

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**К.Г. Гриценко, к.т.н., ст.преп.*; В.Д. Червяков, к.т.н., доц.
(*Украинская академия банковского дела)**

Анализ тенденций развития систем автоматизации процессов водоснабжения показывает, что в настоящее время повышенную актуальность имеет проблема энергосбережения. В эксплуатационных затратах систем водоснабжения (СВ) основными потребителями электроэнергии являются насосные станции (НС) второго подъема. Каждый разработчик систем автоматизации насосных станций решает задачи энергосбережения исходя из своего опыта.

Одним из наиболее существенных факторов, сдерживающих внедрение энергосберегающих технологий водоснабжения, является недостаточный уровень автоматизации технологических процессов в отечественных системах водоснабжения. При построении систем автоматизации процессов водоснабжения используется два подхода. Первый подход связан с решением задачи оптимального диспетчерского управления процессом водоснабжения абонентских гидросетей населенного пункта в условиях детерминированного или стохастического потокораспределения [1, 2]. Второй подход направлен на решение задач построения автоматизированных систем управления (СУ) насосным оборудованием [3]. Общие принципы построения систем энергосберегающего управления процессом водоснабжения к настоящему времени не разработаны.

Методология системного анализа доказала свою эффективность и универсальность для решения всего круга проблем, связанных с управлением сложными технологическими системами. В связи с этим для эффективного решения проблемы энергосбережения при автоматизации процессов водоснабжения на основе новых средств компьютерной техники и информационных технологий управления предлагается использовать системный подход, основные принципы которого рассматриваются в данной статье.

В системах коммунального водоснабжения имеют место суточные, недельные и сезонные колебания водопотребления, вследствие чего рабочие режимы насосных агрегатов оказываются вне рабочих зон их характеристик. Это приводит к необходимости регулирования подачи и давления насосных агрегатов. Традиционные способы регулирования насосных агрегатов состоят в дросселировании напорных линий и изменении общего числа работающих насосных агрегатов по одному из технологических параметров — подаче НС, давлению в напорном коллекторе НС, уровне в резервуаре чистой воды. Эти способы регулирования направлены на решение технологических задач и практически не учитывают энергосберегающих аспектов транспорта воды, что приводит к непроизводительным затратам

материальных и энергетических ресурсов. Основой энергосберегающего управления процессом водоснабжения в настоящее время должен быть регулируемый электропривод, так как возможности других способов исчерпаны [4]. Качество алгоритмов управления, уровень автоматизации, эффективность и энергосберегающие возможности системы управления НС в значительной степени зависят от наличия регулируемого электропривода насосов.

По принципу управления и подчиненности СУ водоснабжением является многоуровневой иерархической системой. Предлагаемая функциональная структура автоматизированной системы энергосберегающего управления водоснабжением представлена на рис.1.

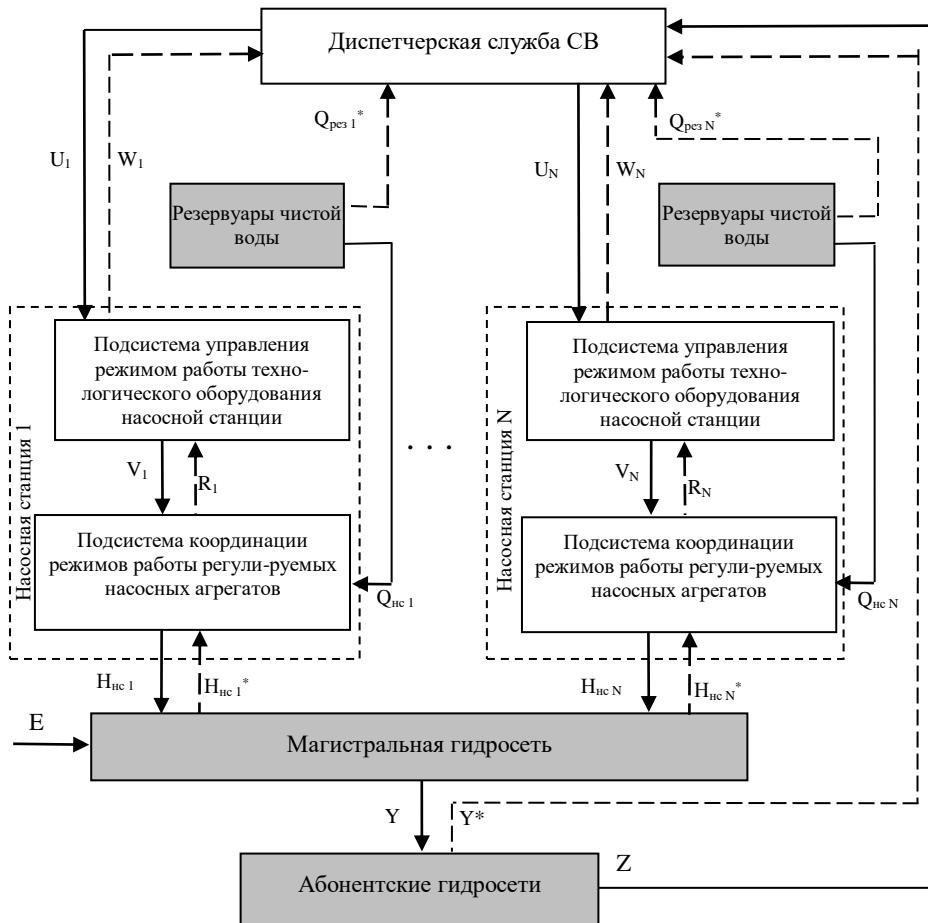


Рисунок 1 — Функциональная структура автоматизированной системы энергосберегающего управления водоснабжением

СУ верхнего уровня иерархии (диспетчерская служба СВ) оптимизирует потокораспределение в СВ и формирует технологическое задание давления и подачи для насосных станций второго подъема. Подсистема управления режимом работы технологического оборудования НС, которая входит в состав СУ насосной станции и иерархически подчинена диспетчерской службе СВ, при изменении технологического задания осуществляет выбор (изменение) рабочей технологической схемы НС и

включение в работу выбранного технологического оборудования. Под рабочей технологической схемой НС здесь понимается определенный набор элементов установленного на НС технологического оборудования (трубопроводов, задвижек в открытом или закрытом положениях, насосных агрегатов), использование которого в технологическом процессе обеспечивает выполнение технологического задания. Подсистема координации режимов работы регулируемых насосных агрегатов иерархически подчинена подсистеме управления режимом работы технологического оборудования НС и входит в состав СУ насосной станции.

Текущее состояние подачи и давления в абонентских гидросетях определяется вектором переменных $Y=[Q_{\phi}, H_{\phi}]$, где Q_{ϕ} и H_{ϕ} - векторы фактических значений подачи и давления на входах абонентских гидросетей. Вектор Z характеризует требования абонентов и имеет вид $Z=[Q_{\text{тр}}, H_{\text{тр}}, H_{\text{min}}, H_{\text{max}}]$, где $Q_{\text{тр}}$ - вектор необходимых поставок воды абонентам, $H_{\text{тр}}$ - вектор требуемых давлений, H_{min} и H_{max} - векторы граничных допустимых значений давления на входах абонентских гидросетей, определяемых "Строительными нормами и правилами".

Вектор переменных $Q_{\text{рез}}=\{Q_{\text{рез } 1}, \dots, Q_{\text{рез } N}\}$ характеризует текущее состояние запасов воды в резервуарах чистой воды. Векторы $Q_{\text{нс}}=\{Q_{\text{нс } 1}, \dots, Q_{\text{нс } N}\}$ и $H_{\text{нс}}=\{H_{\text{нс } 1}, \dots, H_{\text{нс } N}\}$ характеризуют величины подачи воды и давления, под которым вода поступает в магистральную гидросеть. Векторы $Q_{\text{нс}}^*$, $H_{\text{нс}}^*$, $Q_{\text{рез}}^*$, Y^* , Z^* - это оценки соответствующих векторов $Q_{\text{нс}}$, $H_{\text{нс}}$, $Q_{\text{рез}}$, Y и Z . Для оценки состояния системы водоснабжения диспетчерская служба получает информацию $I=(Q_{\text{нс}}^*, H_{\text{нс}}^*, Q_{\text{рез}}^*, Y^*, Z^*)$, которая характеризует текущую ситуацию и лежит в основе принятия решения по оптимизации потокораспределения в СВ. Информация I является неполной, что порождает необходимость учета ненаблюдаемого возмущения E , влияющего на вектор Y выходных переменных СВ.

Современные системы коммунального водоснабжения представляют собой энергоемкие технические системы со сложными, разветвленными гидросетями, осуществляющие процесс снабжения водой рассредоточенных абонентов. Структура магистральной гидросети позволяет описать внутренние связи оператором F , который преобразует входные $Q_{\text{нс}}$ и $H_{\text{нс}}$ переменные в выходные Y . Тогда $Y = F(Q_{\text{нс}}, H_{\text{нс}}, E)$.

Анализ работы систем коммунального водоснабжения показывает, что процессы управления в них носят не только технологический, но и организационно-экономический характер [5]. Цель энергосберегающего управления процессом водоснабжения состоит в обеспечении наиболее полного соответствия между вектором Y фактических значений выходных переменных СВ и вектором Z требуемых значений выходных переменных. Такое соответствие должно быть реализовано при минимальных энергозатратах на транспортировку воды и выполнении технологических ограничений на переменные СВ. При этом для полноценного учета интересов как абонентов так и системы водоснабжения в качестве обобщенного критерия эффективности управления водоснабжением необходимо рассматривать сумму из двух составляющих

$$K = K_1 + K_2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где K_1 — убытки СВ (перерасход электроэнергии и потери воды); K_2 — убытки абонентов от несоблюдения заявленных требований по давлению и бесперебойности подачи воды. K_1 характеризует непроизводительные затраты СВ на процесс управления водоснабжением. K_2 характеризует качество функционирования СВ (расогласование между вектором Y фактических и вектором Z требуемых значений выходных переменных СВ). Общая задача энергосберегающего управления процессом водоснабжения заключается в минимизации критерия эффективности (1) и естественным образом распадается на частные задачи, решаемые выделенными в составе общей СУ водоснабжением подсистемами (см.рис.1).

Задача диспетчерской службы СВ состоит в оценке состояния системы водоснабжения, оптимизации потокораспределения и принятии решения по выдаче технологических заданий насосным станциям в виде вектора $U = \{U_1, \dots, U_N\}$, составляющими которого являются $Q_z = \{Q_{z1}, \dots, Q_{zN}\}$ и $H_z = \{H_{z1}, \dots, H_{zN}\}$ — векторы заданных значений подачи и давления на выходах насосных станций второго подъема. Вектор $W = \{W_1, \dots, W_N\}$ характеризует состояние подсистем управления режимом работы технологического оборудования насосных станций. Иначе говоря, задача организационно-экономического управления насосными станциями в условиях колебаний водопотребления, решение которой возлагается на диспетчерскую службу СВ, требует оперативного наблюдения за выполнением заявок абонентов и управления насосными станциями по критерию (1) с учетом технологических возможностей насосных станций.

Задачей подсистемы управления режимом работы технологического оборудования НС является анализ работоспособности, определение и включение в работу тех элементов из числа установленного на НС технологического оборудования, которые обеспечат максимальное энергосбережение при выполнении технологического задания. В результате формируется вектор целеуказаний $V = \{V_1, \dots, V_N\}$ на использование установленных на НС регулируемых насосных агрегатов. Вектор $R = \{R_1, \dots, R_N\}$ характеризует состояние подсистем координации режимов работы регулируемых насосных агрегатов. Основной задачей подсистемы координации режимов работы регулируемых насосных агрегатов является поддержание давления H_{nc} в выходном коллекторе НС на заданном уровне. При этом параллельно решается задача энергосбережения, заключающаяся в координации режимов работы регулируемых насосных агрегатов с целью максимизации текущего значения к.п.д. НС.

На сегодняшний день разработаны эффективные методы и средства контроля технологических параметров СВ и плавного регулирования технологических параметров насосных агрегатов. Современная НС имеет все необходимые измерители: давления, подачи, мощности, расхода электроэнергии. Следовательно имеются все необходимые предпосылки для создания автоматизированных систем энергосберегающего управления технологическим оборудованием насосных станций.

В настоящее время снижение энергоемкости СВ возможно в первую очередь за счет совершенствования методов управления водоснабжением на основе современных информационных технологий управления и средств управляющей компьютерной техники. Эффективное решение этой проблемы достигается при использовании предложенной трехуровневой структуры автоматизированной СУ водоснабжением, включающей компьютеризованные подсистемы формирования технологического задания для НС (вычислительный комплекс диспетчерской службы СВ), управления режимом работы технологического оборудования НС и координации режимов работы регулируемых насосных агрегатов с целью оптимизации к.п.д. НС.

SUMMARY

The systems analysis of the technological process of water supply has been carried out. On this basis the primary tasks of interdependent control of pump stations in conditions of unstable water consumption are determined. The functional partitioning of the automated decision-making process for the control of working mode of pump stations and coordination of local control systems of pumping equipment is executed.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. - М.: Стройиздат, 1990. - 368 с.
2. Кулик Ю.В. Управление режимами работы трубопроводных систем при вероятностной модели потокораспределения. - М.: Известия Академии Наук СССР. Энергетика и транспорт. - 1993. - №6. - С.124-134.
3. Абрамов Б.И., Иванов Г.М., Лезнов Б.С. Энергосбережение средствами электропривода в коммунальном хозяйстве города // Электротехника. - 2001. - №1. - С.59-63.
4. Мищенко А.В., Масленникова Н.С., Лобода В.Д., Фадеев А.Ф. Преобразователи частоты для энергосберегающих электроприводов переменного тока массового назначения // Электротехника. - 1996. - №12. - С.39-41.
5. Гриценко К.Г. О выборе экономического критерия управления системой водоснабжения // Вісник Сумського державного університету. - 1999. - №1. - С.94-96.

Гриценко, К.Г. Системный подход к решению проблемы энергосбережения при автоматизации процессов водоснабжения [Текст] / К.Г. Гриценко, В.Д. Червяков // Вісник Сумського державного університету. – 2002. – № 12 (45). – С. 10-14.