



ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Аннагелдиев Довлетгелди

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Шукуров Тиркеш

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Овезалиев Байрамберди

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Недиров Манегулы

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди
Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Газотурбинные установки (ГТУ) являются прогрессивными высокоэкономичными энергетическими системами, использующими в качестве рабочего тела продукты сгорания углеводородного топлива (газы). Такие специфические качества, как малая удельная металлоёмкость и трудоёмкость в обслуживании, высокая маневренность и степень автоматизации управления, эксплуатационная надёжность обусловили распространение ГТУ как в теплоэнергетике, так и на наземном, воздушном и морском транспорте.

Наряду с развитием паротурбинных установок и усовершенствованиями двигателей внутреннего сгорания (ДВС) к началу XX в. возрос интерес к проблеме газотурбостроения. ГТУ принципиально отличается от ДВС тем, что механическая энергия производится в ней за счёт кинетической энергии непрерывного потока газа, что существенно повышает её работоспособность. Основное преимущество ГТУ перед другими тепловыми двигателями состоит в принципиальной возможности получения более высоких термических КПД при преобразовании энергии.

Традиционная современная газотурбинная установка – это совокупность воздушного компрессора, камеры сгорания углеводородного топлива и газовой турбины, а также вспомогательных систем, обеспечивающих ее работу.

ГТУ может работать как на жидком, так и на газообразном топливе. В обычном рабочем режиме – на газе, а в резервном (аварийном) она автоматически переключается на дизельное топливо. Оптимальным режимом работы энергетической газотурбинной установки является комбинированная выработка тепловой и электрической энергии, поскольку её турбина работает с противодавлением, так что температура отходящих газов достаточно велика.

Применение ГТУ в теплоэнергетике создает реальные возможности значительного улучшения технико-экономических и экологических показателей вырабатываемой электрической и тепловой энергии, прежде всего в малой энергетике – газовой, химической, металлургической и других отраслях промышленности, при их использовании для покрытия пиковых нагрузок энергетических систем и в качестве составного элемента комбинированных парогазовых энергетических установок

Наиболее распространённый тип ГТУ – установка со сгоранием топлива при постоянном давлении и разомкнутым циклом (цикл Брайтона). Однако такая установка имеет довольно низкий КПД 20%. Для повышения эффективности ГТУ в схему простой установки вводится регенератор, позволяющий частично использовать энергию отработавших газов и повышающий КПД до 28%. Однако регенератор-теплообменник существенно снижает экономичность установки в целом за счёт его громоздкой конструкции и применяется в редких случаях. Эффективным путём повышения КПД установки считается увеличение температуры рабочих газов перед турбиной, т.е. создание высокотемпературных ГТУ. Этот приём требует разработки таких методов охлаждения рабочих элементов первых ступеней турбины, которые не препятствовали бы повышению КПД ГТУ в целом.

Также используются схемы ГТУ со ступенчатым сжатием и сгоранием топлива, приводящие к двухвальной структуре установок с несколькими компрессорами и камерами сгорания. Расчёты показывают, что эффективность ГТУ при этом можно повысить до 36% и более, если начальная температура газов будет больше 800 °С.

Развитие ГТУ и повышение их характеристик тесно связано с разработкой высокопроизводительных и эффективных турбокомпрессоров. И, тем не менее, на привод компрессора турбина затрачивает примерно 2/3 своей мощности, что и ограничивает эффективность установки в целом.

Первый патент на проект газотурбинной установки был выдан в 1791 г. в Англии Джону Барберу. В патенте Барбера, хотя и в примитивной форме, были представлены все основные элементы современных газотурбинных установок: воздушный и газовый компрессоры, камера сгорания и активное турбинное колесо. В качестве топлива предполагалось использовать продукты перегонки угля, дерева или нефти, для понижения температуры рабочих газов – впрыскивать воду в камеру сгорания.

В XIX в. продолжались многочисленные попытки ученых и изобретателей различных стран создать газотурбинную установку, пригодную для практического использования. Однако эти попытки были обречены на неудачу вследствие низкого уровня науки и техники. Металлы, которые могли бы длительное время противостоять температурам порядка 500 °C и выше, еще не были получены (здесь уместно вспомнить опыт Парсонса по созданию газовой турбины для привода торпеды, разд. 3). Кроме того, свойства газов и паров были изучены недостаточно, а состояние газодинамики не могло обеспечить создание хороших проточных частей турбины и компрессора.

Области применения газотурбинных установок практически не ограничены: нефтегазодобыча и переработка, промышленные предприятия и бытовые нужды, силовые установки транспортных машин. Положительным моментом использования ГТУ для бытовых нужд является то, что содержание вредных выбросов в выхлопных газах NO_x и CO находится на безопасном уровне, что позволяет устанавливать и эксплуатировать данное оборудование в черте города, непосредственно в жилом районе

Газотурбинные установки на электростанциях как основной тип двигателя для привода электрогенераторов использовались первоначально в тех районах, где имелся природный газ, а также, с учетом их возможности к быстрому пуску для покрытия пиковых нагрузок, возникающих в энергосистемах в относительно кратковременные периоды наибольшего потребления энергии. Предпринимались попытки применения газотурбинных агрегатов в новых технологических процессах (продуктов подземной газификации угля в качестве топлива для ГТУ). С этой целью на ЛМЗ были изготовлены два турбоагрегата мощностью по 12 МВт, которые смонтированы на Шацкой электростанции (Рязанская область) и запущены в эксплуатацию.

Однако работы, проводившиеся в течение ряда лет, показали, что путь использования в газотурбинных агрегатах низкокалорийных продуктов подземной газификации в энергетике неперспективен с экономической точки зрения.

Паротурбинные установки с обычной схемой использования топлива экономичнее и надежнее. Поэтому в 1961 г. работы по освоению сжигания продуктов перегонки твердого топлива в газотурбинных агрегатах были прекращены, а Шацкая электростанция остановлена.

Еще одно из направлений по применению газотурбинных установок для выработки электроэнергии – в авиационных газотурбинных агрегатах. Эти агрегаты технические совершенны, компактны, надежны, не требуют охлаждающей воды, быстро запускаются в работу (за 1...3 мин). При минимальных работах по реконструкции эти агрегаты могут служить для привода электрогенераторов как для передвижных автоматизированных энергоустановок небольшой мощности (1...3 МВт), так и для более мощных, в том числе пиковых. Транспортабельные установки монтируются на трейлерах и могут быть доставлены практически в любой район для обслуживания строительных объектов и снятия пиковых нагрузок.

Отдельное внимание стоит уделить возможности дополнения существующих котельных станций теплофикационных систем газотурбинными установками, что позволит обеспечить надежное тепло- и электроснабжение собственных нужд и снизить удельный расход топлива. Применение ГТУ в мини-ТЭС экономически оправдано в комплексе с утилизационными контурами, позволяющими использовать теплоту отводимых газов для нужд теплофикации. Это обусловлено достаточно низким электрическим КПД газовой турбины 22...37%. При этом соотношение вырабатываемой электрической энергии и тепловой составляет 1:1,5 до 2,5. В зависимости от потребностей ГТУ может комплектоваться паровыми или водогрейными котлами-утилизаторами, что позволяет получать либо пар (низкого, среднего, высокого давления) для технологических нужд, либо горячую воду с температурой выше 140 °С. При комплексной выработке энергии общий КПД станции возрастает до 90%. Максимальная эффективность ГТУ обеспечивается при длительной работе с максимальной электрической нагрузкой. В диапазоне мощностей порядка 10 МВт существует возможность использования комбинированного цикла газовых и паровых турбин. Это позволяет существенно повысить эффективность станции и увеличить электрический КПД до 57...59 %.

ГТУ предназначены для эксплуатации в любых климатических условиях как основной или резервный источник электроэнергии и тепла для объектов производственного или бытового назначения.

Строительство таких электростанций в отдалённых (особенно северных) районах позволяет получить значительную экономию средств за счет исключения издержек на строительство и эксплуатацию протяжённых линий электропередач, а для центральных районов – повысить надежность электрического и теплового снабжения как отдельных предприятий, так и территорий в целом.

За основу строительства электростанций на базе ГТУ взята концепция блочно-модульного построения. Такие электростанции состоят из максимально унифицированных отсеков и модулей, что позволяет в сжатые сроки создавать новые модификации агрегатов, а также совершенствовать, модернизировать устаревшие объекты с минимальными затратами. Блочно-модульное исполнение обеспечивает высокий уровень заводской готовности газотурбинных электростанций. Они монтируются с применением универсальных грузоподъемных монтажных средств. Размеры блоков допускают перевозку по железной дороге.

Степень автоматизации газотурбинной электростанции позволяет отказаться от постоянного присутствия обслуживающего персонала в блоке управления. Работу станции можно контролировать с главного щита управления, поставляемого вместе с комплектом оборудования энергоблока. Во время эксплуатации электростанции ее работу обеспечивают три человека: оператор, дежурный электрик, дежурный механик. При возникновении аварийных ситуаций для обеспечения безопасности персонала, сохранности систем и агрегатов энергоблока предусмотрена надежная система защиты.

Как известно, ГТУ, помимо энергетики, широко применяются в авиации, в качестве корабельных силовых установок, силовой установки в локомотивах и в танкостроении. Это объясняется следующими качествами газотурбинной установки по сравнению с поршневыми машинами

- очень высокое отношение мощности к массе;
- возможность осуществления цикла с полным расширением газа и поэтому с большим термическим КПД;
- отсутствие возвратно-поступательного движения, что обеспечивает намного меньшую вибрацию; меньшее количество движущихся частей;
- существенно меньше выбросов вредных веществ по сравнению с поршневыми двигателями;
- низкие требования к качеству топлива – газовые турбины потребляют любое горючее, которое можно распылить: газ, нефтепродукты, органические вещества и пылеобразный уголь.

Главное преимущество ГТУ – ее компактность. Действительно, прежде всего, в ГТУ отсутствует паровой котел – сооружение, имеющее большие, если не огромные габариты и требующее для установки отдельного помещения или системы помещений. Это связано прежде всего с высоким давлением в камере сгорания ГТУ (1,2...2 МПа); в паровом котле горение происходит при атмосферном давлении, и соответственно объем образующихся горячих газов оказывается в 12...20 раз больше. Далее в ГТУ процесс расширения газов происходит в газовой турбине, состоящей всего из 3...5 ступеней, в то время как паровая турбина, имеющая такую же мощность, состоит из 3...4 цилиндров, заключающих 25...30 ступеней (разд. 4). Даже с учетом размеров и камеры сгорания, и воздушного компрессора газовая турбина мощностью 150 МВт имеет длину 8...12 м, а длина паровой турбины такой же мощности при трехцилиндровом исполнении в 1,5 раза больше (рис. 4.17). При этом для функционирования паровой турбины, кроме котла, необходимо предусмотреть установку конденсатора с циркуляционными и конденсатными насосами, систему регенерации из 7...9 подогревателей, питательные турбонасосы (от одного до трех), деаэратор. Как следствие, ГТУ может быть установлена на бетонное основание на нулевой отметке машинного зала, а ПТУ требует рамного фундамента высотой 9...16 м с размещением паровой турбины на верхней фундаментной плите и вспомогательного оборудования в конденсационном помещении.

Компактность позволяет собрать ГТУ на турбинном заводе, доставить в машинный зал железнодорожным или автодорожным транспортом для установки на простом фундаменте. Так, в частности, транспортируется ГТУ с встроенными камерами сгорания. При транспортировке ГТУ с выносными камерами последние транспортируются отдельно, но легко и быстро присоединяются с помощью фланцев к модулю «компрессор–газовая турбина». Паровая турбина поставляется в виде многочисленных узлов и деталей, монтаж как ее самой, так и многочисленного вспомогательного оборудования и связей между ними занимает в несколько раз больше времени.

ГТУ не требует охлаждающей воды. Как следствие, в ГТУ отсутствует конденсатор и система технического водоснабжения с насосной установкой и градирней (при обратном водоснабжении). В результате все это приводит к тому, что стоимость 1 кВт установленной мощности газотурбинной электростанции значительно меньше. При этом стоимость собственно ГТУ (компрессор + камера сгорания + газовая турбина) из-за ее сложности оказывается в 3...4 раза больше, чем стоимость паровой турбины такой же мощности.

Важное преимущество ГТУ – ее высокая маневренность, определяемая малым уровнем давления (по сравнению с давлением в паровой турбине) и, следовательно, легким прогревом и охлаждением без возникновения опасных температурных напряжений и деформаций.

Однако газотурбинная установка обладает рядом недостатков

- высокой стоимостью установки, поскольку материалы, применяемые в турбине должны иметь высокую жаростойкость и жаропрочность, а также высокую удельную прочность. Технологические операции изготовления деталей также более сложные;
- необходимостью использования газа высокого давления, что обуславливает применение компрессоров с дополнительным расходом энергии и существенным снижением общей эффективности системы;
- меньшей экономичностью, чем у паросиловой установки. Средний КПД достаточно проработанных ГТУ составляет 37...38 %, а паротурбинных энергоблоков 42...43 %. “Потолком” для мощных энергетических ГТУ, как он видится в настоящее время, является КПД на уровне 41...42 % (а может быть и выше с учетом больших резервов повышения начальной температуры газа). Меньшая экономичность ГТУ связана с высокой температурой отработанных газов, уходящих в окружающую среду. Для этого необходима установка агрегатов вторичного использования теплоты, что существенно удорожает ГТУ в целом.

Еще одним недостатком ГТУ является невозможность использования в них низкосортных топлив, по крайней мере, в настоящее время. Она может хорошо работать только на газе или на хорошем жидком топливе, например, дизельном. Паросиловые энергоблоки могут работать на любом топливе, включая самые некачественные – каменные угли и торф.

Низкая начальная стоимость ТЭС с ГТУ и одновременно сравнительно низкая экономичность и высокая стоимость топлива определяют основную область индивидуального использования ГТУ: в энергосистемах их следует применять как пиковые или резервные источники мощности, работающие несколько часов в сутки. Вместе с тем ситуация кардинально изменяется при использовании теплоты уходящих газов ГТУ в теплофикационных установках или в комбинированном (парогазовом) цикле.