

УДК 681.5518.2

А.В. Слободян, Ивано-Франковский Национальный Технический университет нефти и газа

# КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА

*Усовершенствованная система контроля температуры газа перед турбиной высокого давления газоперекачивающего агрегата типа ГТК-10 дает оперативному персоналу дополнительную информацию о динамике работы ГПА и помогает избежать аварийных остановок.*

Выполнение Украиной обязательств по транспортировке природного газа напрямую зависит от обеспечения надежной работы газотранспортной системы, поэтому важной задачей является достижение высокой надежности работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА). ГПА осуществляет перекачку газа путем его компримирования. ГПА является сложным объектом повышенной опасности с большим количеством технологических параметров, поэтому управление ГПА осуществляется системой автоматизированного управления (САУ).

Важной составляющей САУ ГПА является система противоаварийной защиты, от надежности работы которой в аварийной ситуации зависит защита дорогостоящего оборудования. Также система должна предотвращать аварийные остановки ГПА из-за неисправности измерительных каналов или других лож-

ных интерпретаций технологических параметров.

Разработка методов прогнозирования предаварийных и аварийных режимов работы ГПА является актуальной задачей, поскольку они позволяют экономить значительные средства на ремонт оборудования и повышают стабильность работы газотранспортной системы в целом. Автоматический анализ динамики технологических параметров во времени позволяет определять тенденцию отдельного узла ГПА к выходу из строя и предотвращать это путем проведения профилактических работ. Сфера применения методов прогнозирования приближения внештатных ситуаций является достаточно широкой, особенно для САУ, которые управляют технологическими объектами повышенной опасности.

Анализ последних исследований и публикаций показывает, что данная про-

блема не полностью решена из-за того, что при создании новых САУ основное внимание уделяется их аппаратной части. То есть акцент делается на том, как точнее всего с наибольшей частотой измерять сигнал, сберечь его в архиве, передать на другой уровень автоматизации. При этом не менее важный вопрос о применении современных алгоритмов анализа сигнала изучен недостаточно. Обычно в САУ реализуются классические контуры регулирования и противоаварийной защиты, в то время как возможности контроллеров позволяют, кроме того, анализировать взаимосвязи между параметрами технологического процесса, их влияние друг на друга и на процесс в целом. Таким образом, имеется возможность создания САУ с качественно новым уровнем функциональности.

## АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА ПЕРЕД ТУРБИНОЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Конкретным примером вышеописанной проблемы является анализ температуры газа перед турбиной высокого давления ГПА типа ГТК (ГТНР)-10. Слабым местом системы автоматического управления ГПА типа СЦКУ являются подсистемы контроля температурных параметров. В их состав входят приборы КСМ2 для контроля температуры подшипников турбины и нагнетателя и КСП2 для контроля температуры газа перед турбиной высокого давления (ТВД).

Подсистема контроля температуры газа перед турбиной высокого давления является чрезвычайно важной, поскольку при ее отказе и выходе параметра за разрешенные границы возникает риск «сжечь» лопатки ТВД, что приводит к необходимости длительного ремонта ГПА, значительным материальным затратам



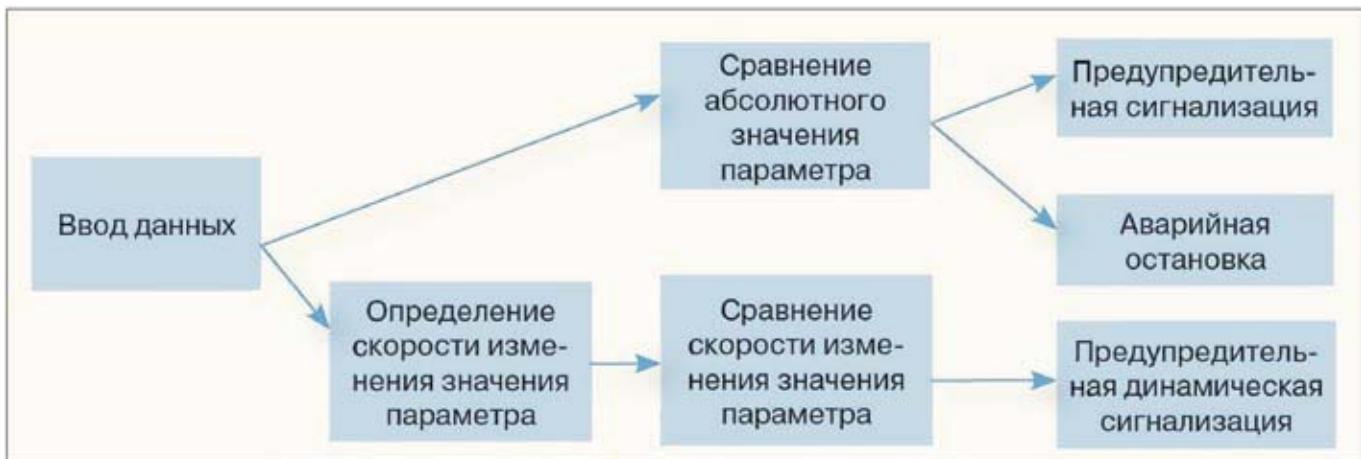


РИС. 1. СТРУКТУРА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА ПЕРЕД ТВД

и уменьшает количество резервных ГПА на компрессорной станции. Существующая система контроля имеет недостатки, характерные для аналогичных систем, построенных на самопищущих потенциометрах и мостах с механической коммутацией сигнала, а именно: низкая надежность оборудования (частые отказы), при отказе измерительного канала возможно ложное срабатывание аварийных защит, архив данных (картограмма) не позволяет точно установить время события, отсутствует возможность включения прибора в систему централизованного сбора и обработки информации; необходимо периодическое обслуживание и расходные материалы.

На ГПА, которые вводятся в эксплуатацию в последние годы, данная проблема является не настолько острой, поскольку они оборудованы современными САУ на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК). Тем не менее даже

на них лишь повторяются алгоритмы, запроектированные технологами при изготовлении оборудования. Данные алгоритмы предусматривают защиту оборудования при выходе его технологических параметров за допустимые границы, при этом происходит аварийная остановка ГПА (или ввод его в «режим ограничения»). На данное время имеются все технические возможности расширять алгоритмы управления с целью уменьшения случаев выхода ГПА на аварийные режимы работы и близкие к ним.

Целью предлагаемой системы является создание усовершенствованной системы контроля температуры газа перед ТВД путем добавления новых возможностей, замены элементной базы на ПЛК граммного обеспечения – визуального редактора FBD-программ АЛЬФА или посредством клавиш передней панели. Контроллер должен отрабатывать абсолютные предустановленную и аварийную уставки, а также

анализировать динамику параметров. Предлагается реализовать систему контроля температуры газа перед ТВД по схеме (рис. 1).

## АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Для реализации системы контроля температуры газа перед ТВД используется ПЛК МИК-51 производства ООО «Микрол» (Ивано-Франковск). МИК-51 – это компактный многофункциональный промышленный микропроцессорный контроллер, предназначенный для автоматического регулирования и логического управления технологическими процессами.

Программирование контроллера выполняется посредством специального программного обеспечения – визуального редактора FBD-программ АЛЬФА или посредством клавиш передней панели. Как язык программирования в системе реализован язык функциональных-блочных диаграмм Function Block Diagram.



## Микропроцессорный программируемый контроллер МИК-51

- Автоматическое регулирование и логическое управление технологическими процессами.
- Библиотека алгоритмов контроллера включает у себя все необходимы математические, логические, функциональные блоки управления программой и технологическим процессом.
- Контроллер имеет 4 аналоговых входа, до 4-х аналоговых выходов, до 19-ти дискретных входов и до 21-го дискретного выхода.
- Программирование контроллера выполняется с помощью специального бесплатного программного обеспечения – визуального редактора FBD-программ АЛЬФА.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ

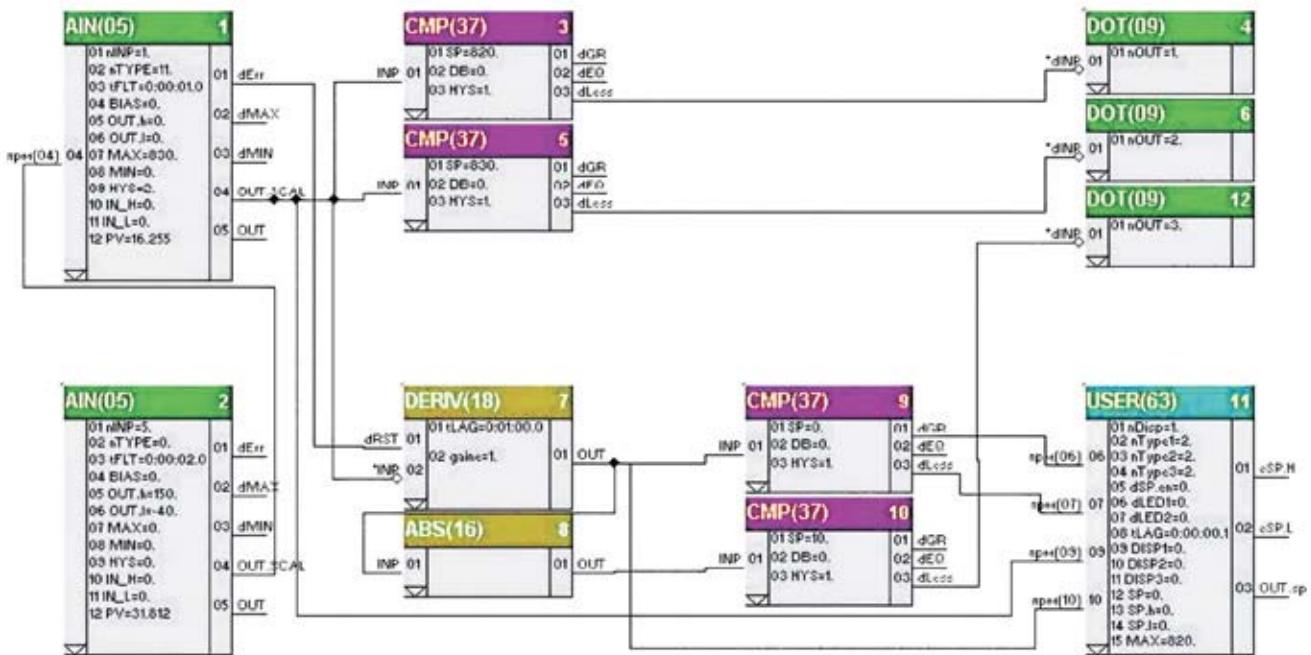


РИС. 2. ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЛЕРОМ МИК-51 В ВИДЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ

Система программирования реализована в соответствии с требованиями стандарта Международной Электротехнической Комиссии IEC 1131-3 и предназначена для разработки прикладного программного обеспечения сбора данных и управления технологическими процессами, которые выполняются на программируемых контроллерах.

МИК-51 проводит обработку данных и их передачу протоколом MODBUS-RTU на блок преобразования интерфейсов БПИ-52. Далее по интерфейсу USB 2.0

информация поступает на рабочую станцию с OPC-сервером. Это в свою очередь позволяет проводить анализ данных разными методами и сравнивать полученные результаты без дополнительных затрат времени на синхронизацию, обработку и передачу данных.

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Рассмотрим программу в виде функциональных блоков (рис. 2), разработанную для выполнения поставленной задачи.

Из библиотеки контроллера исполь-

зованы следующие функциональные блоки: AIN — аналоговый ввод, CMP — компаратор, DOT — дискретный вывод, DERIV — дифференцирование с задержкой, ABS — модуль числа, USER — панель пользователя.

Блоки AIN (1, 2) обрабатывают данные аппаратных аналоговых вводов контроллера и представляют их в программе пользователя. Блок AIN (1) выдает числовое значение, которое соответствует температуре газа перед турбиной высокого давления, блок AIN (2) выдает числовое значение, которое соответствует температуре окружающей среды (используется для компенсации ЭДС холодного спая термопары). Блок AIN имеет экспоненциальный фильтр — для отсечения шумов высоких частот, что обеспечивает защиту от импульсных помех и ложного срабатывания аварийной остановки, параметр tFLT — постоянная времени экспоненциального фильтра. Так же блок AIN обрабатывает функцию достоверности сигнала: в случае его выхода за пределы шкалы значение на выходе блока останется последним до стоверным. При этом выход dErr блока AIN (1) и индикация на передней панели МИК-51 сообщит об ошибке.

Выход OUT.SCAL блока AIN (1) поступает на входы блоков: CMP (3, 5) и DERIV (7). Компараторы CMP (3, 5) отрабатывают статические абсолютные предустановленную и аварийную уставки 820 и 830°C соответственно. Сигнал преду-



РИС. 3. ТРЕНДЫ SCADA-СИСТЕМЫ ВО ВРЕМЯ ОСТАНОВКИ ГПА

преждения и аварии подается блоками дискретного вывода DOT (4, 6) в СЦКУ ГПА, где срабатывают соответствующие реле ПТГ (предупреждение по температуре газа) и АТГ (авария по температуре газа). Блок DERIV (7): определяет скорость изменения параметра.

Скорость изменения температуры перед ТВД анализируется компараторами CMP (9, 10). Компаратор CMP (910) выдает команду на дискретный вывод DOT (12), который сигнализирует о том, что температура перед ТВД изменяется с большей скоростью, чем заданная. Компаратор CMP (9) показывает направление изменения параметра. Данный вид предупредительной сигнализации является новым и позволяет оперативному персоналу своевременно реагировать на изменение режима газопровода. Во время изменения режима газопровода изменяется нагрузка на нагнетатель, что может привести к быстрому изменению температуры газа перед ТВД. Штатная система СЦКУ выдает сигнал предупреждения при достижении ТГ перед ТВД 820°C, и оперативному персоналу не хватает времени снизить обороты газо-

турбинного двигателя к моменту достижения аварийной уставки. Использование предложенной системы благодаря дополнительной сигнализации позволит избежать аварийной остановки ГПА в описанной ситуации. Блок USER (11) отображает на передней панели контроллера текущую температуру газа перед ТВД, скорость ее изменения за последнюю минуту, а также светодиодами показывает состояние каналов защиты и направление изменения параметра.

На данное время система пребывает в опытной эксплуатации на ГПА ст. № 3 КЦ-2 КС «Долина» в Долинском ЛВУМГ УМГ «Прикарпаттрансгаз». За время работы она зарекомендовала себя как надежная и функциональная. На рис. 3 представлено фото трендов экрана SCADA-системы. Во время плановой остановки ГПА в 15 часов 29 минут прошел легкий помпаж нагнетателя, при этом температура газа перед ТВД резко выросла со скоростью 40°C/мин. Система выдала предупреждение «Превышение скорости роста ТГ перед ТВД», инженер смены снизил обороты, чем

прекратил последующий рост ТГ. В результате проведенной работы была получена система контроля температуры газа перед турбиной высокого давления ГПА ГТК (ГТНР)-10 с новой аппаратно реализованной функцией контроля динамики температуры. Разработанная система является лучшей по сравнению с существующей по следующим параметрам: основная приведенная погрешность составляет 0,2 вместо 0,5; быстродействие выросло от 1 до 0,1 с. Информативность системы возросла в результате придания добавления аналитического параметра «скорость изменения температуры» и подключения ее к САУ технологическими процессами компрессорной станции. Контроллер МИК-51 также используется и в других технологических процессах, таких как компьютеризированный контроллер уровня охлаждающей жидкости в расширительных баках ГПА ГТК-10И, управление автоматом воздушного охлаждения газа с оптимизированной работой вентиляторов, а так же для локальных систем автоматического управления компрессорными станциями.