

УДК 628.12

**В. С. РОЖКОВ, Д. В. ЗАВОРОТНЫЙ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ**

Рассмотрены распространенные при проектировании систем подачи и распределения воды решения с точки зрения энергетической эффективности. Приведено краткое описание оборудования, необходимого для преобразования частоты оборотов двигателей. Представлены технико-экономические показатели эффективности реконструкции красноармейской водопроводной насосной станции с применением насосов с частотно-регулируемыми приводами.

**водопроводная насосная станция, дросселирование, частотно-регулируемый привод, экономическая эффективность**

Количество воды, потребляемой жителями и промышленностью того или иного населенного пункта, значительно меняется в зависимости от времени суток и от времени года. Для того чтобы обеспечить неравномерные нужды водопотребителей, системы подачи и распределения воды (СПРВ) либо оборудуются аккумулялирующими емкостями, либо предусматривают постоянное изменение подачи воды насосной станцией в водопроводную сеть.

При использовании в системе водоснабжения водонапорных резервуаров разница между подачей водопроводной насосной станции и фактическим потреблением воды компенсируется за счет опорожнения и заполнения аккумулялирующих емкостей по мере необходимости. Таким образом, аккумулялирующие емкости на водопроводных сетях позволяют насосным станциям подавать воду с несколькими определенными расходами, при соблюдении КПД насосов близкого к максимальному. Однако проектирование СПРВ с водонапорными башнями предусматривает значительные капитальные вложения на их возведение, эксплуатационные затраты, связанные с их обслуживанием, и, как правило, такие системы требуют создания повышенных напоров, что ведет к увеличению как потерь воды в результате утечек из сети и водоразборной арматуры, так и затрачиваемой на ее перекачивание электроэнергии.

Одним из методов регулирования производительности насосной станции является дросселирование. В этом случае при необходимости снизить создаваемый водопроводной насосной станцией напор производят частичное перекрытие потока запорно-регулирующей арматурой. Использование дросселирования как метода регулирования производительности является простым в эксплуатации и не предусматривает каких-либо дополнительных капитальных затрат по сравнению с другими методами. В то же время в результате дросселирования значительное количество электроэнергии расходуется на преодоление создаваемых дросселем напоров, что не имеет места при изменении частоты оборотов как метода регулирования производительности насосных станций. Преобразование частоты вращения двигателя насосного агрегата приводит к изменению всех характеристик насоса: создаваемый напор снижается до необходимого для подачи требуемого расхода воды значения, значение максимального КПД смещается в том же направлении что и рабочая точка, существенно уменьшается потребляемая агрегатом мощность.

Низкий уровень использования регулируемых электроприводов в системах водоснабжения объясняется, с одной стороны, отсутствием до последнего времени надежных преобразователей частоты (ПЧ), пригодных для тяжелых условий эксплуатации, с другой стороны, существовавшей в 80-х годах ценовой политикой относительно энергоносителей.

© В. С. Рожков, Д. В. Заворотный, 2014

Частотно-регулируемый привод (ЧРП) состоит из электродвигателя и преобразователя частоты (ПЧ). Оптимальная по энергетическим показателям, регулировочным и механическим характеристикам структура ПЧ включает в себя выпрямитель с индуктивно-емкостным фильтром постоянного напряжения и автономный инвертор напряжения, построенный на силовых транзисторах. Управление электроприводом может быть местным со встроенного пульта управления, дистанционное с дистанционного пульта управления, дистанционное от внешней автоматической системы управления (АСУ) или персонального компьютера по каналам последовательной связи. Микропроцессорная АСУ формирует сигналы управления инвертором согласно алгоритму, позволяющему максимально использовать напряжение источника с минимальными искажениями формы выходного напряжения. Она обеспечивает: автоматическое определение параметров и самотестирование подключенного оборудования; цифровую индикацию текущих значений переменных электропривода, параметров регулятора, значений установок защиты; изменение параметров двигателя и регулятора со встроенного пульта управления при вводе пароля доступа к режиму программирования.

Красноармейская насосная станция третьего подъема до реконструкции имела подачу 6 050 м<sup>3</sup>/ч при общей установленной мощности насосных агрегатов 3 560 кВт. На протяжении продолжительного периода эксплуатации станции фактическая подача воды потребителям уменьшилась на 37 % по сравнению с проектной производительностью. Уменьшение подачи воды потребителям в подающих напорных трубопроводах требовало снижения напора воды на насосах, подающих воду до потребителей. Для подачи требуемого количества питьевой воды потребителям 3 232 м<sup>3</sup>/час необходимо было предусмотреть замену существовавшего оборудования новыми насосными агрегатами с общей установленной мощностью 1 545 кВт, при этом ориентировочный расход электроэнергии после реконструкции насосной станции необходимо уменьшить на 57 %.

Существующее оборудование не могло изменить режим уменьшенного объема подаваемой воды потребителям с учетом экономии электроэнергии, поэтому была произведена замена насосных агрегатов и системы электроснабжения. Новое насосное оборудование было подобрано не только в соответствии с требуемым количеством питьевой воды потребителям, но и с использованием ЧРП, также была предусмотрена реконструкция трубопроводов камеры переключения напорных трубопроводов с учетом изменения расходов и направлений подачи воды потребителям, изменения схемы установки резервных насосных агрегатов. Выбор изменения частоты оборотов для регулирования производительности станции был произведен с целью энергосбережения, на основании соответствующих технико-экономических расчетов.

При оценке экономической эффективности внедрения частотного преобразования учитывались капитальные затраты на строительство сооружений и текущие затраты на покупку электроэнергии. Сравнительная экономическая эффективность оценивалась по приведенным затратам на единицу продукции (м<sup>3</sup> воды)

$$П = \frac{C_i + E_n \cdot K_i}{A}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – текущие годовые эксплуатационные расходы на работу систем оборотного водоснабжения по  $i$ -му варианту, грн./год;  
 $K_i$  – капитальные затраты по  $i$ -му варианту, грн.;  
 $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;  
 $A$  – годовой объем выпускаемой продукции (количество воды), м<sup>3</sup>.

За базовый вариант принята методика дросселирования (вариант до реконструкции).

Расчет капитальных и эксплуатационных затрат по вариантам проводился по данным [6] на примере насосной станции 3-го подъема Красноармейской фильтровальной станции (табл. 1).

Годовой экономический эффект определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (C_B + E_n \cdot K_B) - (C_{II} + E_n \cdot K_{II}), \quad (2)$$

где  $C_B$  и  $C_{II}$  – эксплуатационные затраты по базовому и предлагаемому вариантам;  
 $K_B$  и  $K_{II}$  – капитальные затраты по базовому и предлагаемому вариантам.

Таким образом, годовой экономический эффект внедрения частотного регулирования (табл.) составляет

$$\mathcal{E} = (3\,670 + 0,15 \cdot 0) - (1\,430 + 0,15 \cdot 3\,100) = 1\,895 \text{ тыс. грн. / год.}$$

Таблица – Укрупненные показатели затрат при оптимизации работы насосной станции 3-го подъема

Показатель	при использовании дросселирования	при переходе на частотное регулирование
Капитальные затраты на строительство сооружений	0	3,1 млн грн.
Покупка электроэнергии	3,02 млн грн. / год	1,03 млн грн. / год
Годовые затраты на эксплуатацию сооружений	650 тыс. грн. / год	400 тыс. грн. / год
Итого затраты капитальные / текущие	0 млн грн. / 3,67 млн грн. /год	3,1 млн грн. / 1,43 млн грн. / год

Срок окупаемости капитальных затрат составил:

$$\Phi = \frac{C_n}{\Xi} = \frac{3100}{1895} = 1,63 \text{ года.} \quad (3)$$

### ВЫВОДЫ

1. Устройство частотно-регулируемых электроприводов на насосных станциях, подающих воду на нужды населенных пунктов с безбашенными системами водоснабжения, значительно сокращает энергопотребление насосных агрегатов.

2. Реконструкция красноармейской водопроводной насосной станции коммунального предприятия «Вода Донбасса» существенно повысила эффективность работы ее насосного оборудования.

3. В настоящее время необходимо внедрять частотное преобразование на многих насосных станциях, регулирование работы которых осуществляется путем дросселирования. Это требует предварительного детального изучения режимов потребления и параметров существующих СПРВ объектов водоснабжения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эгильский, И. С. Опыт проектирования и внедрения АСУ технологических процессов водоснабжения [Текст] / И. С. Эгильский. – М. : ЦПНТО КХиБ, 1985. – 78 с.
3. Пособие по проектированию автоматизации и диспетчеризации систем водоснабжения (к СНиП 2.04.02-84) [Текст] / П. А. Беленькая, А. Е. Высота, И. М. Хинчин [и др.]. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.
2. Хоружий, П. Д. Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений [Текст] : монография / П. Д. Хоружий. – Львов : Выща школа, 1984. – 152 с.
4. Справочник проектирования АСУТП [Текст] / Г. Л. Смилянский, Л. З. Английский, В. З. Баранов [и др.] ; Под ред. Г. Л. Смилянского. – М. : Машиностроение, 1983. – 254 с.
5. Скрябин, Л. Ф. Построение и использование обобщенных характеристик водопроводной сети [Текст] / Л. Ф. Скрябин // Научные труды АКХ. – М. : ОНТИ АКХ, 1975. – Вып. 107. – С. 68–75.

Получено 09.09.2014

### В. С. РОЖКОВ, Д.В. ЗАВОРОТНИЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ В СИСТЕМАХ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуті розповсюджені під час проектування систем подачі та розподілу води рішення з точки зору енергетичної ефективності. Наведено стислий опис обладнання, необхідного для перетворення частоти обертів двигунів. Представлені техніко-економічні показники ефективності реконструкції красноармійської водопровідної насосної станції із застосуванням насосів з частотно-регульованими приводами.

**водопровідна насосна станція, дроселювання, частотно-регульований привод, економічна ефективність**

VITALY ROZHKOVA, DMITRIY ZAVOROTNYY  
ENERGY-EFFICIENT SOLUTIONS IN THE SUPPLY SYSTEM AND WATER  
DISTRIBUTION

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

In the design of distributed systems of water supply and distribution solutions in terms of energy efficiency have been considered. A brief description of the equipment needed to convert the engine speed has been given. Technical and economic indicators of efficiency of reconstruction of krasnarmiysk water pumping station with the use of pumps with variable frequency drives have been given.

**water pumping stations, throttling, variable frequency drive, the cost effectiveness**

**Рожков Віталій Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: оборотне водопостачання, системи комп'ютерного моделювання біологічних процесів.

**Заворотний Дмитро Вікторович** – асистент кафедри водопостачання, водовідведення і охорони водних ресурсів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: оптимізація розрахунків та улаштування систем транспортування рідин.

**Рожков Виталий Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: оборотное водоснабжение, системы компьютерного моделирования биологических процессов.

**Заворотный Дмитрий Викторович** – ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: оптимизация расчетов и устройства систем транспортировки жидкостей.

**Vitaly Rozhkov** – PhD (Eng.), Assistant Professor, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: water recycling, computer modeling of biological processes.

**Dmitriy Zavorotnyy** – Assistant, Water Supply, Water Disposal and Water Resources Conservation and Protection Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: optimization of analysis and design of transporting system fluid.