і H_0 – напір насосного агрегату при змінній (n_1) і номінальній (n_0) частоті напруги живлення; Q_1 і Q_0 – подача насосного агрегату при змінній (n_1) і номінальній (n_0) частоті напруги живлення; N_1 і N_0 – потужність, споживана агрегатом при змінній (n_1) і номінальній (n_0) частоті напруги живлення.

Розглянемо наглядніше методи регулювання подачі і напору: регулювання шляхом дроселювання зводиться до зменшення поперечного перерізу потоку води в трубопроводі, що зумовлює додаткові витрати електроенергії, тому що насос постійно повинен переборювати протитиск, створений напірною засувкою.

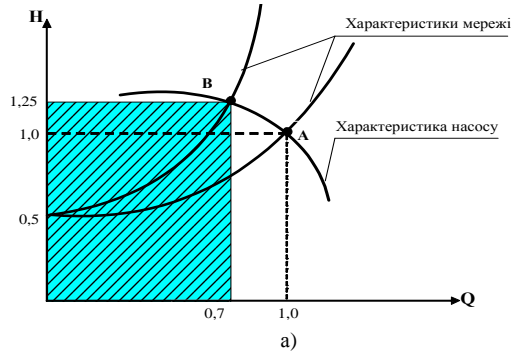
Потужність, що споживається насосом, знаходимо за формулою

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta}, \quad (2)$$

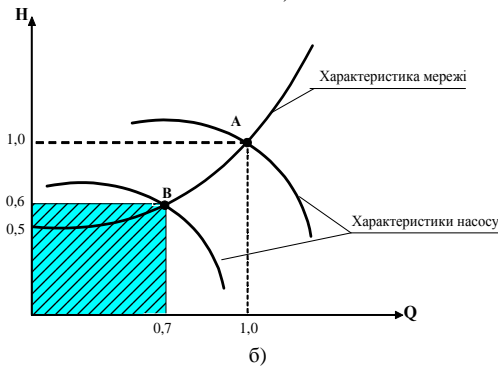
де P – потужність, кВт; Q – подача, м³/с; H – напір, м; ρ – щільність; g – прискорення вільного падіння; η – ККД насосу.

З формули (2) бачимо, що потужність знаходиться в прямій залежності від добутку подачі Q та напору H .

На рисунку розглянуті графіки характеристик насосу та мережі.



а)



б)

Графіки характеристик насоса та мережі

- а) характеристика **Q-H** насоса та мережі при дроселуванні напірною засувкою;
- б) характеристики **Q-H** при змінюванні числа обертів насоса за допомогою регулюемого електроприводу

На рисунку (а) показано зміну характеристик мережі при регулюванні подачі і напору насоса за допомогою дроселування напірною засувкою, характеристика насоса, при цьому залишається незмінною. Точка "А" є робочою точкою при максимальній подачі, при цьому потрібна потужність дорівнює: $1 \times 1 = 1$. Точка "В" є робочою точкою при 70% подачі: $Q = 0,7$; $H = 1,25$. Потрібна потужність дорівнює: $0,7 \times 1,25 = 0,875$.

На рисунку (б) показана зміна характеристик при регулюванні продуктивності насоса шляхом управління швидкістю обертання внаслідок встановлення регулюемого електроприводу. При цьому характеристика насоса зсувається паралельно паспортній до початку координат, а характеристика мережі залишається незмінною. Точка "А" є робочою при максимальній подачі. Потрібна потужність дорівнює: $1 \times 1 = 1$. Точка "В" є робочою точкою при 70% подачі: $Q = 0,7$; $H = 0,6$. Потрібна потужність дорівнює: $0,7 \times 0,6 = 0,42$.

Як бачимо з рисунку потрібна потужність (заштрихована ділянка) у випадку "б" при застосуванні регулюємого електроприводу майже в два рази менше, ніж у випадку "а" (при регулюванні подачі і напорі насоса за допомогою дроселювання напірною засувкою).

Застосування регулюємого електропривода приводить, крім економії електроенергії, до додатково позитивних факторів:

- ◆ зменшення аварійності на водомережі за рахунок виключення поштовхів та гідроударів при регулюванні і плавному пуску чи зупинці агрегатів;
- ◆ збільшення моторесурсу насосних агрегатів і запірної арматури.

Найбільший ефект від застосування регулюємого електроприводу досягається при побудові на його базі систем автоматичного управління (САУ) насосними станціями. При цьому напір може автоматично підтримуватися за заданим значенням напорі в контрольній точці мережі або на виході насосної станції, чи по рівню у приймальному резервуарі каналізаційної насосної станції.

1.Частотно-регулируемый привод [Электронна версія]. – Режим доступу: http://www.paper.con-sys.ru/projects/articles/adj_drives_articles.

2.Седлухо Ю.П., Еловик В.Л. Анализ режимов работы однотипных насосов, оборудованных регулируемым приводом // Вода и экология: проблемы и решения. – СПб, 2006. – № 2 (27). – С. 68-75.

3.Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 265 с.

4.Березин С.Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование. – М.: ОАО «Издательство «Стройиздат», 2008. – 160 с.

5.Регулируемые гидромолты компании Transfluid. Простое и надежное решение по регулированию параметров и оптимизации работы различных технологических систем с центробежными механизмами, работающими в переменных режимах. – www.i-technolog.ru.

Отримано 26.12.2012

УДК 621.22.225

А.П.КАЛЮЖНИЙ, канд. техн. наук, М.М.ДАНІВ

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ОПТИМАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ГІДРАВЛІЧНОГО ТЕРТЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВТРАТ НАПОРУ ПО ДОВЖИНІ

Виконано порівняння за відомими формулами коефіцієнта гідравлічного тертя. Знайдено оптимальне визначення коефіцієнта гідравлічного тертя для розрахунку втрат напорі по довжині при турбулентному русі води в трубопроводах круглого перерізу.

Выполнено сравнение по известным формулам коэффициента гидравлического трения. Найдено оптимальное определение коэффициента гидравлического трения для расчета потерь напора по длине при турбулентном движении воды в трубопроводах круглого сечения.