

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в одном из номеров журнала "Автоматизация в промышленности" рассматриваются вопросы построения интеллектуального здания. В этом году поговорим об особенностях автоматизации климатических систем зданий и сооружений: кондиционирования и холодоснабжения, отопления и вентиляции.

Отдельные приемы организованной вентиляции закрытых помещений применялись еще в древности. Вентиляция помещений до начала XIX века сводилась, как правило, к естественному проветриванию. Теорию естественного движения воздуха в каналах и трубах создал М.В. Ломоносов, а в 1795 г. В.Х. Фрибе впервые изложил основные положения, определяющие интенсивность воздухообмена в отапливаемом помещении сквозь неплотности наружных ограждений, дверные проемы и окна, положив этим начало учению о нейтральной зоне.

В начале XIX в. получает развитие вентиляция с тепловым побуждением приточного и удаляемого из помещения воздуха. С появлением центробежных вентиляторов технология вентиляции помещений быстро совершенствуется. Первый успешно работавший центробежный вентилятор был предложен в 1832 г. А.А. Саблуковым. В 1835 г. этот вентилятор был применен для проветривания Чагирского рудника на Алтае и предложен для

вентиляции помещений, трюмов кораблей, для ускорения сушки, испарения и т. д. (ru.wikipedia.org).

Сегодня трудно представить себе любое современное офисное, промышленное или жилое помещение, общественный или специализированный транспорт без систем вентиляции и кондиционирования. Климатические системы присутствуют во всех сферах жизни и деятельности современного человека, что нашло отражение в материалах наших авторов. В номере затронуты следующие направления, связанные с автоматизацией климатических систем:

- особенности проектирования и реализации систем автоматизации кондиционирования и вентиляции (авт. *Гордиенко А.С.; Киянов Н.В. и др.*);
- системы климат-контроля блок-боксов и распределительных шкафов (авт. *Сельченков В.Л.; Маге М.*);
- программно-технические средства для реализации автоматизированных климатических систем (авт. *Аблин И.Е.; Ермолаев Г.Ю.; Сапунов А.В.*);
- примеры реализованных проектов по автоматизации климатических систем (Раздел "Применение средств автоматизации": авт. *Хаванский О.В. и Тихонов А.Б.; Обтовка О.В.; Beckhoff*);
- об автоматизации деятельности управляющей компании в сфере ЖКХ (авт. *Высокинский Д.Г. и Платонов А.М.*)

ТИПОВЫЕ ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ И МЕТОДЫ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

А.С. Гордиенко (ООО "ИВИК")

Рассмотрены основные технологические функции управления систем кондиционирования и вентиляции: контроль и регистрация параметров; оперативное и программное управление; функции защиты и блокировки; регулирующие функции. Приведены рекомендации по практической реализации этих функций в системах автоматики.

Ключевые слова: система кондиционирования и вентиляции, система автоматического управления, контроль и регистрация параметров, защиты и блокировки, микропроцессорные контроллеры.

Одной из основных составляющих современных систем кондиционирования и вентиляции (СКВ) является средства и системы автоматики. Они реализуют различные функции управления, которые должны, с одной стороны, обеспечить поддержание требуемого микроклимата в обслуживаемом помещении, а с другой — экономичную и надежную работу технологического оборудования. Диапазон функций управления, выполняемых системами автоматики, по уровню и сложности реализации довольно широк от простого включения/выключения до централизованного управления климатическим или всем инженерным оборудованием здания. Последние функции обычно реализуют в системах диспетчеризации (SCADA) [1], и в настоящей статье они не рассматриваются.

Основные технологические функции управления СКВ, как правило, реализуются на уровне отдельных установок с помощью систем автоматического управления (САУ). В основу функционирования систем

автоматического управления СКВ, как и любой системы управления, положен принцип обратной связи: выработка управляющих воздействий на основе информации об объекте, полученной с помощью датчиков, установленных на объекте.

Каждая конкретная САУ разрабатывается исходя из заданной технологии обработки входного потока воздуха. Это могут быть простые вентиляционные системы или центральные кондиционеры в сочетании с автономными устройствами (осушители, автономные кондиционеры, увлажнители).

В случае применения автономных устройств или комплектов технологических установок обработки воздуха САУ поставляются уже встроенными в оборудование и уже с заложенными определенными функциями управления, которые обычно подробно описываются в технической документации. В этом случае наладка, сервисное обслуживание и эксплуатация таких систем управления должны произво-

даться в точном соответствии с указанной документацией.

Если САУ требует разработки для конкретной технологической схемы и оборудования с инсталляцией в него средств автоматики других фирм – производителей, то определение оптимальной программы и конкретных функций управления должно вестись совместно специалистами по кондиционированию и вентиляции и специалистами по автоматизации. При таком подходе учитываются как требования к системе автоматизации, так и к автоматизируемому объекту.

Анализ технических решений современных СКВ передовых фирм – производителей климатического оборудования показал, что управляющие функции можно условно разделить на две категории. Первая объединяет функции управления, определяемые технологией и оборудованием обработки воздуха. Вторая – дополнительные функции, которые большей частью являются сервисными, представляются как ноу-хау фирм и здесь не рассматриваются.

Технологические функции управления СКВ практически неизменны, то есть являются типовыми и различаются в основном способом реализации, а следовательно, качеством и надежностью работы. Большинство этих функций определяется требованиями, предъявляемыми к САУ нормативными документами (СНиП, ПУЭ, ГОСТ и др.), среди которых основными являются СНиП 3.05.07-85 "Системы автоматизации" и СНиП 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование".

В общем виде основные технологические функции управления СКВ могут быть разделены на группы (рис. 1): контроль и регистрация параметров; оперативное и программное управление; функции защиты и блокировки; регулирующие функции. Рассмотрим указанные функции более подробно.

Контроль и регистрация параметров

В соответствии с п. 9.7 СНиП 2.04.05-91 обязательными параметрами контроля являются:

- температура и давление в подающем и обратном трубопроводах и на выходе каждого теплообменника;
- температура воздуха наружного, рециркуляционного и приточного после теплообменника, а также температура и относительная влажность (при ее регулировании) в помещении в системах кондиционирования.

Другие параметры в системах вентиляции и кондиционирования контролируются по требованию технических условий на оборудование или по условию эксплуатации.

Дистанционный контроль предусматривают для измерения основных параметров технологического процесса или параметров, задействованных в реализации других функций управления. Такой контроль осуществляется с помощью датчиков и измерительных преобразователей с выводом (при необходимос-

Не мешай никому греться на солнце, когда ему холодно, и прохладиться в тени, когда ему жарко.

Шарль де Костер

ти) измеренных параметров на индикатор или экран управляющего прибора.

Для измерения других параметров обычно используют местные (переносные или стационарные) приборы – показывающие термометры, манометры или термоманометры.

Применение местных контролирующих приборов не нарушает основной принцип систем управления – принцип обратной связи. В этом случае он реализуется с помощью человека (оператора или обслуживающего персонала).

Регистрацию основных параметров следует предусматривать только по технологическим требованиям.

Оперативное и программное управление

Последовательность пуска. Для обеспечения нормального пуска системы кондиционирования или вентиляции следует учитывать:

- *предварительное открытие воздушных заслонок* до пуска вентиляторов. Эта функция выполняется в связи с тем, что не все заслонки в закрытом состоянии могут выдержать перепад давлений, создаваемый вентилятором, а время полного открытия заслонки электроприводом доходит до 2 мин.;
- *разнесение моментов запуска электродвигателей.*

Если одновременно запустить вентиляторы, холодильные машины и другие приводы, то из-за большой нагрузки на электрическую сеть здания вследствие больших пусковых токов сильно упадет напряжение, и электродвигатели могут не запуститься. Поэтому запуск электродвигателей (особенно большой мощности) необходимо разносить по времени;

- *предварительный прогрев калорифера.* Если включить кондиционер, не прогрев водяной калорифер, то при низкой температуре наружного воздуха может сработать защита от замораживания (см. функции защиты и блокировки). Поэтому при включении кондиционера необходимо открыть заслонки приточного воздуха, открыть клапан водяного калорифера и прогреть калорифер. Как правило, эта функция включается при температуре наружного воздуха < 12 °С.

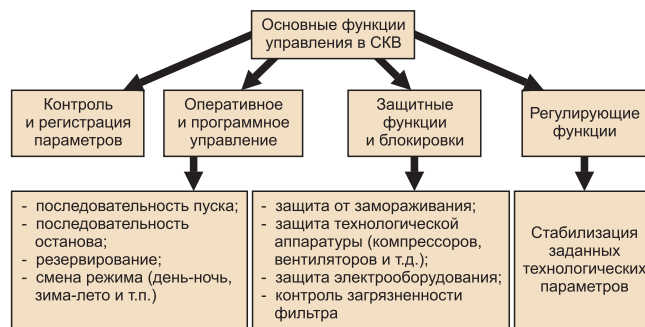


Рис. 1. Основные технологические функции управления СКВ

Последовательность останова. При отключении системы следует учитывать:

- *задержку останова вентилятора приточного воздуха* в установках с электрокалорифером. После снятия напряжения с электрокалорифера следует охладить его некоторое время, не выключая вентилятор приточного воздуха. В противном случае нагревательный элемент калорифера (тепловой электрический нагреватель – ТЭН) может выйти из строя;

- *задержку выключения холодильной машины.* При выключении холодильной машины хладагент сосредоточится в самом холодном месте холодильного контура, то есть в испарителе. При последующем пуске возможен гидроудар. Поэтому перед выключением компрессора сначала закрывается клапан, устанавливаемый перед испарителем, а затем при достижении давления всасывания 2,0...2,5 бар компрессор выключается. Вместе с задержкой выключения компрессора производится задержка выключения приточного вентилятора.

Резервирующие и дополняющие функции закладываются при работе в схеме нескольких одинаковых функциональных модулей (электрокалориферов, испарителей, холодильных машин), когда в зависимости от затребованной производительности включаются один или несколько элементов. Для повышения надежности устанавливаются резервные вентиляторы, электронагреватели, холодильные машины. При этом периодически (например, через 100 ч) основной и резервные элементы меняются функциями, выравнивая таким образом их время наработки.

Немаловажное значение имеют функции программного управления, такие как смена режимов "зима-лето" и "день-ночь". Особенно актуальна реализация этих функций в современных условиях дефицита энергетических ресурсов. В нормативных документах (СНиП 2.04.05-91, п.9.11) выполнение этой функции носит рекомендательный характер – "для общественных, административно-бытовых и производственных зданий следует, как правило, предусматривать программное регулирование параметров, обеспечивающее снижение расхода теплоты".

В простейшем случае эти функции предусматривают или вообще отключение СКВ в определенный момент времени, или снижение (повышение) заданного значения регулируемого параметра (например, температуры) в зависимости от периода суток ("день-ночь") или изменения тепловых нагрузок в обслуживаемом помещении.

Более эффективным, но и более сложным в реализации, является программное управление, предусматривающее автоматическое изменение структуры СКВ и алгоритма ее функционирования не только в традиционном режиме "зима-лето", но и в переходных режимах. Анализ и синтез структуры СКВ и алгоритма ее функционирования обычно производится на основе их термодинамической модели [1]. При этом основной мотивацией и критерием оптимизации, как правило,

является стремление обеспечить, возможно, минимальное потребление энергии при ограничениях на капитальные затраты, габариты и т.д.

Защитные функции и блокировки

Защитные функции и блокировки общие для систем автоматики и электрооборудования (защита от короткого замыкания, перегрева, ограничения перемещения и т.п.) оговорены межведомственными нормативными документами. Такие функции, обычно, реализуются отдельными аппаратами (предохранителями, устройствами защитного отключения, конечными выключателями и т.д.). Их применение регламентируется правилами устройства электроустановок (ПУЭ), нормативными правовыми актами по охране труда (НПА ОП) и правилами пожарной безопасности (ППБ).

Защита от замерзания

Функция автоматической защиты от замерзания должна быть предусмотрена в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода $\leq -5^\circ\text{C}$ (СНиП 2.04.05-91, п. 9.18). Защите подлежат теплообменники первого подогрева и рекуператоры.

Причиной возможного замерзания воды в трубах является ламинарное движение воды при отрицательной температуре наружного воздуха и переохлаждению воды в аппарате. При диаметре трубки теплообменника $d_{mp} \leq 2,2$ см и скорости воды $< 0,1$ м/с скорость воды у стенки практически равна нулю, и вследствие малого термического сопротивления трубки температура воды у стенки приближается к температуре наружного воздуха. Особенно подвержена замерзанию вода в первом ряду трубок со стороны потока наружного воздуха.

Выделим три основных фактора, способствующих замерзанию воды:

- ошибки, допущенные при проектировании и связанные с завышенной поверхностью нагрева, обвязкой по теплоносителю и способом управления;
- превышение температуры горячей воды и, как следствие, резкое снижение скорости движения воды, из-за чего создается опасность замерзания воды в теплообменнике;
- опасность замерзания в нерабочее время при перетекании холодного воздуха из-за негерметичности клапана наружного воздуха и при полном закрытии плунжера водяного клапана.

Обычно защита от замерзания теплообменников выполняется на базе датчиков или датчиков-реле температуры воздуха и температуры теплоносителя в обратном трубопроводе.

Опасность замораживания прогнозируют по температуре воздуха перед аппаратом ($t_n < 5^\circ\text{C}$) и с одновременным понижением температуры охлажденной воды, например, $t_{w \text{ min}} < 20^\circ\text{C}$. При достижении указанных значений полностью открывают клапаны и останавливают приточный вентилятор.

В нерабочее время для систем с защитой от замерзания клапан должен оставаться приоткрытым (5...25 %)

при закрытой заслонке наружного воздуха. Для большей надежности защиты при отключенной системе иногда реализуют функцию автоматического регулирования (стабилизации) температуры воды в обратном трубопроводе.

Алгоритмы и средства технической реализации функции защиты от замерзания весьма многообразны, что даже в последнее время вызвало бурную дискуссию среди специалистов [2].

Защита технологической аппаратуры и электрооборудования

Контроль загрязненности фильтра. Контроль загрязненности фильтра оценивается падением давления на нем, которое измеряется дифференциальным датчиком давления. Датчик измеряет разность давлений воздуха до и после фильтра. Допустимое падение давления на фильтре указывается в его паспорте (обычно 150...300 Па). Эта разность устанавливается при наладке системы на дифференциальном датчике (уставка датчика). При достижении уставки от датчика поступает сигнал о предельной запыленности фильтра и необходимости его обслуживания или замены. Если в течение определенного времени (обычно 24 ч) после выдачи сигнала предельной запыленности фильтр не будет очищен или заменен, необходимо предусмотреть аварийную остановку системы.

Аналогичные датчики устанавливаются на вентиляторах. Если выйдет из строя вентилятор или ремень привода вентилятора, то система должна быть остановлена в аварийном режиме.

Защиты и блокировки электрического калорифера. Особые меры защиты и блокировок необходимы при использовании в системах вентиляции и кондиционирования электрического калорифера.

Если при низкой температуре наружного воздуха полной мощности электрического калорифера для поддержания заданной температуры недостаточно, то снижается производительность (скорость вращения) вентиляторов. Следует помнить, что при снижении скорости вращения вентиляторов количество поступившего в помещение воздуха может не соответствовать требованиям санитарных норм. Однако это позволяет обеспечить работу центрального кондиционера до температуры наружного воздуха -20...25 °С.

Кроме того, при отсутствии потока воздуха электрокалорифер выйдет из строя через 10...15 с, что недопустимо. Поэтому для защиты электрокалорифера при отсутствии потока воздуха необходимо его отключение по команде датчика потока или блокирование его работы при неработающем вентиляторе.

В калориферах, как правило, устанавливают еще две ступени защиты:

- первая ступень – защита от перегрева с самовозвратом (температура срабатывания 50 °С);
- вторая ступень – защита от возгорания с ручным возвратом (температура срабатывания 150 °С).

Первая ступень срабатывает обратимо, то есть после того, как температура воздуха за электрокалори-

фером снизится до 40 °С, калорифер включается снова. Но если такое выключение случится несколько раз в течение определенного времени (например, 1 ч), то необходимо аварийное отключение системы. При срабатывании второй ступени система должна отключиться, включить ее повторно можно только вручную после устранения неисправности.

Кроме того, *автоматические блокировки* регламентированы для:

- открывания/закрывания клапанов наружного воздуха при включении/отключении вентиляторов (СНиП 2.04.05-91, п. 9.13а);
- открывания/закрывания клапанов систем вентиляции, соединенных воздухопроводами для полной или частичной взаимозаменяемости при выходе из строя одной из систем (СНиП 2.04.05-91, п. 9.13б);
- закрывания клапанов систем вентиляции для помещений, защищаемых установками газового пожаротушения при отключении вентиляторов систем вентиляции этих помещений (СНиП 2.04.05-91, п. 9.13в);
- обеспечения минимального расхода наружного воздуха в системах с переменным расходом (СНиП. 2.04.05-91, п. 9.15) и др.

Регулирующие функции

Регулирующие функции – автоматическое поддержание заданных параметров являются основными по определению (СНиП 2.04.05-91, п.9.11) для систем воздушного отопления, приточной и вытяжной вентиляции, работающей с переменным расходом, рециркуляцией воздуха, систем кондиционирования, холодоснабжения и местного увлажнения воздуха в помещениях. При этом для систем кондиционирования пунктом 9.20. указанного документа оговаривается точность поддержания параметров воздуха (если отсутствуют специальные требования), которая составляет в точках установки датчиков $\pm 1^\circ\text{C}$ по температуре и $\pm 7\%$ по относительной влажности.

Эти функции выполняются с помощью замкнутых контуров регулирования, в которых принцип обратной связи присутствует в явном виде: информация об объекте, поступающая от датчиков, преобразуется регулирующими устройствами в управляющие воздействия.

Таким образом, построение системы автоматического регулирования на основании требований к точности и другим параметрам ее работы (устойчивости, колебательности и др.) сводится к выбору ее структуры и элементов, а также к определению параметров регулятора. Обычно это выполняется специалистами по автоматизации с использованием классической теории автоматического регулирования [3]. Отметим только, что параметры настройки регулятора определяются динамическими свойствами объекта управления и выбранным законом регулирования.

Динамические свойства большинства объектов управления СКВ с достаточной для практической реализации точностью могут быть описаны апериодическим звеном первого порядка с небольшим запаз-

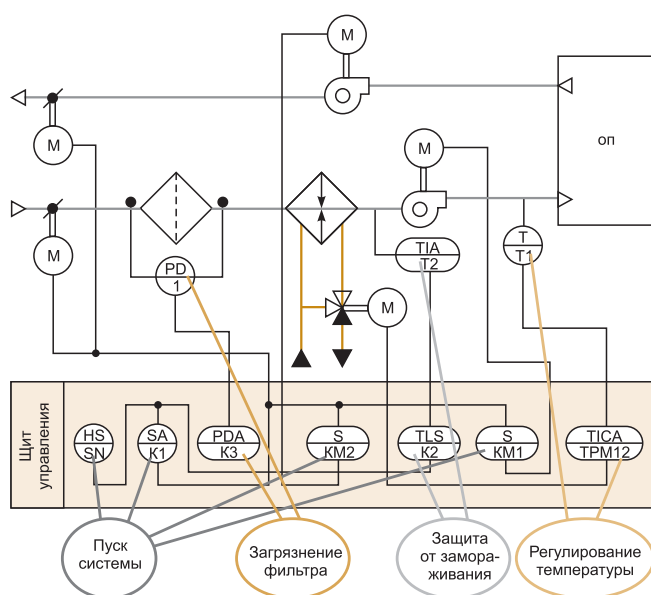


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации приточно-вытяжной вентиляции на базе релейно-контакторной аппаратуры и измерителя-регулятора температуры

дыванием. Поэтому, обеспечение требуемых показателей точности легко достигается применением типовых (П-, ПИ- или ПИД-) законов регулирования.

В некоторых случаях, при невысоких требованиях к точности регулирования, до сих пор широко используют в виду их простоты и надежности позиционные регуляторы, естественно, выполненные на современной элементной базе. Например, при регулировании температуры (термостаты), давления (прессостаты), других параметров состояния процесса, а также в системах автоматической защиты и блокировок [1].

Комплексная реализация функций управления

Способ реализации функций управления в системах автоматики обычно определяется общим уровнем развития элементной базы. До 90-х годов XX века в промышленности (в том числе и в СКВ) доминировал принцип "аппарат – функция". Его суть заключалась в том, что конкретную функцию в локальных системах автоматики реализовало конкретное устройство, выполненное, как правило, на базе релейно-контакторной аппаратуры.

Такие схемные решения встречаются и в настоящее время в простейших системах приточно-вытяжной вентиляции. На рис. 2 представлена функциональная схема автоматизации приточно-вытяжной вентиляции на базе релейно-контакторной аппаратуры и измерителя-регулятора температуры. Главную регулируемую функцию в этой системе выполняет одноканальный регулятор TPM12 (компания ОВЕН, Россия), функцию защиты от замораживания – термостат T2 и промежуточное реле K2, а контроль загрязнения фильтра – дифференциальное реле давления PD и промежуточное реле K3. Разработка таких

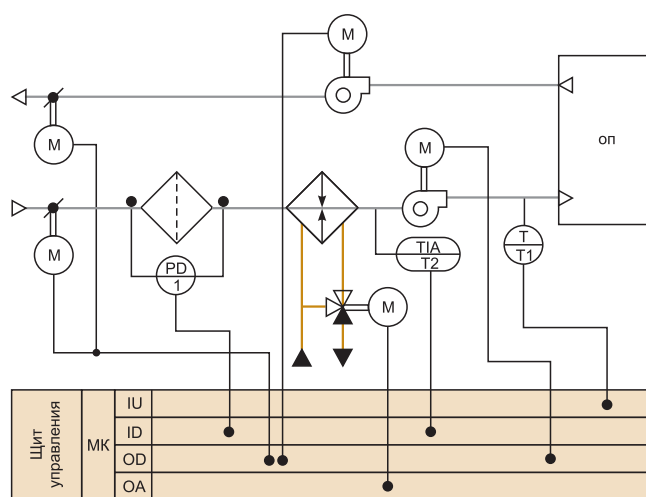


Рис. 3. Функциональная схема автоматизации приточно-вытяжной вентиляции на базе МК

схем, их монтаж и наладка требуют определенных знаний и навыков работы в области схемотехники.

Реализация более сложных систем управления по такому принципу построения в настоящее время практически не осуществляется. Современные САУ в качестве средств управления используют, как правило, электронные цифровые устройства на базе микропроцессоров. По своим техническим возможностям эти устройства позволяют обеспечить управление множеством параметров: пуск/останов отдельных технологических аппаратов и всей системы в целом, блокировка и защита оборудования в аварийных ситуациях, индикация, переход с режима на режим и т. д. При использовании микропроцессорных устройств в большинстве случаев исключается необходимость применения таких элементов автоматики, как реле, преобразователи, переключатели, счетчики, индикаторы, измерительные приборы и т. п. Это в свою очередь позволяет:

- повысить точность поддержания регулирующих параметров и надежность работы системы;
- уменьшить габариты средств управления;
- упростить монтаж и сократить сроки его выполнения;
- облегчить эксплуатацию системы.

В ряде случаев за счет перечисленных достоинств можно уменьшить фактическую стоимость средства автоматики с учетом капитальных и эксплуатационных затрат.

Функциональная схема (рис. 3) автоматизации приточно-вытяжной вентиляции на базе микропроцессорного контроллера (МК) наглядно показывает упрощение схемных решений. Все аппараты и устройства, установленные на объекте, соединены с МК по определенному принципу:

I – входные сигналы (от датчиков и преобразователей);

O – выходные сигналы (на исполнительные механизмы и регулирующие органы);

D – дискретный (импульсный) сигнал;
A – аналоговый (непрерывный) сигнал.

Многие микропроцессорные контроллеры оснащены универсальными входами – IU, которые позволяют подключать датчики и преобразователи с любым видом выходного сигнала (датчики-реле, термосопротивления, унифицированные сигналы 0...10В, 4...20 мА и т.п.). Выбор типа необходимого сигнала производится при программировании или настройке МК.

Рис. 4 демонстрирует снижение габаритов устройств управления при применении МК – один типоразмер щита управления для простой системы приточной вентиляции с одним калорифером на базе релейно-контакторной аппаратуры (а) и для центрального кондиционера с роторным рекуператором на базе управляющего микропроцессорного контроллера (б).

Реализация требуемых функций управления при применении МК осуществляется с помощью программ, разработанных и записанных в память контроллера на основе технологического регламента для данной функциональной и аппаратной схемы обработки воздуха. Метод инсталляции таких программ в МК определяется типом последнего.

Из классификации МК, специализированных для СКВ [4], по этому признаку следует выделить три вида управляющих контроллеров: жестко запрограммированные, программно конфигурируемые и свободно программируемые контроллеры.

В первых двух видах МК стандартные функции управления заложены (запрограммированы) изготовителем с жесткой привязкой к одной или нескольким (программно выбираемым) технологическим схемам обработки воздуха. Конфигурация таких контроллеров в части активизации предусмотренных функций управления для типовых, часто встречающихся в инженерной практике систем или настройки их параметров осуществляется с помощью встроенной панели управления со светодиодным (обычно цифровым) либо ЖК дисплеем. Усовершенствовать алгоритм или добавить новую функцию управления в таких МК невозможно.

Наибольшие возможности по реализации требуемых функций управления и удобного сервиса при эксплуатации обеспечивают свободно программируемые контроллеры. Такие контроллеры могут работать только в составе программно-аппаратных комплексов, включающих:

- непосредственно контроллеры с сопутствующим оборудованием, часть памяти которых выполнена на основе электрически перепрограммируемого запоминающего устройства, с доступом через последовательный порт для программирования;
- ПО, предоставляющего среду разработки управляющих алгоритмов в виде мнемосхем, содержащих функциональные блоки различной сложности, соединенные линиями функциональных связей.

Принцип программирования таких контроллеров схематически показан на рис. 5 на примере МК серии MN и ПО VisiSat фирмы Satchwell (Великобритания).

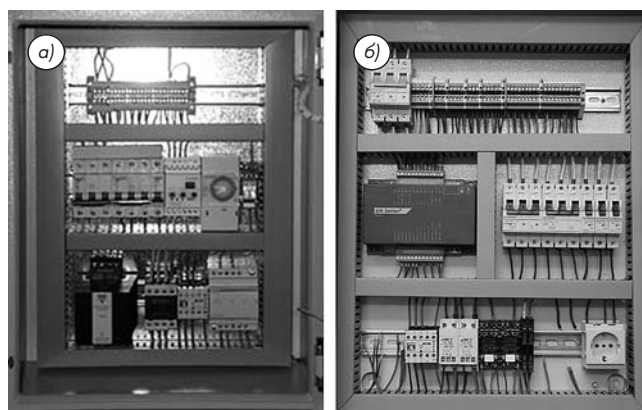


Рис. 4. Щиты автоматического управления: а) приточной вентиляции с одним калорифером на базе релейно-контакторной аппаратуры; б) центральным кондиционером с роторным рекуператором на базе управляющего МК

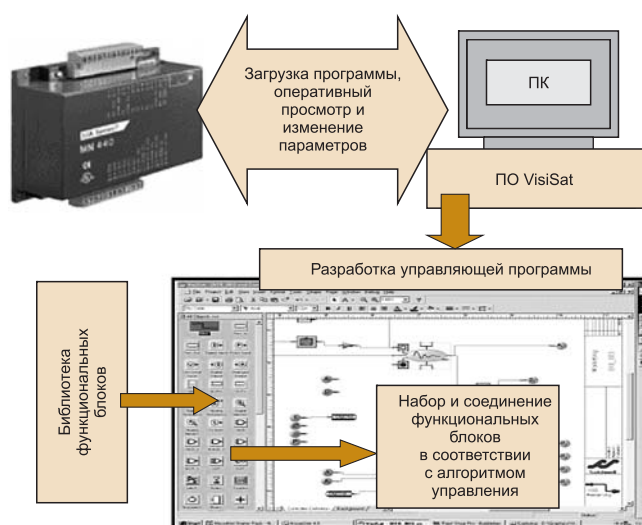


Рис. 5. Принцип свободного программирования контроллеров на примере МК серии MN и ПО VisiSat фирмы Satchwell

Данный подход позволяет квалифицированному инженеру, специализирующемуся на конкретных типах управляемых систем (например, системах вентиляции) и не знакомому с профессиональными языками программирования, создавать собственноручно требуемые алгоритмы управления оборудованием без инженера-программиста. Среда разработки автоматически переводит созданный в графическом виде алгоритм в язык машинных кодов, специфичный для конкретного контроллера, и осуществляет загрузку готового исполняемого кода в контроллер.

Библиотека функциональных блоков обычно включает как стандартные (арифметические действия, логика, виды входов и выходов и т.д.), так и специфические для СКВ (вычисление энтальпии, запуск вентиляторов и насосов и т.п.) функции. Задача разработчика состоит в переносе требуемых блоков на рабочее поле МК и их соединение между собой и с входами/выходами контроллера в соответствии с требуемым алгоритмом управляющей функции. При этом недопустимые соединения программа не разре-

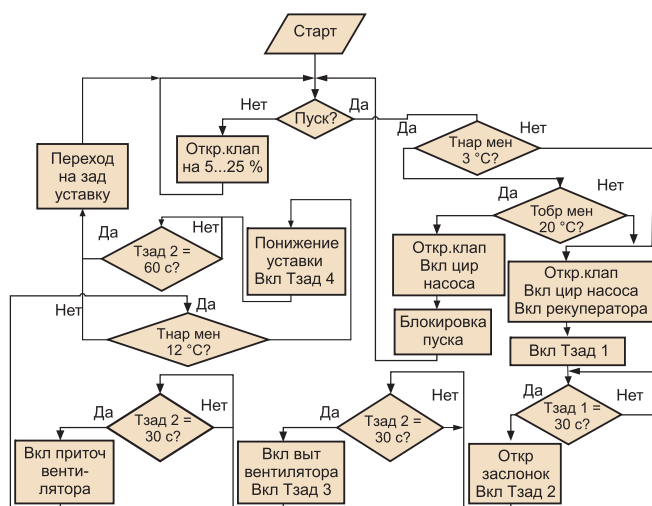


Рис. 6. Схема алгоритма последовательности пуска центрального кондиционера с роторным рекуператором

шит или выдаст сообщение об их невозможности. В большинстве программ предусмотрен режим симуляции работы созданного алгоритма с целью проверки правильности функционирования и выявления ошибок без подключения к контроллеру.

Существует определенная методологическая последовательность разработки управляющих программ, особенно на стадии освоения ПО для выбранного МК. Рассмотрим пример разработки программы пуска центрального кондиционера с роторным рекуператором. Обычно начинают со словесного описания технологического регламента. Для выбранной функции это будет выглядеть так:

- определение опасности замораживания по температуре наружного воздуха ($t_{нар} < 5\text{ °C}$) с одновременным понижением температуры воды в обратном трубопроводе ($t_{обр\ min} < 20\text{ °C}$). При достижении указанных значений полностью открывают клапаны, включают циркуляционный насос и пуск кондиционера блокируется. В нерабочее время клапан остается приоткрытым (5...25 %) при закрытой заслонке наружного воздуха;

- открытие трехходового регулирующего клапана калорифера и пуск роторного рекуператора;

- через 30...60 с открытие воздушных заслонок;

- через 30...60 с включение вытяжного вентилятора для прогреть ротора рекуператора теплым вытяжным воздухом;

- через 30...60 с включение приточного вентилятора и работа кондиционера на повышенной уставке с постепенным ее снижением в течение заданного интервала времени при температуре наружного воздуха $< 12\text{ °C}$.

Далее необходимо составить схемы алгоритма (рис. 6) с выделением конкретных действий и логических операций в замкнутом цикле. Например, первым действием должна быть команда на пуск кондиционера. Если такая команда поступила, то производится сравнение температуры наружного воздуха и температуры воды в обратном трубопроводе с заданными ограничивающими значениями этих показателей. При отсутствии угро-

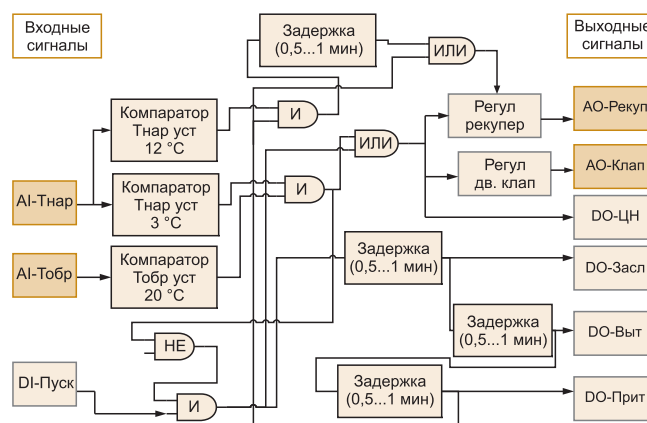


Рис. 7. Функциональная реализация алгоритма последовательности пуска центрального кондиционера с роторным рекуператором

зы замораживания выполняются дальнейшие действия по технологическому регламенту пуска: полное открытие клапанов и включение роторного рекуператора на максимальную скорость и т.д. Таким образом, в схему алгоритма включаются все возможные сочетания условий и их последствий в соответствии с регламентом.

Уже наличие такой схемы алгоритма позволяет специалисту, имеющему определенный опыт и навыки работы, набирать программу на рабочем поле МК. Специалисту, только осваивающему методику программирования, целесообразно предварительно составить функциональную реализацию алгоритма (рис. 7):

- определить какие входные/выходные сигналы должны быть задействованы в МК для реализации программируемой функции (например, в примере должны быть задействованы входные сигналы – датчики температуры наружного воздуха и температуры воды в обратном трубопроводе, а также дискретный сигнал пуска кондиционера);

- суммируя все входные/выходные сигналы по всем реализуемым функциям управления сделать правильный выбор типоразмера МК для проектируемой системы управления;

- определить, какие функциональные блоки для реализации программируемой функции необходимы и как они должны быть соединены между собой и с входами/выходами микроконтроллера.

Затем следует ознакомиться с библиотекой функциональных блоков, предусмотренных в ПО выбранного контроллера, найти необходимые, изучить особенности их работы и настройки. После этого набор программы на рабочем поле МК обычно не представляет особых трудностей. Что касается графического изображения функциональных блоков, то в большинстве ПО оно выполнено в виде прямоугольника с надписью названия функции ("задание", "и", "или", "ПИ-регулятор", "задержка" и т.д.), что упрощает набор и чтение такой программы. На рис. 8 показан пример программы алгоритма последовательности пуска центрального кондиционера, набранного на рабочем поле МК (комплекс "КОНТАР", МЗТА, Россия).

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-

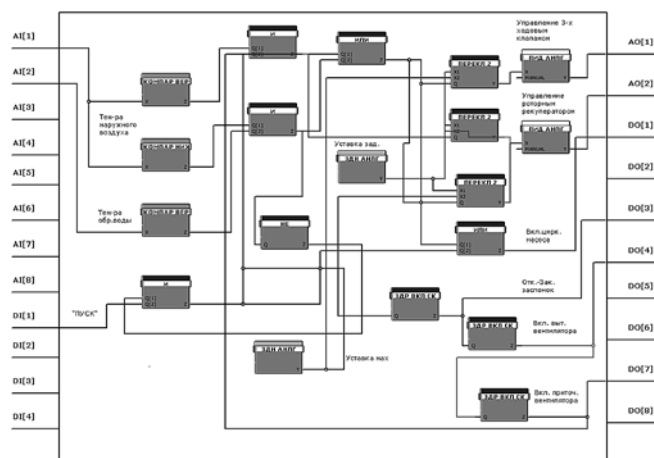


Рис. 8. Пример программы алгоритма последовательности пуска центрального кондиционера, набранного на рабочем поле МК

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