

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТАМИ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

А.И. Елов (ООО "Прософт-Системы")

Представлен принцип организации автоматического управления аппаратами воздушного охлаждения (АВО). Обоснована необходимость выделения САУ АВО в отдельный специализированный программно-аппаратный продукт. Приведены примеры реализации САУ АВО в зависимости от требований заказчиков и выполняемых системой функций.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения, система автоматического управления, автоматическое поддержание температуры, вентилятор, частотный преобразователь.

Задача поддержания стабильной температуры продукта в технологическом цикле актуальна для многих производств. При добыче и транспортировке газа необходимо его охлаждение после компримирования (сжатия) до определенной температуры для дальнейшей подачи в магистральный газопровод. Такая же задача существует для продуктов газо- и нефтепереработки.

В современных АВО используется 1...6 вентиляторов. На объектах добычи газа, где влажность газа еще высока, для защиты от гидратообразования может применяться контур рециркуляции нагретого воздуха с применением жалюзи.

На первый взгляд может показаться, что обсуждать в данном вопросе нечего. Простейшая система автоматического регулирования температуры известна всем и реализована на всех автомобилях: при нагреве охлаждающей жидкости в радиаторе по сигналу датчика включается вентилятор, при охлаждении выключается. На старых автомобилях для зимнего времени устанавливались жалюзи, которые в зависимости от окружающей температуры открывал или закрывал сам водитель. Конечно, можно и так, но...

На больших технологических объектах АВО может исчисляться десятками. Мощность двигателей

вентиляторов может меняться от единиц до десятков киловатт. Число электрических приводов жалюзи на одном аппарате может достигать до 12 ед. Требуемая точность регулирования температуры продукта на выходе АВО не превышает 1...2°C. Соответственно возникают вопросы по скорости управления оборудованием, экономии электроэнергии, продлением срока эксплуатации оборудования и обеспечения необходимой точности регулирования температуры. В результате, возникает необходимость в создании АСУ данным оборудованием.

Представленные ниже технические решения являются результатом десятилетнего опыта инженерной компании "Прософт-Системы" по разработке и внедрению систем автоматического управления АВО (САУ АВО). Данные решения реализованы на различных типах АВО производства ОАО "Пензхиммаш", ОАО "ЗиО-Подольск" и СНПО им. Фрунзе.

САУ АВО предназначена для поддержания требуемой температуры продукта на выходе АВО и защиты теплообменных труб от гидратообразования.

### Основные функции САУ АВО

1. Автоматическое поддержание температуры продукта на выходе блока АВО путем включения/выключения или регулирования частоты вращения вентиляторов.
2. Защита АВО от гидратообразования путем изменения положения жалюзи или частоты вращения вентиляторов.
3. Обеспечение электрических, тепловых, технологических и вибрационных защит двигателей вентиляторов.
4. Плавный пуск с программно-временным изменением напряжения и ограничением пускового тока.
5. Программный последовательный плавный запуск группы электродвигателей при восстановлении напряжения питания после его кратковременного исчезновения.
6. Реверс вентиляторов.
7. Управление отсечными кранами на входе/выходе секций АВО.
8. Управление двигателями вентиляторов и электрическими приводами жалюзи на основе механизмов электрических однооборотных (МЭО) в четырех режимах: автоматическом, диспетчерском, дистанционном, местном.

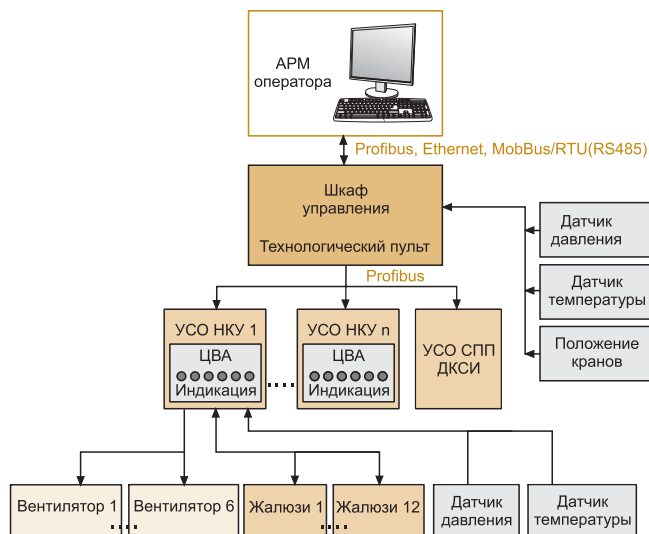


Рис. 1. Структурная схема САУ АВО

9. Контроль температуры окружающего воздуха, температуры, давления и перепада давлений газа на АВО во входном/выходном коллекторах.

10. Контроль эксплуатационных параметров двигателей вентиляторов АВО (вибрация, изоляция, время наработки) и управление двигателями с учетом контролируемых параметров.

11. Автоматический допусковый контроль сопротивления изоляции электродвигателей.

12. Контроль параметров сетевого напряжения (фазные амплитуды, сдвиг фаз, выбросы напряжения, обрыв фаз, короткое замыкание).

13. Восстановление числа работающих вентиляторов при кратковременном пропадании напряжения питания.

14. Создание и хранение трэндов технологических параметров и электронного "журнала событий".

15. Информационный обмен с АСУТП верхнего уровня.

#### Состав САУ АВО

САУ АВО построена по централизованно-распределенному принципу (рис. 1) и состоит из АРМ оператора (при необходимости), шкафа управления, шкафов стартеров плавного пуска и допускового контроля сопротивления изоляции двигателей (рис. 2) и шкафов низковольтных коммутационных устройств (НКУ) различной модификации (рис. 3). Число НКУ равно числу АВО.

В шкафу управления располагается контроллер, в котором реализованы все алгоритмы управления. В шкафах НКУ кроме коммутационной аппаратуры располагаются модули удаленного ввода/вывода. Связь контроллера с модулями удаленного ввода/вывода осуществляется по кодовой линии связи. Данная конфигурация позволяет сократить число кабельных связей, унифицировать оборудование и осуществлять полный контроль за оборудованием системы и управление технологическим объектом в РВ.

Для обеспечения вибрационной защиты двигателей вентиляторов САУ АВО комплектуется цифровой аппаратурой контроля вибрации (ЦВА) (производство "Прософт-Системы"). На рис. 4 изображен цифровой датчик вибрации ИВД-3, который может осуществлять измерение вибрации одно-

временно в трех плоскостях и использоваться как с контроллером ЦВА, так и индивидуально (исполнение датчик-выключатель).

Дополнительно в поставку САУ АВО в зависимости от проекта могут входить: датчики температуры газа, воздуха и давления, посты местного управления двигателями вентиляторов и жалюзи, кабельная продукция и клеммные коробки для подключения оборудования КИПиА внутри АВО.

#### Примеры реализации систем

Разберем несколько видов реализации систем в зависимости от требуемых функций.

**Пример 1.** Управление группой АВО на выходе компрессорного цеха (КЦ), осуществляющего перекачку газа на магистральном газопроводе. Пусть используются аппараты без рециркуляции с шестью вентиляторами в одном АВО. Применение аппаратов с малым числом вентиляторов ведет к достаточно большой дискретности в регулировании на выходе каждого АВО.

На магистральных газопроводах используется сухой подготовленный газ, поэтому основной задачей данной системы является поддержание температуры газа в выходном коллекторе блока АВО путем включения/выключения двигателей вентиляторов.

В принципе, это наиболее простая задача, реализуемая в ряде проектов средствами АСУТП КЦ, однако рассмотрим ряд вопросов, которые необходимо учесть при реализации данной задачи:

1. Для увеличения срока службы вентиляторов необходимо осуществлять плавный последовательный запуск группы вентиляторов;
2. Осуществление электрических и тепловых защит двигателей вентиляторов;
3. Контроль сопротивления изоляции двигателей с запретом на включение двигателей с пониженной изоляцией;
4. Вибрационная защита двигателей вентиляторов.

Для реализации функций плавного пуска и контроля сопротивления изоляции в системе используются шкафы допускового сопротивления изоляции и плавного пуска (СПП-ДКСИ). В шкафах НКУ предусмотрены реверсивные пускатели, осуществляющие



Рис. 2. Шкаф допускового сопротивления изоляции и плавного пуска (СПП-ДКСИ)



Рис. 3. Шкаф НКУ с частотными преобразователями и контроллером вибрации



Рис. 4. Датчик вибрации ИВД-3

подключение каждого вентилятора к цепям стартеров плавного пуска и контроля изоляции.

Контроль изоляции осуществляется автоматически по команде оператора. На обмотку выключенного двигателя подается напряжение 1000 В относительно земли, измеряется падение напряжения и сравнивается с эталонным сопротивлением 500 кОм. При сопротивлении изоляции <500 кОм фиксируется запрет на пуск данного двигателя. Время последнего измерения и сопротивление изоляции по каждому двигателю сохраняются в базе данных системы.

При осуществлении плавного пуска группы вентиляторов важен фактор времени, за которое данная группа будет запущена. С учетом того, что плавный пуск осуществляется в несколько этапов (разгон двигателя до номинальных оборотов, переключение на работу от сети и время на охлаждение стартера плавного пуска (СПП), число вентиляторов, подключаемых к одному СПП должно быть ограниченным (в наших системах не  $\leq 36$  ед.).

Для осуществления электрических и тепловых защит двигателей вентиляторов в НКУ устанавливаются автоматические выключатели, тепловые реле, реле контроля фаз. При большом числе вентиляторов в АВО (6 ед.) необходимо осуществление секционирования нагрузки, т.е. установка вводного автомата на суммарный ток шести вентиляторов. Для нормального функционирования и диагностики системы необходим контроль всех автоматов, контакторов, реле контроля фаз, переключателей режимов управления вентиляторами (ручной/автоматический) и пр. Все эти данные должны поступать в систему.

Для организации вибрационной защиты двигателей необходим ввод текущих значений виброскорости, сравнение с критическими значениями вибрации и выдача сигналов на останов вентиляторов. При использовании аналоговой аппаратуры это требует дополнительных аналоговых вводов и реализации защиты средствами общей АСУТП.

Передача текущих значений вибрации в ЦВА осуществляется по кодовой линии связи. Реализация защиты осуществляется контроллером ЦВА, устанавливаемом в шкафу НКУ.

Таким образом, объем данных для управления группой АВО, например из 10 аппаратов, уже сравним с объемом данных для управления газоперекачивающим агрегатом (ГПА) и соответственно логично выделение отдельного контроллера для обеспечения всех функций управления АВО.

**Пример 2.** Управление группой АВО на выходе КЦ, осуществляющего перекачку газа на объектах добычи (дожимная компрессорная станция – ДКС).

На ДКС содержание влаги в газе еще достаточно велико, поэтому возникает опасность гидратообразования, что ведет к повреждениям АВО.

Кроме основной задачи поддержания температуры газа в выходном коллекторе блока АВО, возникает задача защиты от гидратообразования. Для этого применяются аппараты с блоком рециркуляции нагретого воздуха.

В данном примере рассматривается использование аппаратов с рециркуляцией нагретого воздуха с шестью вентиляторами в одном АВО и тремя группами жалюзи: входные, выходные и переточные. Каждая группа жалюзи имеет по четыре привода МЭО. Для контроля температур устанавливается один датчик температуры газа на выходе каждого аппарата и два датчика температур нижнего ряда пучков труб в районе третьей пары вентиляторов по ходу газа.

Кроме перечисленных ранее задач возникает вопрос контроля и регулирования температуры газа на выходе каждого АВО и контроля и регулирования температуры нижнего ряда теплообменных труб.

В данном случае два регулятора могут войти в противодействие: с одной стороны необходимо снижать температуру газа на выходе, а с другой – поддерживать температуру нижнего ряда теплообменных труб выше температуры гидратообразования. Задача осложняется тем, что на некоторых объектах требуемая температура газа на выходе и температура гидратообразования отличаются на единицы градусов.

Для эффективного воздействия в обоих регуляторах должны использоваться оба типа исполнительных механизмов: вентиляторы и жалюзи. При управлении жалюзи необходимо следить за процентом открытия каждой группы для создания оптимального режима.

При регулировании температуры газа на выходе каждого АВО возникает дополнительная проблема: при параллельном расположении АВО может наблюдаться различный поток газа через АВО, а соответственно и различная скорость изменения температуры газа на выходе разных АВО, то есть для получения желаемой температуры газа в общем коллекторе блока аппаратов необходимо задавать и поддерживать индивидуальные задания температур на выходе каждого аппарата.

В связи с тем, что за счет включения/выключения вентиляторов сохраняется определенная дискретность в плавности регулирования температуры, эффективное автоматическое управление в данной системе возможно после набора статистики технологических режимов при различных температурах наружного воздуха. При этом программные средства системы должны обеспечивать максимально возможную мобильность и точность изменения коэффициентов регулирования.

С точки зрения объемов системы резко вырастает число входных/выходных сигналов: управление и контроль 12 жалюзи и три датчика температуры на один аппарат. При этом необходимо контролировать правильность работы технологического оборудования (скорость срабатывания каждого привода жалюзи и равномерность открытия жалюзи в каждой группе).

**Пример 3.** Управление группой АВО на выходе ДКС с применением частотно регулируемого привода двигателей вентиляторов. В данном случае предполагаются аппараты, аналогичные рассмотренным в предыдущем примере. Для контроля температур устанавливается один датчик температуры газа на выходе каждого аппарата и четыре датчика температур нижнего



ряда пучков труб в районе второй и третьей пары вентиляторов по ходу газа. Для осуществления плавного регулирования температуры газа требуется установка частотно-регулируемого привода вентиляторов.

При применении частотных преобразователей (ЧП) необходимость в применении стартеров плавного пуска отпадает, так как плавный пуск — одна из функций ЧП. Также обеспечиваются время-токовая и тепловая защита двигателя, защита от короткого замыкания, плавность регулирования частоты вращения и экономия электроэнергии, даже предпусковой прогрев двигателей можно реализовать при необходимости. В общем, "то, что нужно для счастья...", но есть и ряд отрицательных моментов, которые необходимо учитывать при создании системы регулирования:

1. Искажения питающей сети;
2. Повышенное напряжение на двигателях при работе на длинный экранированный кабель;
3. Повышенное тепловыделение;
4. Повышенные габаритно-массовые характеристики шкафов;
5. Высокая стоимость оборудования.

Первые два вопроса решаются установкой дополнительного оборудования (дрессели и фильтры) в соответствии с требованиями производителей ЧП.

Третий вопрос решается подбором шкафа соответствующих размеров и установкой терморегулятора с дополнительными вентиляторами.

Конечно, если вам удалось подобрать шкаф соответствующих размеров, установить на каждый двигатель ЧП с сопутствующим оборудованием, втиснуть туда же все коммутационное оборудование, включая управление жалюзи и виброзащиту, обеспечить приемлемый температурный режим, и заказчик при этом готов за все это платить — тогда за дело, вы в пяти минутах от результата.

Когда в АВО один или два вентилятора, то применение ЧП на каждый двигатель вполне оправдано, но у нас их несколько больше...

Поэтому предлагается следующее техническое решение.

На шесть вентиляторов устанавливается два ЧП — один на три вентилятора. Коммутационной аппаратурой обеспечивается возможность переключения каждого ЧП между тремя вентиляторами.

При пуске АВО через ЧП разгоняется сначала первая по ходу газа пара вентиляторов, и, если на данном этапе достаточно диапазона регулирования, то плавное регулирование осуществляется одной парой вентиляторов через ЧП.

При исчерпывании диапазона регулирования первая пара переключается на прямую работу от сети, а вторая пара подключается к ЧП и осуществляет дальнейшее плавное регулирование. При дальнейшем повышении температуры газа на выходе вторая пара вентиляторов также переключается на прямую работу от сети, а регулирование осуществляется третьей парой вентиляторов. При снижении температуры газа на выходе отключение происходит в обратной последовательности. При этом контур управления жалюзи также задействован. В результате получаем плавное, точное регулирование температуры газа на выходе и температуры пучков труб с контролем последней в четырех точках.

При достаточно низких температурах наружного воздуха при приближении температуры пучков труб к температуре гидратообразования возможен режим реверса пары вентиляторов подключенной к ЧП для отогрева нижнего ряда пучков труб.

Данное техническое решение позволяет снизить стоимость системы, габаритно-массовые характеристики оборудования, тепловыделение и искажения в питающую сеть без ухудшения точности регулирования. Также имеется возможность перевода всех вентиляторов на прямую работу от сети при максимальной нагрузке в жаркую погоду.

Приведенное краткое описание работы различных систем и полный перечень функций показывает оправданность выделения САУ АВО в отдельный специализированный программно-аппаратный продукт, с проработкой технических решений под конкретные требования заказчика с учетом специфики АВО различных типов.

*Елов Алексей Иванович — заместитель ген. директора ООО "Проффт-Системы".*

*Контактный телефон 376-28-20, (343) 376-28-30.*

*E-mail: info@prosoftsystems.ru http://www.prosoftsystems.ru*

### Выпущена новая программа для управления проектами IPI.Manager PRO

Компания IPI выпускает новую программную платформу IPI.Manager PRO. Известная специалистам с 2006 г. система управления задачами IPI.Manager предназначена для формирования единого информационного центра, предоставляющего полную сводку из причин возникновения пользовательских задач, диагностики их текущего состояния, анализа качества выполнения, сравнения плановых и фактических результатов выполнения, а также возможностей использования базы знаний из опыта решений аналогичных проблем.

Программа IPI.Manager PRO — это полностью обновленная система управления, написанная на языке програм-

мирования Python и веб-фреймворке Django, сохранившая преемственность интерфейса и основные принципы навигации предыдущих версий программы. За счет использования современных методов разработки новое решение позволяет неограниченно расширить функциональность продукта для предоставления дополнительных сервисов в рамках корпоративного портала. Главные достижения новой платформы: новые средства для коллективной работы (проекты, закладки, уведомления); новые типы отчетов и мини-фильтров; поддержка различных БД (MySQL, PostgreSQL и SQLite); кросс-браузерность и кросс-платформенность; простота и удобство установки и обновления.

*Http://ipi-manager.ru*