

ЕКОНОМІКА І ОРГАНІЗАЦІЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 628.1

С.М. РОМАНЧУК (директор)
СКТБ «Турбулентность»

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Рассмотрена структура городской системы водоснабжения и основные задачи в контексте оперативного управления объектами предприятий коммунальной сферы. Рассмотрены существующие алгоритмы поддержания оптимальных режимов работы технологического оборудования и их недостатки. Предложены алгоритмы автоматического управления режимами работы оборудования водопроводных узлов, подкачивающих насосных станций и участков водопроводных сетей. Показаны алгоритмы распознавания внештатных технологических ситуаций и аварийных режимов, которые могут возникнуть при эксплуатации системы водоснабжения. Рассмотрена структура информационной модели территориально-распределенной системы водоснабжения с множественными элементами регулирования. Определены оптимальные параметры функций временной модуляции давлений расхода воды для 117 объектов управления процессом водоснабжения г. Донецка.

Ключевые слова: мониторинг, передача данных, гидравлический расчет, оперативное управление, информационная модель.

Вступление. Современное развитие коммунального хозяйства больших городов предусматривает ускоренную реконструкцию объектов водоснабжения. Практика работы крупных предприятий водоснабжения показывает, что наилучший результат может быть получен при использовании комплексного подхода, который включает модернизацию оборудования и применение средств автоматизации на всех уровнях системы водоснабжения, в том числе диспетчерского управления и учета энергоресурсов. Обычно внедрение комплексных систем автоматизации на базе современных программно-технических комплексов осуществляется предприятиями водоснабжения поэтапно с постепенным увеличением сложности систем [1-5]. АСУ ТП водоснабжения и водоотведения призваны обеспечивать оптимальное ведение технологических процессов.

Анализ АСУ ТП крупных предприятий водного хозяйства показал, что архитектура систем чаще всего имеет три уровня и включает: центральный диспетчерский пункт; средний уровень, который может быть привязан к ряду крупных объектов; и нижний уровень, на котором обеспечивается мониторинг и управление на локальных объектах. На рис. 1 приведена типовая схема технического решения автоматизации современного предприятия водного хозяйства.

На центральном уровне обычно реализуются функции контроля показателей работы наиболее важного оборудования и параметров технологических процессов, визуализация, архивирование и документирование информации, учет расхода ресурсов по всем объектам и статистическое обобщение данных, координация управления подсистемами, расчет технико-экономических показателей, прогнозирование хода технологических процессов и определение их рациональных режимов.

На среднем уровне реализуются функции мониторинга показателей работы оборудования и параметров технологических процессов группы объектов, архивирование и документирование информации, учет расхода ресурсов, управление оборудованием, функции оперативного учета параметров, некоторые прогнозные, диагностические и расчетные задачи.

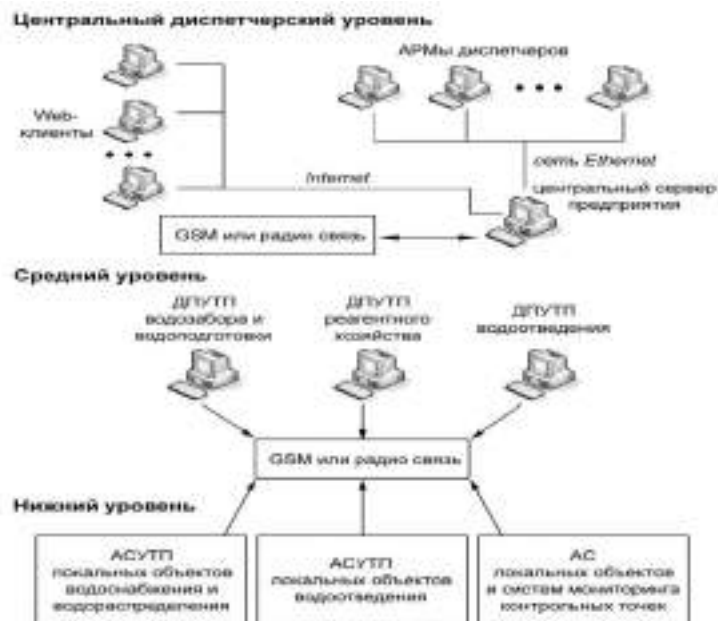


Рисунок 1 – Типовое решение автоматизации предприятия водного хозяйства.

На нижнем уровне реализуются функции диагностики оборудования и мониторинга технологических процессов локальных объектов, программно-логического управления агрегатами и запорной аппаратурой, противоаварийной защиты и блокировки, учета потребляемых ресурсов, передачи необходимой информации на верхние уровни и т.д. Для решения этих задач используется обычно программируемый контроллер, который реализует систему автоматизации локального объекта в автоматическом или дистанционном режиме управления и организует передачу данных по телефонной или оптоволоконной линии, по радиоканалу или GSM-каналу.

Обычно развитые АСУ ТП предприятий водоснабжения и водоотведения могут обрабатывать до 4000 – 5000 каналов физических сигналов и выдавать управляющие сигналы по каналам управления, количество которых может достигать до 500 – 1000. Сегодня уже можно говорить о существовании систем водоснабжения городов с множественными элементами регулирования.

Анализ и обзор литературных источников показал, что развитие АСУ ТП предприятий водоснабжения и водоотведения идет по пути совершенствования технических средств мониторинга и передачи данных, а также модернизации локальных систем автоматического управления работой оборудования на объектах. Диспетчеризация технологических процессов в основном осуществляется по пути сбора и представления данных и сигнализации о возникновении нерасчетных режимов, при этом диспетчерское управление объектами направлено на корректировку допустимых параметров технологических процессов. На удаленных локальных объектах преобладает микропроцессорное управление режимами работы оборудования и водораспределения. Сбор и обработка информации в АСУ ТП ведется путем измерения, контроля и учета текущих значений параметров способом периодического циклического опроса датчиков и приборов или способом целенаправленного опроса в случае изменения режима работы оборудования. В этом случае регулирование работы оборудования осуществляется преимущественно локально на основе микропроцессорных систем, позволяющих автоматизировано обеспечить поддержание заданных режимных показателей.

Технологический режим любого объекта водоподдачи и водораспределения при автоматическом регулировании будет существенно зависеть от принятых алгоритмов управления водоснабжением. Как показано в работах [6, 7], закономерности формирования

технологических режимов в системах водоснабжения с развитыми элементами автоматического регулирования имеют существенные отличия по сравнению системами водоснабжения без регулирования. Это объясняется исключительно влиянием системы управления на текущую работу средств водоводачи и водораспределения.

Обычно алгоритмы оперативного управления оборудованы длительно отработываются опытным путем в натуральных условиях и после апробации начинают внедряться на объектах управления водоснабжением городов. Так как процесс отработки алгоритмов управления является достаточно трудоемким, то формулировка задач оперативного управления технологическими режимами и задач распознавания внештатных режимов и аварийных ситуаций, а также эффективных алгоритмов решения этих задач сегодня крайне актуальна.

Структура городской системы водоснабжения зависит от планировки города, рельефа местности, расположения водопроводных узлов (ВУ) и подкачивающих насосных станций (ПНС), разветвленности водораспределительных сетей и особенностей объектов водоснабжения. Несмотря на разнообразие схем водоснабжения, можно выделить несколько основных типовых подсистем, из которых состоит большинство городских систем водоснабжения:

- вариант 1 – водопроводный узел, работающий на протяженный участок водораспределительной сети, которая, в свою очередь, обеспечивает подачу воды к различным ПНС и участкам водораспределительной сети;
- вариант 2 – подкачивающая насосная станция, работающая совместно с участком водораспределительной сети, которая обеспечивает водой многоквартирные дома различной этажности или одноэтажный частный сектор;
- вариант 3 – протяженные участки водораспределительной сети между контрольными точками, где отсутствуют ПНС, но есть отдельные потребители.

Системы автоматического управления технологическими режимами для указанных подсистем строятся на основе сочетания различных алгоритмов управления типовыми элементами, входящими в состав данного технического объекта.

Наиболее важными являются задачи оперативного управления подсистемами по факту поддержания эффективных и оптимальных режимов, позволяющих обеспечить экономию электроэнергии и воды, а также задачи распознавания внештатных режимов и аварийных ситуаций. В настоящее время при создании алгоритмов оперативного управления и поддержания эффективных и оптимальных режимов работы ВУ и ПНС в большинстве случаев не проводят гидравлические расчеты водопроводных сетей и не используют принятые при проектировании традиционные модели водораспределения — расчетные схемы водопроводных сетей. Это связано трудностью получения данных о фактических и требуемых значениях узловых расходов для каждого времени предстоящих суток, чрезмерно большими для оперативного управления затратами машинного времени на проведение расчетов даже при использовании мощных современных ЭВМ, а также большим количеством необходимых исходных данных, крайне высокой их неопределенностью и низкой достоверностью.

Обычно для поддержания эффективных и оптимальных режимов работы ВУ и ПНС используют только данные о напорах на насосных станциях и значения давлений в диктующих точках водопроводных сетей. При этом для расчета режимов работы насосных станций используют обобщенные математические модели, выражающие взаимосвязь напора Δh с расходом воды Q , который обеспечивается насосной станцией, и давлением P_d в диктующей точке сети:

$$\Delta h = P_d + a + b \cdot Q + c \cdot Q^2, \quad (1)$$

где a, b, c – коэффициенты, полученные в результате статистической обработки данных о параметрах работы насосных станций и участков водопроводной сети.

Считается, что использование математических моделей (1) существенно облегчает расчет режимов насосных станций при достаточной для практических целей точности решения. В целях повышения точности обычно производят периодическое уточнение моделей, т.е. программа расчета включает блок идентификации параметров модели.

Существенным недостатком данного подхода является факт того, что гидравлические модели, принятые при расчетах водопроводных сетей без элементов регулирования, априори переносятся на водопроводные сети с элементами автоматического управления технологическими режимами. При использовании современных АСУ ТП данный подход не является правомерным. В связи с тем, что для регулирования используются различные алгоритмы поддержания технологических режимов, колебания водопотребления могут иметь специфический характер. Например, в случае, когда АСУ за счет систем частотного регулирования насосами ПНС обеспечивает поддержание заданного давления на линии подачи воды в сеть, энергопотребление ПНС уже в меньшей степени будет определяться водопотреблением сети, а в большей степени будет зависеть от давления воды на линии входа в ПНС. При этом давление на линии подачи обычно задается на основе данных, полученных при длительной эксплуатации конкретного участка водораспределительной сети, особенностей данного участка и экспертной оценки отзывов местного населения о качестве процесса водоснабжения.

Оперативное управление технологическими режимами работы ВУ и ПНС следует осуществлять путем декомпозиции этой задачи на ряд последовательно решаемых подзадач. Целевой функцией оптимизации технологических режимов насосной станции будет являться минимизация ее энергетических затрат при обеспечении бесперебойной подачи воды потребителю и при соблюдении заданного напора в контрольных точках водопроводной сети в соответствии с реальным режимом водопотребления. Оперативное управление для приведенных ранее типовых подсистем городских систем водоснабжения производится в такой последовательности.

Вариант 1. Водопроводный узел, обеспечивающий водой определенную территорию города, является наиболее сложным типовым объектом городской системы водоснабжения. Оперативное управление ВУ с целью поддержания эффективных и оптимальных режимов, позволяющих дать экономию электроэнергии и воды, осуществляется по трем направлениям:

- обеспечение необходимых объемов воды в резервуарах ВУ;
- поддержание эффективных режимов работы насосных станций, позволяющих обеспечить экономию электроэнергии;
- обеспечение требуемых расходов на линиях подачи воды потребителям.

В первом случае путем непрерывного синусоидального изменения расхода воды на приходе в течение суток обеспечивается повышенное накопление воды в резервуарах. Ночью поступление воды в резервуары увеличивается по сравнению с дневным периодом, чем обеспечивается к утру требуемый объем воды в резервуарах ВУ. Увеличение расходов позволяет за ночь сделать необходимый запас воды на период дневного водоснабжения, когда расходы воды на потребление увеличиваются. Для этого система автоматического регулирования настраивается на поддержание заданных максимальных и минимальных уровней воды в резервуарах. Регулирование осуществляется изменением проходного сечения автоматизированной задвижки на приходе. Параметры функции управления расходами воды определяются эмпирически путем длительной эксплуатации оборудования ВУ.

Поддержание эффективных режимов работы насосных станций ВУ осуществляется путем ступенчатого изменения давления воды – ночью давление на выходе ВУ поддерживается существенно меньше, чем днем. Кроме того, система автоматического регулирования насосных агрегатов настроена на поддержание на гребенке ВУ постоянного давления воды при ее подаче в общую сеть. Регулирование осуществляется изменением

скорости вращения рабочих колес насосов путем микропроцессорного управления частотными преобразователями, позволяющими изменять скорость вращения электродвигателей.

Обеспечение требуемых расходов на линиях подачи воды потребителям также осуществляется автоматически за счет перераспределения гидравлического сопротивления на различных линиях подачи воды. Регулирование осуществляется изменением проходного сечения автоматизированных задвижек на линии подачи воды потребителям. Это позволяет автоматически поддерживать заданный расход на каждой линии подачи воды потребителям.

Вариант 2. Типовая подсистема, которая включает подкачивающую насосную станцию и участок водораспределительной сети многоэтажных или одноэтажных домов является наиболее распространенным объектом водоснабжения, требующим регулирования. Оперативное управление подсистемой с целью поддержания режимов, позволяющих обеспечить экономию электроэнергии и воды, осуществляется с помощью регулирования подачи воды потребителям. В этом случае обеспечивается ступенчатое изменение давления воды – ночью на выходе ПНС, подающих воду на многоэтажные дома, поддерживается давление воды на 0,7 – 0,8 атм ниже, чем днем. Снижение давления воды в течении суток позволяет уменьшить мощности насосов при обеспечении различных расходов воды днем и ночью. Кроме этого системы автоматики большинства насосных агрегатов настроены на поддержание на выходе ПНС постоянного давления воды при ее подаче в сеть. Регулирование осуществляется изменением скорости вращения рабочего колеса насоса путем микропроцессорного управления частотными преобразователями. Параметры функций управления устанавливаются для каждой ПНС эмпирически.

Аналогично осуществляется управление водоснабжением одноэтажного частного сектора. Однако на линиях подачи воды в частный сектор устанавливаются автоматические задвижки, настроенные на поддержание заданного (более низкого) давления. Это позволяет исключить порывы трубопроводов, которые могут быть связаны с высоким давлением, создаваемым насосами ПНС, а также гидростатическими напорами, возникающими при перепаде высот. Давление воды для каждого участка при ее подаче в сеть устанавливается эмпирическим по качеству водоснабжения населения при длительной эксплуатации объекта водоснабжения.

Вариант 3. Протяженные участки водораспределительной сети между контрольными точками, где отсутствуют ПНС, но есть потребители, регулируются по давлению в диктующих или контрольных точках. Обычно в таких точках устанавливаются автоматические задвижки, поддерживающие заданное давление, и информация с данной контрольной точки передается диспетчеру для принятия управляющего решения.

Наиболее важным элементом управления водоснабжением является установление оптимальных эксплуатационных режимов по каждому объекту водоподдачи и водоснабжения. Для эффективного регулирования режимов работы на каждой станции разрабатывается организационное и технологическое обеспечение – режимные карты и типовые графики, регламентирующие условия различных способов регулирования в зависимости от реальных режимов водопотребления.

Методика отработки алгоритмов автоматического управления объектами предполагала на основе изучения и обобщения опыта эксплуатации объекта и анализа данных технологического мониторинга подготовку предложений по оптимизации режимов работы объекта и выбору способов и параметров автоматического регулирования. После этого по результатам анализа разрабатывались режимные карты, графики водоснабжения и технологические инструкции, которые передавались на объекты на которых предполагалась реализация систем автоматического регулирования. Далее проводилась модернизация объектов водоснабжения, объекты оборудовались средствами автоматического регулирования и управления, вносились изменения в программы систем автоматизированного управления (САУ) и проводились длительные режимно-наладочные

испытания по отработке параметров алгоритмов автоматического регулирования. В процессе режимно-наладочных испытаний по каждому объекту выполнялось:

- ознакомление с работой и с проектными данными объекта водоподачи;
- составление программы и методики испытаний средств автоматического регулирования;
- проведение подготовительных и пробных работ для проверки работы оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств управления;
- проведение основных программных работ, обработка результатов измерений и составление сводных таблиц и графиков;
- составление технического отчета, режимных карт и мероприятий, направленных на отработку оптимальных алгоритмов управления объектами.

Разработка алгоритмов автоматического управления предусматривала также распознавание внештатных технологических ситуаций и аварийных режимов, которые могут возникнуть при эксплуатации системы водоснабжения. С этой целью проводился опрос диспетчеров, механиков и работников инженерных служб различных предприятий водоснабжения по выявлению внештатных ситуаций, и устанавливались закономерности в работе системы, которые позволяют распознать внештатные режимы и аварийные ситуации.

Распознавание внештатных режимов и аварийных ситуаций для каждой из выделенных типовых подсистем городской системы водоснабжения проводится применительно к определенному событию в отдельности. Перечень внештатных режимов и аварийных ситуаций для различных объектов водоподачи и водораспределения приведен в табл. 1.

Каждая ситуация, должна предусматривать определенный алгоритм распознавания, который дает возможность выявить характерные неблагоприятные события, обеспечить представление оперативной информации диспетчеру и реализовать функции управления или функции защиты, позволяющие предотвратить развитие этой ситуации.

Всего в процессе работы были разработаны режимные карты и графики водоснабжения, а также отработаны параметры алгоритмов автоматического регулирования для 117 объектов управления системы водоснабжения города Донецка (30 % каналов по регулируемым задвижкам, 50% каналов по частотным регуляторам электродвигателей и 20% других каналов управления).

Формулировка задач оперативного управления по поддержанию эффективных и оптимальных режимов, позволяющих обеспечить экономию электроэнергии и воды, а также задач распознавания внештатных режимов и аварийных ситуаций позволила разработать алгоритмы управления технологическими режимами систем водоснабжения с множественными элементами автоматического регулирования.

Для решения задач оперативного управления подсистемами по факту поддержания эффективных режимов, а также задач распознавания внештатных режимов и аварийных ситуаций, необходимо иметь формализованное представление объектов автоматизации в виде гидравлических моделей с сосредоточенными параметрами или в виде статистических моделей. При отработке алгоритмов построение моделей объекта управления является первоочередной задачей, которую следует решать при разработке систем управления. Это является определяющим условием, при котором обычные математические модели объектов управления заменяют информационными моделями, позволяющими опытным путем подобрать функции временной модуляции давления или расхода и определить их параметры.

Таблица 1 – Перечень внештатных и аварийных ситуаций возникающих при эксплуатации городских систем водоснабжения

Внештатная или аварийная ситуация	Характеристика ситуации и условия ее распознавания
<i>Водопроводные узлы</i>	
Резкий рост расхода воды на гребенке линий подачи	Возможны аварии, порывы на трубопроводах, резкие отборы воды и т.д. Распознается по резкому увеличению расхода на гребенке и подающих трубопроводах ВУ
Отсутствие расхода воды на приходе ВУ	Возможен порыв подающего магистрального трубопровода, прекращение подачи воды от поставщика Распознается по резкому снижению расхода на приходе
<i>Подкачивающие насосные станции</i>	
Прекращение подачи электроэнергии на ПНС	Возможен обрыв фазы, обесточивание района электроснабжения и т.д. Распознается по исчезновению напряжения на вводе
Отсутствие расхода воды на линии входа в ПНС	Возможен порыв подающего трубопровода, неправильное регулирование подачи воды на ВУ Распознается по падению давления на линии входа
<i>Участки водопроводной сети</i>	
Неисправность задвижек	Возможен разрыв корпуса, аварийное закрытие (опускание дисков) и т.д. Распознается по резкому повышению или падению давления в контрольной точке
Резкое увеличение или уменьшение расхода	Возможен несанкционированный отбор воды, рост потребления в жаркую погоду, порывы водоводов и т.д. Распознается по резкому изменению расхода воды по сравнению с предыдущим периодом на контрольной точке

Под информационной моделью территориально-распределенной системы водоснабжения с множественными элементами регулирования будем понимать взаимосвязанный комплекс объектов управления водоподачей и водораспределением, который включает в себя:

- статистические модели объектов водоподачи и водораспределения вида [6], адекватно отражающие закономерности водоснабжения;
- информационные базы данных ретроспективной и текущей технологической информации, собранной системой мониторинга;
- алгоритмы и программное обеспечение управления работой оборудования и средствами регулирования, которые реализуют эффективные технологические режимы, позволяющие экономить электроэнергию и воду и рекомендованные к применению по результатам длительной эксплуатации системы водоснабжения;
- алгоритмы распознавания внештатных технологических режимов и алгоритмы защиты от возникновения аварийных ситуаций.

Наиболее важной задачей при создании информационных моделей систем водоподачи и водораспределения является установление оптимальных функций модуляции для

управления объектами водоснабжения. Временная функция модуляции позволяет с определенной периодичностью изменять в течении суток давление или расход воды в диктующих точках сети. Это осуществляется путем реализации алгоритмов регулирования и управления объектом через микропроцессорную систему управления. Считается, что управление давлением за счет временной модуляции дает больший эффект при экономии энергии.

Временные функции модуляции определялись опытным путем с помощью изменения режимов водоснабжения объектов Киевского района г. Донецка. Данные функции позволили разработать алгоритмы управления объектами, которые включены в режимные карты, графики водоснабжения и технологические инструкции эксплуатации объектов городских систем водоснабжения.

В процессе длительной эксплуатации системы водоснабжения был отработан алгоритм управления работой оборудования ВУ, который реализует эффективный технологический режим, обеспечивающий экономию электроэнергии и воды. Временные функции модуляции для давления и расхода воды определялись опытным путем за счет реализации различных вариантов графиков управления оборудованием.

Данный алгоритм регулирования подачи воды потребителям в г.Донецке предполагает ступенчатое изменение давления воды за счет автоматического регулирования насосного агрегата путем поддержания на гребенке постоянного давления воды:

- ночью с 23⁰⁰ до 6⁰⁰ давление воды на гребенке поддерживается равным 1,0 атм;
- утром с 6⁰⁰ до 10⁰⁰ – 2,8 атм;
- днем с 10⁰⁰ до 18⁰⁰ – 2,3 атм;
- вечером с 18⁰⁰ до 23⁰⁰ – 2,8 атм.

Регулирование по поддержанию эффективных режимов работы насосной станции осуществляется путем микропроцессорного управления частотными преобразователями, позволяющими изменять скорость вращения электродвигателей для обеспечения заданного давления на гребенке ВУ.

Алгоритм управления частотными преобразователями обеспечивает плавный переход в течении 20 мин от одного приведенного выше режима к другому. Это делается для исключения гидравлических ударов в трубопроводах водораспределительной сети при резком изменении давления, создаваемого насосной станцией.

Принятый алгоритм управления накоплением объемов воды на приходе ВУ предполагает обеспечение заданных уровней воды в накопительных резервуарах, равных 4,2 – 4,6 метра, ко времени 6⁰⁰ для каждых новых суток. Контроль штатного режима ведется по изменению расхода на наливе, а управление водопритоком осуществляется по изменению уровня воды в накопительных резервуарах. Расход воды на приходе в течении суток изменяется синусоидально. За счет применения автоматизированной задвижки на приходе ночью с 23⁰⁰ до 6⁰⁰ поступление в воды в резервуары увеличивается приблизительно в 1,2 – 1,3 раза по сравнению с дневным периодом, чем обеспечивается необходимый объем воды в резервуарах ВУ. Данные параметры функции модуляции расходов воды на приходе также определены эмпирически путем длительной эксплуатации оборудования ВУ.

Для защиты насосного оборудования ВУ от аварийных режимов был разработан алгоритм управления по контролю расхода на гребенке ВУ. Если расход воды на гребенке резко возрастает, то срабатывает система защиты. Это дает возможность исключить аварийные ситуации, связанные порывом магистральных трубопроводов, которые идут от ВУ потребителям. Аналогичным образом срабатывает защита, если резко растет давление на гребенке, что является причиной аварийной работы главных задвижек на подаче.

Защита насосного оборудования ВУ от аварийных режимов, связанных с возникновением кавитации, обеспечивается за счет обеспечения обязательного пожарного уровня воды в резервуарах, который не может быть ниже 2,0 метров.

При возникновении аварийной ситуации, связанной с прекращением подачи электроэнергии на ВУ, силовое оборудование автоматически переключается на обязательную резервную линию питания при одновременной выдаче сообщения диспетчеру.

Алгоритмы управления работой водопроводных узлов реализованы в технологической системе управления режимами водоснабжения ряда районов г. Донецка.

В процессе длительной эксплуатации системы водоснабжения опытным путем был отработан алгоритм управления работой оборудования ПНС, при этом в процессе исследований были определены оптимальные параметры функции временной модуляции давления для ПНС.

Данный алгоритм регулирования подачи воды потребителям в г.Донецке предполагает ступенчатое изменение давления воды во времени: ночью с 0⁰⁰ до 6⁰⁰ на выходе ПНС, обеспечивающих водой 9-ти этажные дома, поддерживается давление воды равное 3,5 атм; утром, днем и вечером с 6⁰⁰ до 24⁰⁰ – поддерживается давление равное 4,2 атм. В свою очередь на ПНС, обеспечивающих водой 12-ти этажные дома, ночью поддерживается давление воды равное 4,2 атм, а утром, днем и вечером – давление равное 5,0 атм. Уменьшение давления воды на 0,7 – 0,8 атм в течении суток позволяет снизить мощности насосов при обеспечении различных расходов воды днем и ночью без ухудшения качества водоснабжения. Система автоматического регулирования насосного агрегата каждой ПНС настроена на поддержание на выходе ПНС постоянного давления воды при ее подачи в сеть – для 9-ти этажных домов 3,5(4,0) атм, для 12-ти этажных домов 4,2(5,0) атм. Регулирование осуществляется путем микропроцессорного управления частотными преобразователями.

Для защиты оборудования отработан алгоритм предотвращения аварийных режимов на ПНС. Если давление на линии входа воды в ПНС падает ниже 1,0 атм, то для исключения возникновения кавитации в рабочей области насоса, ПНС обесточивается. Это дает возможность исключить аварийные ситуации, связанные порывом трубопроводов на участках до ПНС или неправильным регулированием подачи воды на ВУ. При возникновении аварийной ситуации, связанной с прекращением подачи электроэнергии на ПНС, силовое оборудование отключается и одновременно АСУ ТП выдает сообщение диспетчеру, используя независимый источник питания.

Предложенные алгоритмы работы ПНС, позволяют локализовать значительную часть управляющих сигналов на объектах управления ПНС, обеспечив при этом централизованное регулирование только давлений в диктующих точках сети и текущий мониторинг режимов работы оборудования ПНС.

Система мониторинга водопроводных сетей ведет непрерывный сбор данных о параметрах режима работы участка сети между контрольными точками или между ПНС и контрольной точкой. В процессе работы алгоритма определяется стандартный технологический режим работы участка сети в соответствии с закономерностями, установленными в работе [7]. Блок идентификации параметров модели периодически определяет коэффициенты напорной характеристики сети по контролируемым параметрам, которые поступают от средств измерений давления и расхода воды. Осреднение осуществляется по предыдущим данным, получаемым за период времени с 24⁰⁰ до 6⁰⁰ и за период с 6⁰⁰ до 24⁰⁰.

Если значение коэффициентов попадают в допустимый интервал, то считается, что технологический режим работы водораспределительной сети не меняется, иначе АСУ ТП выдает сообщение диспетчеру для оценки ситуации и принятия решения. Диспетчер может принять решение об изменении режима работы ближайшей ПНС или выдать команду на обследование участка водораспределительной сети.

Кроме этого разработан алгоритм, обеспечивающий защиту трубопроводов от аварийных режимов. Для каждой контрольной точки установлены допустимые интервалы изменения давления и расхода воды, которые определяются на основе оценок для математических ожиданий наблюдаемых величин. Если давление или расход воды в

контрольної точці різко підвищились або знизились і при цьому їх значення вийшли за довірительний інтервал, то алгоритм аналізу технологічного режиму видає повідомлення диспетчеру. Це дає можливість виключити аварійні ситуації, пов'язані з поривом трубопроводів на ділянці або несправністю задвижок.

Всі наведені вище алгоритми управління були організовані в вигляді модуля експертної системи, яка при контролі диспетчера керує роботою міської системи водопостачання. Розроблені алгоритми управління технологічними режимами водопостачання апробовані на підприємствах КП «Донецькводоканал», КП «Суми́горводоканал», КП «Харци́зкводоканал». Представлена технологія організації водопостачання міста з елементами автоматичного управління енергоємним обладнанням дозволяє забезпечити економію електроенергії від 15 до 20% і води від 6 до 10%.

Висновки. В процесі тривалої експлуатації системи водопостачання г. Донецька досвідченим шляхом в натурних умовах опрацьовані алгоритми управління роботою обладнання водопровідних вузлів, підкачуючих насосних станцій і ділянок водопровідних мереж. В процесі досліджень визначені оптимальні параметри функцій часової модуляції тиску і витрати для 117 об'єктів управління процесом водопостачання міста. Представлені алгоритми дозволяють забезпечити економію електроенергії від 15 до 20% і води від 6 до 10% за рахунок автоматичного управління режимами роботи енергоємного обладнання.

Список літератури

1. Рувльов А. Автоматизація систем водопостачання і водоотведення / А. Рувльов, К. Євстаф'єв. – М.: Вид-во Інфра-М, 2007. – 205 с.
2. Можливості ефективного використання енергії і води в міських водохозяйственных системах / під заг. ред. Д. Е. Немцова // Alliance to Save Energy. – Washington, 2002. – 144 с.
3. Система автоматизації і диспетчеризації об'єктів водоканалу [Електронний ресурс] / мат. сайту ЗАО Технолінк. - 1999–2010. – Режим доступу: <http://www.technolink.spb.ru/index.php?pid=360>.
4. Системи диспетчерського управління і збору даних (SCADA) систем міського водопостачання [Електронний ресурс] / мат. сайту EERE. - 2010. – Режим доступу: http://www.eren.doe.gov/cities_countries/watersy.html.
5. Автоматизація водопостачання міст [Електронний ресурс] / мат. сайту комп. ООО Ролсіб. - 2010. – Режим доступу: <http://privod.tomsk.ru/gorod-vodosnabzhenie>.
6. Романчук С.М. Моніторинг і аналіз даних в процесі управління водопостачанням міста Донецька / С.М. Романчук // Системний аналіз і інформаційні технології в науках про природу і суспільстві. – 2011. – № 1. – С. 133 – 141.

Надійшла до редакції 22.03.2013

С.М. РОМАНЧУК

АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ РЕЖИМАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТ

Розглянута структура міської системи водопостачання і основні завдання в контексті оперативного управління об'єктами підприємств комунальної сфери. Розглянуті існуючі алгоритми підтримки оптимальних режимів роботи технологічного обладнання і їх недоліки. Запропоновані алгоритми автоматичного управління режимами роботи обладнання водовідних вузлів, підкачуючих насосних станцій і ділянок водопровідних мереж. Показані алгоритми розпізнавання позазахисних технологічних ситуацій і аварійних режимів, які можуть виникнути при експлуатації системи водопостачання. Розглянута структура інформаційної моделі територіально-розподіленої системи водопостачання з багаточисельними елементами регулювання. Визначені оптимальні параметри функцій тимчасової модуляції тиску витрати води для 117 об'єктів управління процесом водопостачання м. Донецька.

Ключові слова: моніторинг, передача даних, гідравлічний розрахунок, оперативне управління, інформаційна модель.

S. ROMANCHUK

CONTROL ALGORITHMS OF URBAN WATER SUPPLY MODE

The structure of the city system of water supply and the main objectives in the context of operational management of the objects of municipal enterprises is discussed. The difference of the regularities of technological modes formation in water supply systems with the developed elements of automatic control in comparison with water supply systems without regulation is shown. The aims of efficient management by city's systems of water supply and water allocation depending on the choice of the standard scheme of construction of the system of city's water supply are examined. The features of creating traditional models of water allocation - analytical models of networks are shown. The drawbacks of using the generalized mathematical models expressing the interrelation of water heads with water flow are discussed. The algorithms of operational management of water-pipes, the subsystem including pumping-up pump station are proposed.

The existing algorithms of maintaining optimum operating conditions of technological equipment's work and their drawbacks are described. The object of establishment of optimum modulation functions for the management of objects of water supply is considered. The algorithm of automatic control of operating modes of the equipment of water knot is offered. The algorithms of management of frequency converters for maintaining effective operating modes of pump equipment are examined. The accepted algorithm of water saving in tanks on arrival of water knot is shown. Actions for protection of the pump equipment from emergency operation are presented. The control system and monitoring of technological conditions of water supply systems is discussed. The structure of the information model of the territorial-distributed water supply system with multiple elements of regulation which includes statistical models, information databases, algorithms and the software for the management of the work of the equipment is considered.

Keywords: *monitoring, data transfer, hydraulic analysis, operating management, information model.*

© Романчук С.М., 2013