

Г.С. Попкович, М.А. Гордеев

**Автоматизация систем водоснабжения и
водоотведения**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 504
ББК 20.1
Г11

Г11 **Г.С. Попкович**
Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения / Г.С. Попкович, М.А. Гордеев – М.: Книга по Требованию, 2024. – 390 с.

ISBN 978-5-458-36038-8

В книге кратко излагаются основы автоматики, включая элементы автоматических устройств, построение схем автоматики, контрольно-измерительные приборы. Рассматриваются принципы и основные схемы автоматизации водопроводных и канализационных сооружений.

ISBN 978-5-458-36038-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ГЛАВА 1

ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

§ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ КАК ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Устройства автоматического управления нельзя рассматривать вне их связи с объектом управления. В общем случае система автоматического управления является замкнутой, в которой взаимодействуют объект и устройства управления. Поэтому о качестве устройства автоматического управления можно судить, когда исследована его работа совместно с объектом управления. В связи с этим разработка системы автоматического управления начинается с изучения статических и динамических характеристик объекта управления. *Статические характеристики* определяют свойства объекта в равновесном состоянии неизменно протекающего процесса. При возникновении возмущающих воздействий на процесс он стремится к новому равновесному состоянию, которое достигается после окончания переходного процесса. Особенности протекания переходного процесса в объекте определяются его *динамическими характеристиками*.

В замкнутых системах на протекание процесса оказывают влияние как прямые, так и обратные связи между звеньями системы.

Автоматизация хорошо налаженного технологического процесса позволяет получить высокие технико-экономические и качественные показатели. Ошибкой будет попытка автоматизировать процесс, несовершенный в технологическом отношении.

Выявление механизма действия и динамики сложных технологических процессов наиболее полно может быть произведено с учетом выявления возможностей их автоматизации. Обычно производственный процесс включает источник вещества или энергии, приемник веществ-

ва или энергии, линию передачи управляющего воздействия и органы управления процессом. Совокупность этих элементов составляет объект производственного процесса.

Свойства процесса характеризуются физическими величинами (параметрами), такими, как давление, уровень, расход, температура, концентрация того или другого вещества. Технологические процессы, протекающие в водопроводно-канализационных сооружениях, чрезвычайно разнообразны: они включают механические, химические, физические, биологические и комбинированные операции. Однако в этом многообразии операций можно выделить сравнительно небольшое число простых объектов, сочетание которых создает основные рабочие процессы. Основное затруднение при таком анализе технологического процесса могут вызвать биологические и некоторые химические явления. Механические, тепловые, диффузные, пневмогидравлические цепи процесса характеризуются обычно лишь двумя параметрами. Один из них определяет внутреннее свойство цепи (уровень или объем жидкости для гидравлической емкости, концентрации растворенных или взвешенных веществ для диффузионной цепи, давление газа для пневматической емкости и т. д.). Второй параметр определяет поток энергии или вещества через единичную цепь (поступление жидкости, удаление или добавление растворенных и взвешенных веществ, подача и отвод газа и т. д.).

Первый параметр можно назвать качественной характеристикой режима, а второй – количественной. Оба эти параметра находятся в тесной функциональной связи, и, изменения один из них, можно управлять изменением второго. Уровень жидкости в резервуаре (качественный показатель) зависит от притока жидкости (количественный показатель).

В общем виде в задачу управления производственным процессом входит управление всеми простыми единичными цепями этого процесса и связывание их между собой.

Автоматическое управление технологическим процессом обычно связано с решением трех основных задач: управление ходом процесса (пуск и отключение оборудования), направление процесса (вперед-назад, нагревание-охлаждение, наполнение-опорожнение); управление режимом процесса как совокупность его качественных и количественных показателей.

Объекты автоматизации могут иметь свободный в определенных пределах и управляемый режим. Примером объекта с ограниченно свободным режимом может служить насос, управление которым может сводиться к включению его или выключению. Объекты с управляемым режимом помимо включения и выключения требуют изменения качественного показателя.

При автоматизации производственных процессов возможны в зависимости от использованных методов и средств как более простые, так и более сложные воздействия на процесс. По назначению можно определить следующие виды автоматических устройств:

Дистанционное управление — ручное управление на расстоянии регулирующими и запорными органами или отдельными механизмами, осуществляющее гидравлическим, пневматическим или электрическим способом. Наибольшее распространение имеет электрическое дистанционное управление. В этом случае электродвигатель или электромагнит монтируют на регулирующем органе, а аппарат управления электродвигателем располагают на некотором расстоянии от него в пункте, удобном для обслуживающего персонала. Дистанционное управление применяют или в качестве самостоятельного устройства (при частичной автоматизации), или в качестве устройства, действующего параллельно с автоматическим на одни и те же органы как резерв при отключении автоматики.

Телеуправление — управление на расстоянии различными объектами, осуществляющее из пункта управления с помощью телемеханических устройств, позволяющих передавать большое количество различных управляющих сигналов одновременно или в разное время по одной линии связи или по небольшому их числу. Телеуправление применяют обычно в комплексе с телеметрией и телесигнализацией показателей процесса.

Основное отличие телеуправления от электрического дистанционного управления состоит в том, что при дистанционном управлении все переключения осуществляются непосредственно в цепях рабочего тока, тогда как при телеуправлении используются цепи вспомогательного тока. Кроме того, при телеуправлении число линий связи может быть меньше числа управляемых параметров.

Автоматический контроль — контроль за различными параметрами технологического процесса, осуществля-

емый с помощью измерительных приборов. Контролируемые параметры в зависимости от физической природы процесса могут быть различными. Обычно это температура, давление, расход жидкости, энергии, газа, сила тока, напряжение, содержание отдельных компонентов в контролируемой среде.

Технологическая сигнализация — командная, контрольная, предупредительная и аварийная, осуществляемая устройствами со световыми или звуковыми сигналами. Командная сигнализация служит для передачи типовых командных сигналов от одного поста управления к другому и обратно; контрольная — для извещения персонала о включении в работу или остановке отдельных механизмов, о положении запорных органов на различных коммуникациях; предупредительная — о возникновении опасных изменений режима, грозящих при дальнейшем их развитии аварией; аварийная — о произошедшем аварийном отключении оборудования автоматической защитой.

Автоматическая защита — защита агрегатов, трубопроводов и других объектов от аварии, осуществляемая специальными устройствами с помощью автоматической блокировки. Запретно-разрешающая блокировка устраняет возможность неправильных или несвоевременных включений и отключений механизмов, а также несоблюдения установленной технологическими требованиями очередности пуска и остановки различных механизмов.

Автоматическое регулирование — воздействие на управляемый производственный процесс по заранее заданному режиму, осуществляющееся автоматическими устройствами. Производственный процесс, протекающий в объекте регулирования, характеризуется одной или несколькими величинами. Некоторые из этих величин в ходе процесса должны быть постоянными, другие изменяются в заданных пределах. Эти задачи и выполняют устройства автоматического регулирования.

Автоматическое управление — управление, все операции которого осуществляются автоматически с помощью специальных устройств (программных задатчиков, датчиков контроля, счетно-решающих устройств и т. п.), посылающих при заданных технологических условиях командные импульсы соответствующим аппаратам управления или непосредственно производящих операции управления. Для автоматического управ-

ления могут использовать кибернетические методы и устройства.

Важным достижением технической кибернетики является создание *гибких автоматизированных производств* на базе широкого использования микро-ЭВМ, микропроцессоров, промышленных роботов и автоматических манипуляторов.

Огромные перспективы имеет применение *систем автоматического проектирования*. С помощью ЭВМ такие системы могут выполнять оптимальное проектирование с автоматической выдачей графических материалов или объемных образцов деталей и изделий. Такие системы могут стыковаться с гибкими автоматизированными производствами.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Многообразные динамические воздействия на процессы, протекающие в автоматизируемых водопроводно-канализационных объектах, вызываются сравнительно небольшим числом факторов. К ним относятся изменения давления, расхода, уровня, количества теплоты и концентрации вещества.

Современные системы водоснабжения и канализации городов и промышленных предприятий состоят из ряда сложных сооружений, машин и аппаратов. К ним относятся водоприемные сооружения, станции очистки воды, сети водоснабжения и канализации с устройствами на них, насосные станции. В этих объектах осуществляются различные механические, гидравлические, физико-химические и микробиологические процессы. Оперативный контроль за протеканием этих процессов затруднен их сложностью, быстрым протеканием, взаимодействием и запаздыванием информации об изменениях отдельных параметров.

К числу основных общих особенностей систем водоснабжения и канализации как объектов автоматизации относятся:

- 1) высокая степень ответственности работы сооружений, требующая обеспечения их надежной бесперебойной работы;
- 2) работа сооружений в условиях постоянно меняющейся нагрузки и отсутствия складов готовой продукции;

3) зависимость режима работы сооружений от изменения качества исходной воды;

4) территориальная разбросанность сооружений и необходимость координации их работы из одного центра;

5) сложность технологического процесса и необходимость обеспечения высокого качества обработки воды;

6) необходимость постоянного повышения производительности систем вследствие роста городов и связанного с этим увеличения водопотребления и водоотделения;

7) необходимость обеспечения наиболее экономичной работы насосных агрегатов, являющихся крупными потребителями электроэнергии, что требует быстрого изменения как числа работающих агрегатов, так и их сочетания в зависимости от режима водопотребления;

8) необходимость сохранения работоспособности при авариях на отдельных участках системы.

Наряду с автоматизацией быстропротекающих процессов в объектах водоснабжения и канализации возникает необходимость автоматизировать медленно или дискретно протекающие процессы с большим запаздыванием поступления информации.

Медленное изменение качественных показателей возникает при перемешивании воды с вводимыми в воду реагентами, подача которых является количественным показателем. В некоторых случаях автоматическое управление затрудняется большим запаздыванием информации об изменении контролируемых параметров. Это происходит из-за отсутствия простых и надежных приборов для быстрого непрерывного контроля таких параметров, как потребная доза коагулянта, БПК сточных вод, влажность осадка, активность микробиальной среды.

Приведенные особенности работы систем водоснабжения и канализации показывают, что для оптимального управления ими недостаточно наличия квалифицированного персонала, необходимо использование современных средств автоматического контроля и управления.

§ 3. ОБЪЕМ И СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ

Успех автоматизации в значительной степени определяется правильным выбором степени и объема автоматизации. По степени автоматизации различают объекты

с частичной, комплексной или полной автоматизацией.

Частичная автоматизация — первый этап автоматизации, при котором на дистанционное или автоматическое управление переводят отдельные машины, механизмы и установки, не имеющие внешних связей и блокировок с другими производственными процессами. Частичная автоматизация не позволяет использовать все преимущества автоматизации, так как в технологической цепи остаются неавтоматизированные процессы.

Комплексная автоматизация — второй этап автоматизации, при котором весь комплекс производственных операций, а также вспомогательные операции осуществляются по заранее разработанным программам и режимам с помощью различных автоматических устройств, объединяемых общей системой управления. При этом функции человека сводятся к наблюдению за ходом процесса, анализу его показателей и выбору режимов работы оборудования.

Полная автоматизация — завершающий этап автоматизации производства, при котором система автоматических машин выполняет без непосредственного участия человека весь комплекс операций производственного процесса, включая выбор и установление режимов работы, обеспечивающих наилучшие показатели в данных условиях. Основой перехода к полной автоматизации служит определение и установление оптимальных режимов работы оборудования и автоматизация оперативного управления, т. е. автоматическое согласование режимов работы отдельных машин и агрегатов. Для решения этих задач широко используется вычислительная техника.

Объем автоматизации определяется числом операций, процессов и устройств, управление которыми осуществляется с помощью средств автоматики.

Под *уровнем автоматизации* понимают степень совершенства технических средств, с помощью которых осуществляется автоматизация.

Степень автоматизации, ее объем и уровень выбирают для каждого объекта с обоснованием технико-экономической эффективности и возможности устранения тяжелых и вредных условий труда обслуживающего персонала.

Желательно при автоматизации водопроводно-канализационных сооружений использовать унифицированные

серийно выпускаемые средства автоматики общепромышленного назначения. Однако при этом следует учитывать специфические условия среды, в которой будут находиться приборы автоматики в процессе их работы. С особенно сложными условиями работы средств автоматики приходится сталкиваться при автоматизации водопроводных и канализационных очистных сооружений. Здесь сказываются повышенная влажность и коррозионность среды, большие перепады температур, разнообразие по составу и концентрации загрязненной воды, наличие в ней разнообразных взвесей и осадков. В силу этого контроль ряда процессов на очистных сооружениях не может быть выполнен средствами автоматики общепромышленного назначения. Для этой цели разрабатываются специальные приборы, обладающие необходимой точностью измерений и достаточной надежностью при работе в условиях конкретной среды тех или других сооружений.

Общие указания по выбору степени и объема автоматизации водопроводных и канализационных сооружений содержатся в соответствующих разделах СНиПа. В них предусмотрено, что на сооружениях должны быть автоматизированы: основные технологические процессы, обеспечивающие нормальную работу сооружений при заданном режиме; устройства, обеспечивающие возможность быстрой локализации аварий и оперативные переключения; устройства, предназначенные для регистрации и изменения технологического режима; все вспомогательные процессы, обеспечивающие работу установки или сооружения без обслуживающего персонала.

При проектировании автоматизации сооружений следует руководствоваться также инструкцией по проектированию автоматизации и диспетчеризации систем водоснабжения Госстроя СССР СН 516—79, а также использовать «Основные положения по автоматизации канализационных очистных сооружений» (утверждены МЖКХ РСФСР 6 апреля 1971 г.).

Введение автоматизации позволяет поднять работу сооружений на новую ступень совершенства. При использовании правильно выбранных средств автоматики можно повысить все показатели работы сооружений (производительность, качество продукции, бесперебойность работы, экономичность). Автоматизация обеспечивает протекание процессов в сооружениях в заданных режимах.

В современных условиях на автоматизированных насосных станциях пуск и остановку насосов производят автоматически в зависимости от уровня воды в резервуаре, напора или расхода воды в магистральном водоводе или отдельных участках водопроводной сети. Автоматизируют закрывание и открывание задвижек, залив насосов, включение запасного агрегата вместо получившего аварийное повреждение, сигнализацию о работе оборудования насосных станций, широко применяют автоматическую защиту агрегатов.

Автоматизация водопроводных очистных сооружений обеспечивает автоматическую подачу и дозирование реагентов, регулирование скорости фильтрования и промывки фильтров, обеззараживание воды хлором, аммонизацию и озонирование воды.

На канализационных очистных сооружениях осуществляются автоматическое поддержание заданной температуры осадка в метантенках, автоматический контроль за уровнем осадка в отстойниках и его удаление. С помощью самопишущих приборов контролируется приток сточных вод на сооружения, расход воздуха, наличие в очищенной жидкости растворенного кислорода.

В каждом проекте водоснабжения или канализации городов и промышленных предприятий наряду с технологическими решениями разрабатываются вопросы автоматизации сооружений.

При комплексной автоматизации технологических процессов очистки воды функции человека ограничиваются наблюдением за работой сооружений и выбором необходимого режима работы в качестве задания автоматическим устройствам. Полностью автоматизированные сооружения обеспечивают выбор оптимального технологического режима работы всех устройств станций в зависимости от качества исходной воды и требований, предъявляемых к качеству воды потребителями, без участия человека.

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Любые простые и сложные устройства автоматики состоят из связанных между собой элементов.

Элементом автоматики называют часть устройства автоматической системы, в которой происходят качествен-

ные или количественные преобразования физической величины. Элементы отдельного устройства автоматики осуществляют передачу преобразованного воздействия от предыдущего звена к последующему.

В общем виде любой элемент автоматики можно представить как преобразователь энергии, на вход которого подается некоторая величина X , а с выхода снимается величина Y . Величину X называют *входным*, а величину Y — *выходным* сигналом элемента автоматики. В некоторых элементах X преобразуется в Y за счет энергии, получаемой от входной величины X . В других элементах для этого преобразования необходим дополнительный источник энергии. Классификацию устройств и элементов автоматики обычно производят по их функциональному назначению и по виду энергии на входе и выходе.

Функции, выполняемые элементами автоматики, разнообразны. С помощью отдельных элементов осуществляются измерительные, усилительные, управляющие и исполнительные функции автоматических устройств.

Так, например, автоматическое регулирующее устройство может состоять из следующих основных звеньев (рис. 1): звена контроля 1, осуществляющего измерение контролируемого параметра; задающего звена 2, устанавливающего параметр, который в данный момент должен поддерживаться; сравнивающего звена 3, определяющего наличие отклонения действительного параметра от заданного и вырабатывающего воздействия на исполнительное звено; исполнительного звена 4, передающего это воздействие органам управления технологическим процессом.

Подразделяя элементы автоматических устройств по характеру выполняемых функций, можно выделить следующие основные виды: датчики или измерительные (чувствительные) элементы; реле (электрические, гидравлические, пневматические); преобразователи и усилители;

исполнительные механизмы и регулирующие органы; вычислительные устройства, включаемые в схемы автоматики.

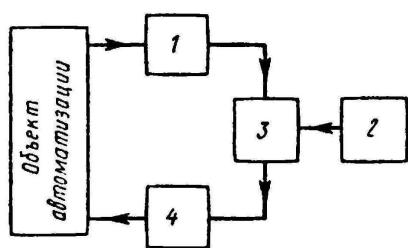


Рис. 1. Схема автоматического устройства.