

# УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ОБЩЕЦЕХОВОГО И АНТИПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ «РЭМТЭК»

П.И. Николаев, Инженерно-технический центр ООО НПП «ТЭК»

А.Н. Дубровин, Инженерно-технический центр ООО НПП «ТЭК»

В статье представлены результаты применения электроприводов «РэмТЭК» в системах общецехового и антипомпажного регулирования компрессорной станции в схеме обвязки газоперекачивающего агрегата на объектах ПАО «Газпром». Приводятся фактические данные испытаний регулирующих электроприводов с функцией перевода арматуры в положение безопасности в системах регулирования и антипомпажной защиты газоперекачивающего агрегата на объектах компрессорных станций «Новгород» и «Нимнурская» ПАО «Газпром».

В соответствии с решениями дорожной карты ПАО «Газпром» и Администрации Томской обл. в части импортозамещения и технологического развития проведены испытания регулирующих электроприводов на позициях общецехового регулятора (позиция З6р) и антипомпажного клапана (позиция бр) в статическом и динамическом режимах работы клапанов. Проведены проверка точности отработки заданного положения, проверка реакции клапана на скачкообразное изменение задания, проверка клапана на плавное изменение задания при работающем газоперекачивающем агрегате (ГПА) в режимах «кольцо» и «магистраль».

**ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ «РЭМТЭК» ПОЗВОЛЯЕТ СНИЗИТЬ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ, ДОБИТЬСЯ ВЫСОКОЙ КРАТНОСТИ МАКСИМАЛЬНОГО И НОМИНАЛЬНОГО МОМЕНТА, СОХРАНИТЬ ТРЕБУЕМЫЙ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ НА МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ.**

На испытания предоставлены прямоходные электроприводы «РэмТЭК» производства ООО НПП «ТЭК», предназначенные для применения в системах регулирования. Данные исполнения электроприводов созданы на основе блоков управления со встроенным

частотным преобразователем, синхронных электродвигателей и прямоходных редукторов на базе шариковинтовых или роликовинтовых передач.

Управление электродвигателем привода производится по векторному алгоритму Field Oriented Control (FOC), который обеспечивает:

- более высокий КПД управления двигателем по сравнению с режимом U/f;
- плавное и точное управление скоростью с глубиной регулирования более 1000;
- полный контроль момента на валу во всем диапазоне скоростей;
- жесткость характеристики управления от нагрузки;

- высокую перегрузочную способность с сохранением КПД двигателя;
- меньшую тепловую нагрузку в режимах регулирования;
- энергоэффективность при частых пусках и работе на малой скорости;

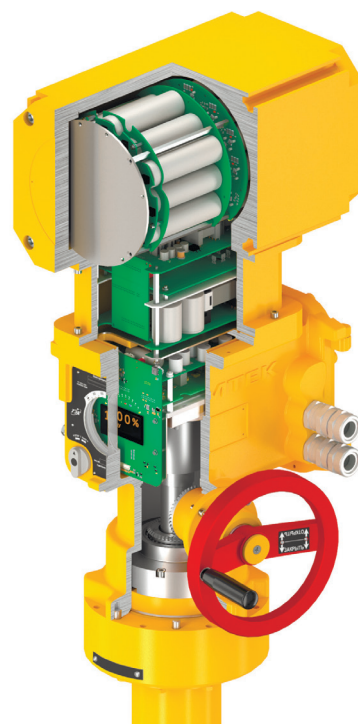


Рис. 1. Конструкция прямоходного электропривода «РэмТЭК» со встроенным накопителем энергии

- нечувствительность характеристик управления от питающей сети. Адаптивный регулятор положения (встроенный алгоритм позиционера) с переменным коэффициентом пропорциональной части обеспечивает приезд в точку без перерегулирования при отработке любых значений



рассогласования, как больших, так и экстремально малых при любых значениях нагрузки.

Высокое быстродействие электропривода возможно за счет применения синхронных электродвигателей. Малая инерция и высокая перегрузочная способность по моменту обеспечивают быстрый разгон электропривода до заданной скорости. Применение синхронного электродвигателя в электроприводе «РэмТЭК» позволяет снизить энергопотребление, добиться высокой кратности максимального и номинального момента, сохранить требуемый крутящий момент на максимальной скорости.

В качестве источника гарантированной электрической энергии в электроприводе «РэмТЭК» используется энергонакопитель на суперконденсаторах высокой емкости с двойным электрическим слоем (рис. 1). За счет внутренней структуры суперконденсаторы обладают высоким током разряда, большим ресурсом (до 100 тыс. циклов «заряд – разряд»), температурной стабильностью в широком диапазоне. Энергонакопитель заряжается за несколько минут



Рис. 2. Электропривод «РэмТЭК» на антипомпажном клапане серии РУСТ в составе агрегатной технологической обвязки на объекте компрессорной станции «Новгород»

и обеспечивает малое время готовности к выполнению функции безопасности электропривода после подачи питания. При испытаниях запас энергии в приборе позволил произвести более 10 циклов перемещения выходного звена.

Встроенный накопитель энергии не требует обслуживания в течение всего срока эксплуатации. Для оценки текущего и прогнозирования будущего состояния накопителя энергии в электроприводе «РэмТЭК» производится постоянный мониторинг основных параметров: электрической емкости SOC, внутреннего сопротивления, показателя ресурса SOH. Расширенная диагностика обеспечивает эксплуатационный персонал информацией о готовности оборудования к выполнению функции безопасности.

Электропривод «РэмТЭК» с функцией безопасного положения имеет высокие сертифицированные показатели отказоустойчивости, соответствующие уровню полноты безопасности SIL2 согласно требованиям ГОСТ Р МЭК 61508 и ГОСТ Р МЭК 61511. Для определения соответствия уровню SIL

Результаты испытаний электроприводов «РэмТЭК» в системах общецехового и антипомпажного регулирования газоперекачивающего агрегата на компрессорной станции «Новгород»

Параметр	Требование	Результат испытаний
Проверка времени перестановки ручным дублером привода	Не должно превышать 3 мин	Закрытие – 26 с Открытие – 25 с
Разница между фактическим текущим положением регулирующего элемента и заданием в статическом режиме	Должна быть не более $\pm 0,5\%$ от полного хода клапана	$\pm 0,25\%$
Тип переходного процесса	Допустим аperiodический процесс или процесс с одним циклом перерегулирования. Допустимая величина перерегулирования – не более 2 % от полного хода клапана	Перерегулирование отсутствует
Время фазы застоя (время реагирования на управляющий сигнал)	Допустимая величина – не более 0,2 с	0,17 с
Стабильность положения клапана в статическом режиме	Колебания регулирующего элемента недопустимы	Колебания отсутствуют
Время полного открытия антипомпажного клапана	Не должно превышать 2 с	1,9 с
Время полного закрытия антипомпажного клапана	Не должно превышать 3 с	1,9 с
Проверка работы привода при кратковременном пропадании электропитания	Пауза 30 с до перехода в положение безопасности	Начало открытия через 30 с



Рис. 3. Работа системы регулирования антипомпажного клапана с электроприводом «РэмТЭК» на различных режимах работы газоперекачивающего агрегата



Рис. 4. Электропривод «РэмТЭК.Л.65000.9» на регулирующем клапане серии РУСТ в составе технологической обвязки на объекте компрессорной станции № 4 «Нимнырская»

на каждую модификацию электропривода выполнен расчет общей интенсивности отказов  $\lambda$  и времени наработку на отказ МТBF, проведен FMEA-анализ видов и последствий отказов, рассчитаны показатели функциональной безопасности.

#### РЕЗУЛЬТАТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ «РЭМТЭК» В СИСТЕМАХ ОБЩЕЦЕХОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГПА НА ОБЪЕКТЕ КС «НОВГОРОД»

В период с 05.10.2023 по 23.11.2023 проведены эксплуатационные испытания электроприводов «РэмТЭК», установленных на регулирующем осесимметричном клапане серии РУСТ 950–1, DN 500 PN 63 МПа в составе технологической обвязки ст. № 36р и антипомпажном клапане серии РУСТ 950–1, DN 300 PN 63 МПа ст. №4–6р в составе агрегатной технологической обвязки ГПА–6,3 ст. № 4 (рис. 2) на объекте компрессорной станции (КС) «Новгород» 000 «Газпром трансгаз Санкт-Петербург». Подробные результаты представлены в таблице.

В ходе испытаний подтверждено соответствие технических характеристик электроприводов «РэмТЭК» требованиям СТО Газпром 2–4.1–212–2008, СТО Газпром 2–4.1–1114–2017.

#### РЕЗУЛЬТАТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ «РЭМТЭК» В СИСТЕМАХ ОБЩЕЦЕХОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ОБЪЕКТЕ КС–4 «НИМНЫРСКАЯ»

В период с 03.07.2024 по 04.07.2024 проведены эксплуатационные испытания осевого регулирующего клапана (ст. № 36р) DN 500 PN 10 МПа модели РУСТ 950–2 ХЛ (1) с электроприводом «РэмТЭК» (рис. 4) в составе обвязки компрессорного цеха №2 КС–4 «Нимнырская» магистрального газопровода «Сила Сибири» 000 «Газпром Трансгаз Томск». Проведены проверки точности отработки управляющего сигнала, плавности хода, качества регулирования клапана при максимальном и минимальном расходе.



В ходе проведения испытаний подтверждено соответствие технических характеристик регулирующего клапана (ст. 36р) с электроприводом «РэмТЭК» требованиям СТО Газпром 2–4.1–1114–2017. На основании полученных результатов Департаментом ПАО «Газпром» принято решение по применению электроприводов «РэмТЭК» на осевых регулирующих клапанах (ст. № 36р) производства АО «РУСТ-95» на КС–1, 2, 3, 5, 6, 7, 7а, 2К магистрального газопровода «Сила Сибири».

#### ВЫВОДЫ

В ходе испытаний на КС «Новгород» и КС «Нимнырская» отмечены качественно другие, лучшие результаты управления клапаном по сравнению с управлением от пневмопривода (рис. 3):

- отсутствие перерегулирования и колебательного процесса при достижении заданной точки;
- отсутствие зоны нечувствительности к изменению задания;
- отсутствие статической ошибки обработки сигнала положения;
- простота в подключении и настройке;
- лучшая эргономика;
- исключение необходимости в подготовке и утилизации импульсного газа;
- исключение влияния точки росы и отрицательных температур;
- отсутствие импортозависимости в части позиционеров и бустеров.

Отмечен простой и оперативный ввод в эксплуатацию оборудования и отсутствие необходимости подстройки электропривода под конкретный клапан или контур управления.

Жесткость управления, а также отсутствие влияния давления среды на положение выходного звена гарантируют стабильность управления клапаном и точность регулирования контура управления ГПА.

Применение электропривода «РэмТЭК» обеспечивает дополнительные характеристики по управлению клапаном:

- измерение момента и диагностику состояния клапана в реальном времени;

#### БЫСТРОДЕЙСТВИЕ «РЭМТЭК» СРАВНИМО С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ КЛАПАНАМИ, НО ПРИ ЭТОМ ЭЛЕКТРОПРИВОД ОБЕСПЕЧИВАЕТ ВЫСОКУЮ ТОЧНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ НА МАЛЫХ СКОРОСТЯХ.

- тест частичного хода – диагностику клапана и проверку функции безопасности;
- вибро- и сейсмоустойчивость;
- устойчивость к отрицательным температурам.

Быстродействие «РэмТЭК» сравнимо с электромагнитными клапанами, но при этом электропривод обеспечивает высокую точность управления при движении на малых скоростях. Применение синхронных двигателей с векторным алгоритмом управления, механических передач с высоким КПД в электроприводах «РэмТЭК» обеспечивает высокую надежность, что позволяет применять их в системах, предъявляющих высокие требования к надежности управления.

Коллектив ООО НПП «ТЭК» выражает глубокую благодарность сотрудникам ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»: заместителю начальника отдела по техническому

переворужению и модернизации компрессорных станций Управления по эксплуатации компрессорных станций О.И. Зуеву, ведущему инженеру отдела по техническому переворужению и модернизации компрессорных станций Управления по эксплуатации компрессорных станций Д.Л. Чебрикову, начальнику газокомпрессорной службы Новгородского ЛПУМГ Д.Н. Ковальскому; сотрудникам ООО «Газпром трансгаз Томск»: начальнику газокомпрессорной

службы Нерюнгринского ЛПУМГ В.В. Красновскому, начальнику КС-4 «Нимнырская» Ю.Ю. Жердеву, начальнику отдела организации и проведения пусконаладочных работ филиала ООО «Газпром инвест» «Томск» А.В. Чернышову, а также коллективу компании АО «РУСТ-95» за помощь в организации и проведении испытаний. ■



#### ООО НПП «ТЭК»

634040, Россия, г. Томск,  
ул. Высоцкого, д. 33  
Тел.: +7 (3822) 63–39–58,  
63–41–75, 99–90–11  
E-mail: rnd@mail.npptec.ru,  
marketing@mail.npptec.ru  
www.npptec.ru, www.IDK-10.ru,  
www.рэмтэк.рф

#### О КОМПАНИИ

«Томская электронная компания» – современное, российское инжиниринговое предприятие с 25-летним опытом разработки и серийного производства продукции интеллектуального машиностроения, предлагающая инновационные решения для управления трубопроводной арматурой в нефтегазовой, нефтехимической, металлургической и энергетической промышленности.

Электроприводы «РэмТЭК» предназначены для дистанционного и местного управления запорной, регулирующей и запорно-регулирующей трубопроводной арматурой DN от 25 до 1200 мм с PN от 1,6 до 25 МПа в химической, нефтяной, газовой, энергетической и других отраслях промышленности, на объектах морского транспорта, плавучих буровых установках, в прибрежных зонах.

Электроприводы «РэмТЭК» включены в Единый реестр материально-технических ресурсов ПАО «Газпром», имеют сертификаты СДС ИНТЕРГАЗСЕРТ (ОГНО. RU. 1102. В00464, ОГНО. RU. 1102. В01501) и соответствуют СТО Газпром 2–4.1–212–2008.