

ВЫБОР СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

А. А. Хорошина, И. А. Бахтина, В. В. Соколова

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Проанализированы системы автоматического управления системами отопления зданий. Выбрана наиболее оптимальная система автоматического управления для проектирования автоматизированного индивидуального теплового пункта.

Ключевые слова: система автоматического управления, система отопления, индивидуальный тепловой пункт, параметры системы.

Одними из самых важных систем жизнеобеспечения являются системы теплоснабжения и отопления. Они обеспечивают тепло-влажностный режим и определённый микроклимат в помещениях. От нормальной работы систем отопления здания зависят тепловой комфорт и самочувствие людей, производительность труда и т.п. Промышленность также не может нормально функционировать без систем теплоснабжения и отопления, а поддержание определённого микроклимата зачастую влияет на качество выпускаемой продукции. Тепловлажностный режим помещений важен и на предприятиях агропромышленного комплекса, т.к. он определяет урожайность плодов и овощей, выращиваемых в теплицах и продуктивность животноводства. При этом системы теплоснабжения и отопления являются очень энергоёмкими, характеризуются высокой стоимостью при оплате услуг, а при подготовке теплоносителя на ТЭЦ или котельных сжигается, как правило, органическое топливо и выбрасывается большое количество углекислого газа. Поэтому снижение затрат, повышение надёжности и совершенствование данных систем отвечает государственной задаче повышения энергетической и экологической эффективности.

В настоящее время практически во всех системах теплоснабжения подключение систем горячего водоснабжения и отопления потребителей к центральным тепловым сетям осуществляется через центральные тепловые пункты (ЦТП). Такая технология распределения теплоносителя является инженерно устаревшей и распределительные сети небольшого диаметра являются наиболее слабым звеном в системе теплоснабжения. При этом управление температурой и давлением теплоносителя осуществляется централизо-

ванно едиными значениями для всех зданий, что делает невозможным регулирование и экономию тепла у потребителя. Подключение через ЦТП характеризуются рядом проблем, связанных с большой протяжённостью и разветвлённостью сети, централизованным регулированием, невозможности полной автоматизации, что приводит к большим потерям тепла, а, следовательно, перерасходу теплоносителя и органического топлива, проблемам правильной оплаты за потреблённую тепловую энергию.

Решить данные проблемы и повысить эффективность систем теплоснабжения можно за счёт перехода на индивидуальные тепловые пункты (ИТП). Принцип ИТП основан на том, что регулирование тепла производится прямо на входе теплоносителя в здание, исключительно и индивидуально для него. Для обеспечения энергоэффективной работы системы отопления необходимо автоматическое управление оборудованием, которое обеспечивает сокращение энергозатрат, контроль за состоянием оборудования, уменьшение эксплуатационных издержек, повышение срока службы оборудования системы отопления, а также предупреждение и предотвращение аварийных ситуаций. Поэтому более целесообразно применять автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП). АИТП – ИТП, оснащённый средствами автоматики и осуществляющий все или часть функций ИТП в автоматическом режиме.

Для разработки системы автоматического регулирования необходимо выбрать способ и принцип регулирования. Объектом регулирования системы автоматического управления (САУ) является контур системы отопления с нагревательными приборами (рисунки 1).

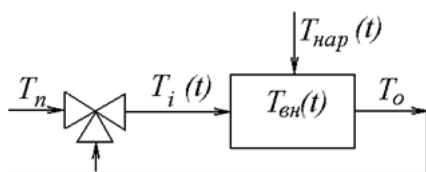


Рисунок 1 – Объект управления

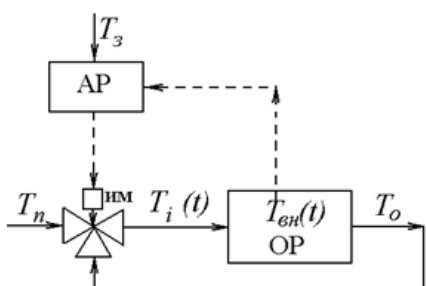


Рисунок 2 – Структурная схема управления по отклонению внутренней температуры помещения (замкнутая)

Цель системы отопления – обеспечить отдачу необходимого количества теплоты от нагревательных приборов в холодный период года.

Входным параметром в объект регулирования является температура теплоносителя на подаче в систему отопления $T_i(t)$, выходным – температура теплоносителя на обратной – T_o . Основными параметрами, влияющими на изменение теплоотдачи внутри помещения являются изменение внутренней температуры помещения $T_{вн}(t)$ (отклонение) и температуры наружного воздуха $T_{нар}(t)$ (возмущение). Температура воздуха внутри помещения изменяется во времени и непостоянна ввиду разных бытовых тепловыделений, теплопотерь на инфильтрацию и аэрацию, также допустим в выходные и праздничные дни для промышленных, административных и общественных зданий она может быть понижена в целях экономии теплоты. Температура наружного воздуха также изменяется во времени, безусловно, при этом изменяются теплопотери здания, а, следовательно, должна изменяться теплоотдача от нагревательных приборов. Кроме того на изменение теплопотерь влияют такие внешние факторы как скорость и направление ветра, солнечная радиация и др.

Обеспечить необходимую теплоотдачу возможно за счёт изменения расхода теплоносителя (количественный способ), изменения температуры теплоносителя (качественный способ) и за счёт изменения обоих пара-

метров (качественно-количественный способ).

Качественный метод можно применять для любых схем систем отопления. Также качественное регулирование позволяет обеспечить равные условия по теплу во всех помещениях, поэтому можно достичь автоматического регулирования с наибольшим экономическим эффектом.

Количественное регулирование в основном используется в системах приточной вентиляции и совмещённых отопительно-вентиляционных системах (воздушно-отопительных агрегатах и завесах).

Качественно-количественное регулирование – это комбинированный способ регулирования, однако в таких системах при изменении одного параметра происходит не учитываемое изменение другого. Следовательно, при создании САУ системами отопления зданий целесообразно использовать качественный способ регулирования, т.е. основным регулируемым параметром будет являться температура теплоносителя на входе в систему отопления – $T_i(t)$.

Необходимую температуру теплоносителя на входе в систему отопления можно достичь за счёт разной степени смешения теплоносителей из обратной системы отопления с температурой T_o и теплоносителя, поступающего от наружных тепловых сетей с температурой T_n . Степень смешения в рассматриваемом объекте регулирования (ОР) изменяется за счёт разной степени открытия трёхходового клапана с помощью исполнительного механизма (ИМ). Регулирующее воздействие, передаваемого на ИМ вырабатывается автоматическим регулятором (АР) в зависимости от сигнала рассогласования. При этом задаётся значение температуры $T_з$, которое определяется необходимой теплоотдачей от отопительных приборов (тепловой мощности системы отопления, равной теплопотерям здания).

Для реализации автоматического регулирования объектом необходимо определиться с принципом (способом) внесения регулирующего воздействия. В зависимости от принципа регулирования различают следующие принципиальные структурные схемы САУ [2, 3]:

- регулирование по отклонению внутренней температуры помещений от заданной путём воздействия на температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления $T_i(t)$ (замкнутый контур) – рисунок 2. При этом сигналом рассогласования является разность

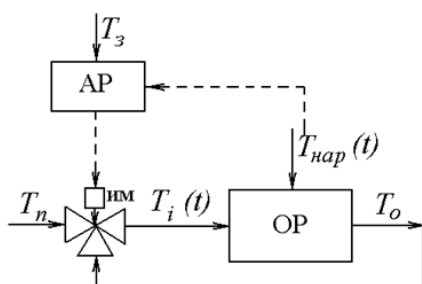


Рисунок 3 – Структурная схема управления по возмущению внешних параметров (разомкнутая)

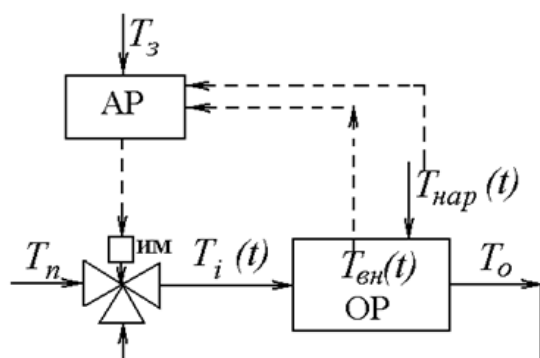


Рисунок 4 – Структурная схема управления по отклонению внутренней температуры помещения и возмущению внешних параметров (комбинированная)

температур воздуха внутри помещения и заданной температурой ($|T_z - T_{вн}(t)|$);

– регулирование в зависимости от возмущения внешних параметров (внешние метеосостояния: температура наружного воздуха, ветер, солнечная радиация) приводящих к отклонению внутренней температуры от заданной (разомкнутый контур) – рисунок 3. При этом сигналом рассогласования является разность температур наружного воздуха и заданной температурой ($|T_z - T_{нар}(t)|$). В данном случае заданная температура определяется исходя из требуемой температуры внутри помещения и её изменения в зависимости от температуры наружного воздуха, т.к. будут изменяться теплотери здания;

– регулирование в зависимости от изменений наружной температуры и внутри помещения (по возмущению и по отклонению – комбинированный контур) – рисунок 4. При этом регулирующее воздействие вырабатывается в зависимости от двух параметров.

В замкнутых САУ датчики измеряют температуру внутреннего воздуха в одном или нескольких отапливаемых помещениях и воздействуют на АР при отклонении данной

температуры от заданного значения (уставки) – T_z . Программное регулирование осуществляют с помощью датчиков оборудованных специальным устройством, которое связано с часовым механизмом.

Достоинством САУ по отклонению является большая точность регулирования, т.к. при выработке регулирующего воздействия АР учитывает все факторы, которые влияют на температурный режим отапливаемых помещений, таким образом уменьшается отклонение регулируемой величины от требуемого значения независимо от того какими факторами это вызвано.

На качество регулирования не влияют эксплуатационные изменения статических и динамических характеристик ОР. Также данный метод позволяет применять более дешёвые регуляторы. Недостатки данного метода заключаются в следующем.

Во-первых, сложность выбора помещений, в которых необходимо устанавливать датчики, т.к. даже при хорошо отрегулированной системе отопления в современных зданиях наблюдается значительный разброс температур воздуха в отапливаемых помещениях, намного превышающий допустимую точность регулирования. Поэтому при выборе места установки датчиков необходимо свести к минимуму влияние случайных, локальных факторов на последующий процесс управления. Если выбрать большее количество помещений, где устанавливаются датчики, то это приводит к удорожанию системы автоматики, усложнению её эксплуатации и понижению надёжности.

Вторым недостатком является то, что данная САУ включает звено с большой инерционностью – отапливаемое здание, поэтому при регулировании наблюдаются неблагоприятные динамические характеристики системы и возникает проблема устойчивости.

Также регулирующее воздействие вырабатывается при наличии отклонения регулируемой величины от заданной, а не самого фактора, который вызвал данное отклонение. Поэтому регулирующее воздействие оказывается на ОР с запаздыванием. Таким образом, САУ по отклонению не инвариантна, т.к. не даёт возможности полного устранения отклонения.

В разомкнутых САУ датчики устанавливаются снаружи здания и измеряют значение температуры наружного воздуха, а, следовательно, и косвенных параметров влияющих на неё (скорость ветра, инсоляция и другие метеорологические параметры). Таким обра-

зом, данный метод позволяет соблюдения условия инвариантности системы отопления по отношению к внешним возмущениям.

Достоинство САУ по возмущению заключается в том, что регулирование осуществляется по основным определяющим режимам теплотребления зданий (температура наружного воздуха, скорость ветра, солнечная радиация), при этом исключается влияние на процесс управления локальных, случайных факторов на температуру воздуха в том или ином помещении.

При управлении по возмущению система обладает хорошими динамическими свойствами, т.к. в контур регулирования не входит отапливаемое помещение, поэтому данные САУ являются устойчивыми. При этом регулятор начинает выполнять свою задачу ещё до того, как возмущающее воздействие проникло в отапливаемое помещение и вызвало в нем отклонение регулируемой величины – температуры воздуха – от заданного значения, т.е. САУ срабатывает без запаздывания.

Основным недостатком данного метода является то, что АР реагирует только на те возмущения, которые оцениваются соответствующими датчиками и заложены в закон управления.

Учитывая многообразие возмущений, действующих в системе теплоснабжения, и особенности этой системы как объекта управления, становятся очевидными те трудности принципиального характера, которые возникают при применении данного метода автоматического управления.

В разомкнутых САУ любые отклонения появляются при изменении характеристик ОР или элементов системы, поэтому данные системы применяются только для тех объектов, характеристики которых известны или можно определить. Как было отмечено выше, системы теплоснабжения и отопления характеризуются многообразием возмущений, поэтому данная САУ в «чистом» виде в практике теплоснабжения и отопления не получила применения.

Наряду с регулированием по отклонению и по возмущению применяются системы комбинированные САУ. Одним из вариантов системы комбинированного управления является

система, в которой часть отопительного сезона регулирование отпуска теплоты производится по отклонению, а часть – по возмущению.

Следует отметить, что системы адаптивного управления, которым в последнее время в отопительной технике уделяется всё большее внимание, также основываются на совместном использовании принципов управления по возмущению и по отклонению. Особенность этих систем заключается в том, что математическая эталонная модель здания, по которой определяется величина управляющего воздействия, не является жёстко детерминированной, а корректируется в процессе эксплуатации в соответствии с информацией о фактическом тепловом состоянии объекта.

Таким образом, при создании САУ систем отопления в индивидуальных тепловых пунктах целесообразно применять регулирование по отклонению, т.е. регулирующее воздействие необходимо вырабатывать по отклонению температуры воздуха внутри помещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пытков, В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование / В. В. Пытков. – Киев. : И ДП «Такі справи», 2007. – 252 с.
2. Ливчак, В. И. За оптимальное сочетание автоматизации регулирования подачи и учета тепла / В. И. Ливчак // Журнал «АВОК». – 1998. – № 4.
3. Уваров, А. В. Автоматизация инженерных систем современных зданий и комплексов / А. В. Уваров // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 9. – С. 15-19.

Хорошина А.А. – студентка группы 8С-72 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: KhoroshinaA@yandex.

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент кафедры «Инженерные сети, теплотехника и гидравлика» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

Соколова В.В. – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: vvsok@rambler.ru.