

Далее необходимо проверить правильность реализации программируемой функции в режиме работы ПО – "симулирование". Если запрограммированная функция часто встречается в практике, а ее реализация отвечает поставленным требованиям, то набранная программа может быть выделена как комплексный функциональный блок и занесена в библиотеку функциональных блоков ПО.

Заключительным этапом программирования является объединение подпрограмм всех требуемых функций управления в единую схему на рабочем поле МК с последующим ее переносом непосредственно в контроллер. Это наиболее трудоемкий и ответственный этап, качество и сроки выполнения которого зависят от квалификации специалиста, так как связаны с необходимостью минимизации схемных соединений функциональных блоков. Последнее вызвано наличием ограничений в ПО, применяемого контроллера, например, в части числа допустимых линий связи, числа стандартных блоков или замкнутых контуров ПИД – регулирования.

На практике фирмы-инсталляторы средств автоматизации в СКВ, особенно занимающиеся внедрением не только САУ, но и АСУ, обычно используют МК только одной торговой марки и естественно с одним ПО. Такой подход позволяет (после наработки определенного числа комплексных функциональных блоков и различных вариантов программ для типовых технологических схем обработки воздуха) значительно сократить сроки проектирования, монтажа и наладки систем управления, упростить их сервисное обслуживание, а также обеспечить получение постоянных значительных ски-

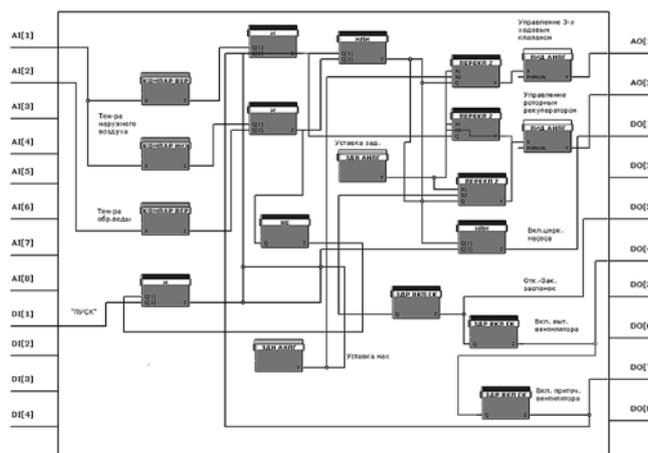


Рис. 8. Пример программы алгоритма последовательности пуска центрального кондиционера, набранного на рабочем поле МК

док и информационной поддержки со стороны дистрибутора или производителя МК и его ПО.

Список литературы

1. Бондарь Е.С. и др. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха. К.: "Аванпост-Прим". 2005.
2. Степанов И.Д. Автоматизация инженерных систем // АВОК. 2009. №2.
3. Солодовников В.В. и др. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. Уч. пособие для вузов. М.: Машиностроение. 1985.
4. Гордиенко А.С., Сидельник А.Б., Цибульник А.А. Микропроцессорные контроллеры для систем вентиляции и кондиционирования // С.О.К. 2007. № 4-5.

Гордиенко Анатолий Сергеевич – канд. техн. наук, преподаватель Академии кондиционирования МНИ при ООО "ИВИК". Контактный телефон (380 44) 502-00-62. E-mail: gordienko@ivik.com

СИСТЕМЫ КЛИМАТИКИ ПОМЕЩЕНИЙ: КОМФОРТ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Н.В. Киянов, О.В. Крюков, А.А. Лебедева (ООО "Интермодуль")

Рассмотрены современные методы проектирования и создания АСУ климатики бытовых и производственных помещений. Проведен анализ особенностей систем воздушного отопления средствами приточно-вытяжной вентиляции. Представлены примеры промышленной реализации аппаратных средств и ПО систем климатики производственных помещений, обеспечивающих оптимальное энергопотребление и комфорт.

Ключевые слова: климатика производственных помещений, воздушное отопление, система приточно-вытяжной вентиляции, инвариантная система регулирования, аппаратное и программное обеспечение.

Введение

Системная модернизация оборудования промышленных предприятий должна охватывать не только совершенствование основных технологических агрегатов, но и вспомогательные системы, обеспечивающие комфортные условия обслуживающему персоналу и максимальное энергосбережение. Это особенно важно на удаленных объектах нефтегазовой отрасли в условиях сурового климата [1] и способствует повышению производительности труда, адекватности принятия оптимальных решений в различных ситуациях, сниже-

нию вероятности ошибок и ущерба от аварий. Современное оборудование и системы автоматизации, а также инновационные алгоритмы позволяют реализовать наилучшие условия в производственных помещениях в соответствии с нормативами [2, 3] и автоматически поддерживать все параметры внутреннего микроклимата вне зависимости (инвариантно) от метеорологических условий окружающей среды.

В статье рассмотрены результаты положительного опыта ООО "Интермодуль" по проектированию и реализации в 2007-2008 гг. автоматизированных систем

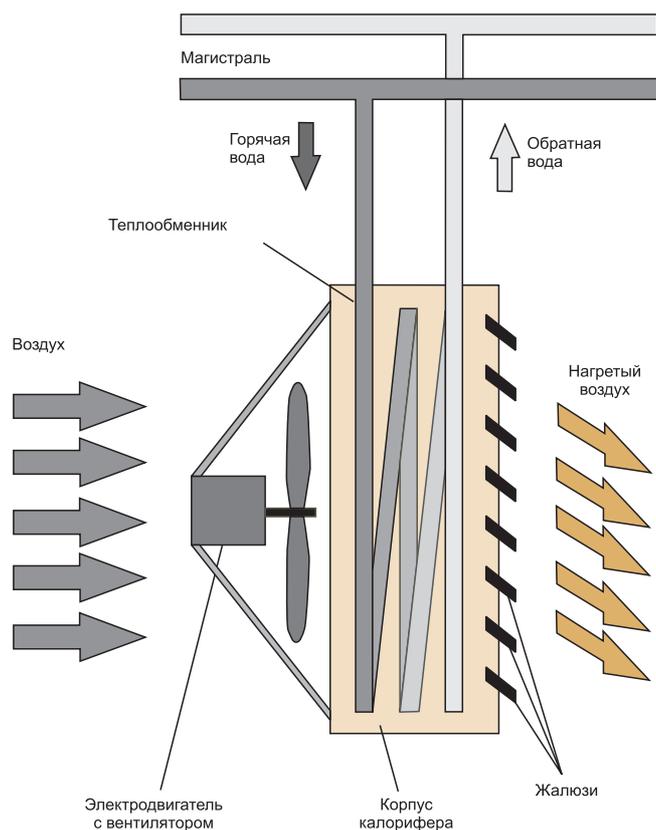


Рис. 1. Принцип работы воздушного отопления

приточно-вытяжной вентиляции для производственных помещений компрессорных станций (КС) магистрального транспорта газа. Дальнейшая эксплуатация показала, что данные системы являются эффективным, экономичным, надежным и недорогим техническим решением, благодаря этому они могут широко применяться для производственных помещений различного назначения.

Особенности воздушного отопления промышленных и бытовых помещений средствами приточно-вытяжной вентиляции

Опыт использования воздушных отопительных систем насчитывает тысячелетия, но первоначально использовались только естественные источники тепла. В России еще с XVI века эксплуатировались принудительные системы воздушного отопления для многоэтажных царских палат Московского Кремля и церквей.

Принцип работы воздушного отопления иллюстрирует рис. 1. Он основан на теплообмене "вода – воздух". Основным элементом системы является трубчатый теплообменник, по которому проходит горячая вода, а его ребрение обеспечивает эффективный теплообмен. Вентилятор в задней части теплообменника прогоняет через него воздух, где он нагревается, перемешиваясь с внешним потоком. Жалюзи, расположенные в передней части прибора, отклоняют воздушный поток, обеспечивая поступление нагретого воздуха в "диктующую" точку помещения. Регулирование интенсивности обогрева производится с помощью трехходовых кранов, установленных на подводящей

магистральной, и/или величиной скорости вращения вентилятора. В основном электроэнергия расходуется при этом не на обогрев, а только на работу вентилятора, поэтому потребляемая мощность составляет менее 1% мощности обогрева, позволяя значительно сэкономить на отоплении помещений большого объема, особенно при регулировании скорости вентилятора вниз от номинала.

В настоящее время во многих странах широко применяется рассмотренный принцип воздушного отопления для обогрева помещений промышленных объектов, торговых площадей и жилых домов. К сожалению, ранее в России воздушное отопление применялось редко из-за политики централизации тепловых сетей, и опыт показал, что такой подход оправдан далеко не всегда.

Локальные установки воздушного отопления лишены недостатков традиционных централизованных систем водяного отопления, и в последнее время этот вид отопления из эксклюзивного переходит в категорию рационального за счет ряда неоспоримых преимуществ.

1. Независимость от центрального отопления дает возможность оперативно изменять температуру, появляется возможность регулировать индивидуальные условия для каждого помещения по его назначению, реализуя принцип зонального регулирования подачи воздуха в зависимости от тепловой нагрузки в конкретном помещении.

2. Полная автоматизация, не требующая постоянного контроля при эксплуатации, с автоматической реакцией на любые сюрпризы погоды. При этом система может быть запрограммирована на заданный распорядок дня. Например, она автоматически снижает температуру в помещениях днем, а перед очередной сменой повышает ее до заданной.

3. Комфортность, так как приточная вентиляция не сжигает кислород, а, наоборот, дополнительно поставляет его из атмосферного воздуха. Поэтому воздушное отопление обеспечивает не только экономическую эффективность, но и улучшение условий труда в условиях сурового климата.

4. Большая эффективность, поскольку нет затрат на дополнительный теплоноситель. Система имеет большой коэффициент теплоотдачи при минимальных затратах на источник топлива, так как тепло производится рядом с нагреваемым помещением и практически целиком расходуется по назначению с высоким тепловым КПД до 80...95%.

5. Низкая себестоимость, связанная с тем, что одна система трубопроводов решает вопрос подачи теплого воздуха, кондиционирования, забора воздуха и размещения фильтров. Способ воздушного отопления крупных помещений – один из самых дешевых и быстро реализуемых со сроком окупаемости до 1...2 сезонов.

6. Абсолютная безопасность, так как нет отопительных приборов, нет проблем протечек и "размораживания" наружных систем.

7. Улучшение экологии в помещениях повышает значимость электронного фильтра, который способен нейтрализовать включения биологического проис-

хождения (клещей, микробов, вирусов) и неприятные запахи или табачный дым, сдерживая таким образом более 95% загрязняющих внешних факторов.

К недостаткам воздушного отопления можно отнести шум и подвижность воздуха. Однако эти факторы не имеют решающего значения при промышленном использовании системы, так как допускаются санитарными нормами [2, 3] для данной категории помещений. В случае необходимости при разработке системы воздушного отопления в нее могут быть включены элементы шумопоглощения, а сама система может быть спроектирована под пониженную скорость воздушного потока.

САУ воздушным отоплением должна выполнять функции управления (включение, выключение, задержки); защиты (отключение при авариях, предупреждение неисправностей оборудования) и регулирования (поддержание комфортных условий при минимальных эксплуатационных расходах, включая энергопотребление).

В соответствии с нормативами и общими требованиями к АСУТП [2-4] основными контролируемыми параметрами воздушного отопления являются:

- температура воздуха и теплоносителя на входе/выходе устройств;
- температура наружного воздуха и в контрольных точках помещения;
- давление теплоносителя до/после устройств, где давление изменяет свое значение;
- расход теплоты, потребляемой системой отопления и вентиляции;
- давление (разность давлений) воздуха в системе с фильтрами и теплоутилизаторами.

Необходимость дистанционного контроля и регистрации основных параметров определяется технологическими требованиями. Датчики следует размещать в характерных точках обслуживаемой (рабочей) зоны помещения, в местах, где они не подвергаются влиянию нагретых или охлажденных поверхностей или струй приточного воздуха. Допускается установка датчиков в воздуховодах, если параметры в них не отличаются от параметров воздуха в помещении или отличаются на постоянную величину. Если отсутствуют специальные технологические требования к точности, то точность поддержания в точках установки датчиков должна быть ± 1 °C по температуре и ± 7 % по относительной влажности.

Автоматическое блокирование предусматривается:

- в системах с переменным расходом наружного и приточного воздуха для обеспечения минимально допустимой подачи воздуха;
- в теплообменниках подогрева и рекуператорах для предотвращения их замораживания;
- в контурах воздухообмена, циркуляции теплоносителя, для защиты теплообменников и др.;
- в системах противопожарной защиты и отключения оборудования в аварийных ситуациях.

Требования, предъявляемые к АСУ вентиляцией, формулируются на основе выбранных стратегий

Чем ближе ты к полному охлаждению в отношении всего что-либо твоего доныне, тем больше приближаешься ты и к новому разогреванию.

Фридрих Ницше

функционирования по критериям точности и экономичности управления. Показатели надежности, стоимости и др. накладываются как ограничения на выбранный критерий оптимальности первых двух факторов, учитывая особенности объекта. На практике в техническом задании или исходных данных на автоматизацию фиксируются:

- диапазон изменения основных возмущающих воздействий;
- заданные параметры состояния воздуха и требования к точности их поддержания;
- требования параметров воздуха в обслуживаемых помещениях в нерабочее время;
- функциональная схема объекта с техническими характеристиками выбранных аппаратов;
- максимальные и минимальные тепловые нагрузки объекта и межрежимные переходы;
- графики или диапазоны изменения нагрузок на протяжении суток, недели, месяца и т.п.

Эти данные необходимы для реализации систем программного управления воздушным отоплением в указанные периоды с целью экономии электроэнергии и затрат тепла. На основании описанных требований и исходных данных производится выбор технических средств автоматизации и разрабатывается техническая документация на систему автоматизации.

Термодинамические модели системы приточной вентиляции воздуха

Процесс подготовки воздуха перед подачей его в производственное помещение представляет собой совокупность технологических операций. Технология тепло-влажностной обработки приточного воздуха определяется начальными параметрами воздуха, подаваемого в помещение, и требуемыми (задаваемыми) параметрами воздуха в помещении. Для выбора способа обработки воздуха необходимо получить алгоритм, позволяющий при определенных исходных данных найти такую технологию, которая обеспечит получение заданных параметров воздуха в обслуживаемом помещении при минимальных расходах энергии, воды, воздуха и т.д. Такая технология обработки воздуха называется термодинамической моделью (ТДМ) системы приточной вентиляции воздуха (ПВВ).

Как известно, параметры наружного воздуха, подаваемого в систему ПВВ, изменяются в течение года и суток в большом диапазоне. Поэтому можно говорить о наружном воздухе как о многомерной функции $X_n = x_n(\tau)$. Соответственно и совокупность параметров приточного воздуха — тоже многомерная функция $X_{np} = x_{np}(\tau)$, а в обслуживаемом помещении $X_{ном} = x_{ном}(\tau)$ (параметры в рабочей зоне). Под пере-

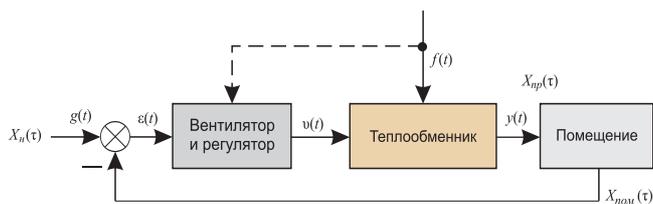


Рис. 2. Модель замкнутой инвариантной САУ ПВВ:

где $g(t)$ – задающее воздействие, $\varepsilon(t)$ – ошибка регулирования, $v(t)$ – управляющее воздействие, $f(t)$ – возмущающее воздействие, $y(t)$ – регулируемая величина

менным состоянием системы $x(\tau)$ понимаются обобщенные показатели системы в различных точках пространства и в разные моменты времени. Математически ТП может быть представлен графическим или аналитическим описанием движения многомерной функции X_n к X_{np} и далее к $X_{ном}$.

Графическую ТДМ движения функции X_n к $X_{ном}$ строят по $d-h$ диаграмме [5], а затем определяют алгоритм обработки воздуха, необходимое оборудование и способ регулирования его параметров. Построение ТДМ начинают с нанесения на $d-h$ диаграмму состояния наружного воздуха данного географического пункта. Расчетная область возможных состояний наружного воздуха принимается по СНиП [2] (параметры Б). Верхней границей является изотерма t_l и изоэнтальпа h_l (предельные параметры теплового периода года). Нижней границей является изотерма t_{zm} и изоэнтальпа h_{zm} (предельные параметры холодного периода года).

Таким образом, многомерная функция возможных параметров наружного воздуха заключается в многоугольник. Затем на $d-h$ диаграмму наносят требуемое (расчетное) значение состояния воздуха в помещении или в рабочей зоне. Это может быть точка (прецизионная ПВВ) или рабочая зона (комфортная ПВВ). После этого определяют угловой коэффициент изменения параметров воздуха в помещении ε и проводят линии процесса через граничные точки рабочей зоны. При отсутствии данных о тепловлажностном процессе в помещении ориентировочно ε можно принять для: производственных помещений, залов и предприятий торговли (8,5...10) тыс. кДж/кг; офисных помещений и жилых квартир (15...20) тыс. кДж/кг.

После этого строят зону параметров приточного воздуха. Для этого на линиях ε откладывают отрезки, соответствующие расчетному перепаду температур: $\Delta t = t_{ном} - t_{np}$, где t_{np} – расчетная температура приточного воздуха. Решение задачи сводится к переводу параметров воздуха из многомерной функции X_n к функции $X_{ном}$. Величину Δt принимают по нормам или рассчитывают, исходя из параметров системы холодоснабжения. Допустимый перепад температур удаляемого и приточного воздуха (Δt) для производственных помещений составляет 6...9 °С, торговых залов – 4...10 °С, а при высоте помещения более 3 м – 12...14 °С.

Таким образом, как видно из приведенной методики, графическая ТДМ ПВВ из-за большого объема трудоемких построений и неточностей ручной обработки

массивов данных неэффективна и ограничена при реализации в современных компьютерных АСУ ПВВ. Поэтому авторами разработана *нейросетевая инвариантная система ПВВ* с программно задаваемыми выходными параметрами климатки. Суть ее поясняется моделью замкнутой САУ ПВВ на рис. 2, которая относится к классу комбинированных систем управления.

Как показывает анализ действующих ПВВ, наибольшее влияние на их стабильную работу оказывают в основном две группы внешних факторов:

- *технологические* (производительность насосов, температура горячей и обратной воды в магистрали, а также гидравлическая нагрузка конкретного теплообменника);

- *метеорологические* (климатические) параметры и особенности эксплуатации ПВВ при конкретных погодных условиях (температура, влажность воздуха, атмосферное давление, наличие, характер и направление ветра, осадков и пр.).

При этом для обеспечения требуемой температуры воздуха в помещениях номинальная мощность двигателя вентилятора должна рассчитываться исходя из наибольших возможных значений рассмотренных параметров. Очевидный стохастический характер зависимостей внешних воздействий $f(t)$ предполагает применение для их обработки и формализации статистических методов. Поэтому для получения аналитических многопараметрических зависимостей необходимо:

- экстраполировать данные в виде нелинейных и линеаризованных регрессионных моделей с использованием матричных способов наименьших квадратов [6]:

$$\omega_s = f(\Delta t, \theta, \beta, Q), \quad (1)$$

где Δt – перепад температуры воды в теплообменнике, θ, β – температура и влажность наружного воздуха, Q – производительность насоса;

- скорректировать ее путем стабилизирующего действия обратной связи по выходной координате, то есть температуре воздуха в диктующей точке помещения.

Метод регрессионного анализа, являющийся фундаментом многих разделов теории планирования эксперимента и статистической обработки данных, используется в реальной практике проектирования АСУТП в двух основных случаях:

- когда после проведения экспериментов имеются кривые или таблицы с числовыми значениями, характеризующими изменение регистрируемых признаков (полученные таким образом массивы информации обрабатываются на ПК);

- когда непосредственно в ходе эксплуатации АСУ ПВВ сигналы, снимаемые с датчиков с определенной дискретностью, обрабатываются на управляющем нейроконтроллере.

Разработка новых систем обработки исходных экспериментальных данных прототипа относится к задачам первого случая, а их анализ на действующем объекте, корректировка и реализация нейросетевых технологий – ко второму.

Для экспериментальных данных можно использовать модель линейной регрессии в матричном виде [6]

$$Y = X \cdot a + \xi, \quad (2)$$

где Y – матрица выходных параметров системы (величины скорости вращения вентилятора, воздушного потока или температуры воздуха в помещении); X – матрица входных воздействий (температуры и влажности воздуха, температуры и подачи горячей воды); a – параметры механизма преобразований в системе; ξ – матрица помех (неучтенных факторов $f(t)$).

Техническая реализация этого преобразования может быть представлена различными структурными схемами ПВВ: прямоточной, с рециркуляцией воздуха или рекуперацией тепла.

Структуры регулируемых ПВВ-систем

При реализации ПВВ-систем поддержание температуры осуществляется по датчикам, располагаемым снаружи и в обслуживаемом помещении. Влажность может регулироваться по параметрам воздуха в помещении (прямое регулирование) или по температуре точки росы воздуха после теплообменника (косвенное регулирование).

В схеме регулирования многозональной ПВВ изменением расхода приточного воздуха до подачи в помещение производится предварительная подготовка воздуха. Далее воздух подается в помещение для ассимиляции тепла и влаги. При этом в каждое помещение подается различное количество воздуха, изменяемое системой автоматического регулирования по датчикам, расположенным в помещениях. В этой системе необходимо управлять входными/выходными заслонками в каждом помещении, независимо от состояния заслонок в других помещениях, причем приточные и вытяжные заслонки должны управляться синхронно.

В ООО "Интермодуль" в 2007 г. разработаны и внедрены системы автоматизации приточно-вытяжной вентиляции для нескольких производственно-эксплуатационных блоков компрессорных станций (КС), функциональная схема которых приведена на рис. 3.

Система, состоит из:

- микропроцессорного операционного блока, который осуществляет сбор показаний с датчиков температур, анализ и выбор режимов функционирования, формирует сигналы управления воздушными заслонками;
- комплекта зональных термостатов или зональных дистанционных пультов управления, обеспечивающих измерение текущих значений температуры в помещениях;
- байпасного клапана, имеющего различный алгоритм функционирования для обработки воздуха (нагрев, охлаждение, вентиляция).

В состав ПВВ-системы входят подсистемы приточной и вытяжной вентиляции. В техническом задании на систему ПВВ предусмотрены следующие функции:

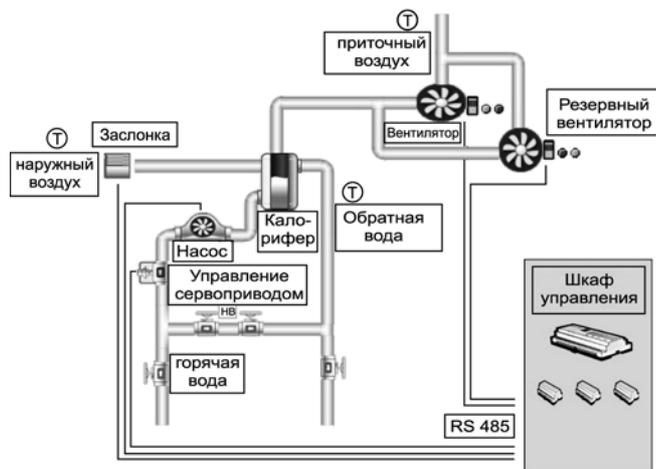


Рис. 3. Функциональная схема одной из подсистем приточной вентиляции

- дистанционный и автоматический пуск/остановка вентиляторов, сигнализация о режимах их работы;
- регулирование температуры приточного воздуха изменением теплопроизводительности воздухонагревателя, то есть управление циркуляционным насосом и регулирование сервопривода смесительного вентиля. При этом насос обеспечивает постоянную циркуляцию воды в обогревателе, а вентиль с сервоприводом – регулирование ее температуры смешиванием воды из обратного контура обогревателя с горячей водой. Чтобы во время регулирования не произошло полной остановки тока воды в тепловом контуре, узел оборудован байпасом;
- активная защита воздухонагревателя от замерзания. При падении температуры в обратном контуре ниже критической, система формирует команду на выключение вентилятора, закрытие заслонки и полное открытие смесительного вентиля для максимального напора горячей воды;
- контроль температуры наружного воздуха перед обогревателем и приточного воздуха после вентиляторов;
- контроль температуры обратного контура водяного обогревателя;
- контроль засорения воздушного фильтра посредством датчика давления;
- отключение вентиляторов и закрытие воздушных заслонок при срабатывании датчиков пожарной сигнализации, кроме той части системы приточной вентиляции, которая обеспечивает подачу воздуха в аккумуляторный цех;
- запуск резервного вентилятора при аварийном отключении основного вентилятора системы.

Для регулирования ПВВ по оптимальному режиму применен метод, позволяющий избежать повторного подогрева воздуха, для чего ТДМ меняется непрерывно по оптимальному режиму, обеспечивая наименьший расход холода и тепла. При этом косвенно учитывается взаимное влияние двух контуров регулирования: температуры и влажности.

В качестве исполнительных механизмов в системе вентиляции были использованы компоненты, произ-

водимые чешской фирмой Remak: датчики температуры типа Ni 1000 NS 120; дифференциальные датчики давления P33N; смесительные узлы SUMX 40-2,5; водяные обогреватели VO 50-25/3R; воздушные заслонки с сервоприводами LKSF 50-25/230; циркуляционные насосы UPS 25-40.

Описанная выше система регулирования ПВВ обеспечивает поддержание требуемого микроклимата в помещении. Для этого разработаны алгоритмы работы управляющих устройств по показаниям датчиков температуры, влажности, давления, величин токов, напряжения на элементах управления и т.д. Регулирование производится по величине температуры теплоносителя с уровня 30 °С. Реализация алгоритмов осуществляется исполнительными и защитными элементами (электродвигатели, клапаны, заслонки и др.).

Законы автоматического регулирования ПВВ

В замкнутой инвариантной САР ПВВ поддержание заданного значения основного регулируемого параметра (температуры воздуха в помещении) или изменение ее по определенному закону обеспечивается параметрами настройки автоматических регуляторов. В зависимости от разности между температурой уставки и измеренным значением температуры регулятор вырабатывает сигнал, воздействующий на исполнительный механизм (электропривод вентилятора). Электропривод изменяет скорость вращения вала вентилятора и интенсивность потока воздуха, при которых ошибка $\varepsilon = T_{зад} - T_{изм}$ будет стремиться к нулю.

Электропривод вентилятора является интегрирующим звеном и его влияние по возможности уменьшают, используя обратные связи. Это связано с тем, что динамические свойства участка, охваченного обратной связью, не зависят от динамических свойств прямого канала, а определяются в основном динамическими свойствами звена обратной связи. Эта особенность широко используется на практике при разработке автоматических регуляторов.

Для управления ПВВ-системами вместо традиционных ПИ-регуляторов целесообразнее использовать новые законы регулирования, основанные на "нейротехнологии и нечеткой логики" (neuro&fuzzy logic) [6], в которых в качестве модели оптимальных режимов используется нейронная система. Данный способ заключается в использовании PMV-параметров (Predicted Mean Voice – предсказанное усредненное голосование), определяющих для человека комфорт окружающей среды по статистической величине индексов дискомфорта D_n .

По нейротехнологии ПВВ-система в результате систематизации опытных данных нескольких вариантов измерений температуры в помещении автоматически выбирает режим, наиболее предпочтительный для людей, пользующихся системой. Величины D_n отражают уровни различных факторов, от значения которых зависит комфорт человека: температура, влажность, интенсивность воздушных потоков, тип одежды (летняя/зимняя) и др. Ощущение теплоты или прохлады является

следствием не только температуры воздуха, но его влажности. Температура воздуха 26 °С и влажность 50...60 % считаются комфортными летом, тогда как температура 22 °С будет комфортной зимой. Однако даже температура 29 °С будет находиться в зоне комфортности, если влажность составляет 50 %.

Для оценки совместного влияния температуры и влажности на ощущение дискомфорта D_n от 70...90, введены уровни нечеткой логики: ≤ 70 – комфортно; 70...75 – некоторые люди чувствуют себя некомфортно; 75...80 – половина людей чувствуют себя некомфортно; 80...85 – некомфортно всем; ≥ 86 – невыносимый дискомфорт.

Такой подход хорошо реализуется в нечетких логических регуляторах (НЛР), которые предпочтительны перед традиционными ПИ-регуляторами при обработке очень сложных нелинейных процессов высоких порядков или экспертных (лингвистически сформулированных) данных, так как нечеткая логика оперирует не цифровыми, а лингвистическими понятиями:

- фаззификация – преобразование множества значений аргумента (x) в некоторую функцию принадлежности $M(x)$, то есть перевод значений (x) в нечеткий формат;
- дефаззификация – процесс обратный фаззификации.

ПВВ-система с НЛР работает по следующему принципу: показания измерительных приборов сначала фаззифицируются (переводятся в нечеткий формат), обрабатываются, дефаззифицируются и в виде обычных сигналов подаются на исполнительные устройства (вентиляторы, задвижки). Поэтому скорость вращения вентилятора (а, следовательно, и его производительность) будет меняться в соответствии со значением функций принадлежности: малая – 37 Гц; средняя – 62 Гц; большая – 87 Гц; очень большая – 115 Гц. Таким образом, найдя лингвистическим методом суммарную функцию принадлежности, после дефаззификации можно перейти к четкому значению выходной частоты вращения вентилятора.

Микроконтроллер, реализующий нечеткую логику, содержит в своем составе следующие составные части: блок фаззификации, базу знаний, логическое устройство, блок дефаззификации [6]. Поддерживаемая температура в помещении находится на уровне минимального допуска, благодаря чему снижается энергопотребление. Таким образом, управление ПВВ-системой с НЛР обеспечивает:

- изменение температуры в соответствии с санитарными нормами (отсутствие резкого перепада температур в помещении, поддержание допустимой скорости потока воздуха и др.);
- установку необходимой теплопроизводительности;
- выбор режима работы и уставку температуры по температуре и влажности в помещении;
- выбор оптимального (комфортного) распределения и интенсивности потока воздуха;
- минимальное время выхода на заданный режим;
- уменьшение расхода электроэнергии на 20...40 %.

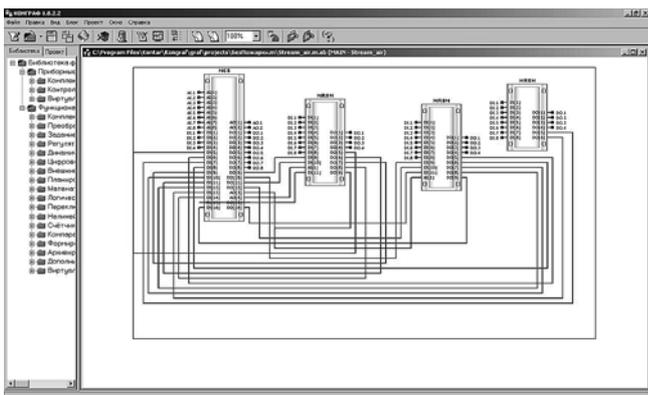


Рис. 4. Вид системы автоматического управления в среде разработки Конграф

Программное обеспечение АСУ системой ПВВ

Техническим заданием предусмотрено, что АСУ ПВВ помещений КС должна соответствовать общему высокому уровню требований к основным объектам КС и обеспечивать комфортные условия обслуживающему персоналу. Специфика функционирования станций контроля и управления газопроводов выдвигает ряд специальных требований к эксплуатации систем зданий, расположенных на территории КС. Поэтому, например, при срабатывании датчиков пожарной сигнализации одна часть системы ПВВ должна быть полностью обесточена, и все воздушные заслонки закрыты, а другая часть, подающая воздух в аккумуляторную, должна оставаться в рабочем состоянии.

Работа системы в автоматическом режиме реализована с помощью процедурного алгоритма, записанного в память ПЛК MC8, трех релейных модулей MR8 и интерфейса связи RS-485 между контроллером и исполнительными механизмами, входящими в ПВВ-систему. Конструктивно это устройство выполнено в виде разработанного в ООО "Интермодуль" шкафа Prisma Plus, который содержит ПЛК, релейные модули, блоки питания Telemecanique и др. Программирование контроллера производится в графической среде Конграф с помощью функциональных блоков.

Принципиальная схема АСУ ПВВ в среде Конграф показана на рис. 4. Реальные аналоговые и дискретные входы контроллера и релейных блоков обозначены красными прямоугольниками, а зеленые линии – виртуальные входы/выходы, передающие команды по интерфейсу RS-485. Реальные входы/выходы контроллера подключаются к исполнительным механизмам системы. Внутренняя логика релейных блоков MR8 представлена на рис. 5.

Заключение

Автоматизация системы приточно-вытяжной вентиляции помещений КС, обеспечивающая комфорт-

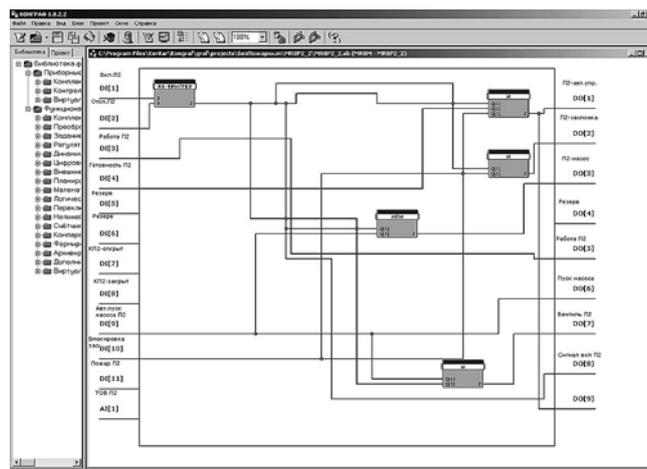


Рис. 5. Внутренняя логика релейного модуля MR8 в среде Конграф

ные условия персоналу и учет жестких требований эксплуатации, позволяет значительно улучшить технические характеристики системы климатики производственных зданий КС газопроводов и снизить затраты электроэнергии. В настоящее время эта система успешно функционирует в нескольких производственно-эксплуатационных блоках КС магистрального транспорта газа. При проектировании и внедрении АСУ ПВВ-системы были использованы современные технические средства автоматизации и инновационные алгоритмы, регрессионные инвариантные модели и нейротехнологии с нечеткими контроллерными процедурами. Диспетчерский и эксплуатирующий персонал КС позитивно оценивают потребительские характеристики системы, надежность и простоту ее эксплуатации.

Список литературы

1. Захаров П.А., Киянов Н.В., Крюков О.В. Системы электрооборудования и автоматизации для эффективного транспорта газа // Автоматизация в промышленности. 2008. №6.
2. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
3. СТО Газпром 2-1.9-126-2007. Положение по сервисному обслуживанию систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха на объектах ОАО "Газпром".
4. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007.
5. Нимич Г.В. Общие положения автоматического управления системами кондиционирования и вентиляции // СОК. 2005. №7.
6. Крюков О.В., Киянов Н.В. Электрооборудование и автоматизация водооборотных систем предприятий с вентиляторными градирнями: монография // НГТУ. Нижний Новгород. 2007.

Киянов Николай Викторович – генеральный директор,

Крюков Олег Викторович – канд. техн. наук, директор по развитию,

Лебедева Анастасия Александровна – инженер-программист отдела АСУ ООО "Интермодуль".

Контактные телефоны: (831) 4-284-183; 4-289-203; 2-784-781; 2-784-808.

Http: www.intermodul.ru E-mail: o.kryukov@intermodul.nnov.ru