

## ЭЛЕКТРОПРИВОД «РЭМТЭК» В СИСТЕМАХ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Вопросы снижения капитальных и эксплуатационных затрат при проектировании и строительстве объектов добычи являются приоритетными для многих нефтегазодобывающих компаний. В качестве одного из путей решения предлагаются системы с использованием альтернативных возобновляемых источников энергии, которые, в свою очередь, предъявляют специальные требования к оборудованию и системам управления.

Многолетний опыт ООО НПП «ТЭК» в разработке и серийном производстве электроприводной техники для различных приложений позволяет предложить специализированный и востребованный продукт для данного сегмента рынка и помочь компаниям решить поставленные задачи по оптимизации затрат.

В статье представлены преимущества электроприводов «РЭМТЭК» производства ООО НПП «ТЭК», применяемых в энергосистемах с низковольтным питанием и в системах альтернативной генерации на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для задач управления запорной, отсечной или регулирующей трубопроводными арматурами.

Использование электроприводов «РЭМТЭК» позволяет существенно увеличить энергоэффективность объекта, а также снизить материальные затраты на его строительство и последующую эксплуатацию. Первое достигается за счет применения в составе электропривода современных, инновационных технических решений: вентильного синхронного электродвигателя с постоянными магнитами, циклоидальных редукторов с высоким КПД, а также встроенного частотного преобразователя с алгоритмом векторного управления.

Питание осуществляется напрямую от низковольтной системы электропитания 24 В с допуском по входному напряжению от 12 до 50 В. При этом электропривод обеспечивает максимальные значения момента на выходном звене арматуры 40–10 000 Н·м для многооборот-

ных, 3500–175 000 Н для линейных и 64–63 000 Н·м для неполнооборотных исполнений.

Электропривод «РЭМТЭК» работает без обогрева при крайне низких температурах – до  $-63^{\circ}\text{C}$ , мощность на обогрев не расходуется. После подачи питания электропривод сразу готов к работе.

Для снижения нагрузки на аккумулятор реализован режим ограничения мощности потребления по линии питания. При этом электропривод сохраняет заявленный максимальный момент на выходном звене арматуры.

### АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В ДЕЙСТВИИ

При создании энергосистемы в труднодоступных регионах, удаленных от сетевой инфраструктуры, все чаще применяется альтернативная генерация на базе ВИЭ, что позволяет существенно снизить расходы на этапе капитального строительства за счет отказа от линии электропередач.

В настоящее время крупные нефтегазовые компании увеличивают инвестиции в развитие

проектов по использованию альтернативной энергетики на базе ВИЭ. Подобные энергосистемы запущены на Ярактинском нефтегазоконденатном месторождении ООО «Иркутская нефтяная компания», территории Омского нефтеперерабатывающего завода компании ПАО «Газпром нефть», на объектах Ямало-Ненецкого авт. окр., заводе «Ямал СПГ» компании ПАО «НОВАТЭК».

Основные виды зеленой энергетики: ветроэнергетика – использование кинетической энергии ветра для получения электроэнергии; солнечная энергетика – получение электрической энергии от излучения солнца; геотермальная энергетика – использование естественного тепла Земли для выработки электрической энергии. Принцип действия таких электростанций построен на том, что энергия, получаемая из природных ресурсов, таких как ветер, солнечный свет, геотермальное тепло, при помощи ветрогенераторов, солнечных панелей, паровых турбин преобразуется в электрическую энергию и запасается в аккумуляторах со стандарт-



П.И. Николаев,  
ведущий инженер  
Инженерно-  
технического  
центра, R&D ООО НПП  
«Томская электронная  
компания»

**ЭЛЕКТРОПРИВОД «РЭМТЭК» РАБОТАЕТ БЕЗ ОБОГРЕВА ПРИ КРАЙНЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ – ДО  $-63^{\circ}\text{C}$ , МОЩНОСТЬ НА ОБОГРЕВ НЕ РАСХОДУЕТСЯ. ПОСЛЕ ПОДАЧИ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОД СРАЗУ ГОТОВ К РАБОТЕ.**

ными напряжениями 12, 24, 48 В. Для повышения энергоэффективности применяют специальные МРР-трекеры – устройства отбора максимальной мощности и контроллеры заряда/разряда. Для преобразования энергии, запасенной в аккумуляторе, в стандартную промышленную однофазную сеть 230 В или трехфазную сеть 400 В переменного тока используют повышающий преобразователь – инвертор, который на выходе формирует переменное напряжение промышленной частоты 50 Гц для питания потребителей (рис. 1).

Данная схема имеет ряд преимуществ, таких как: использование потребителей со стандартными значениями промышленного питающего напряжения, возможность подключения к инвертору резервного источника питания (дизель-генераторы), низкие потери при передаче энергии в нагрузку при длинных линиях питания. Однако есть и недостатки: повышенные затраты на строительство системы (инвертор), потери энергии в инверторе на дополнительное преобразование, которые в энергосистемах на базе ВИЭ нецелесообразны. Кроме того, системы промышленной автоматизации имеют стандартное напряжение питания 12, 24 В постоянного тока, и для обеспечения их работы требуется установка дополнительных вторичных источников.

Для систем с применением инвертора электропривод «РэмТЭК»



Электропривод «РэмТЭК.П.1000» (1000 Н·м) неполнооборотного исполнения

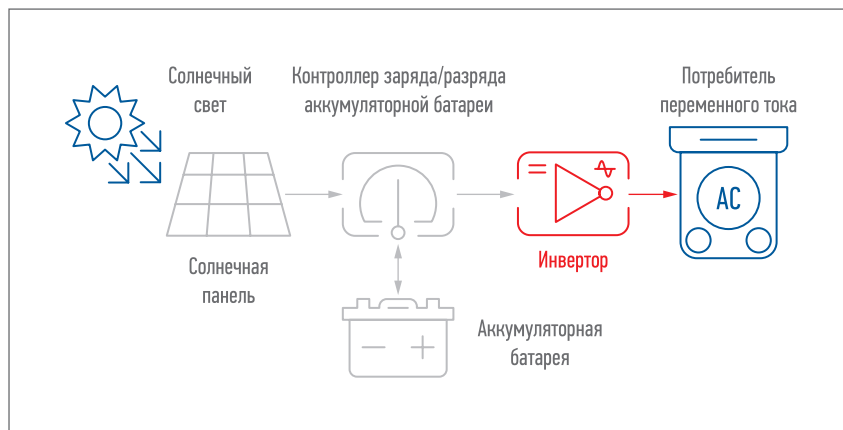


Рис. 1. Структурная схема солнечной электростанции с инвертором и потребителем переменного тока

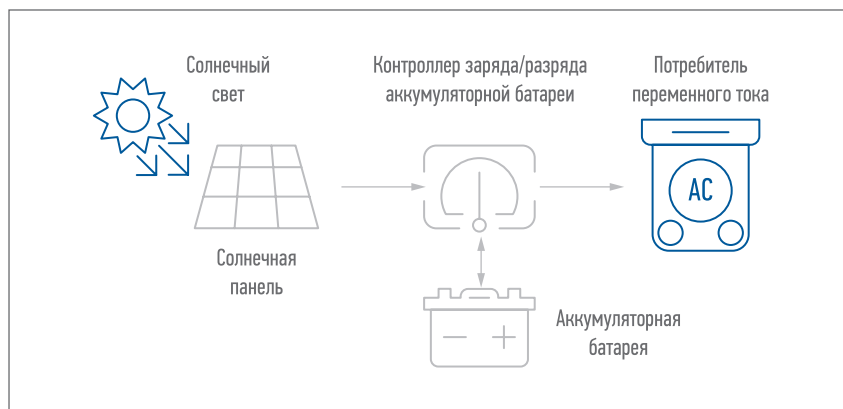


Рис. 2. Структурная схема солнечной электростанции без инвертора с потребителем постоянного тока

со входом питания 230/400 В переменного тока имеет ряд преимуществ за счет отсутствия пусковых токов и энергоэффективной системы управления и редукторов с высоким КПД.

Вторым типом энергосистем являются системы с выходным напряжением питания постоянного тока и потребителями (рис. 2). Такие системы не содержат инвертор напряжения и обеспечивают питание потребителей непосредственно с аккумулятора. Напряжение питания при этом подбирается исходя из номинального напряжения на аккумуляторе.

В зависимости от мощности потребителя выбирается напряжение на шине постоянного тока аккумулятора. Рекомендуемые значения: 12 В – диапазон нагрузки до 600 Вт, 24 В – 600–1500 Вт, 48 В – свыше 1500 Вт. Соединяя аккумуляторы

последовательно, можно легко масштабировать и формировать стандартное напряжение 12, 24, 48 В постоянного тока для питания низковольтного оборудования.

Исключение инвертора из общей схемы электропитания позволяет повысить энергоэффективность и надежность объекта, сократить номенклатуру системы, тем самым снизить материальные затраты на строительство и обслуживание.

Отсутствие инвертора положительно сказывается на надежности системы. Структурная схема энергосистемы является последовательной, и отказ любого из элементов приведет к отказу всей системы. Каждое ее звено имеет свою характеристику надежности:  $\lambda$  – интенсивность отказа. Согласно теории надежности при последовательном соединении элементов интенсивности отказов суммируются:

Таблица 1. Технические характеристики электроприводов «РэмТЭК»

Параметр	Значение параметра
Исполнение	Взрывозащищенное. 1ExdIIBT4 X (0ExialIIBT4 X), IIGbcIIBT4
Степень защиты оболочки	IP67, IP68 (опция). Двойная изоляция боксов подключения
Напряжение, В	230/400 AC 12–50 DC
Температура эксплуатации, °C	От –63 до 50
Интеграция в систему автоматизированной системы управления технологическим процессом	Дискретные выходы, входы, интерфейс RS-485/CAN/Profinet/FFH1/HART, протокол Modbus RTU/Profibus DP, аналоговые сигналы управления и обратной связи
Режим управления	На месте: с ручек поста управления, от ручного дублера или с пульта дистанционного управления. Дистанционно: по дискретным или аналоговым сигналам или интерфейсам
Обогреватель блока управления	Не требуется. Готов к работе при –63 °C без прогрева
Датчик положения	Электронный бесконтактный абсолютный энкодер
Ручной дублер	С автоматическим отключением
Диагностика	Сбор и хранение информации о командах, изменении параметров, предаварийных и аварийных событиях. Передача информации по интерфейсу. Полная удаленная настройка привода по интерфейсу. Наличие встроенного Wi-Fi-интерфейса и сервисного программного обеспечения
Использование в системах безопасности	SIL2
Сертификация ПАО «Газпром»	СДС ИНТЕРГАЗСЕРТ ОГН4.RU.1102.B00464

Таблица 2. Основные модификации электроприводов «РэмТЭК» по управлению арматурой

Параметр	Тип электропривода		
	Неполнооборотные	Многооборотные	Линейные
Автоматизируемая арматура	Шаровые краны и дисковые затворы	Шиберные и клиновые задвижки	Клапаны и другие типы арматуры с линейным перемещением
Диаметр арматуры	DN 15–700	DN 25–1200	DN 15–700
Крутящий момент	64–64 000 Н·м	12–1000 Н·м	3500–175 000 Н
Скорость/время	0,3–60,0 с	3–220 об/мин	1–55 мм/с
Присоединение к арматуре	Любое в соответствии с требованиями заказа		

$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \lambda_i$  При исключении из системы звена суммарная интенсивность отказа всей системы снизится, соответственно, увеличив надежность.

Электропривод «РэмТЭК» с напряжением питания 24 В постоянного тока разработан и серийно выпускается ООО НПП «ТЭК» специально для применения в энергосистемах с низковольтным питанием и в системах альтернативной генерации на базе ВИЭ для задач управления запорной, отсечной или регулирующей трубопроводной арматурой. Входное номинальное напряжение питания 24 В позволяет использовать электропривод «РэмТЭК»

без промежуточного преобразователя напряжения – инвертора, соответственно, без потери мощности на преобразование. Данное решение энергоэффективно и удовлетворяет требованиям зеленой энергетики.

Технические характеристики и основные модификации электроприводов «РэмТЭК» представлены в табл. 1, 2.

#### ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ «РЭМТЭК»

Входное переменное напряжение 230/400 В выпрямляется мостовым выпрямителем и поступает на шину постоянного тока.

Входное постоянное напряжение 24 В проходит через схему защиты от переплюсовки и напрямую поступает на шину постоянного тока.

На шине постоянного тока установлен фильтрующий конденсатор для сглаживания пульсаций потребляемого тока. Датчик измеряет значение входного напряжения и передает данные на микроконтроллер блока управления. Напряжение с шины постоянного тока поступает на инвертор, и с помощью широтно-импульсной модуляции формируется переменное напряжение необходимой частоты и амплитуды на статоре

электродвигателя. Переменный ток в обмотках статора измеряется датчиком тока. Бесконтактный датчик положения считывает текущее положение ротора электродвигателя и обеспечивает калибровку выходного звена электропривода для применения на арматуре (рис. 3).

Преимущества электропривода «РэмТЭК» достигаются применением в его составе:

- вентильного синхронного высокоэффективного электродвигателя с постоянными магнитами;
- надежных редукторов с высоким КПД;
- встроенного частотного преобразователя с алгоритмом векторного управления;
- специализированных решений для применения без обогрева при крайне низких температурах до  $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ВЕНТИЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Электропривод с вентильным синхронным электродвигателем с постоянными магнитами сочетает в себе надежность машин переменного тока с управляемостью машин постоянного тока и является передовым и инновационным решением в области регулируемого электропривода. Синхронный электродвигатель с постоянными магнитами обладает высоким КПД из-за отсутствия потерь в роторе, лучшим отношением максимальной полезной мощности к массе по сравнению с другими двигателями аналогичной мощности. Вентильный синхронный электродвигатель не содержит в своем составе изнашиваемых компонентов, щеток и не требует обслуживания.

Применение вентильного электродвигателя в электроприводе «РэмТЭК» позволяет получить высокие эксплуатационные характеристики, снизить энергопотребление, добиться высокой кратности максимального и номинального моментов, сохранить требуемый

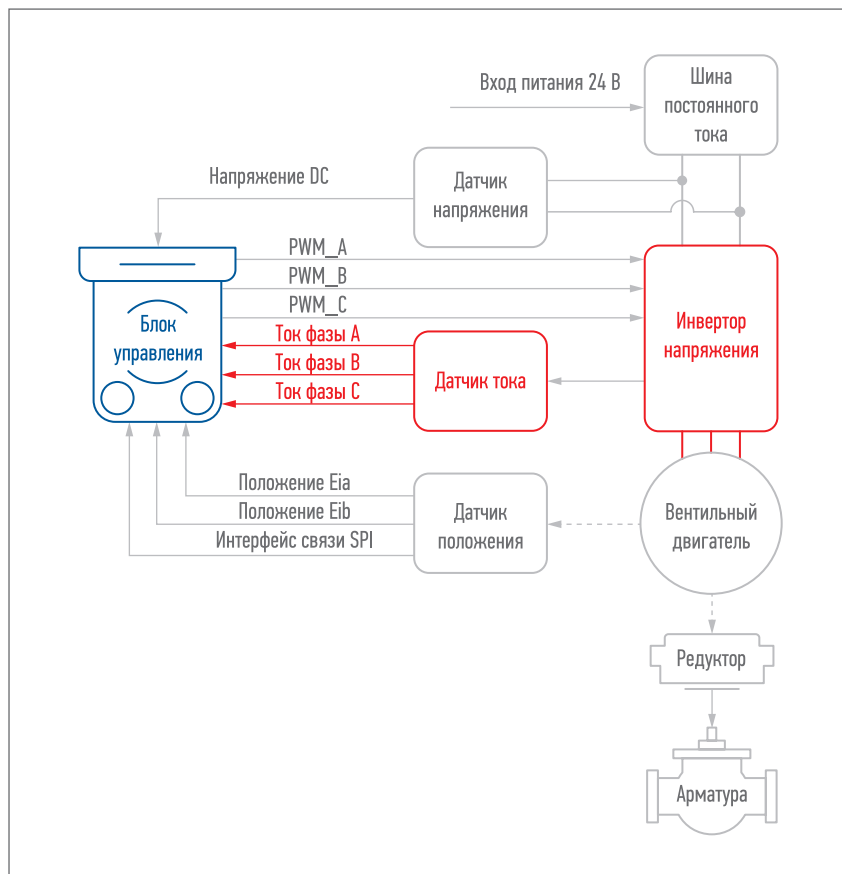


Рис. 3. Структурная схема управления арматурой с применением вентильного синхронного электропривода

крутящий момент на максимальной скорости.

Применение синхронного электродвигателя обеспечивает компактность системы электропривода, позволяет получить низкие виброакустические шумы и увеличить надежность и долговечность системы.



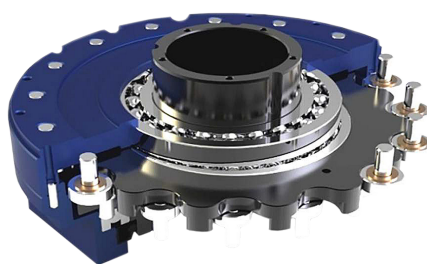
Электропривод «РэмТЭК.П.4000» (4000 Н·м) с муфтой гальванической изоляции

Электропривод «РэмТЭК» содержит полный комплекс защит электродвигателя: короткое замыкание, обрыв фаз, перегрев, токовременная защита, снижение сопротивления изоляции.

### НАДЕЖНЫЕ РЕДУКТОРЫ С ВЫСОКИМ КПД

В составе электропривода «РэмТЭК» применяются редукторы на основе циклоидальной передачи (цевочные), передачи с промежуточными телами качения и шарикопинтовой передачи собственного производства. Использование передач с промежуточными телами качения и циклоидальных передач обеспечивает компактность многоступенчатых редукторов и высокие массогабаритные показатели. Редукторы производства ООО НПП «ТЭК» позволяют получить большое передаточное отношение и имеют высокий КПД – 0,85–0,90, а также обладают ресурсом не менее





Планетарно-цевочный редуктор

**КОМПАКТНЫЙ ВНЕШНИЙ ГАБАРИТ ЭЛЕКТРОПРИВОДА «РЭМТЭК» ОБЕСПЕЧИВАЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УЗЛОВ И УСТАНОВОК.**

15 тыс. циклов, 1 млн пусков на регулировании. Применение редукторов с высоким КПД позволяет достичь максимального момента на выходном звене электропривода 63 000 Н·м для поворотных, 175 000 Н·м для прямоходных исполнений.

#### ВЕКТОРНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ

Векторный алгоритм управления синхронным мотором обеспечивает качественно другой уровень управления по сравнению со стандартным способом скалярного управления  $U/f$  (напряжение/частота). Реализация алгоритма векторного управления синхронным мотором в электроприводе «РэмТЭК» позволяет получить высокие динамические и энергетические показатели качества управления при токах, не превышающих двух номинальных значений, в том числе в пусковых режимах.

Преимущества использования электроприводов «РэмТЭК» с алгоритмом векторного управления:

- независимость максимального момента от напряжения питания;
- высокая устойчивость динамических показателей электропривода при изменении момента арматуры, температуры окружающей среды, напряжения питания;

– высочайшая точность в регулировании, в том числе с использованием встроенных пропорционально-интегрально-дифференцирующих регуляторов технологических параметров.

Векторное управление в электроприводах «РэмТЭК» обеспечивает эффективное управление арматурой, в частности в системах с альтернативной генерацией на базе ВИЭ: плавный пуск и бережное отношение к арматуре, точный останов с использованием регуляторов положения, точный контроль момента во всех режимах работы, точное регулирование скорости.

Регулирование скорости вращения и плавный пуск позволяют избежать ударных воздействий на арматуру, продлить ее ресурс, обеспечить точный, бережный подход выходного звена в заданное положение. Применение векторного алгоритма и транзисторного преобразователя в электроприводе «РэмТЭК» позволяет решить задачу чувствительности электропривода к просадкам питающей сети. Электромеханический момент двигателя пропорционален напряжению в квадрате:  $M \sim U^2$ . Так, при просадке питающего напряжения на 50 % электромеханический привод потеряет 75 % момента, а электропривод «РэмТЭК» сохранит его максимальные значения. Устойчивость к просадке сети дает возможность гарантированно закончить выполнение команды на движение, что обеспечивает высокую надежность управления технологическим процессом.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА В УПРАВЛЕНИИ АРМАТУРОЙ

Использование современных технических решений в электроприводе «РэмТЭК» позволяет реализовать режим штатного управления арматурой на малой скорости с обеспечением высокой точности позиционирования и поддержания технологического параметра.

Компактный внешний габарит электропривода «РэмТЭК» обеспечивает значительные преиму-

щества при проектировании технологических узлов и установок.

Реализованный алгоритм предиктивного анализа и применение специального диагностического программного обеспечения для тестирования основных электронных узлов дают возможность в полной мере прогнозировать будущее состояние электропривода. Это позволяет обслуживающему персоналу оперативно и своевременно проводить техническое обслуживание оборудования.

Широкий спектр современных интерфейсов автоматизированной системы управления технологическим процессом, реализованных в электроприводе «РэмТЭК», удовлетворяет всем современным тенденциям в области цифровизации промышленных объектов.

#### АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ

Создавая современное промышленное оборудование, компания ООО НПП «ТЭК», наряду с крупнейшими компаниями, вносит свой вклад в развитие зеленой энергетики и автоматизации на объектах нефтегазодобычи.

Постоянное стремление к инновациям и внедрение новых технологий позволяют компании ООО НПП «ТЭК» создавать промышленное оборудование, соответствующее всем современным мировым стандартам. Приоритетная задача компании – разработка высокоинтеллектуального, надежного и энергоэффективного промышленного оборудования. ■



#### ООО НПП «ТЭК»

634040, Россия, г. Томск,  
ул. Высоцкого, д. 33  
Тел.: +7 (3822) 63-38-37,  
63-39-54, 63-40-40  
E-mail: npp@mail.npptec.ru  
рэмтэк.рф, www.npptec.ru