

Газовая промышленность

август

08 2006



Диагностика газотранспортной системы

Новые системы автоматического управления

Одоризация природного газа

УДК 681.518

Опыт создания и внедрения систем автоматического управления

М.А. Балавин, С.В. Лазаревич (ОАО «Газпром»), Г.С. Нахшин (ЗАО «Система Комплекс»), С.П. Продовиков, А.З. Шайхутдинов (ОАО «Газпром»)

В соответствии с поставленной ОАО «Газпром» задачей в ЗАО «Система Комплекс» разработаны, изготовлены, испытаны и внедрены новые системы автоматического управления агрегатного уровня: система автоматического управления ГПА и автоматическая система противопожарной защиты и контроля загазованности; цеховая система автоматического управления. Разработка новых систем преследовала цель создать конкурентоспособные системы, не уступающие по эксплуатационным и экономическим показателям существующим отечественным и зарубежным аналогам.

Последние 10–15 лет могут быть охарактеризованы как период научно-технической революции в области создания систем автоматического управления технологическими процессами в ОАО «Газпром».

В этот период по заданию ОАО «Газпром» были разработаны и введены в эксплуатацию около 3000 построенных на базе бурно развивающейся микропроцессорной и компьютерной техники систем автоматического управления ГПА, электростанциями, компрессорными цехами и станциями.

Широко используемая микропроцессорная техника (как специализированная, так и общепромышленного применения) позволила с высокой точностью реализовать важнейшие функции систем: стабилизацию режимных переменных, прямое топливное регулирование газотурбинных двигателей, противопомпажное регулирование компрессоров (нагнетателей),

распределение нагрузок совместно работающих ГПА линейных и дожимных компрессорных станций, станций подземных хранилищ газа.

Применение новейших алгоритмов для реализации названных функций позволило добиться и значительных экономических результатов: сокращения потребления топливного газа и электроэнергии, увеличения ресурса технологического оборудования, сокращения числа аварийных остановов ГПА.

В настоящее время в Газпроме выработана концепция, в соответствии с которой вновь создаваемые системы автоматического управления технологическими объектами КС должны разрабатываться исключительно как многоуровневые интегрированные, построенные на единой программно-технической элементной базе.

В соответствии с выработанной концепцией и с целью стимулирования всех разработчи-

ков к созданию систем нового, более совершенного поколения, Газпром поставил перед ЗАО «Система Комплекс» задачу разработать на единой элементной базе системы автоматического управления ГПА и компрессорным цехом, а также систему противопожарной защиты. Элементная база новых систем должна быть общепромышленного применения, доступна для приобретения и легка для обучения эксплуатационного персонала предприятий Общества.

Выбору программно-технических средств (ПТС) для этих систем предшествовал всесторонний анализ общедоступных (имеющихся в свободной продаже) программно-технических средств общепромышленного применения, обладающих необходимыми техническими характеристиками и имеющих наилучшие показатели надежности и стоимости. В результате выбор был остановлен на ПТС ControlLogix фирмы Allen-Bradley, широко используемых Газпромом при реализации систем логического управления.

На базе ПТС ControlLogix в соответствии с Общими техническими требованиями на системы автоматического управления ГПА (утверждены в 2006 г.) и с техническими заданиями (73357365.4250.001-001ТЗ и 4371.0-001-73357365-2005ТЗ) были разработаны и внедрены система автоматического управления «Комплекс» для газоперекачивающего агрегата (САУ ГПА) и авто-

матическая система противопожарной защиты и контроля загазованности (АСПиКЗ).

САУ ГПА «Комплекс» обеспечивает выполнение функций автоматического управления, контроля, защиты и регулирования газоперекачивающего агрегата (рис. 1).

ПТС САУ размещаются в двух шасси, представляющих собой блок управления (БУ) и блок регулирования (БР). Кроме того, в шасси размещаются встроенные конверторы питания и средства, обеспечивающие информационную связь между модулями по внутренней шине.

Основой блоков управления и регулирования являются модули-процессоры ControlLogix, предназначенные для реализации функций управления и регулирования технологического оборудования. Все программные приложения, реализуемые модулями-процессорами, базируются на стандарте IEC 1131-3, что обеспечивает гибкость и открытость программного обеспечения, позволяет заказчику оперативно модифицировать заложенные алгоритмы и изменять существующие программы, а также обеспечивать сопряжение САУ ГПА с вышестоящими системами разных типов.

К модулям-процессорам посредством сетей Controlnet подключаются локальные и удаленные модули дискретного и аналогового ввода-вывода. Количество и типы модулей ввода и вывода определяются типом и количеством входных

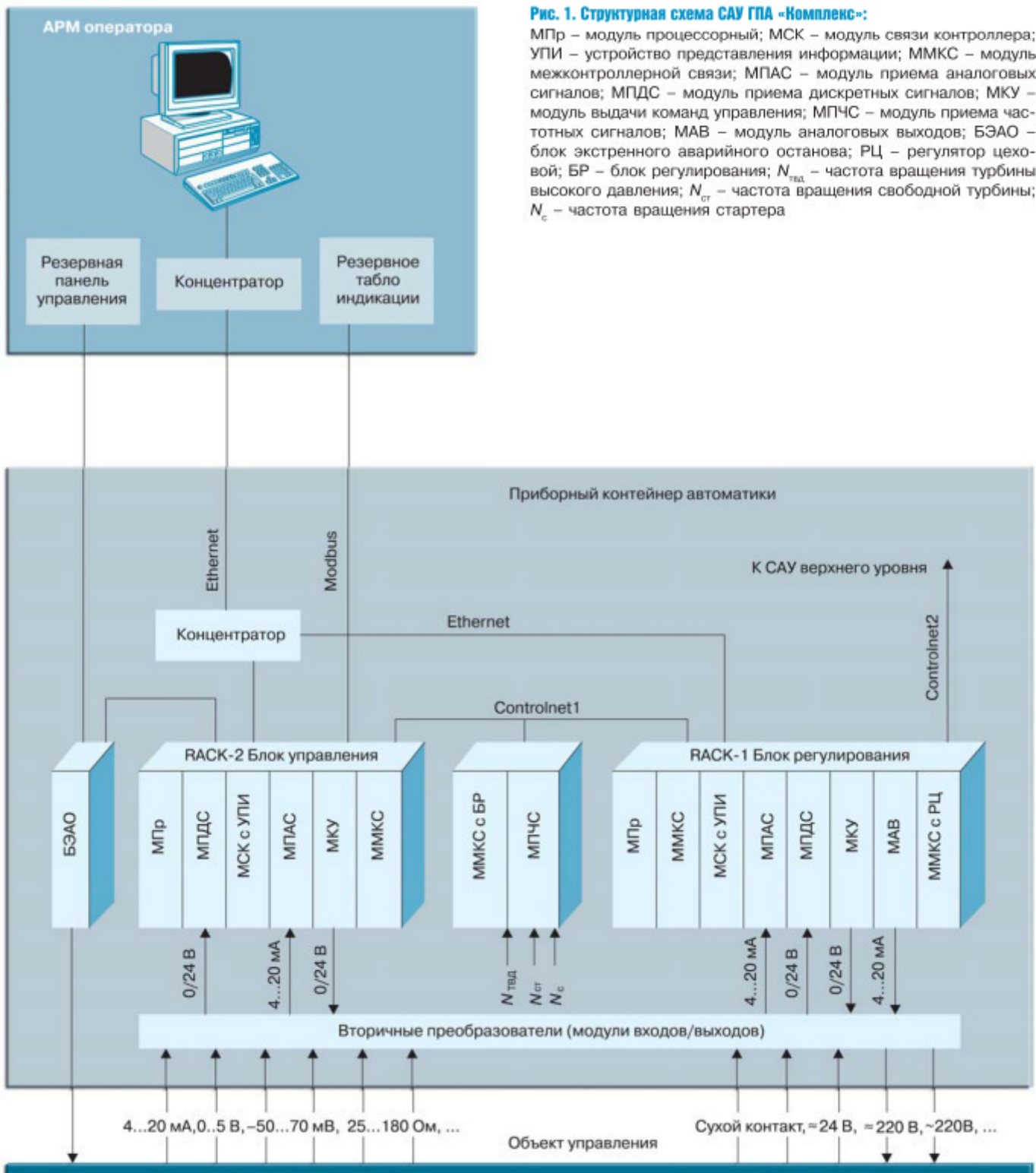


Рис. 1. Структурная схема САУ ГПА «Комплекс»:

МПр – модуль процессорный; МСК – модуль связи контроллера; УПИ – устройство представления информации; ММС – модуль межконтроллерной связи; МПАС – модуль приема аналоговых сигналов; МПДС – модуль приема дискретных сигналов; МКУ – модуль выдачи команд управления; МПЧС – модуль приема частотных сигналов; МАО – модуль аналоговых выходов; БЭАО – блок экстренного аварийного останова; РЦ – регулятор цеховой; БР – блок регулирования; $N_{\text{твд}}$ – частота вращения турбины высокого давления; $N_{\text{ст}}$ – частота вращения свободной турбины; $N_{\text{с}}$ – частота вращения стартера

и выходных сигналов САУ ГПА. Связь ПТС ControlLogix с объектом управления осуществляется через вторичные преобразователи различных типов. Прием и обработку частотных сигналов от датчиков частоты вращения обеспечивает блок

обработки частотных сигналов, связанный с БР и БУ через адаптер сети Controlnet.

Связь между блоками управления и регулирования, связь основных ПТС с автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора и с системой выше-

стоящего уровня обеспечивают устанавливаемые в шасси коммуникационные модули различных типов, состав которых зависит от технологии обмена в сети. Система электропитания, выполненная с применением дублированных блоков питания,

обеспечивает гарантированное электропитание ПТС и внешних потребителей (датчиков, исполнительных механизмов) от двух независимых сетей. В состав САУ входит блок экстренного аварийного останова (БЭАО), предназначенный для осуществ-



ления экстренного аварийного останова ГПА по упрощенному алгоритму по сигналу выхода из строя блока управления либо по команде оператора с резервной панели управления.

Основные ПТС САУ «Комплекс» и АСПиКЗ ГПА могут поставляться заказчику в необслуживаемом приборном контейнере, оборудованном системой искусственного микроклимата и размещаемом вблизи объекта управления, либо, по требованию заказчика, – в других конструкциях: в приборных шкафах, устанавливаемых в отапливаемых помещениях, или на панелях, устанавливаемых в отсеке автоматики агрегата. В составе САУ может поставляться и дополнительное оборудование: комплект датчиков, комплект исполнительных механизмов, комплект средств связи и др.

АРМ оператора выполняется на базе персонального компьютера индустриального исполнения, оснащенного необходимыми средствами коммуникации и специализированным программным обеспечением. В состав АРМ оператора входит также резервная панель управления, позволяющая при выходе из строя системного блока компьютера или монитора осуществлять контроль параметров агрегата и выдачу вручную основных команд управления. Тип конструктивного исполнения АРМ оператора определяется заказчиком. АРМ оператора может поставляться в виде пульта управления или в виде стойки управления.

САУ ГПА поставляется заказчику в полной заводской готовности, с установленным и отлаженным программным обеспечением. Алгоритмы логического управления технологическим оборудованием ГПА, перечень контролируемых параметров, перечень и алгоритмы защит определяются типом конкретного автоматизируемого ГПА и подлежат программиро-

ванию при разработке системы автоматического управления конкретным объектом.

От известных систем автоматического управления САУ ГПА «Комплекс» выгодно отличается использованием в ней уникальных запатентованных алгоритмов регулирования (патенты № 2263231, 2263232, 2263233, 2263234).

Одной из главных отличительных черт разработанных алгоритмов регулирования является то, что для большей эффективности ограничивающих контуров в них используются алгоритмы автоматических задатчиков. Выход автоматического задатчика, являющийся текущим заданием контура ограничения, вычисляется в каждом цикле как сумма текущего значения ограничиваемого параметра и заданного смещения. Сверху выход задатчика ограничивается технологическим ограничением. Скорость изменения выхода задатчика в направлении технологического ограничения также ограничивается предельным значением. Таким образом, если значение ограничиваемого параметра приближается к значению технологического ограничения со скоростью большей, чем предельная скорость выхода задатчика, то через некоторое время он достигнет значения равного выходу задатчика. В этот момент контур ограничения вступит в действие несмотря на то, что параметр еще не достиг своего технологического ограничения, но движется к нему с большой скоростью.

При воздействии мощных возмущений упреждающим вступлением в действие контура ограничения удается уменьшить величину динамических забросов ограничиваемого параметра в опасную область. Это особенно важно при реализации контуров топливного и противопомпажного регулирования. При малых возмущениях, когда ограничиваемый параметр

движется в опасном направлении с малой скоростью, автоматический задатчик никак не деформирует разрешенную область работы и контур ограничения вступает в работу только после достижения ограничиваемым параметром своего технологического ограничения.

Одной из отличительных особенностей разработанного противопомпажного регулятора является наличие в нем алгоритма, определяющего зависимость коэффициента усиления пропорциональной части $K_{\text{ПН}}$ контура пропорционально-интегрального регулирования от знака управляющего воздействия: при необходимости срочного открытия противопомпажного клапана значение $K_{\text{ПН}}$ формируется в несколько раз больше, чем то же значение при необходимости закрытия клапана. Указанная несимметричность противопомпажного регулятора позволяет, благодаря большим значениям $K_{\text{ПН}}$, достичь большей эффективности и энергичности открытия клапана при высокой скорости приближения рабочей точки компрессора (нагнетателя) к границе помпажа, чем в обычно применяемых симметричных регуляторах. При этом потери устойчивости процесса регулирования не происходит благодаря замедленному аperiodическому закрытию противопомпажного клапана.

В случае, если, несмотря на первоначальное открытие противопомпажного клапана под действием регулятора со штатными настройками, рабочая точка нагнетателя продолжает движение к границе помпажа, значение $K_{\text{ПН}}$ скачком увеличивается дополнительно так, чтобы клапан открывался с максимальной возможной скоростью. Форсированное значение $K_{\text{ПН}}$ сохраняется до тех пор, пока рабочая точка нагнетателя не окажется в области устойчивых режимов.

Если рабочая точка компрессора находится в области ус-

тойчивых режимов и противопомпажный клапан полностью закрыт, выход автоматического задатчика противопомпажного регулятора с заданным смещением отслеживает перемещение рабочей точки в зоне устойчивых режимов, находясь все время между рабочей точкой и базовым заданием, сдвинутым от границы помпажа на величину зоны безопасности. Скорость движения выходного сигнала задатчика в направлении границы помпажа ограничена. Если рабочая точка при мощных возмущающих воздействиях движется в сторону границы помпажа с большей скоростью, чем выход задатчика, и «обгоняет» его, происходит упреждающее открытие противопомпажного клапана.

Кроме описанных алгоритмов, ориентированных на улучшение динамических характеристик контура противопомпажного регулирования, в состав противопомпажного регулятора входит алгоритм сигнализатора помпажа – программного устройства, предназначенного для формирования дискретного сигнала в момент фактического начала помпажа.

В разработанном программном сигнализаторе помпажа имеются два канала, в каждом из которых осуществляется контроль знака и величины производной некоторого заранее выбранного параметра. При превышении значения производной заданной величины срабатывает первый канал. Если через некоторое заданное время срабатывает и второй канал, то на выходе сигнализатора формируется дискретный сигнал помпажа, обеспечивающий полное открытие противопомпажного клапана с максимальной конструктивно возможной скоростью. Контролируемые параметры для сигнализатора помпажа выбираются исходя из особенностей эксплуатации того или иного компрессора: совокупность из-

менений выбранных параметров должна представительно характеризовать начало помпажа. К таким параметрам прежде всего относятся частота вращения ротора нагнетателя, перепад давления на конфузоре, давление нагнетания, мощность на валу нагнетателя.

Разработанная САУ ГПА была смонтирована на газоперекачивающем агрегате ГПА-Ц-6,3 (№ 37) КЦ-3 КС Ржевская ООО «Лентрансгаз». Там же была установлена и разработанная ЗАО «Система Комплекс» автоматическая система противопожарной защиты и контроля загазованности. АСПиКЗ предназначена для раннего обнаружения факторов пожара в защищаемых укрытиях, оценки степени загазованности контролируемых зон, своевременного оповещения людей о пожаре и формирования сигналов управления автоматическими установками пожаротушения.

АСПиКЗ состоит из сертифицированного прибора приемно-контрольного управления пожарного (ППКУП) и АРМ оператора. ППКУП в свою очередь состоит из пожарного контроллера (ПК), выполненного на базе ПТС ControlLogix, и панели сигнализации и управления (ПСУ), содержащей кнопки управления, индикаторы и устройства звуковой сигнализации. ПСУ является основным средством управления и отображения извещений, АРМ оператора – дополнительным средством отображения, регистрации и хранения извещений. ПК размещается в приборном контейнере вместе с ПТС САУ ГПА, ПСУ и АРМ оператора – в помещении операторной компрессорного цеха.

Системы испытывались в период октябрь 2005 г. – февраль 2006 г. Системы были приняты в эксплуатацию приемочной комиссией ОАО «Газпром» с рекомендацией их серийного производства.

Эффективность системы автоматического управления газоперекачивающим агрегатом иллюстрируют приведенные на рис. 2 тренды изменений важнейших технологических параметров и параметров регуляторов при нанесении экстремально мощных возмущений.

В исходном состоянии (до нанесения возмущения) в работе находился контур стабилизации частоты вращения турбины высокого давления $N_{ТВД}$. Контур ограничения частоты вращения свободной турбины $N_{СТ}$ находился в «стерегущем» режиме (см. рис. 2). В момент начала пом-

пажа в связи с резким уменьшением потребляемой нагнетателем мощности произошло резкое увеличение $N_{СТ}$ со скоростью, превосходящей заданную предельную скорость движения $N_{СТ\text{зд}}$ в направлении технологического ограничения. В момент, когда текущее значение $N_{СТ}$ стало больше, чем значение $N_{СТ\text{зд}}$, произошло переключение контуров регулирования с контура стабилизации частоты вращения турбины высокого давления на контур регулирования частоты вращения свободной турбины с переходом контура регулирования турбины высокого давления в «стерегущий» режим. Регулятор расхода топлива для ограничения заброса $N_{СТ}$ обеспечил прикрытие регулирующего клапана, что привело к уменьшению значения $N_{СТ}$. В момент, когда $N_{СТ}$ стало равным $N_{СТ\text{зд}}$, произошло обратное переключение контуров регулирования. Контур стабилизации $N_{ТВД}$ плавно, с заданной скоростью стал увеличивать $N_{ТВД}$ в направлении первоначального задания. В процессе увеличения $N_{ТВД}$ наблюдалось еще одно непродолжительное переключение контуров регулирования на контур $N_{СТ}$. Примерно через 30 с с момента нанесения возмущения переходный процесс закончился достижением $N_{ТВД}$ заданного значения. В результате заброс $N_{СТ}$ в опасную область составил около 80 мин^{-1} .

В протоколе приемочных испытаний, проведенных комиссией ОАО «Газпром», особо отмечается эффективность используемых в системе алгоритмов регулирования. Комиссия, рассмотрев конструкторскую и эксплуатационную документацию на системы, результаты их испытаний и опытно-промышленной эксплуатации, приняла решение о принятии систем в промышленную эксплуатацию, рекомендовала их к серийному производству и использованию на объектах ОАО «Газпром».

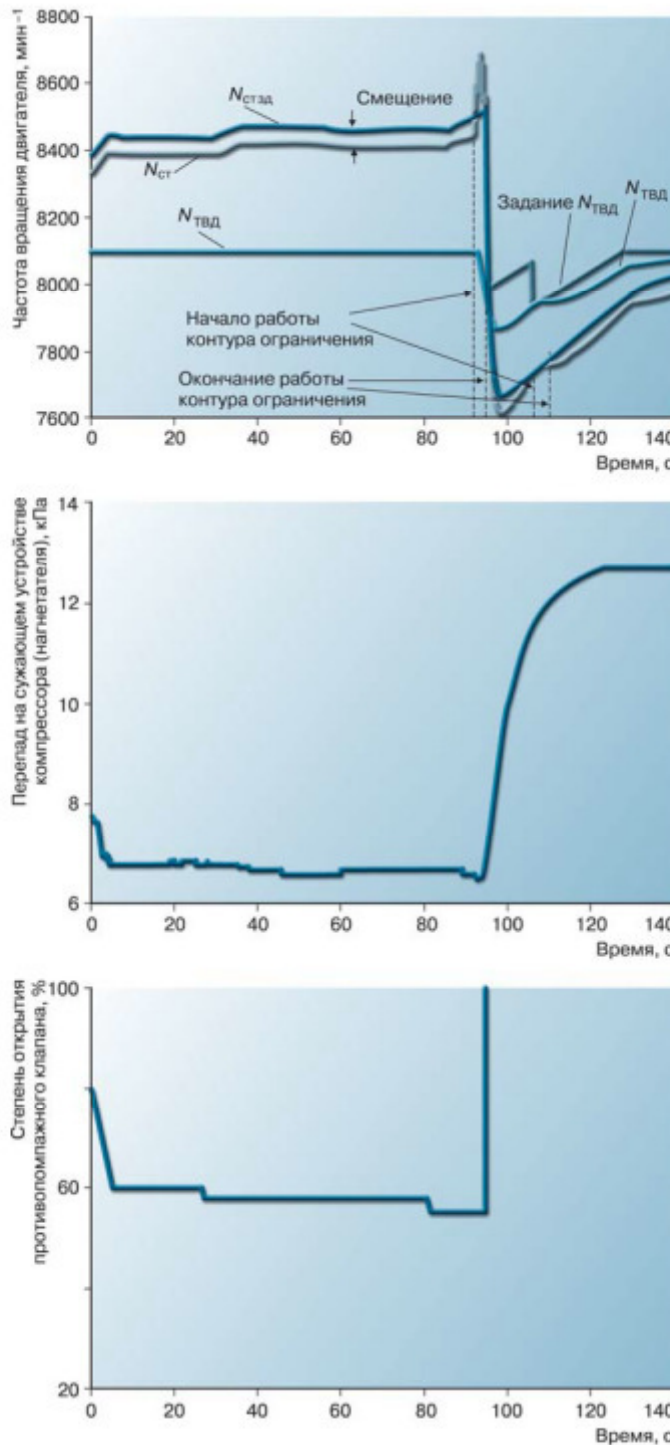


Рис. 2. Реакция регулятора расхода топлива на возмущение, связанное с помпажом компрессора (нагнетателя)