

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

Электроприводные агрегаты нового поколения производства «РЭП Холдинга»

К.Б. Лядов, А.Г. Злобин, Д.Д. Мордовченко, А.Н. Волков,
А.Н. Балясников – ЗАО «РЭП Холдинг»

В системе транспортировки газа многие газоперекачивающие агрегаты эксплуатируются более 20 лет с наработкой свыше 100 тыс. часов. Их технико-экономические показатели (кпд, мощность, вибрационные характеристики, надежность) уже не удовлетворяют современным требованиям.

Кроме того, непрерывный рост стоимости энергоресурсов и себестоимости транспорта газа, его невозобновляемость в природе делают важнейшим направлением разработку энергоэкономичных агрегатов для трубопроводных систем.

Решением этой важнейшей для отрасли задачи, уделяя при этом немалое внимание экологическим аспектам, занимается Санкт-Петербургская компания ЗАО «РЭП Холдинг» путем внедрения электроприводных газоперекачивающих агрегатов нового поколения.

По сравнению с другими типами приводов основные преимущества электроприводных ГПА следующие:

- высокая надежность;
- минимальные затраты на капитальный ремонт;
- большой моторесурс узлов и деталей ГПА;
- простота автоматизации и управления;
- экологическая чистота;
- изменение частоты вращения электродвигателя;
- пожарная безопасность.

ЗАО «РЭПХ» сейчас является единственным предприятием в России, которое производит и собирает все компоненты ЭГПА (нагнетатель, высокоскоростной асинхронный двигатель, преобразователь частоты, САУ, системы охлаждения и электроснабжения), проводит инженеринговые и проектные работы, шефмонтаж, пус-

коналадку и сервисное обслуживание агрегатов на объектах заказчика.

Предприятие серийно выпускает автоматизированные электроприводные газоперекачивающие агрегаты (ЭГПА) с дистанционным управлением для компримирования природного газа на компрессорных станциях. ЗАО «РЭПХ» производит ЭГПА мощностью 4,0, 6,3, 8,0, 12,5 МВт для замены устаревших электроприводных агрегатов при реконструкции компрессорных станций. Все агрегаты безредукторные, на активном магнитном подвесе, с системой сухих газовых уплотнений и частотно-регулируемым электроприводом, безмасляные, что сводит к минимуму потребность в расходных материалах. Таким образом, современный ЭГПА готов к эксплуатации с минимальным количеством обслуживающего персонала.



Фото 1. Общий вид компрессорной станции (а) и компоновка оборудования лидерного ЭГПА-4,0/8200-56/1,26-Р на КС «Володино» (б)

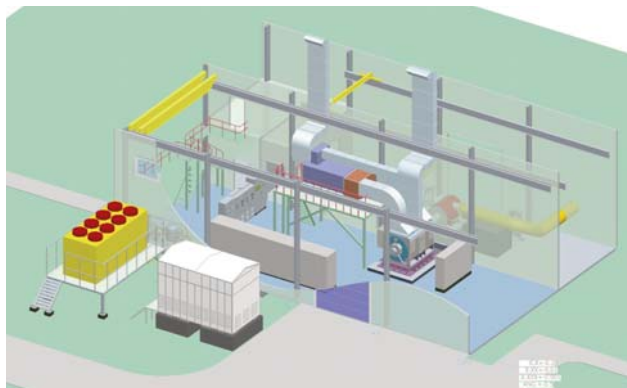


Рис. 1. Трехмерная модель компоновки основного оборудования компрессорной станции ЭГПА-6,3



Фото 2. Электроприводный ГПА на производственной площадке Невского завода

Разработка нового ЭГПА-12,5 в сухом исполнении продолжает серию нагнетателей 4 и 6,3 МВт с высокооборотным электродвигателем Siemens.

На российском рынке предлагаются следующие основные модели ЭГПА (табл.):

■ ЭГПА-4,0/8200-56/1,26-Р по ТУ 3382-020-71439231-2007. Специально разработан для реконструкции шести компрессорных станций ООО «Газпром трансгаз Томск». Лидерный образец прошел приемочные испытания на КС «Володино» в июле 2010 года (фото 1).

■ ЭГПА-6,3/8200-56/1,44-Р по ТЗ 064415.001 (ТУ 3382-013-71439231-2007). Предназначен для реконструкции пяти компрессорных станций ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург». Пилотный агрегат в сентябре 2011 г. прошел приемо-сдаточные испытания, а на апрель 2012 г. в опытно-промышленной эксплуатации на КС-3 «Смоленск» наработал более 8600 час.

■ ЭГПА-4,0/14000. Специальная разработка с центробежным компрессором К230-81-1СМП для сжатия попутного нефтяного газа. Находится на стадии разработки конструкторской документации.

■ ЭГПА-12,5/6500-75/1,5-Р. Находится на стадии разработки конструкторской документации.

Электроприводный газоперекачивающий агрегат (фото 2) со-

стоит из центробежного нагнетателя (ЦБН), обеспечивающего заданную степень повышения давления (степень сжатия), регулируемого электропривода в составе высокоскоростного асинхронного электродвигателя (АД) и трехфазного полупроводникового преобразователя частоты (ППЧ) с системами охлаждения двигателя (СО АД) и преобразователя частоты (СО ППЧ).

Центробежные нагнетатели (ЦБН) 220-11-1СМП (фото 3), 200-21-1СМП и 300-21-1СМП мощностью 4, 6 и 12 МВт изготавливаются на Невском заводе — основной производственной площадке «РЭП Холдинга». ЦБН оснащены системой газодинамических уплотнений (СГУ), выполненной в соответствии с типовыми техническими требованиями к сухим (газодинамическим) уплотнениям, утвержден-

Технические характеристики ЭГПА производства ЗАО «РЭПХ»

	ЭГПА-4,0/ 8200-56/ 1,26-Р	ЭГПА-6,3/ 8200-56/ 1,44-Р	ЭГПА-12/ 6500-75/ 1,5-Р
Номинальное напряжение на входе, кВ	6/10		
Производительность объемная, отнесенная к 20 °С и 0,1013 МПа, млн м³/сут.	12,5	12,0	21,5
Отношение давлений (степень повышения давления)	1,26	1,44	1,5
КПД привода (без нагнетателя) в номинальном режиме, не менее	0,92	0,93	
Мощность привода номинальная, кВт	4000	6300	12000
Частота вращения номинальная, об/мин	8200		6500
Диапазон рабочих частот вращения, % от номинальной, без превышения номинальной мощности	70...105		
Точность поддержания частоты вращения в рабочем диапазоне, % от номинальной, не хуже	1,0		
Время разгона до номинальной частоты вращения, не более, мин	2		
Производительность объемная, отнесенная к начальным условиям, м³/мин	220	200	270
Давление газа конечное (абс.) при выходе из нагнетателя, не более, МПа	5,49		7,45
Давление газа начальное (абс.) при входе в нагнетатель, не более, МПа	4,36	3,81	4,97



Фото 3. Центробежный нагнетатель 220-11-1СМП на КС «Володино»



Фото 4. ЭГПА на испытательном стенде ЗАО «РЭП Холдинг»

ными ОАО «Газпром» 10.10.2006 г.; системой активного электромагнитного подвеса (АМП) ротора (комплект магнитных подшипников) производства ЗАО «РЭПХ» по лицензии фирмы S2M; конфузоров, комплектом датчиков измерения расхода газа для работы системы противопомпажной защиты и технологического измерения производительности ЦБН.

Для предотвращения повреждения поверхностей статорных и роторных частей МП при отключении электроэнергии и в аварийных режимах предусмотрены страховочные подшипники, обеспечивающие аварийный выбег ротора.

Управление и контроль АМП ЦБН осуществляется от шкафа управления магнитным подвесом центробежного нагнетателя. Взрывозащита

магнитного подшипника обеспечивается конструкцией нагнетателя.

Корпуса нагнетателей рассчитаны на рабочее давление до 7,45 МПа и унифицированы для применения сменных проточных частей (СПЧ) с отношением давлений 1,25–1,35–1,44(1,5). СПЧ взаимозаменяемы и устанавливаются в корпус нагнетателя без конструктивных доработок и дополнительных пригоночных работ при помощи штатного приспособления для выемки и установки пакета СПЧ. Разработка и изготовление СПЧ производится по отдельному ТЗ и согласовывается с заказчиком.

Высокоскоростные электродвигатели мощностью 4,0, 6,3 и 12,5 МВт (фото 5) производства ООО «Сименс Электропривод» предназначены для привода центробежного

нагнетателя, имеющего квадратичную зависимость момента на валу от частоты вращения. Вращающий момент электродвигателя передается непосредственно на вал нагнетателя с помощью промежуточного гибкого вала. Электродвигатель работает в составе частотно-регулируемого электропривода с питанием от преобразователя частоты и имеет систему электромагнитного подвеса (комплект магнитных подшипников) ротора производства ЗАО «РЭПХ» по лицензии фирмы S2M. Управление и контроль магнитным подвесом электродвигателя осуществляется от шкафа управления магнитным подвесом электродвигателя.

Как следует из практики использования ЭГПА с регулируемым числом оборотов, компрессоры остаются в зоне высокого *кпд* даже



Фото 5. Электродвигатель мощностью 6,3 МВт на испытательном стенде (а), мощностью 4 МВт – в компрессорном цехе КС «Володино» (б)

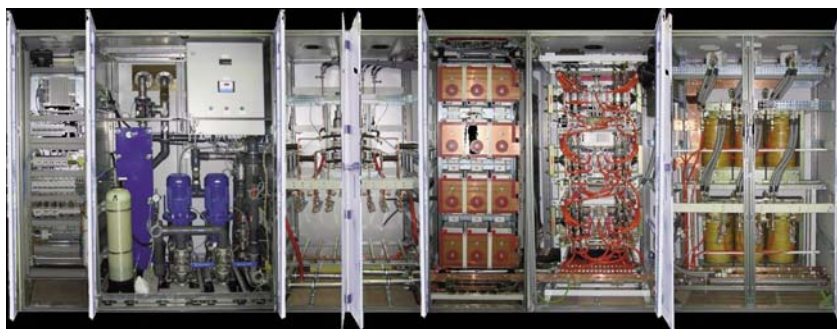


Фото 6. Преобразователь частоты ПЧТ 10 8000 ЗЖ 01 (максимальная мощность 9150 кВА)

при значительном снижении скорости. Изменением числа оборотов можно не только экономично регулировать работу компрессора, но и эффективно защищать его, в комбинации с другими средствами, от попадания в зону неустойчивой работы при изменении входных параметров. Возможность регулирования скорости полезна также при пуске и останове компрессорного агрегата, что обеспечивает продолжительность его эксплуатации. В целом использование регулируемого электропривода дает сокращение энергетических затрат на 10-25%.

Система охлаждения электродвигателей 4 и 6 МВт воздушная. Электродвигатель мощностью 4 МВт оснащен встроенным вентилятором, электродвигатель мощностью 6,3 МВт имеет внешнюю вентиляционную установку. Электродвигатель мощностью 12,5 МВт имеет комбинированное воздушно-жидкостное охлаждение с внутренним теплообменником.

Полупроводниковые преобразователи частоты (ППЧ), производства ЗАО НЗЛ по лицензии Convertteam (фото 6) или совместного предприятия «Сименс электропривод», снабженные входным согласующим трансформатором (трансформаторами), обеспечивают выходные параметры электропривода с заданной точностью при изменении питающего напряжения, разгон и торможение электродвигателя с заданным темпом в пределах допустимого выходного тока ППЧ.

Система управления ППЧ построена на базе микропроцессоров и обеспечивает управление электродвигателем, контроль, диагностирование и защиту ППЧ.

Система автоматического управления и регулирования ЭГПА (САУ ЭГПА) типа ЭЛЕСКУ (фото 7) разработки и производства ЗАО «РЭПХ» предназначена для обеспечения заданных режимов работы и регулирования основных параметров газоперекачивающего агрегата, его длительной и безаварийной работы. САУ ЭГПА является локальной подсистемой автоматического управления технологическим процессом компрессорного цеха (АСУ ТП КЦ), обеспечивающей как полностью автономную работу ЭГПА, так и работу в составе компрессорной станции под управлением систем диспетчерского уровня.

Основными инновационными достижениями, позволившими достичь мирового уровня разработки электроприводных газоперекачивающих агрегатов ЭГПА, явились следующие технические решения:

Применение активного магнитного подвеса в ЦБН и электродвигателе. Принцип действия магнитного подшипника (фото 8, 9) основан на взаимодействии пары электромагнитов с ферромагнитным телом. Регулируя ток электромагнита, можно управлять силами притяжения стабилизируемого тела и тем самым его положением в пространстве. Таким образом, появляется возможность бескон-

тактного вывешивания вращающегося ротора промышленного агрегата.

Управляемость магнитного подшипника не только позволяет вывесить ротор в неподвижном состоянии, но и обеспечивает динамическую стабилизацию всего ротора при вращении, что особенно важно для высокоскоростных машин.

Полная автоматизация технологических процессов агрегата. Наличие в агрегате разветвленной многоуровневой микропроцессорной системы контроля, диагностики и управления, включающей цифровые контроллеры агрегатной САУ, преобразователя частоты и магнитного подвеса, создает предпосылки для создания полностью автоматизированного агрегата.

Агрегатная система управления интегрирована в систему управления компрессорным цехом. Удаленный доступ позволяет подключить цеховую систему управления к системе управления более высокого (диспетчерского) уровня.



Фото 7. САУ ЭГПА ЭЛЕСКУ на стенде для испытаний

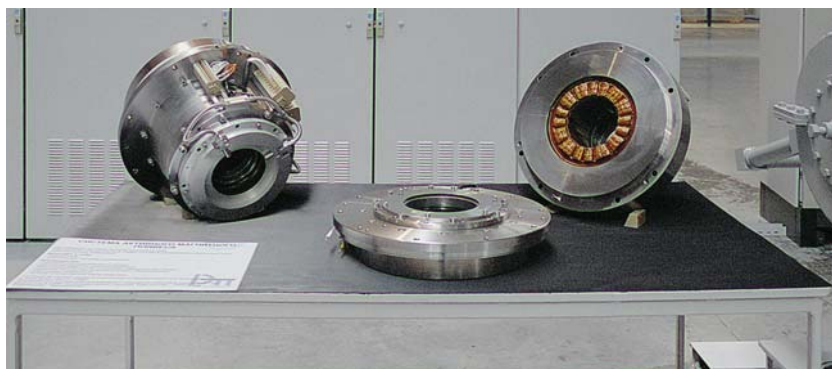


Фото 8. Подшипники активного магнитного подвеса



Технология удаленного доступа позволяет достичь нового уровня управления, диагностики, контроля и обслуживания современной техники.

Использование современных цифровых технологий и защищенных оптических линий связи дает возможность создать рабочее место оператора (диспетчера) за много сотен километров от места установки агрегата. В зависимости от уровня доступа удаленный оператор имеет возможность осуществлять наблюдение за состоянием агрегата (мониторинг), либо полностью управление агрегатом, либо изменение параметров агрегата. Кроме того, удаленный доступ обеспечивает оперативный анализ работы агрегата и нештатных ситуаций высококвалифицированными специалистами, а также накопление реальных статистических данных о его работе.

Специалистами ЗАО «РЭПХ» была разработана и реализована система удаленного доступа производственно-диспетчерской службы ООО «Газпром трансгаз Томск» к агрегатам ЭГПА-4,0/8200-56/1,26-Р «Томь» на КС «Володино», о чем свидетельствует соответствующий сертификат (фото 10).

От инновационных разработок к серийному производству. В конце июля на компрессорной станции «Володино» ООО «Газпром трансгаз Томск» был запущен в работу электроприводный газоперекачивающий агрегат ЭГПА-4,0/8200-56/1,26-Р разработки и производства «РЭП Холдинга». Современные системы автоматического управления обеспечили удаленный доступ к управлению оборудованием КС, что было продемонстрировано во время первого дистанционного запуска агрегата, который осуще-

ствил генеральный директор ООО «Газпром трансгаз Томск» Виталий Маркелов из центрального диспетчерского пульта КС в Томске.

Сейчас это самый современный газоперекачивающий агрегат на российском и мировом рынке. ЭГПА нового поколения мощностью 4 МВт экономичны, позволяют экономить до 20% электроэнергии, выполнены с использованием магнитных подвесов, что значительно улучшает экологические показатели эксплуатации, полностью автоматизированы, позволяют работать с минимальным количеством обслуживающего персонала.

Запуску предшествовали успешно проведенные испытания опытного образца. Оценку работе агрегата дала межведомственная комиссия, в состав которой вошли специалисты Управления по транспортировке газа и газового конденсата, Управления энергетики, Управления автоматизации технологических процессов ОАО «Газпром», специалисты «Газпром ВНИИГАЗ», «Газпром промгаз», ДОО «Оргэнергогаз», ООО «Газпром газнадзор», Ростехнадзора, ООО «Газпром трансгаз Томск», ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург», ЗАО «РЭП Холдинг», Siemens.

Комиссия тщательно проверила все узлы агрегата и режимы работы компрессорной станции в системе МГ. Проводилась экстренная остановка агрегата, изменялась нагрузка по мощности, тестировалось срабатывание защит.



Фото 9. Шкаф управления магнитными подшипниками



Фото10. Сертификат дистанционного пуска ЭГПА-4,0/8200-56/1,26-Р на КС «Володино»



Фото11. Дистанционный пуск ЭГПА, установленного на КС «Володино», произведенный 15 декабря 2010 г. Алексеем Миллером

По программе реконструкции электроприводных компрессорных станций ООО «Газпром трансгаз Томск» аналогичные ГПА производства «РЭП Холдинга» будут установлены еще на пяти КС — «Парабель», «Чажемто», «Проскоково», «Вертикос» и «Александровская».

17 сентября 2010 года на КС «Володино» Томского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Томск» состоялись испытания системы автоматического регулирования компрессорного цеха (САР КЦ). 15 декабря 2010 года во время своего визита в Томск Председатель правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер произвел дистанционный запуск ЭГПА, установленного на компрессорной станции «Володино». Управление электроприводного газоперекачивающего агрегата станции осуществлялось из центральной диспетчерской ООО «Газпром трансгаз Томск».

Система автоматического регулирования компрессорного цеха входит в состав АСУТП КЦ и предназначена для технологического регулирования и антипомпажной защиты компрессорных цехов. САР КЦ позволяет осуществлять автоматическое регулирование заданного значения производительности, давления или степени сжатия на выходе компрессорного цеха за счет изменения оборотов центробежных

нагнетателей. Кроме того, САР КЦ способна обеспечивать автоматический пуск и остановку электроприводных газоперекачивающих агрегатов при предельных режимах работы компрессорного цеха, выравнивать нагрузки между ними и предотвращать попадание в помпаж.

САР КЦ является результатом системного подхода ЗАО «РЭПХ» к реконструкции отечественной газотранспортной системы, использования современных технологий и фундаментальных знаний, квалифицированной и ответственной работы профессионального коллектива «РЭП Холдинга».

Опыт эксплуатации системы автоматического регулирования компрессорного цеха на КС «Володино»

За время опытной эксплуатации САР КЦ было отмечено снижение роли оперативного персонала на КС «Володино» в регулировании режимов транспорта газа, что является важным достижением на пути внедрения малолюдных технологий.

Сейчас КС «Володино» работает в автоматическом режиме под управлением САР КЦ. Станция управляется из центрального диспетчерского пункта в Томске на рас-

стоянии 135 км. Система поддерживает заданное давление газа, расход либо степень сжатия на выходе станции путем определения количества работающих ЭГПА, автоматического пуска или остановки агрегатов и регулирования частоты вращения ЦБН. САР КЦ осуществляет беспомпажное регулирование КС. В управлении ООО «Газпром трансгаз Томск» принято решение о внедрении подобных средств технологического регулирования на всех компрессорных станциях Александровского и Томского ЛПУ.

Будущее ЭГПА в газотранспортной системе

По словам заместителя Председателя Правления ОАО «Газпром» (бывшего генерального директора ООО «Газпром трансгаз Томск») Виталия Маркелова, высказанным в интервью журналу «Газпром» (№12, 2011 г.), главным является комплексная программа реконструкции всех шести электроприводных компрессорных станций, обслуживающих магистральный газопровод Нижневартовский ГПЗ — Парабель — Кузбасс. На станциях полностью меняется оборудование, устанавливаются электроприводные ГПА нового поколения на магнитных подвесах и с плавным

пуском, выпущенные российской компанией «РЭП Холдинг».

«Первым объектом комплексной реконструкции, — отметил Виталий Маркелов, — стала компрессорная станция «Володино», там модернизирован весь технологический комплекс, включающий не только газоперекачивающие агрегаты, но и системы автоматического управления, трубопроводы с запорной арматурой с электрогидравлическим приводом, узлы подключения компрессорных стан-

ций, совмещенные с узлами запуска-приема очистных устройств, пылеуловители, технологические здания, цеха, операторные, котельные и другие объекты. В текущем году аналогичная реконструкция проведена на КС «Парабель» и «Чажемто», а в 2013-м данная работа будет полностью завершена и на остальных КС. После этого мы создадим систему автоматического управления всем МГ НГПЗ — Парабель — Кузбасс, предусматривающую интеграцию систем телемеха-

ники и автоматики технологических объектов с возможностью управления из центрального диспетчерского пункта».

Всего на сегодняшний день ЗАО «РЭПХ» комплексно поставило на объекты ОАО «Газпром» более 30 электроприводных ГПА мощностью 6,3 и 4,0 МВт. В ближайших перспективах «РЭП Холдинга» — электроприводы собственного производства мощностью от 4,0 до 12,5 МВт, по которым получены заказы и начаты инженеринговые работы.

