

АНАЛИЗ ВОДОПРОВОДНОГО УЗЛА КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Горбунов Р. И., студ.; Чернышев Н. Н., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Анализ объекта управления технологическим процессом.

Водопроводная сеть – система непрерывного водоснабжения потребителей, предназначенная для проведения воды для питья и технических целей из одного места (обыкновенно водозаборных сооружений) в другое — к водопользователю (городские и заводские помещения). Водопроводная сеть – один из основных элементов системы водоснабжения. Как и любая другая важная система обеспечения она требует экономически обоснованных технических решений на этапах её проектирования и автоматизации.

Главное назначение водопроводной сети – обеспечить каждого конечного потребителя водой, которая характеризуется таким параметром, как давление. Минимальное требуемое давление рассчитывается с учетом всех потерь для критического узла. Критический узел – точка, находящаяся на максимальном удалении от источника давления (насосная станция, водопроводная вышка и т.д.) В критической точке возникает самое низкое давление нагнетания. Важные показатели для определения критической точки - это, например, перепады по высоте в соответствующей сети и расстояния от места, в котором установлено регулирующее устройство (рис. 1).

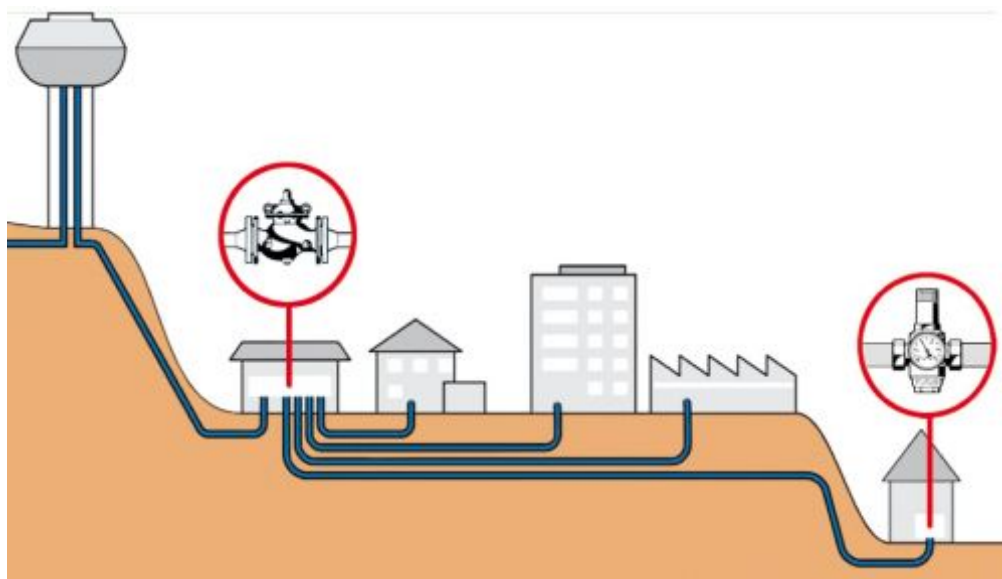


Рисунок 1 – Влияние неровности рельефа и распространения высотного строительства на давление воды в трубопроводах

Внедрение в сеть системы управления давлением позволяет решить ряд задач по стабилизации и понижению давления. Такая система может предотвратить негативное воздействие значительных колебаний давления воды на вводе в систему и гидравлических ударов. Гидравлические удары на сетях водоснабжения возникают из-за воздействия избыточного давления, которое возникает на тех участках водопровода, которые проложены с учетом особенностей рельефа под уклоном. Это особенно актуально в условиях современной городской застройки, при соседстве разновысотных зданий и с учетом неровного рельефа местности. Очень большие нагрузки на систему водоснабжения, вызванные ростом давления, могут произойти ночью при уменьшении водозабора, в случаях больших колебаний давления или гидравлического удара.

В качестве объекта управления был выбран водопроводный узел. На узле установлена регулируемая электроприводом задвижка, механический регулятор и датчики. Все элементы связаны с управляющим контроллером. Регулируемая задвижка позволяет снижать давление воды в сети после себя, в зависимости от угла её закрытия. При полностью открытом состоянии (вдоль трубопровода) задвижка не оказывает никакого воздействия на давление, а в полностью закрытом состоянии (поперек трубопровода) - снижает давление до нуля. Положение задвижки устанавливается с помощью исполнительного элемента – электропривода, который получает управляющий сигнал с контроллера. В свою очередь контроллер получает информацию с датчиков, производит требуемые расчеты, сравнивает их с заданием и на основании этих данных формирует управляющий сигнал.

Обоснование необходимости создания системы автоматизации.

Известно, что расход воды в системах водоснабжения изменяется с достаточно постоянной цикличностью повышаясь до максимума в утренние и вечерние часы и снижаясь до минимума в ночные часы. При этом давление в критическом узле изменяется с той же цикличностью, повышаясь до максимума при минимальном расходе в ночные часы, и снижается до минимума при максимальном расходе в часы пик (рис. 2).

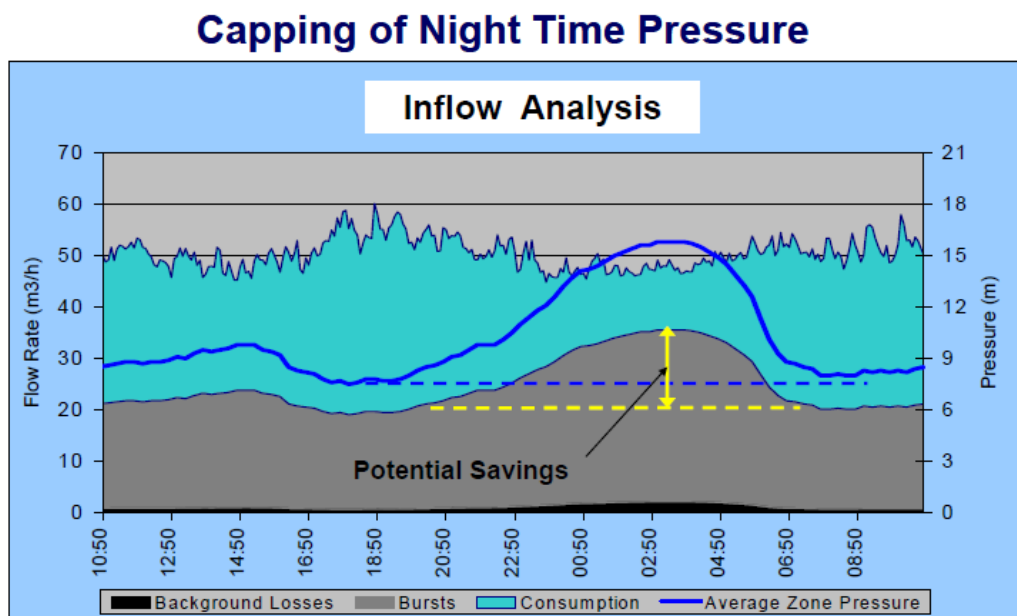


Рисунок 2 – Давление, расход и утечки в сети в течении суток

Таким образом, в разное время суток необходимо подавать потребителям воду с разным давлением. Это требует постоянного изменения уставки, что проблематично осуществить в системе с механическим регулятором без вмешательства человека. После установки регулируемой задвижки в систему, появится возможность задать динамическую уставку для разного времени суток непосредственно в управляющий контроллер, а также изменять её удаленно с диспетчерского пункта.

Утечки – количество утерянной воды в процессе её транспортировки от источника к конечному потребителю из-за повреждений сети. Устаревшие коммуникации трубопроводов, негерметичные уплотнения, старая или некачественная арматура, механические повреждения, а также ряд других факторов приводят к серьёзным утечкам и потерям воды в современных городских системах водоснабжения.

Утечку можно определить, как неучтённую потерю воды в системе водоснабжения. Цена утечек складывается из непосредственно стоимости потерянной воды, дополнительных затрат на подготовку, очистку и подачу недостающей воды, а также из дополнительных капитальных вложений на увеличение мощностей водопроводных сетей, очистных сооружений, строительство новых насосных станций и т.д.

С ростом давления нелинейно увеличиваются и утечки (рис. 3). Это в свою очередь приводит к избыточному увеличению расхода воды

Leakage Increases with Pressure

$$(L_1/L_0) = (P_1/P_0)^{N1}$$

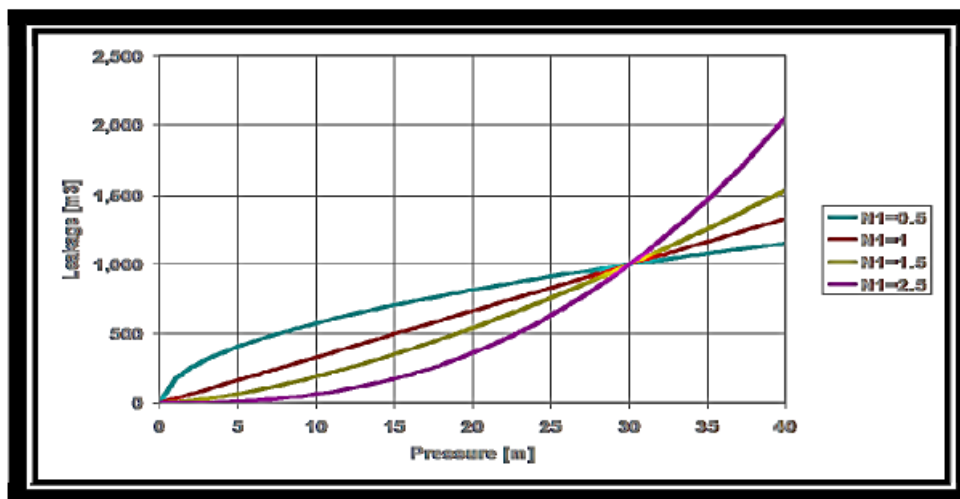


Рисунок 3 – Зависимость утечек от давления в сети

Помимо избыточных утечек чрезмерное давление вносит в транспортную водопроводную сеть дополнительный ущерб, который впоследствии способствует появлению механических повреждений и новых разрывов. Источник (насосная станция) нагнетает давление, которое значительно превышает требуемое для критического узла. В основном это связано с рельефами местности, в которой проложена водопроводная сеть. Данный фактор зачастую приводит к чрезмерному давлению непосредственно на входе в потребительскую зону, например, если жилой массив расположен в низине. Источник также не может постоянно нагнетать стабильное давление одного уровня, а длинная транспортная сеть и рельефы местности, в которой она проложена, вносит дополнительную колебательность. Поэтому установка системы послужит для увеличения надежности сети и длительности её эксплуатации.

Текущее состояние объекта и вопрос его автоматизации.

В существующей системе автоматизации установлен только механический пружинный регулятор давления. Регуляторы давления – это устройства, служащие для уменьшения и поддержания давления воды до заданного значения на выходе, вне зависимости от расхода. Такие устройства еще называют клапанами понижения давления или редуционными клапанами. Они работают по принципу уравнивания усилий (третий закон Ньютона), действующих на мембрану: с одной стороны – силы напряжения пружины, а с другой – силы напора после редукиции. В случае возникновения изменения входного давления подвижный шток регулятора станет в новое положение равновесия для заданной настройки давления и количества потребляемой воды (компенсация входного давления). Таким образом, даже в случае сильных колебаний входного давления, оно быстро гасится, и на выходе регулятора давление удерживается на постоянном уровне. Механический пружинный регулятор имеет постоянную уставку, которая задается также механическим путем (вручную). Главным недостатком такого решения является необходимость человеческого вмешательства («подкручивания») каждый раз для изменения уставки.

Механический регулятор давления не может обеспечить высокую точность регулирования, несмотря на его быстрое действие. Также вследствие длительной эксплуатации

пружинного регулятора происходит его износ и разбалансировка, а также повреждение и «стирание» механических элементов регулятора.

Функциональная схема объекта управления.

Исходя из проведенного анализа системы автоматического управления объектом, была составлена следующая его обобщенная схема (рис. 4). Объектом управления выступает водопроводный узел, выходной переменной которого является давление воды на выходе $R_{\text{вых}}$.

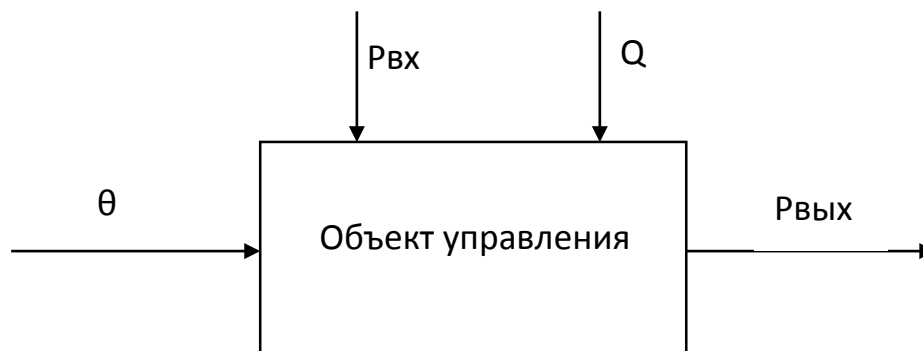


Рисунок 4 – Обобщенная схема объекта управления

Входная переменная: Θ – угол поворота задвижки.

Выходная переменная: $R_{\text{вых}}$ – давление воды на выходе.

Возмущающие воздействия: Q – расход воды, $R_{\text{вх}}$ – давление воды на входе.

На объект действует два нелинейно изменяющихся возмущающих воздействия, такие как входное давление $R_{\text{вх}}$ и расход воды потребителями Q . Управление выходным давлением осуществляется с помощью задвижки типа бабочка, главным параметром которой служит угол её открытия и может изменяться в пределах от 0 до 90 градусов.

Цели и задачи создаваемой системы автоматического управления.

Цель создаваемой системы: постоянно сравнивать давление воды на выходе с заданием и в случае их рассогласования формировать такой управляющий сигнал, который позволит повернуть задвижку на угол, обеспечивающий за установленное время требуемое выходное давление воды. Также при изменении уровня одного из возмущающих воздействий система должна производить пересчет, чтобы сформировать управляющий сигнал, который будет компенсировать эти изменения.

Для реализации поставленных целей необходимо:

- собирать информацию о давлении воды на выходе;
- собирать информацию о расходе воды и её давлении на входе;
- реализовать программный алгоритм сравнения выходного давления воды с заданием;
- реализовать программные алгоритмы компенсации изменения возмущающих воздействий;
- реализовать алгоритмы расчета управляющего сигнала на основании всей имеющейся информации;
- настроить непрерывную связь системы с диспетчерским пунктом.

Перечень ссылок

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А. С. Клюев [и др.] ; под ред. А. С. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

2. Олссон, Г. Цифровые системы автоматизации и управления / Г. Олссон, Дж. Пиани. – 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Невский Диалект, 2001. – 557 с.