



ЛОВУШКИ ДЛЯ
НЕФТЕПРОДУКТОВ

МИНИ-ТЭС
НА ТВЕРДОМ
ТОПЛИВЕ

ПРОМЫСЛОВАЯ
ЭНЕРГЕТИКА

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

Neftegaz.RU

[1-2] 2014

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

СЦЕНАРИИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
СТРАТЕГИИ



ПРОМЫСЛОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ОБЗОР МИКРОТУРБИННЫХ РЕШЕНИЙ

В последние годы в области автономной энергетики в российском нефтегазовом секторе особо востребованы микротурбинные установки. Крупнейшие корпорации, такие как ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «Газпром», НГК «ИТЕРА», НК «Альянс», ОАО «Татнефть», ОАО НК «Башнефть», а также целый ряд небольших компаний, среди которых ЗАО «Печоранефтегаз», ОАО «Богородскнефть» и другие, строят микротурбинные электростанции. Все чаще это оборудование вытесняет газопоршневые и дизельные генераторы, которые не отвечают требованиям надежности и энергоэффективности объектов нефтегазовой инфраструктуры. С появлением современных и высокотехнологичных микротурбин задачи распределенной энергетики в этой отрасли расширились

Александр Власов

Сегодня микротурбинные электростанции не только обеспечивают электроэнергией и теплом десятки мелких и средних месторождений и различных объектов газотранспортной инфраструктуры, но и утилизируют попутный нефтяной газ. Причем именно среди нефтяников наблюдается самый большой рост спроса – только за последний год количество установленных микротурбинных мощностей увеличилось почти на 30%.

Такая тенденция вполне объяснима. Микротурбины просты в обслуживании, исключительно надежны, что особенно ценно в условиях отсутствия централизованного энергоснабжения на таких объектах как удаленные и разрозненные месторождения, крановые узлы, электрохимзащита или крановые узлы на линейных частях газопроводов. Они экономичны в обслуживании, а в качестве топлива могут использовать практически бросовое сырье – попутный нефтяной газ, в результате чего себестоимость электроэнергии для нефтяников падает в разы в сравнении с сетевыми тарифами и на фоне других видов генерирующего оборудования.

По сути микротурбины представляют собой газотурбинные установки малой мощности – от нескольких десятков до нескольких сотен киловатт. В нашей стране представлены всего 4 производителя этого вида оборудования: Capstone Turbine Corporation (США), Ingersoll Rand (США), Calnetix Power Solution (США) и Turbес (Швеция). Мы постараемся разобраться, в чем их

ключевые отличия и преимущества и как в них ориентироваться при выборе наиболее оптимального решения.

Модельный ряд

Большинство производителей микротурбин предлагают потребителям всего одну модель установок в разных модификациях – для работы на различных видах топлива, с утилизатором выхлопных газов или без. К примеру, турбины T100 фирмы Turbес и TA-100 фирмы Calnetix имеют установленную мощностью 100 кВт. Оборудование Ingersoll Rand представлено установкой MT-250 мощностью 250 кВт. Микротурбины Capstone имеют более широкий модельный ряд: 10, 15, 30, 65, 200 кВт, а также установки мощностью 600, 800 и 1000 кВт, разработанные на основе двигателя C200. Это позволяет применять их как на объектах с малым потреблением в несколько десятков киловатт, таких как объекты линейных частей газопроводов, удаленные одиночные скважины, кусты скважин, скважины с сезонной добычей, разведочные, низкодебитные скважины и скважины с малым газовым фактором, так и для энергоснабжения довольно крупных месторождений с энергопотреблением в несколько мегаватт. В России и странах СНГ сегодня эксплуатируется более 1000 таких установок. К слову, количество турбин Calnetix в нашей стране насчитывает порядка 120, число работающих микротурбин Turbес и Ingersoll Rand – меньше десятка.

Такая расстановка сил во многом объясняется особенностями производства. Микротурбины Capstone изначально разрабатывались для промышленного применения по заказу крупнейших транснациональных корпораций и NASA и объединил самые инновационные технологии, защищенные более чем ста патентами. Для этого компании потребовалось около десяти лет и порядка \$200 000 000 капиталовложений.

Интересно отметить, что, например, установку Turbес специалисты компаний ABB и Volvo разрабатывали для использования в качестве транспортной турбины, и только потом она была модифицирована для стационарного применения. Основой Ingersoll Rand стала турбина, сконструированная еще в 70-х годах минувшего века. Что касается Calnetix, то права на эту турбину еще около четырех лет назад выкупила компания Capstone Turbine Corporation, а выпуск турбин TA-100 в настоящее время прекращен.

Надежность и экономичность

На сегодняшний день в распределенной энергетике микротурбины безусловно являются наиболее прогрессивным видом оборудования. Однако не всем производителям удалось уйти от недостатков своих предшественников – газовых турбин. К примеру, в турбинах Ingersoll Rand, Calnetix, Turbес используются традиционные гидродинамические

Модельный ряд микротурбин Capstone



Микротурбина
Capstone C15/C30 (электрическая
мощность 15/30 кВт)



Микротурбина
Capstone C65 (электрическая
мощность 65 кВт)



Микротурбина
Capstone C200 (электрическая
мощность 200 кВт)

подшипники качения. Следствием такого решения является наличие масляной системы, увеличивающей частоту сервисного обслуживания оборудования из-за необходимости регулярной замены и долива масла. Эти затраты, а также расходы на обслуживание масляной системы и компрессора напрямую ложатся на себестоимость электроэнергии. Кроме того, гидродинамические подшипники предполагают наличие сопрягаемых частей, а значит, велик риск поломок, что негативно сказывается на уровне надежности всего устройства.

В конструкции турбин Capstone используются воздушные подшипники – это газодинамические подшипники скольжения, которые поддерживают вал ротора генератора в подвешенном бесконтактном состоянии, что исключает необходимость применения масла. Благодаря такой разработке скорость вращения вала достигает рекордных 96 тысяч оборотов в минуту. Отсутствие вибраций и трения снижает вероятность поломки и увеличивает ресурс двигателя до 60000 часов, а периодическое сервисное обслуживание проводится не чаще раза в год. При этом отсутствует



Микротурбинная система
Capstone серии C1000
(электрическая мощность
600/800/1000 кВт)

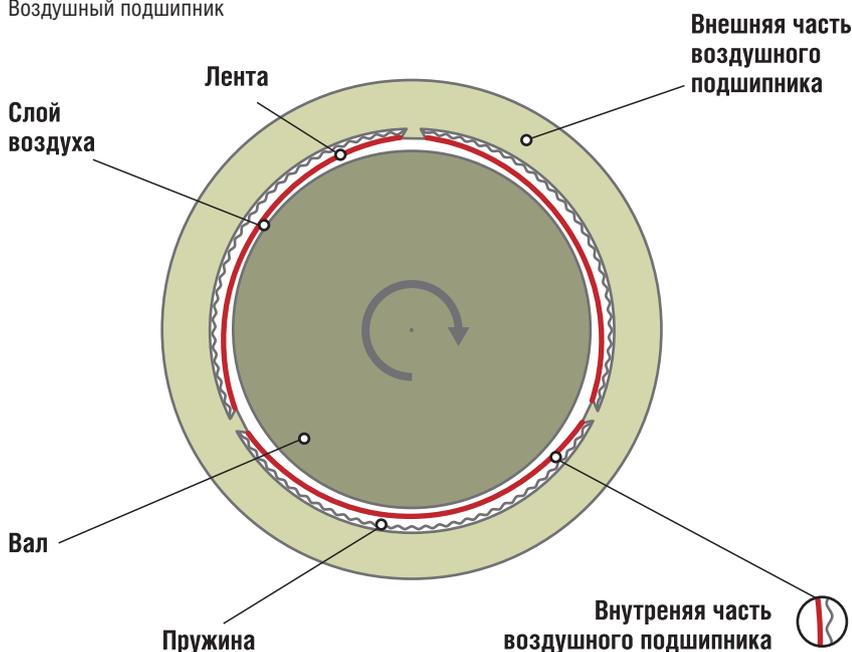
необходимость в постоянном присутствии персонала. Отсюда и низкий уровень затрат на содержание оборудования Capstone. Полная автоматизация этих установок и возможность дистанционного мониторинга и управления в совокупности с редким обслуживанием позволяют их применять, к примеру, на стратегически важных объектах газотранспортных магистралей, раскинувшихся на многие сотни километров.

Эффективность

Высокую эффективность микротурбин обеспечивает применение воздуховоздушных теплообменников – рекуператоров.

В частности, компании Capstone это позволило сократить объем потребляемого топлива вдвое. Однако, это не единственный фактор, влияющий на эффективность установки. Например, в микротурбинах Ingersoll Rand и Calnetix используется масляное охлаждение статора генератора. При этом насосы, обеспечивающие функционирование масляной системы, снижают мощность на выходе. В Turbec и Capstone генератор охлаждается набегающим потоком воздуха, что исключает необходимость организации системы жидкостного охлаждения. В результате КПД турбин Capstone C200 составляет 35%, что сравнимо с

Воздушный подшипник



газопоршневыми агрегатами. Этот же показатель у турбин Turbec и Ingersoll Rand находится на уровне 32%, а установка TA-100 производства Calnetix достигает всего 29% КПД.

Эластичность

Эластичность генерирующего оборудования к нагрузкам – весьма важный показатель при эксплуатации его на объектах с сезонными или суточными колебаниями энергопотребления. Микротурбины в этом плане серьезно превосходят газопоршневые установки, которые могут эксплуатироваться не ниже чем на 40–60% от номинальной мощности. Но и здесь важно знать свои особенности.

Для передача крутящего момента ротору генератора микротурбины Ingersoll Rand используется масляный редуктор. Его главный недостаток – невозможность обеспечить стабильное качество электроэнергии при сбросах/набросах нагрузки, что приводит к скачкам частоты и напряжения.

В микротурбинах Capstone, Turbec и Calnetix применяется система двойного инвертирования. Трехфазный переменный электрический ток на выходе генератора преобразуется в постоянный, а затем снова в переменный, но уже заданной частоты и напряжения. При этом эластичность к нагрузкам

турбины Calnetix, вращающейся с постоянной частотой 68 тысяч оборотов в минуту, достигается за счет использования брейк-резисторов. При снижении нагрузки частота вращения вала остается прежней, а сброс лишней нагрузки происходит на брейк-резисторы, то есть расход топлива не изменится.

Благодаря силовой электронике (IGBT-транзисторам) в оборудовании Capstone и Turbec достигается высокое качество электроэнергии, соответствующее международными стандартами. Вместе с блоком аккумуляторных батарей инверторная схема сокращает энергетические потери и обеспечивает практически 100% эластичность к нагрузке. Микротурбина устойчиво работает как на полной мощности, так и на низких нагрузках от 1–2%, потребляя пропорциональное нагрузке количество топлива.

Сервисное обслуживание и эксплуатация

Одна из главных особенностей микротурбин – простота обслуживания. Пожалуй, отдельно в этом ряду стоит оборудование Capstone. В связи с простотой конструкции и ее высокой надежностью, отсутствием трущихся деталей и масляной системы регламентные работы предусмотрены лишь раз в год, то есть каждые 8000 часов наработки.

В первые два-три года эти работы ограничиваются визуальным осмотром, заменой воздушных фильтров, термодпар, инжекторов и свечей зажигания, что занимает не более полутора часов. Через 60 000 моточасов производится капитальный ремонт с заменой горячей части двигателя. Эта операция производится на месте эксплуатации турбины в течение одного дня.

На микротурбинах Calnetix сервисные работы по регламенту должны проводиться каждые 4000 часов. В это время меняют масло, воздушные и масляные фильтры, проверяют масляный компрессор и камеры сгорания. Обслуживание установок Turbec требуется через 6 000, а капитальный ремонт по истечении 30 000 часов и занимает около двух суток. Ingersoll Rand требует капитального ремонта через 40 000 часов.

Экологичность

Особенности микротурбинных установок Capstone, а именно низкие рабочие температуры, снижающие уровень эмиссии окислов азота, конструкция камеры сгорания и отсутствие масляного угара, обеспечивают этому виду оборудования сверхнизкие выбросы CO и NOx в выхлопных газах, не превышающие 9 ppm. На сегодняшний день это самое экологичное в мире оборудование в своем классе. По содержанию NOx к ним приближаются установки Ingersoll Rand. У турбин Calnetix этот показатель составляет 25 ppm, у Turbec – 15 ppm по NOx.

Топливо

Практически все микротурбины способны работать на довольно широком спектре топлива, включающем природный газ, биогаз, попутный нефтяной газ, сжиженный газ и другие виды газообразных топлив, а также дизельное топливо. Однако, для нефтегазовой отрасли в последние годы наиболее востребованы установки на попутном нефтяном газе. Связано это в первую очередь с обязательством нефтяников утилизировать не менее 95% добываемого ПНГ. В противном случае приходится платить высокие штрафы. Практически все производители микротурбинных

установок заявляют о возможности работать на попутном газе, в том числе сернистом. Зачастую это означает использование станции подготовки газа – довольно дорогой в строительстве и обслуживании конструкции. На сегодняшний день опыт показывает, что в нашей стране на неподготовленном попутном газе с содержанием сероводорода до 4–7% повсеместно эксплуатируются установки Capstone. Достигается это благодаря специальным антикоррозийным материалам в составе системы подвода топлива к форсункам, а условно низкие температуры сгорания топлива (510–954 °С) являются достаточными для сжигания высокосернистого газа без нанесения вреда двигателю.

Опыт

В России в силу рассмотренных эксплуатационных особенностей и преимуществ в различных отраслях наиболее широкое распространение получили микротурбины Capstone. Нефтяники не стали исключением – они высоко оценили способность этих установок работать на неподготовленном сернистом газе. В настоящее время предпринимаются попытки использовать в проектах утилизации ПНГ турбины Ingersoll Rand, правда, однозначные результаты еще не получены, поэтому судить о перспективах этого оборудования в данной области пока преждевременно. Установки других производителей микротурбин в нашей стране не применяются.

Что касается Capstone, то одним из первых эти установки стало применять ОАО «Татнефть». В 2007 году совместно с российской компанией «БПЦ Инжиниринг» на Онбийском месторождении была построена электростанция на основе установки Capstone C30. Уникальность проекта в том, что ПНГ с содержанием сероводорода 1,56% без специальной газоподготовки поступает в установку непосредственно с сепаратора после удаления капельной влаги и механических примесей. Эта пилотная установка эксплуатируется уже более шести лет. Использование практически бросового сырья – попутного газа – обеспечивает низкую себестоимость электроэнергии

(не более 1,7 руб. за 1 кВт*ч). Успешный опыт привел к вводу еще двух микротурбинных систем Capstone C800 в данном месторождении. Ежегодно этот энергоцентр способен утилизировать более 2 млн. куб. м попутного газа. ОАО «Татнефть» же продолжило тиражировать микротурбинные решения на других нефтепромыслах республики.

В ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» первый энергоцентр на базе двух микротурбин Capstone C65 появился в 2009 году на территории установки предварительного сброса воды (УПСВ) «Шемети». Этот энергоцентр снабжает качественной электроэнергией насосы системы поддержания пластового давления. ПНГ месторождения, используемый в качестве топлива, содержит всего 22,14% метана и до 0,66% сероводорода. Газ в энергоустановки подается непосредственно с сепаратора. Такое решение позволило предприятию сократить потребление электроэнергии от энергосистемы на 850 тыс. кВт*ч в год, а ежегодная экономия компании с учетом платежей за сверхлимитные выбросы составила более 2 млн. рублей. На сегодняшний день еще на 11 месторождениях компании в Пермском крае установлены микротурбины Capstone. Высокая эффективность электростанций на базе микротурбин в режиме когенерации, при которой КПД установок может достигать 90%, позволяет также удовлетворить потребности различных объектов в тепле и горячей воде (например, для подогрева нефти или для теплоснабжения вахтовых поселков).

В настоящее время микротурбины Capstone включены в проекты утилизации ПНГ целого ряда нефтегазодобывающих компаний России – НГК «ИТЕРА», НК «Альянс», ОАО НК «Башнефть», ЗАО «Татех», ООО «Недра-К», ООО «РНГК-Саратов» и других.

Высокая надежность и возможность удаленного управления работой микротурбин Capstone, а также их способность одинаково хорошо работать как на газовом топливе, так и на дизельном, обеспечила их широкое применение при энергоснабжении объектов газотранспортной

инфраструктуры. Типовое блочно-модульное решение для таких объектов включает одну основную газовую микротурбину необходимой мощности и одну резервную – дизельную. В итоге более 150 микротурбинных установок сегодня установлены на газотранспортных магистралях России и СНГ, таких как Северо-Европейский газопровод, газопроводы «Голубой поток», Починки – Грязовец, Бованенково – Ухта и другие.

Российское производство

Многих отечественных потребителей интересует, насколько вероятно появление российского оборудования такого класса. К сожалению, в нашей стране установки с подобными техническими характеристиками не производятся, а существующие разработки находятся в зачаточном состоянии. Тем не менее, следуя запросам рынка и опираясь на многолетние партнерские отношения с Capstone Turbine Corporation, московская компания БПЦ Инжиниринг в 2010 году построила в Ярославской области завод, на котором производит комплектные электростанции на базе микротурбин под собственной торговой маркой ENEX. Электростанции изготавливаются по технологиям и на основании лицензионного OEM-соглашения с ведущим мировым производителем микротурбинных установок с учетом индивидуальных особенностей проектов российских заказчиков, климатических условий и региональной нормативной специфики. Для нужд нефтяников на заводе постоянно осуществляется доработка, тестирование и усовершенствование типовых электростанций, в том числе, для проектов утилизации ПНГ с высоким содержанием сероводорода и азота, что открывает широкие возможности для повышения энергоэффективности нефтедобычи. Технические преимущества данного оборудования в совокупности с хорошо налаженным сервисом и технической поддержкой обеспечили лидерство за установками Capstone, которое, судя по наметившейся тенденции, сохранится еще на ближайшие 5–10 лет. ●