

# СИСТЕМА ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРОВ УСТАНОВОК ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА ПРОИЗВОДСТВА ЗАО «ГАЗМАШПРОЕКТ»

Р. Л. АВРАМЕНКО  
Р. В. БЕЛЯНКИН  
Е. В. УСТИНОВ

ЗАО «Газмашпроект»

*Процесс охлаждения компримированного газа является технологически необходимой операцией при транспортировке газа, обеспечивающей нормальный режим эксплуатации магистрального газопровода и экономию топливно-энергетических ресурсов. Охлаждение газа производится в установках охлаждения газа (УОГ), состоящих из определенного количества аппаратов воздушного охлаждения (АВО) с электроприводными вентиляторами.*

**С**овременная интеллектуальная система управления установкой охлаждения газа решает следующие задачи:

- автоматическое поддержание заданной температуры газа на выходе УОГ;
- контроль состояния электродвигателей и подводящих кабельных линий;
- защиту электродвигателей;
- плавный пуск электродвигателей вентиляторов АВО;
- дистанционное управление вентиляторами АВО;
- отображение полной информации о работе УОГ на дисплее оператора КЦ.

В настоящее время при реализации систем управления УОГ на КС ОАО «Газпром» применяются следующие технические решения:

- **системы дискретного регулирования** с устройствами плавного пуска – степень охлаждения газа в такой системе регулируется путем изменения числа работающих вентиляторов в УОГ;
- **системы комбинированного частотного регулирования** – является модификацией системы дискретного регулирования с плавным пуском, в которой в качестве устройства плавного пуска применяется частотный преобразователь. Данная схема обеспечивает более высокую точность поддержания температуры газа, чем при дискретном управлении за счет частотного регулирования одним вентилятором на группу;
- **системы частотного регулирования с групповым управлением** – группа двигателей подключается к одному частотному преобразователю соответствующей мощности;
- **системы частотного регулирования с индивидуальным управлением** – каждый двигатель вентиляторов АВО управляется отдельным частотным преобразователем.

При выборе того или иного технического решения необходимо учитывать как объем капитальных затрат, связанных с внедрением системы, так и экономический эффект, получаемый в процессе ее эксплуатации за счет экономии электроэнергии, снижения затрат на обслуживание и повышения надежности.

На компрессорных станциях с газотурбинным приводом расход электроэнергии на охлаждение компримированного газа составляет 60–70% и более энергопотребления от общего потребления, расходуемого на транспортировку газа [1]. Таким

образом, повышение эффективности работы УОГ является важным фактором экономии топливно-энергетических ресурсов и снижения себестоимости транспорта газа. Одним из основных средств энергосбережения в электроприводной технике является применение частотно-регулируемого электропривода (ЧРП). Эффективность и целесообразность применения частотного регулирования в установках охлаждения газа была показана в работах [1–7].

С целью повышения эффективности работы УОГ в ЗАО «Газмашпроект» была разработана система частотно-регулируемого привода вентиляторов установок воздушного охлаждения (АВО-ЧРП). Основными преимуществами данной системы являются:

- существенная (свыше 40%) экономия электрической энергии по сравнению с дискретными способами регулирования;
- обеспечение автоматического (без вмешательства оператора) поддержания заданной температуры газа на выходе УОГ с высокой точностью (не хуже  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ );
- обеспечение автоподстройки системы регулирования к условиям эксплуатации (температуре воздуха, температуре газа и т.д.) (адаптивность);
- возможность создания единой магистральной системы поддержания максимально-эффективной температуры транспортирования газа;
- возможность в реальном режиме времени определить состояние теплообмен-

ных поверхностей отдельных аппаратов УОГ и принять необходимые меры, при необходимости, к восстановлению их заданных характеристик;

- широкий диапазон регулирования степени охлаждения газа в УОГ (от наиболее экономичного режима с минимально возможным расходом электроэнергии до режима максимально возможного охлаждения газа);
- обеспечение плавного разгона и подхвата вентиляторов без пусковых забросов по току с программируемой длительностью времени разгона (длительность разгона зависит от параметров мехатронной системы «электродвигатель-вентилятор»);
- исключение операций по сезонной переустановке угла атаки рабочих колес вентиляторов;
- исключение негативного эффекта рекиркуляции теплого воздуха через отключенные аппараты;
- использование встроенной в ПЧ системы диагностики для анализа состояния обмоток электродвигателя и кабельных соединений, а также вывода из работы по одному вентилятору для их ремонтно-технического обслуживания.

Структурная схема системы показана на рис.1. Управление температурой газа на выходе УОГ в автоматическом режиме осуществляется контроллером, который задает преобразователям частоты необходимую частоту тока в цепи нагрузки. Обмен данными с преобразователями

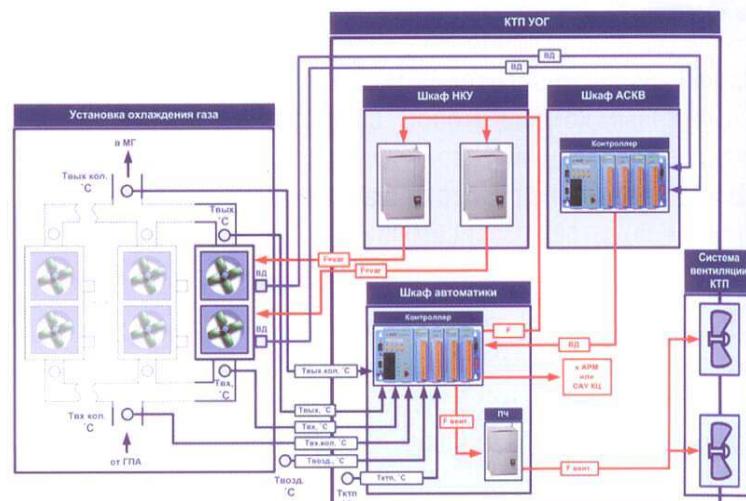


Рис. 1



Рис. 2

частоты ведется в цифровом формате пошине RS-485 (протокол MODBUS RTU). Определение и изменение данной частоты осуществляется контроллером на основе оригинального алгоритма разработанного ЗАО «Газмашпроект». Исходные данные о температуре газа на входе и выходе каждого АВО, в выходном коллекторе УОГ, температуре окружающего воздуха и температуре воздуха в КТП АВО газа поступают в контроллер с соответствующими датчиками температуры. Для повышения надежности системы применен автоматический ввод резерва (АВР) и источники бесперебойного питания (ИБП) системы автоматики.

В состав системы АВОГ-ЧРП входят:

**Низковольтное комплектное устройство (НКУ)**, состоящее из идентичных шкафов (рис.2) в количестве, равном числу аппаратов охлаждения газа в составе УОГ. НКУ обеспечивает ввод и распределение электрической энергии от источника питания (трансформаторы КТП АВО газа) напряжением 0,4 кВ к потребителям – электродвигателям вентиляторов АВО, с изменением характеристики питающего напряжения с помощью преобразователей частоты. В состав каждого шкафа НКУ входят преобразователи частоты производства Шнейдер Электрик серии Altivar 61, сетевые дроссели для обеспечения электромагнитной совместимости (подавления высших гармоник токов и напряжений в цепи 0,4 кВ), необходимая коммутационная и защитная аппаратура (размыкатели с видимым разрывом и автоматические выключатели), вентиляторы шкафов.

**Контрольно-измерительная аппаратура и средства управления УОГ** обеспечивают сбор и обработку данных о температуре газа в различных точках УОГ, реализацию алгоритма управления частотой вращения вентиляторов УОГ, обмен данными с АРМ оператора или САУ КЦ. Средства КИПиА системы АВОГ-ЧРП включают в себя шкаф управления (рис.3), датчики температуры газа, установленные на входе и выходе каждого АВО, а также в выходном коллекторе УОГ, датчик температуры наружного воздуха, датчик температуры воздуха в КТП АВО газа.

**Автоматизированная система непрерывного контроля выбросостояния электродвигателей АВО газа (АСКВ)**, которая



Рис. 3

обеспечивает непрерывное измерение СКЗ выброскорости электродвигателей и информирует оператора об их выбросостоянии, а также обеспечивает аварийное отключение двигателей в случае превышения заданных уставок по выброскорости.

**Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора** обеспечивает дистанционный контроль и управление системой АВОГ-ЧРП. АРМ выполнен на базе промышленного компьютера. Основные параметры системы отражаются на мониторе (рис.4) и архивируются на жестком диске. При наличии на объекте современной САУ КЦ возможна органичная интеграция системы АВОГ-ЧРП в САУ КЦ, при этом данные о работе УОГ передаются с контроллера системы по протоколу MODBUS RTU. В таком случае в роли АРМ оператора системы АВОГ-ЧРП выступает АРМ САУ КЦ.

**Система вентиляции КТП** обеспечивает принудительную вентиляцию КТП АВО газа в автоматическом режиме, что поддерживает в КТП рабочий диапазон температур необходимый для нормального функционирования всех элементов системы.

**Система речевого оповещения**, информирующая персонал КС о включении вентиляторов АВО газа.

Основные технические характеристики системы АВОГ-ЧРП приведены в таблице 1.

В созданной системе реализована схема индивидуального управления каждым двигателем. При такой схеме один ПЧ управляет работой одного вентилятора АВО. Соответственно, для АВО типа 2АВГ-75, один шкаф с двумя преобразователями

частоты осуществляет управление одним аппаратом, оснащенным двумя электродвигателями номинальной мощностью 37 кВт каждый. Индивидуальное управление каждым двигателем через отдельный ПЧ имеет существенные преимущества перед групповой схемой, когда от одного ПЧ запитываются несколько двигателей. Индивидуальная схема управления позволяет обеспечить большую надежность системы, снизить количество силовой коммутационной аппаратуры, осуществлять управление и мониторинг основных параметров работы каждого двигателя в отдельности. Каждый ПЧ настраивается на индивидуальные параметры управляемого им двигателя, что позволяет достичь максимальной эффективности применения ПЧ. Последнее особенно важно, поскольку ПЧ, реализуя в процессе управления заложенную в него математическую модель асинхронного двигателя, помимо своей основной функции – регулирования скорости вращения двигателя, так же обеспечивает его защиту. При этом ПЧ не только ограничивает ток двигателя на уровне его номинального значения, но и контролирует состояние подключений электродвигателя, тепловое состояние электродвигателя, сигнализирует о возникновении нештатной ситуации – обрыве фаз, замыкании фаз между собой или на землю. Другим не менее важным преимуществом индивидуального регулирования является более простой алгоритм управления отдельным электродвигателем, в то время как при групповом управлении необходимо значительно усложнить алгоритм для обеспечения плавного пуска отдельного электродвигателя в составе группы.

Совокупность данных решений делает систему управления вентиляторами УОГ весьма надежной, способной обеспечить длительную работу без вмешательства оператора.

Система АВОГ-ЧРП прошла следующие испытания:

**Приемочные испытания опытного образца** – КЦ-10 КС-20 Комсомольского ЛПУМГ в период с 3 по 14 апреля 2006 г. Испытания проводила комиссия ООО «Тюментрансгаз» с привлечением специалистов ЗАО «Гидроаэроцентр», Саратовского государственного технического университета, других организаций, а также разработчиков системы ЗАО «Газмашпроект». Результаты испытаний обсуждались на заседании НТС ООО «Тюментрансгаз» 25 мая 2006 г. Опытный образец получил высокую оценку. Система АВОГ-ЧРП была принята в эксплуатацию.

**Приемочные межведомственные испытания** системы частотно-регулируемого привода вентиляторов для установок воздушного охлаждения газа проходили в период с 11 по 13 марта 2008 г. Испытания проводились в КЦ-10 КС-20 Комсомольского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Югорск». Испытания проводила комиссия, сформированная ОАО «Газпром». В состав комиссии вошли представители Управления по транспортировке газа и газового конденсата ОАО «Газпром», ООО «Газпром трансгаз Югорск», ЗАО «Газмашпроект» и

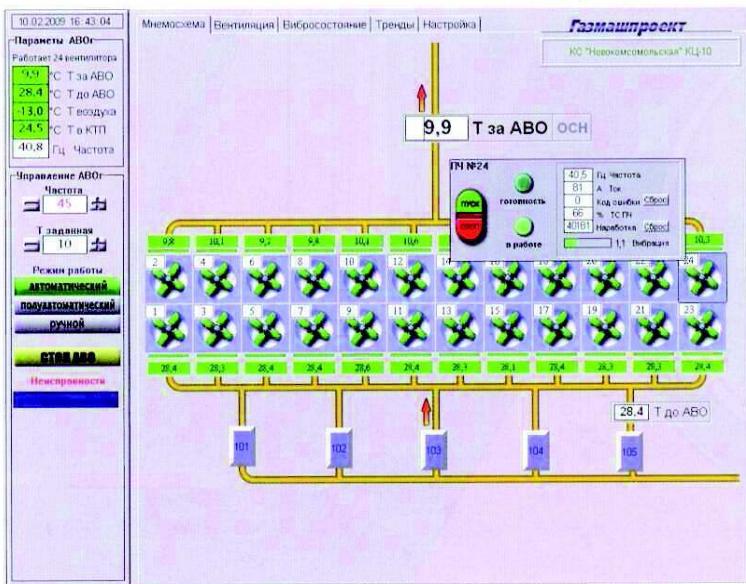


Рис. 4

ряда других организаций. Акт испытаний от 13.03.2008 г. утвержден Первым заместителем начальника Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром» С.В. Алимовым. В ходе испытаний подтверждено соответствие заявленных технических характеристик системы требованиям ТЗ, система АВОГ-ЧРП рекомендована к внедрению на объектах ОАО «Газпром» (ИП-1271-10-08).

В период с 2005 по 2008 годы система АВОГ-ЧРП внедрена в ООО «Газпром трансгаз Югорск» на следующих объектах: КЦ-10, КЦ-7 КС Новокомсомольская, КС-3 Таежного ЛПУМГ, КЦ-1.2 Ныдинского ЛПУМГ, КЦ-4.6 Ягельного ЛПУМГ, КЦ-7.9 Правохеттинского ЛПУМГ, КЦ-10 Октябрьского ЛПУМГ.

#### ТАБЛИЦА 1.

Тип управления	индивидуальное частотное регулирование
Режим работы	непрерывный круглогодичный
Номинальное напряжение питания, В	400
Частота питающей сети, Гц	50
Число фаз питающей сети	3
Диапазон регулирования частоты тока, Гц	10...50
Диапазон регулирования температуры газа на выходе УОГ, °C	минус 10...+70 <sup>1</sup>
Точность поддержания температуры газа в выходном коллекторе УОГ, не хуже, °C	±0,5
Длительность переходного процесса при изменении уставки <sup>2</sup> , не более, мин	20
Номинальное время разгона вентиляторов при запуске до максимальной скорости вращения, сек	30 <sup>3</sup>
Превышение максимального тока двигателя при пуске над номинальным током	отсутствует
Режимы управления температурой газа на выходе УОГ	автоматический (основной), полуавтоматический и ручной (резервные)
Интегральный коэффициент несинусоидальности напряжения на стороне 0,4 кВ трансформатора – Ku, %	не превышает 8,0 <sup>4</sup>
Мощность электродвигателей системы вентиляции КПП АВО газа, кВт	2x1,1
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	УХЛ1
Температурный диапазон эксплуатации (кроме оборудования в КПП АВО газа), °C	-60...+45
Температурный диапазон эксплуатации оборудования в КПП АВО газа, °C	+5...+50

<sup>1</sup> возможно изменение диапазона в зависимости от технологических требований

<sup>2</sup> при всех включенных электродвигателях УОГ

<sup>3</sup> возможный диапазон от 0 до 360 секунд

<sup>4</sup> нормально-допустимые значения по ГОСТ 13109-97

2. Аршакян И.И., Тримбач А.А. Повышение эффективности работы установок охлаждения газа / Газовая промышленность. – 2006. – №12. – С. 52–55.

3. Аршакян И.И., Тримбач А.А. Система стабилизации температуры газа с частотно-регулируемым электроприводом вентиляторов аппаратов воздушного охлаждения / Анализ, синтез и управление в сложных системах: межвуз. науч. сб. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2006. – С. 28 – 31.

4. Тримбач А.А. Совершенствование электротехнических комплексов установок охлаждения компримированного газа / Автотрефера диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Саратов, 2007.

5. Аршакян И.И., Тримбач А.А., Артюхов И.И. Частотно-регулируемый электропривод вентиляторов как средство повышения эффективности работы установок охлаждения газа / Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: тр. II Всерос. науч.-техн. конф. (Тольятти, 16–18 мая 2007 г.). – Тольятти, ТГУ, 2007. – Ч.1. – С.5 – 10.

6. Аршакян И.И., Тримбач А.А., Артюхов И.И. Выбор схемы управления электродвигателями вентиляторов в системе стабилизации температуры компримированного газа / Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Сб. науч. тр. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. – С. 49 – 61.

7. Аршакян И.И., Тримбач А.А., Артюхов И.И. Установка охлаждения газа с частотно-регулируемым электроприводом вентиляторов как объект управления / Анализ, синтез и управление в сложных системах: межвуз. науч. сб. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. – С. 52 – 59. ■