

# Опыт внедрения систем автоматизированного управления и регулирования на турбокомпрессорных агрегатах



В статье подробно описаны технические решения, предлагаемые компанией ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» в части построения комплексных систем автоматизированного управления, противопомпжной защиты, вибромониторинга и противоразгонной защиты для турбокомпрессорных агрегатов на опасном производственном объекте предприятия нефтехимической промышленности.

ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ», г. Казань

Современные системы автоматизированного управления (САУ) турбовакуумкомпрессорными агрегатами (ТКА) содержат большое число подсистем для защиты ТКА от механических повреждений. К таким подсистемам относятся программно-технические комплексы (ПТК) противопомпжной защиты, вибромониторинга и вибродиагностики, противоразгонной защиты (рис. 1). Математические модели, заложенные в алгоритмах данных подсистем, позволяют реализовать управление ТКА в заданных режимах без повреждений механических систем и аварийных остановов.

Обладая опытом в сфере построения систем автоматизированного

управления турбокомпрессорными агрегатами, ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» предлагает полный комплекс услуг по реализации ПТК противопомпжной защиты, вибромониторинга и вибродиагностики, противоразгонной защиты. Сегодня на предприятии работает высококвалифицированная команда специалистов общей численностью более 100 человек, что позволяет выполнять проекты «под ключ». Центральный офис компании в городе Казани и обособленные подразделения в городах Нижнекамск, Набережные Челны и Самара позволяют оперативно реагировать на потребности предприятий в регионе и обеспечивать взаимодействие на более качественном уровне.

За последнее время специалистами проектно-инжиниринговой компании ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» были реализованы САУ, системы противопомпжной противоразгонной защиты, системы вибромониторинга и вибрационной диагностики для центробежных и осевых компрессоров сжатия различных газообразных сред как с турбинным паровым приводом, так и с приводом от электродвигателя. САУ и система противопомпжной защиты построены на базе контроллеров SIMATIC S7-400 компании Siemens и ControlLogix компании Rockwell Automation (Allen Bradley). Системы противоразгонной защиты – на базе контроллеров E16E346 компании BRAUN. Системы вибромониторинга

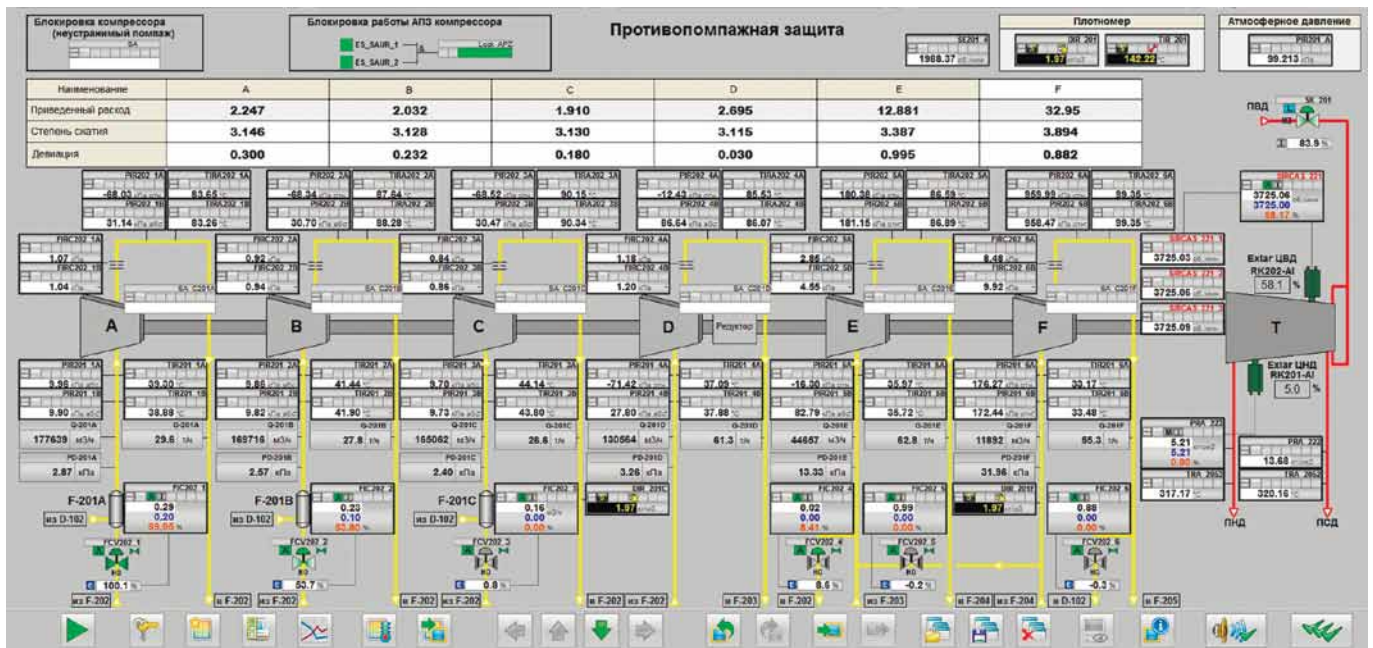


Рис. 1. Экранное отображение состояния системы противопомпжной защиты

и вибродиагностики – на базе шасси Bently Nevada серии 3500 компании Baker Hughes.

Сегодня ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» является официальным партнером и системным интегратором компании ООО «Прософт-Системы» – ведущего российского производителя автоматизированных систем управления (АСУ ТП) и систем противоаварийной защиты (ПАЗ), а также средств автоматизации – в части АСУ ТП (РСУ/ПАЗ), САУ, систем противопомпажного регулирования и систем противоразгонной защиты. В области внедрения систем вибромониторинга и вибродиагностики на критическом динамическом оборудовании ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» является официальным партнером и системным интегратором компании ООО НПП «ТИК» – ведущего российского разработчика и производителя систем ПАЗ и диагностики динамического оборудования.

#### Система автоматизированного управления турбовакуумкомпрессорным агрегатом

Одним из значимых проектов, которые были реализованы ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ», является внедрение в 2021 году системы автоматизированного управления и регулирования турбовакуумкомпрессорным агрегатом на установке дегидрирования бутана под вакуумом производства ДБО-2 завода бутилового каучука ПАО «Нижнекамскнефтехим». Турбовакуумкомпрессорный агрегат является шестисекционным, четырехступен-

чатым, с приводом от паровой турбины. В объем работ входила реализация САУ с функциями противопомпажного регулирования, противоразгонной защиты паровой турбины, а также интеграция с существующей системой вибромониторинга турбовакуумкомпрессорного агрегата и существующей системой автоматизированного управления технологическим процессом производства ДБО-2.

При реализации САУ турбовакуумкомпрессорного агрегата проектно-инжиниринговой компанией ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» были решены следующие задачи:

- ▶ повышение качества дистанционного автоматизированного управления исполнительными механизмами;
- ▶ повышение качества дистанционного автоматизированного регулирования параметров производительности и давления турбовакуумкомпрессорного агрегата;
- ▶ применение современных методов противоаварийной защиты турбовакуумкомпрессорного агрегата с использованием алгоритмов проверки достоверности сигналов датчиков КИПиА и исполнительных механизмов в целях снижения ложных аварийных остановов;
- ▶ повышение качества автоматизированной системы противопомпажной защиты турбовакуумкомпрессорного агрегата путем применения двух алгоритмов: «Параметрический регулятор» и «Детектор помпажа»;
- ▶ повышение качества дистанционного автоматизированного управления вспомогательными системами турбо-

вакуумкомпрессорного агрегата (системами смазки и охлаждения);

- ▶ замена устаревших датчиков КИП и запорно-регулирующей арматуры, отработавших свой срок службы, на оборудование виброустойчивого исполнения повышенной надежности;
- ▶ модернизация устаревшей системы противоразгонной защиты паровой турбины турбовакуумкомпрессорного агрегата.

#### Система противопомпажной защиты турбовакуумкомпрессорного агрегата

Для реализации противопомпажной защиты турбовакуумкомпрессорного агрегата выбран метод определения рабочей точки в координатах: квадрат приведенного расхода на линии всасывания и степень сжатия рабочего тела на каждой ступени турбовакуумкомпрессора. Линии помпажа и регулирования строятся в этих же координатах, при этом линия регулирования строится справа и параллельно линии помпажа с удалением от нее по оси приведенного квадрата расхода на 5–8% относительно максимального приведенного квадрата расхода для данной ступени компрессора.

Положение рабочей точки каждой ступени относительно линий помпажа и регулирования определяет управляющее воздействие на перепускной клапан каждой ступени и характеризует запас ступени по помпажу (устойчивость работы). Если рабочая точка пересекает линию регулирования, алгоритм «Параметрический регулятор» противопомпажной системы производит приоткрытие противопомпажного клапана, обеспечив переток газа с выхода ступени на ее вход, тем самым увеличив расход газа через ступень турбовакуумкомпрессора. Если рабочая точка в процессе работы будет перемещаться вправо относительно линии регулирования, алгоритм «Параметрический регулятор» противопомпажной системы закроет противопомпажный (перепускной) клапан, полностью восстановив поток газа в прямом направлении. Чтобы избежать возникновения помпажа, необходимо поддерживать положение рабочих точек всех корпусов турбовакуумкомпрессора справа от линий помпажа.

С учетом нестабильности параметров сжимаемого газа, в системе противопомпажного регулирования дополнительно применен алгоритм



Рис. 2. Турбовакуумкомпрессорный агрегат

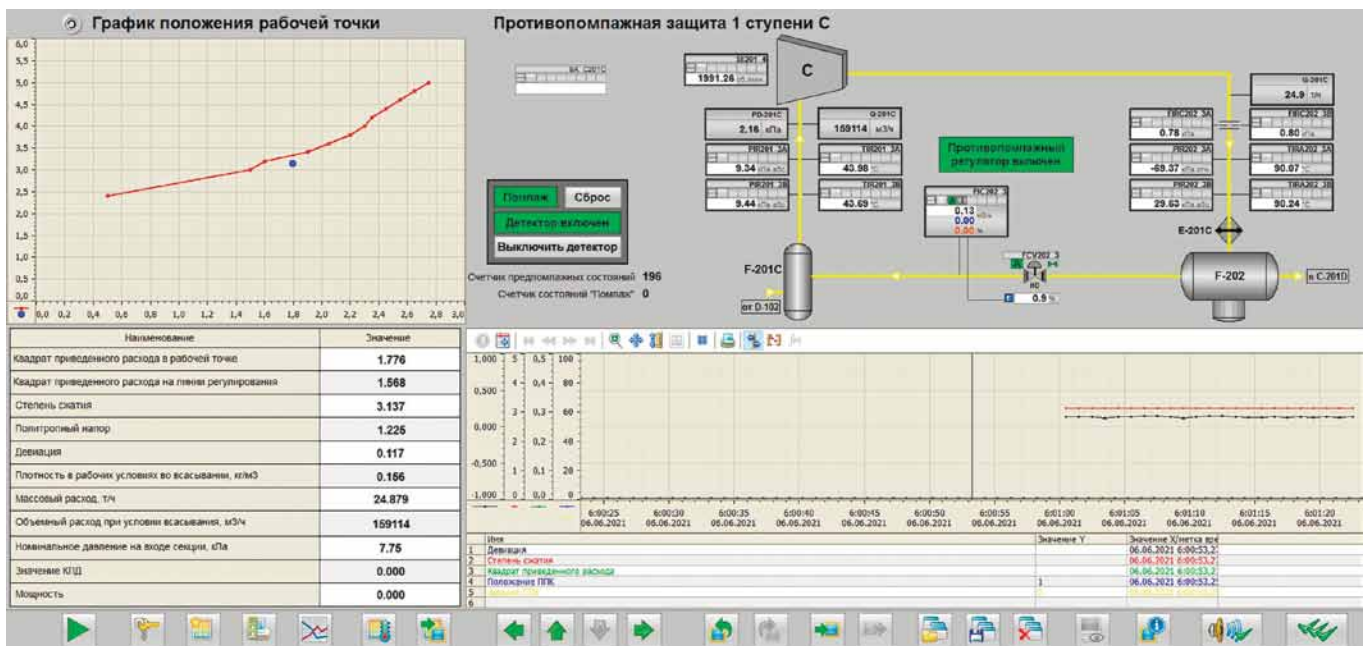


Рис. 3. Экранное отображение работы системы противопомпажной защиты

«Детектор помпажа», основанный на фиксировании предпомпажных явлений на основе резкого изменения параметров давлений и расходов сжимаемого газа во всасывающих и нагнетающих трубопроводах каждой ступени турбовакуумкомпрессора. По результатам детектирования предпомпажных явлений алгоритм «Детектор помпажа» противопомпажной системы производит приоткрытие противопомпажного клапана.

#### Система противоразгонной защиты турбины турбовакуумкомпрессорного агрегата

Противоразгонная защита турбовакуумкомпрессорного агрегата предназначена для защиты турбины, работающей на пару высокого давления, от достижения критических оборотов при сбросах нагрузки.

Противоразгонная защита производит измерение частоты вращения ротора турбины, сравнивает с аварийной уставкой и при достижении критических оборотов выдает дискретный сигнал на останов паровой турбины с учетом ускорения, то есть при наличии ускорения противоразгонная защита пересчитывает и снижает уставку, чтобы не было превышения оборотов выше критических значений.

Программно-технический комплекс противоразгонной защиты содержит три модуля счета импульсов, к каждому из которых подключается один тахометрический датчик, работа-

ющий на эффекте Холла, преобразующий прохождение зубьев мерительной шестерни, жестко закрепленной на валу ротора паровой турбины, в электрические импульсы.

Дискретные сигналы останова турбовакуумкомпрессорного агрегата при достижении критических оборотов объединяются по принципу превышения уставок измеряемых значений оборотов на двух из трех датчиков.

При реализации противоразгонной защиты турбовакуумкомпрессорного агрегата решались следующие задачи:

- ▶ измерение частоты вращения ротора паровой турбины по каждому из трех независимых каналов от датчиков оборотов;
- ▶ формирование управляющего сигнала на электромагнитный выключатель стопорного клапана турбины при возникновении комбинации аварийно опасных значений частоты и ускорения вращения ротора минимум в двух каналах;
- ▶ формирование дискретных сигналов типа «сухой контакт» аварийного останова турбовакуумкомпрессорного агрегата при достижении критической частоты вращения;
- ▶ обмен данными с САУ турбовакуумкомпрессорного агрегата.

#### Заключение

ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» реализует комплексные информационные

системы автоматизированного управления, противопомпажной защиты, вибромониторинга и противоразгонной защиты динамического оборудования на опасных производственных объектах, применяя только надежные программно-технические комплексы, зарекомендовавшие себя на предприятиях Российской Федерации. За счет оперативного контроля отклонения работы динамического оборудования от штатных режимов, своевременного оповещения до возникновения аварийных ситуаций компания гарантированно повышает безопасность эксплуатации динамического оборудования.

Комплексный подход коллектива ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» к реализации систем управления, регулирования и защит для динамического оборудования позволил выполнить отказоустойчивые системы для турбокомпрессорных агрегатов ПАО «Казаньоргсинтез» и ПАО «Нижнекамскнефтехим», входящих в ПАО «СИБУР Холдинг». По результатам выполнения работ компанией ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ» были получены положительные отзывы от заказчиков.

О. Г. Иванов,  
заместитель генерального директора,  
ООО «ХИМПРОМПРОЕКТ», г. Казань,  
тел.: +7 (843) 212-1360,  
e-mail: ivanov@himproect.ru,  
сайт: www.himproect.ru