

Микротурбины Flex Energy для электростанций и мини-ТЭС

А.Г. Соболев – ООО «Таурус Энерджи»

С.А. Фоменко – ООО «Турбоэнергия и Сервис»

Проекты распределенной электрогенерации все больше входят в повседневную жизнь, преодолевая препоны «сетевиков» и осторожность отечественных потребителей. За рубежом уже на протяжении длительного времени пользуются техническими и экономическими преимуществами системы распределенных мини-ТЭС и потребители, и энергосистемы. На этот рынок работает огромное число конструкторских и производственных фирм, создавая все новые образцы оборудования для малой генерации.

In brief
Заголов.
перевод

Начиная с 1990-х годов при поддержке правительств США, Японии и ряда стран Евросоюза ведутся разработки газотурбинных генераторных установок в классе микро - от 10 до 500 кВт. Основное предназначение оборудования – выработка электроэнергии для электросетей и потребителей низкого напряжения (0,4 кВ).

Электроагрегаты в данном случае располагаются в непосредственной близости от потребителей и работают на сбалансированную нагрузку. При этом не требуется передавать электроэнергию на большие расстояния, отсутствует переток электрической мощности между сетями различного напряжения. Соответственно, к минимуму сводятся энергопотери при транспорте и трансформации электроэнергии, в результате снижается стоимость киловатт-часа для конечного потребителя.

При разработке микротурбин в обязательном порядке учитывались требования по повышенной надежности, внедрению систем управления, максимально упрощающих эксплуатацию, сокращению времени и затрат на обслуживание и ремонт.

Одними из первых были разработаны и представлены потребителям микротурбинные энер-

гоустановки крупнейшего производителя промышленного оборудования – Ingersoll Rand Company (США). Эта компания известна широкому кругу потребителей в России, прежде всего, как изготовитель разнообразнейшего компрессорного оборудования. Первые поставки продукции Ingersoll Rand в Россию относятся к началу XX века.

Одной из самых мощных и успешных среди существующих микротурбин является энергоустановка MT250 (250 кВт), разработанная подразделением Ingersoll Rand Energy Systems. Установка серийно выпускается с 2004 года.

Основным преимуществом микротурбин является их высокий для данного класса мощности электрический КПД – около 30 %. В MT250 он достигается с помощью запатентованных инновационных технических решений, введенных в конструкцию газотурбинного двигателя. КПД установки растет при понижении температуры окружающего воздуха. Так, при температуре ниже минус 15 °С MT250 может длительно работать на режиме 120 % (300 кВт) без ограничения ресурса. В целом энергетический цикл MT250 является классическим циклом работы ГТУ с рекуператором.

Отфильтрованный наружный воздух поступает в компрессор для сжатия. Сжатый воздух из компрессора попадает в рекуператор, который является противоточным теплообменником. Рекуператор отбирает тепло от выхлопа турбины и передает его воздуху от компрессора для увеличения КПД двигателя.

Сжатый подогретый воздух поступает в камеру сгорания и смешивается с топливом. При сгорании топливно-воздушной смеси образуется сжатый газ высокой температуры. С целью дополнительной энергетической эффективности и рационального использования места камера сгорания в MT250 интегрирована в узел рекуператора.



Установка открытого исполнения

Газ из камеры сгорания поступает в турбину и расширяется, отдавая свою энергию ротору турбины. Ротор центробежного компрессора и ротор радиальной центростремительной турбины располагаются последовательно на одном валу. Консольная конструкция изолирует подшипники вала от высоких температур в области турбины, что повышает их надежность и увеличивает срок службы.

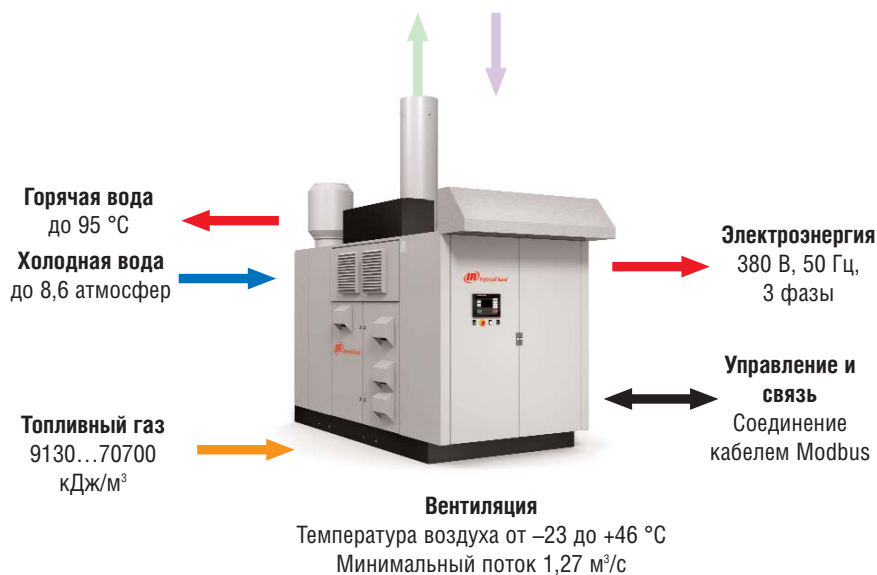
Ротор турбины, в свою очередь, приводит в движение электрогенератор через редуктор, понижающий частоту вращения вала турбины с 45 000 об/мин до 1500 об/мин. Входной вал редуктора соединен с ведущим валом двигателя с помощью гибкой муфты. Электрогенератор (1500 об/мин) выполнен по стандартной промышленной технологии, с гибкой системой регулирования. Четырехполюсный синхронный генератор надежен в работе, легко разбирается на детали. Соединение – «звезда», система возбуждения – с постоянным магнитом.

Выхлопные газы из турбины попадают в рекуператор. При оборудовании микротурбины MT250 опцией утилизации тепла, выхлоп рекуператора проходит через теплообменник, который передает тепло выхлопных газов циркуляционной воде. После этого выхлопной газ покидает установку.

Тепло выхлопа может быть утилизировано опционной внутренней системой когенерации или непосредственно направлено во внешнее устройство. В интегрированной когенерационной системе осуществляется нагрев воды до 95 °С (расход до 400 л/мин по нормам ISO), причем температура воды контролируется при расходе от нулевого до полного. Теплообменник – противоточный, с поперечным коллектором, давление воды до 862 кПа. Вода циркулирует по медным трубкам (H55), с алюминиевым оребрением.

Применение в составе установки синхронного электрогенератора позволяет вырабатывать электрическую энергию для систем электроснабжения общего назначения с качеством, соответствующим российским стандартам. Микротурбины MT250, в зависимости от способа соединения с внешней электрической сетью, могут эксплуатироваться в трех режимах:

- параллельная работа с сетью (подача энергии потребителю обеспечивается одновременно от микротурбины и от сети);
- автономный режим (подача энергии потребителю от микротурбины);
- двойной режим (микротурбина автоматически переключается с режима «параллельная работа с сетью» на «автономный режим» при необходимости).



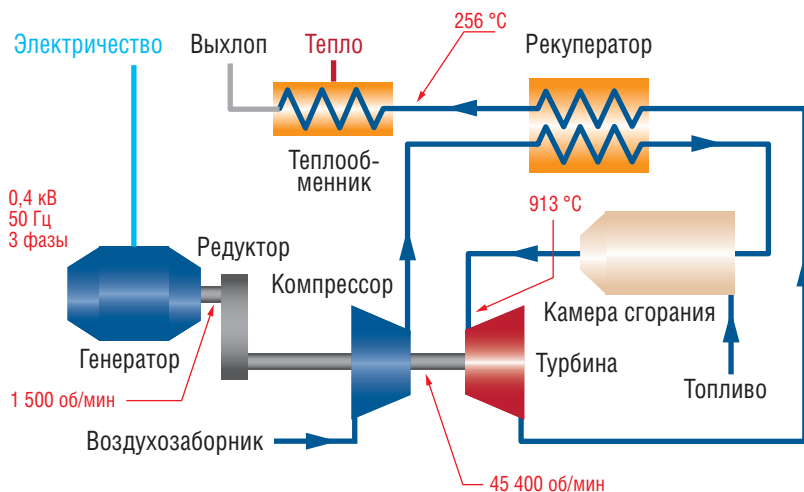
Микротурбины MT250 могут применяться как в качестве основного источника энергии при эксплуатации в режиме 24/7 (24 часа в сутки, 7 дней в неделю), так и пикового источника – для уменьшения мощности, потребляемой из сети во время периодов высокого энергопотребления, с возможностью ежедневных запусков и остановов.

Для запуска MT250 используется электро-стартер, который запитывается от комплекта 12-вольтных пусковых аккумуляторных батарей. В комплект поставки MT250 может входить система «темного пуска», позволяющая запустить установку с дожимными компрессорами при отсутствии напряжения в сети. Для поглощения и рассеивания электроэнергии от микротурбины во время циклов запуска и останова применяется тормозной резистор генератора.

Для обеспечения нормальной работы установки давление топливного газа на входе в камеру сгорания должно быть не менее 551 кПа. В случае низкого давления подачи топлива, в

Интеграция MT250 в инфраструктуру заказчика

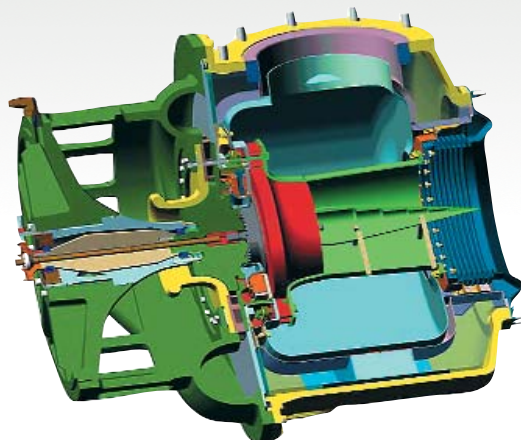
Схема цикла газотурбинной установки MT250



Газогенератор

разработан на основе надежной конструкции двигателя KG2

- навесные, компактно расположенные вращающиеся компоненты;
- все подшипники расположены в холодной зоне;
- частота 45 000 об/мин;
- радиальные компрессор и турбина;
- назначенный ресурс 80 000 ч. (с капремонтом)
- до 3500 холодных циклов;
- до 20 000 горячих циклов



состав микротурбины может входить внутренняя система повышения давления на базе винтовых компрессоров. Необходимость установки системы повышения давления определяется также теплосодержанием и влажностью топлива. При более высоком давлении подача топлива регулируется клапаном. Топливная система высокого и низкого давления (в зависимости от комплектации) полностью интегрирована в пэкидж установки. Она имеет изолированный вентилируемый отсек, датчик загазованности, фланцевые соединения за пределами отсека отсутствуют.

Все оборудование MT250 интегрировано в единый корпус, дополнительно обеспечивающий вентиляцию и звукоизоляцию микротурбинной установки. Для поддержания оборудования в работоспособном состоянии, предупреждения отказов и неисправностей необходимо регулярно осуществлять регламентное техническое обслуживание микротурбин. Периодическое техническое обслуживание осуществляется через каждые 8 000 часов. Во время его проведения проверяется работоспособность

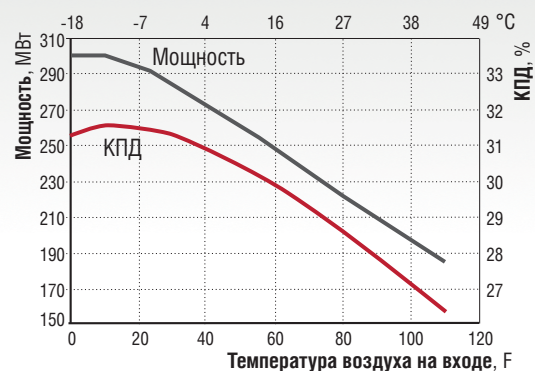


Рис. График зависимости характеристик газотурбинной установки от температуры воздуха на входе в двигатель

оборудования, заменяются расходные материалы, в том числе смазывающе-охлаждающие жидкости двигателя и редуктора.

Система смазки и охлаждения имеет полную емкость около 42 литров. Она рассчитана на использование охлаждающей жидкости Ingersoll Rand MegaCool™, патентованной смеси сложного эфира и высокомолекулярного спирта, специально разработанной для микротурбин Ingersoll Rand. При проведении обслуживания для замены требуется 30 литров охлаждающей жидкости, так как часть жидкости остается в трубах, теплообменнике и фильтрах. Двухступенчатое фильтрование в охлаждающем контуре обеспечивает чистоту охлаждающей жидкости между техническими обслуживаниями.

В дополнение к высокому КПД и минимальным эксплуатационным затратам микротурбина MT250 имеет низкий уровень эмиссии. Это результат уникальной запатентованной конструкции камеры сгорания, обеспечивающей полное сгорание практически всего топлива, поступившего в систему.

В качестве топлива для MT250 могут использоваться различные газообразные топлива – от низкокалорийных и среднекалорийных (включая природный газ) до высококалорийных, включая попутный нефтяной газ. Использование микротурбин на объектах нефтегазовых промыслов для утилизации попутного нефтяного газа является одной из приоритетных сфер.

Внедрение новых технологий, влияющих на безопасность объектов, накладывает определенную ответственность на поставщиков зарубежного оборудования. Это связано с тем, что для успешной работы, кроме поставки основного оборудования, необходимо дополнительно обеспечить его привязку к инфраструктуре объекта в соответствии с российскими нормами, монтаж, пусконаладку и испытание, полноценное обслуживание, а также обучение персонала в лицензированной организации.

Табл. Основные технические характеристики MT250

Наименование параметра	Величина
Номинальная электрическая/тепловая мощность, кВт	250/375
КПД электрический, %	30
Величина нагрузки:	
- пиковая (неограниченно при $t_{нар.возд.} < -15\text{ °C}$), %	120
- минимальная (длительно), %	0
- сброс/наброс, %	100
Пределы температуры окружающей среды (внешняя установка), °C	-60...+46
Габаритные размеры (ШхДхВ):	
- внутренняя установка, мм	2134x3721x2302
- внешняя установка, мм	2134x4136x4063
Площадь для установки, м ²	30
Вес	5440кг
Уровень шума в стандартном корпусе, dBa	< 85 на расстоянии 1 м
Уровень эмиссии (условия ISO при 15% O ₂), ppm	NO _x < 9
Проведение ТО и замена охлаждающей жидкости	1 раз в год

С 2011 года владельцем предприятия по производству энергосистем Ingersoll Rand, включая серию микротурбин, является американская компания FlexEnergy Inc. (г. Ирвин, Калифорния). Полномочиями на представление продукции FlexEnergy на российский рынок обладает компания Taurus Energy LLC (США), на территории России действует ее дочерняя фирма – ООО «Тaurus Энерджи» (г. Пермь). Основной функцией фирмы является организация поставок продукции FlexEnergy в Россию, оформление необходимых сертификатов и разрешений на применение оборудования и обеспечение гарантии в рамках подписанного торгового соглашения.

FlexEnergy Inc. занимает лидирующие позиции в разработке технологий и производстве оборудования в сфере «зеленой энергии». Одной из разработок компании является электростанция Flex Powerstation (FP250), предназначенная для выработки электроэнергии в процессе сжигания низкокалорийных газов при почти полном отсутствии вредных выбросов.

Основой FP250 является микротурбина, однако из технологии полностью исключена система подготовки и осушки топливного газа, а также стандартная камера сгорания. Топливный газ смешивается с цикловым воздухом на входе в компрессор микротурбины. Подсос топлива при данном техническом решении не требует подачи газа высокого давления. Содержание метана в смеси может быть всего лишь 1,5 %. Сжатый и подогретый газ после компрессора и рекуператора попадает в окислитель Flex Oxidizer.

Flex Oxidizer – это внешний тепловой окислитель, заменяющий камеру сгорания и исключая необходимость подготовки топлива. Он позволяет избежать образования оксида азота (NO_x), одновременно уничтожая окись углерода (CO) и летучие органические соединения. Поддерживаемый уровень температуры от 790 °С до 1260 °С. Газ с почти нулевым содержанием вредных веществ (суммарные выбросы NO_x и CO < 1 ppm) покидает окислитель и приводит во вращение газовую турбину. Основная сфера применения электростанции Flex Powerstation – это полезная утилизация газа (биогаза), выделяемого на станциях водоочистки, сельскохозяйственных производствах, мусорных полигонах.

Компания FlexEnergy заинтересована в ведении бизнеса в России как по продаже микротурбин MT250, так и электростанций марки Flex Powerstation. Учитывая особые климатические условия России и разнообразие составов используемых газовых топлив, специалисты FlexEnergy при участии Taurus Energy спро-



Установка MT250
цехового исполнения

ектировали модификацию микротурбинной установки MT250 SM-54H-210 наружного исполнения для эксплуатации на открытой местности при температурах окружающего воздуха от -60 до +46 °С (УХЛ1). Также дорабатываются ответственные узлы агрегата для обеспечения работы на кислом газе.

Особое внимание FlexEnergy уделяет технической поддержке продукции в период эксплуатации. Техническим исполнителем контрактов по соглашению с компаниями FlexEnergy и «Тaurus Энерджи» выбрано ООО «Турбоэнергия и Сервис» (г. Пермь), уполномоченное осуществлять деятельность по инжиниринговой и сервисной поддержке техники.

ООО «Турбоэнергия и Сервис» является специализированной сервисной фирмой, которая с 2007 года занимается вводом в эксплуатацию и техническим обслуживанием энергообъектов, созданных с применением газотурбинных установок. Специалисты фирмы заранее прорабатывают концепцию предоставления сервиса, которая может основываться на долгосрочных сервисных соглашениях, включающих техническое обслуживание, ремонты, поставку запчастей и расходных материалов.

Длительные межрегламентные и межремонтные интервалы, а также заложенный в конструкцию оборудования принцип ремонтнопригодности на месте эксплуатации позволяют заказчикам получить максимально возможный эффект от приобретения и эксплуатации продукции FlexEnergy.

ООО «Тaurus Энерджи»
614000, г. Пермь, Комсомольский пр-т, 15В
тел. (342) 274-67-88
taurus-energy@yandex.ru

ООО «Турбоэнергия и Сервис»
614030, г. Пермь, ул. Писарева, 1А
тел. (342) 274-67-86, факс (342) 274-67-38
info@turboenergy.ru