

О чем умалчивают поставщики микротурбин

Вступление.

Когенерационные газопоршневые установки (КГУ) и микротурбины (МТУ) в настоящее время являются востребованным оборудованием в малой энергетике. Обе эти системы имеют право на жизнь. Однако в настоящее время необъективное представление информации или её одностороннее представление, не позволяет Заказчику при выборе оборудования, принять осознанное решение. Настоящая статья не является антирекламой микротурбин, а лишь даёт возможность объективно оценить необходимость и возможность их применения на объекте.

Особенности микротурбин.

Микротурбинная генераторная установка – рис.1. , представляет собой комплект оборудования, позволяющего обеспечить выработку электрической и тепловой энергии используя потребление, как правило, природного газа.

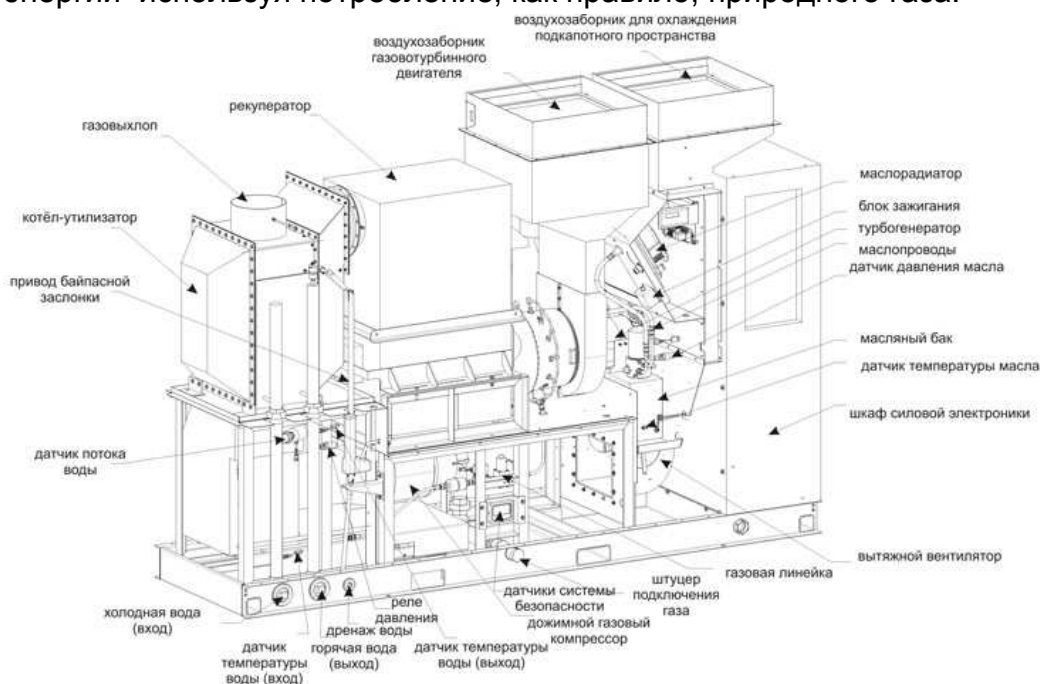


Рис.1 Конструкция микротурбины.

Конструкция турбины как раз и определяет способ выработки электроэнергии и тепла отличающийся от полноразмерных газотурбинных установок (ГТУ). Для удешевления конструкторы МТУ убрали редуктор – узел связывающий турбину и генератор. Такое решение позволило не только снизить цену, но и исключить простои, связанные с обслуживанием механизма (профилактические осмотры и замена редукционного масла). Однако такое решение привело к другим сложностям. Ротор МТУ вращается с частотой около 60000 – 100000 об/мин. , и при таких оборотах невозможно обеспечить равномерность вращения. Самое главное, что при таких оборотах невозможно физически создать генератор, способный выдавать переменное напряжение с частотой 50-60 Гц. По этой причине, конструкторы применили технологию двойного преобразования электроэнергии. Сначала высокочастотное напряжение преобразуется в постоянное, а затем, в переменное частотой 50 или 60Гц. Технически эта цепочка представлена на Рис.2.

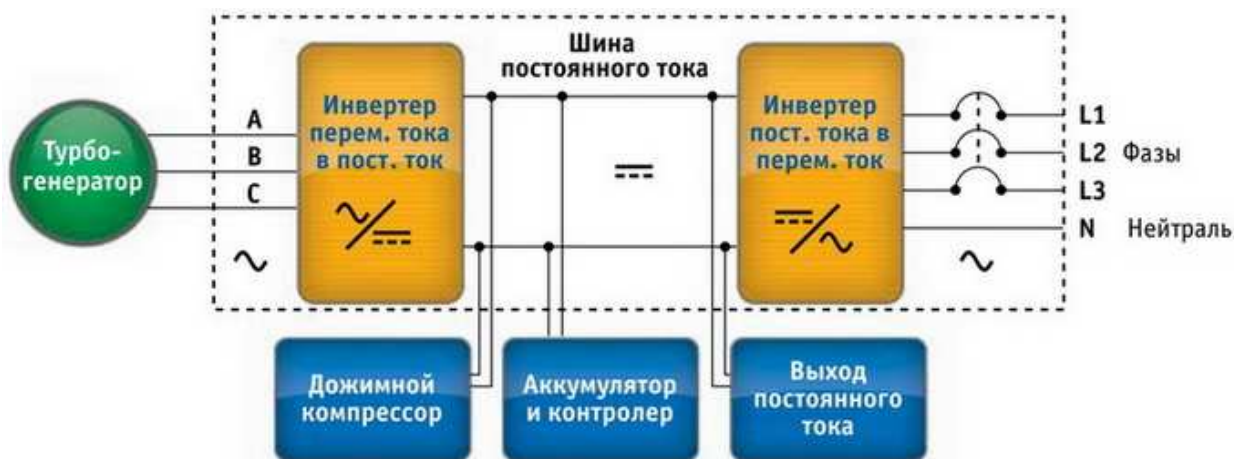


Рис.2. Двойное преобразование электрической энергии в МТУ.

Высокочастотный генератор переменного тока выдаёт напряжение с переменной частотой и синусоидой, отличной от ГОСТ, - выпрямитель – инвертор, который выдаёт напряжение с так называемой модифицированной синусоидой – нагрузка. Дополнительные узлы для повышения качества вырабатываемой электроэнергии, значительно увеличивают стоимость агрегата и снижают его надёжность. Опыт эксплуатации показывает, что наибольший процент отказов приходится на – инвертор. Модифицированная (искусственная) синусоида на выходе МТУ по своей характеристике и гармоникам, особенно высшим, не совпадает, как правило, по форме с синусоидой сети. Это обстоятельство значительно затрудняет, а зачастую делает невозможной работать в параллель с сетью. Однако в последнее время, некоторые поставщики обеспечивают параллельную работу микротурбин с сетью без отдачи нагрузки в сеть.

Применение аккумуляторных батарей.

У микротурбин с переменной скоростью развиваемая мощность зависит от скорости вращения ротора. Для поддержания на выходе стабильного напряжения при значительных колебаниях нагрузки используются аккумуляторные батареи (АКБ) (см.рис2.), компенсирующие недостающую мощность во время разгона турбины. Следовательно, приняв наброс нагрузки, установка должна подзарядить АКБ, отдав часть своей мощности. В применении АКБ и кроется фундамент для заявлений типа «МТУ способны принять 100% наброс нагрузки». Так у МТУ Capstone (США) скорость набора мощности составляет порядка 1кВт/с, то есть до номинального значения микротурбина разгонится только через 12 мин. Для сокращения этого времени практически до нуля и нужны буферные АКБ. Очевидно, что для этого требуются АКБ повышенной емкостью. Так для Capstone С60 – 60кВт вес аккумуляторов составляет 400 кг. Для ГПУ система бесперебойного питания на основе АКБ применяется только в случаях 100% надёжности питания исключая срыв генерации. Источник бесперебойного питания устанавливается при использовании КГУ, с учётом потребности конкретных устройств, например компьютеров, систем охраны и т.д., а следовательно мощность и емкость АКБ – минимальны. Для микротурбин АКБ – ключевой узел, малейшая неисправность которых ведёт к остановке всей системы. Постоянная нагрузка на аккумуляторы приводит к сокращению их срока службы с заявляемых 16 до 12 тыс. часов, а реально – и до 8-9 тыс. часов. АКБ у микротурбин выполняют ещё роль стартерных. Аккумуляторы для повышения

напряжения соединены последовательно, следовательно, выход из строя одной батареи приводит к останову всей установки. Кроме всего прочего, используемые АКБ весьма чувствительны к температуре окружающей среды, поэтому производители настоятельно требуют для них создание специальных условий.

Газовые подшипники.

Большая частота вращения турбин определяет фактически единственный тип подшипников – лепестковый газодинамический (ЛГД) (например Capstone), в которых несущий газовый слой создается за счёт вращения цапфы – рис3.

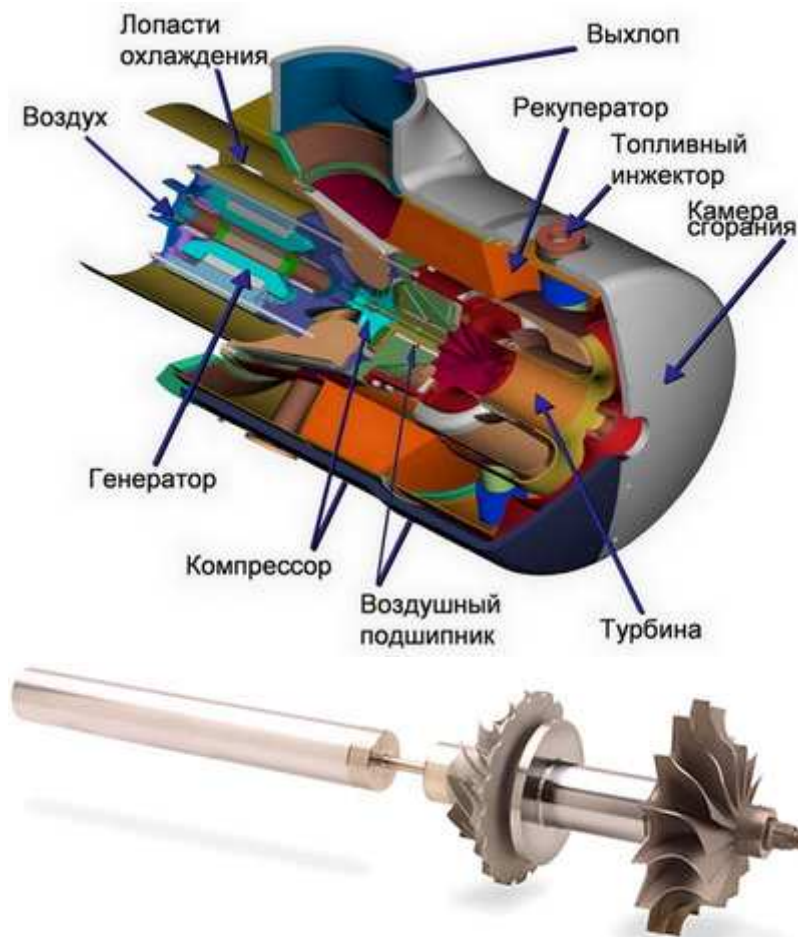


Рис.3 Конструкция турбины.

Другие типы газовых опор применять практически невозможно из-за значительных тепловых деформаций. Однако есть и МТУ работающих на «масляных» подшипниках – Calnetix. При всех своих преимуществах ЛПГ при пуске (до всплытия ротора) работают в режиме «сухого трения». Специальное антифрикционное покрытие решает проблему лишь частично. Таким образом, при эксплуатации МТУ с переменными нагрузками реальный ресурс, определяемый выходом из строя радиальноупорного подшипника горячей зоны, может значительно уменьшиться в сравнении с заявленным производителем. Это значит, что эксплуатационные затраты будут значительно выше, чем это покажется при изучении документации производителя. Например, для замены подшипника, во – первых, требуется запасной, во - вторых, сборка разрезного лепесткового подшипника – сложная технологическая операция, в рамках которой необходимо обеспечить точную балансировку высокоскоростного ротора, соосности опор и т.д., которые невозможно обеспечить без опыта и наличия

специального инструмента. Такая работа требует высококвалифицированного опытного персонала, а значит вызова специалиста, как правило, с завода изготовителя или специализированного технического центра, что достаточно дорого. Во время ремонта МТУ простаивает и, следовательно, не «отбивает» немалые затраты.

«Всеядность» микротурбин.

Микротурбины далеко не так «всеядны», в отличии от полноразмерных газотурбинных установок. Есть целый ряд неафишируемых ограничений, накладываемых на состав топливного газа. Так например для МТУ Capstone C60 доля тяжелых углеводородов (C4 и выше) в составе топливного газа не должна превышать 5%. Фактически высокая чувствительность микротурбин к составу топливного газа ставит жирный крест на системах с топливоснабжением основанных на применении пропан - бутановых смесей. КГУ так же чувствительны к качеству топлива, например с пропанобутановыми смесями, могут работать только газопоршневые двигатели без турбонаддува

Ресурс микротурбин.

Типичное рекламное утверждение, чаще всего внедряемое в умы потенциального Заказчика, звучит так: «Основное преимущество микротурбинных установок – возможность работы с переменной нагрузкой в диапазоне от 0 до 100% без сокращения ресурса». Однако это утверждение на практике не подтверждено. Первое несоответствие, компании поставщики обещают первый капитальный ремонт на 60 тыс. моточасов, в документации производителя это значение меньше - не более 40 тыс., моточасов. Разница более чем существенная. Сегодня большинство газопоршневых установок обеспечивают наработку до первого капитального ремонта не меньшую, а наиболее продвинутые производители уже далеко впереди. Ещё очень важный параметр, который поставщики микротурбин предпочитают обходить стороной, количество капитальных ремонтов. У МТУ их – два, у КГУ их до пяти только на месте эксплуатации, например Loganova EN 400 BUDERUS (Германия) или CENTO T 200 TEDOM(Чехия).

Таким образом, общий ресурс МТУ составляет 120 тыс. часов эксплуатации (около 15 лет), а газопоршневой – до четырёх раз больше! Не в пользу микротурбин и стоимость капитального ремонта агрегата. Так стоимость капитального ремонта агрегата мощностью 100 кВт, по заявлению фирмы Calnetix, одного из ведущих производителей микротурбинных установок, составляет 90%! Фактически капремонт – это покупка новой турбины, не больше ни меньше, каждые пять – шесть лет работы.

Следует учесть, что работа в переходных режимах (особенно частые пуски) увеличивает износ любого оборудования. Однако для газопоршневых установок это износ практически весьма незначителен. Для МТУ и полноразмерных турбин с подшипниками в масляной ванне, он так же достаточно мал.

Однако там другие проблемы с учётом использования масла в подшипниках. У МТУ с «сухими» подшипниками – Capstone, действует эмпирическое правило, которое гласит, что один запуск микротурбинных установок эквивалентен 500 часам её работы. Очевидно, что эксплуатация МТУ в старт-стоповом режиме, будет значительно меньше декларируемого. Регламентное обслуживание

микротурбин – процедура, которую тоже нельзя сбрасывать со счетов. Производители настойчиво рекомендуют раз в три месяца провести осмотр и в случае необходимости сделать замену топливной арматуры, воздушных и топливных фильтров. Через год эксплуатации необходимо заменить - инжектор, воспламенитель и т.д. Второй год станет скорее последним для блока аккумуляторных батарей. По оценкам специалистов стоимость обслуживания в составе стоимости 1кВт/час выработанной электроэнергии находится в районе 1 – 1.5 рубля, в то время как у КГУ в два раза меньше.

«Скрытые» затраты.

Для работы микротурбины требуется газ высокого давления более 5 бар, как впрочем, и старшим собратьям. В этом случае используется мощный дожимной газовый компрессор. Для работы газового дожимного компрессора также требуется отбор мощности с МТУ, что понижает её электрический КПД на 10-15 %. В микротурбинах его размещают непосредственно внутри корпуса (см. Рис.2), что нарушает отечественные нормативы (ПБ 1252903 п.8.1.21) определяющих размещение дожимного компрессора в отдельном помещении и здании категории А. Следовательно, если строго следовать букве закона, МТУ имеющие компрессоры топливного газа в своей конструкции не могут использоваться в России. Кроме прочего, компрессор маслозаполненный, и требует замены масла и фильтров каждые 1500 -2000 часов эксплуатации. Таким образом, не может быть и речи об увеличенных до одного года часов межсервисных интервалов, декларируемых поставщиками МТУ.

Когенерационные газопоршневые установки, в сравнении с МТУ не требуют высокого давления газа и работают на давлениях от 20 мбар, что сопоставимо с давлением газа в бытовой плите на кухне.

Кластеры и системы управления микротурбинами.

Тем потребителям, которым необходимо более 100 - 200 кВт электроэнергии (гостиницы, торговые центры, офисные помещения и т.д.) которые может выдать одна микротурбина, их необходимо объединять в группу - кластер. Однако не всё так просто. Как правило, в кластере, один из агрегатов является главным («мастером») и следовательно - управляющим. Выход его из строя, означает останов всего комплекса состоящего хоть из десятка исправных турбин. В системе одновременно работающих параллельно КГУ такое в принципе не возможно, газопоршневые установки работают самостоятельно и независимо друг от друга, подключаясь(запускаясь) или отключаясь (останавливаясь) друг от друга, под управлением специального контролера.

В системе групповой работы МТУ, для решения проблемы «ведущего», применяют дополнительный блок управления, способный менять конфигурацию кластера, т.е. перебрасывать функции «мастера» на другие агрегаты. Однако это тоже снижает общую надёжность. Кроме всего прочего, при электропитании объектов требуется соблюдать условия надёжности, а следовательно разбивать подачу и потребление на как минимум две секции шин в соответствии с ПУЭ. Эти требования приводят к разделению оборудования как минимум на два кластера, а следовательно, применения двух блоков управления, что ведёт к удорожанию и значительному усложнению схемы управления. Количество агрегатов в кластере ограничено их количеством по экспертным

оценкам – не более 32 -х. Это фактически означает ограничение мощности на уровне 6МВт.

КПД микротурбин.

При использовании объектов малой энергетики, с учётом вложения капитальных затрат, и как следствие их окупаемости и последующей прибыльности, на первое место встаёт вопрос энергоэффективности, т.е. КПД установок. КПД установки позволяет понять Заказчику, сколько топливо необходимо сжечь, чтобы получить 1 кВт/час. Микротурбины занимают «самоёдомство», так известно, что около 65% мощности забирает компрессор, нагнетающий воздух в камеру сгорания. Даже у самых продвинутых микротурбин электрический КПД не превышает 32-33% в номинальном режиме. А именно электрическая составляющая обеспечивает основную долю в окупаемости затраченных средств Инвестором. Средний КПД вообще ограничен 28%. В тоже время газопоршневые агрегаты, в зависимости от типа двигателя, электрический КПД меньше 38% не имеют. Что бы ощутить разницу более зримо, приводим пример: для выработки 1МВт ГПУ израсходует около 250м³/час, а МТУ – 400м³/час! Разница составит более 1.2 млн. м³ газа за год или в денежном выражении - более 3.5 мил. руб./ год (при стоимости газа 3000руб./1000м³). Также необходимо помнить, что дожимной компрессор, буферные АКБ, силовая электроника (инверторы) и система управления, так же активно потребляет энергию и снижает фактически КПД ещё на 5-7%. Ещё хуже обстоят дела, когда условия работы отличаются от номинальных, а это происходит в 90% времени эксплуатации любых установок. Например, в режиме с нагрузкой 25% от номинала КПД МТУ падает до 19% (а с учётом энергопотребления дожимного компрессора, работающего с постоянной нагрузкой – до 14-15%).

Так же негативно влияет на эффективность работы турбины и повышение температуры. Так для микротурбин Capstone снижения КПД от температуры представлен графиком №1.

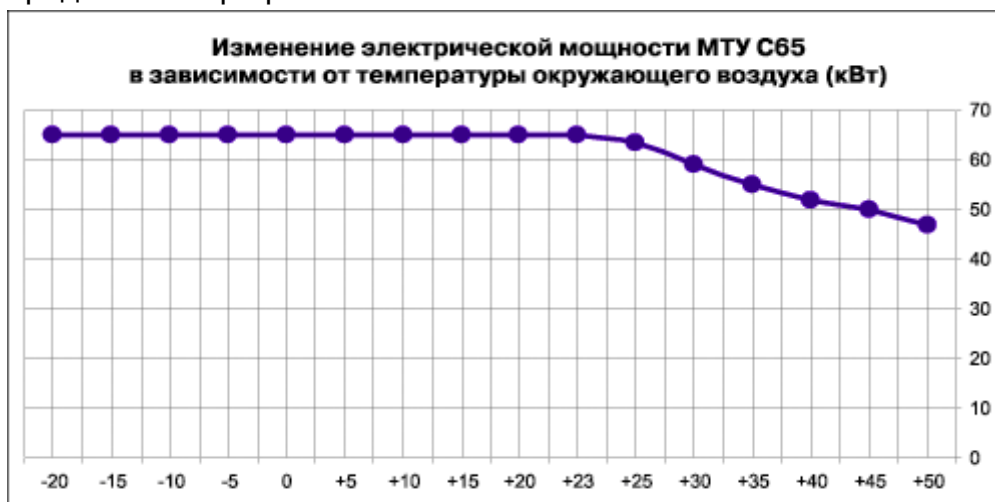


График 1.

Так же важно знать, как в принципе работает кластер, и как общая работа микротурбин в нём влияет на общий КПД. Для быстрого набора нагрузки весь кластер, например на микротурбинах Capstone, держат в горячем резерве (так называемый холостой ход, около 45тыс.об/мин, мощность при этом составляет около 700Вт). В этом случае потребление идёт не только работающими

агрегатами в сеть, но и всеми машинами кластера. В итоге суммарный КПД кластера значительно ниже индивидуального КПД микротурбины. Если же, в установках программного обеспечения «мастера» задать полное отключение неиспользуемых МТУ кластера, то в случае увеличения потребления временно остановленные микротурбины, будут вынуждены пройти очередной процесс пуска. Как ранее было выяснено, запуск МТУ – это минимум 500 часов её работы от ресурса. При скачкообразном графике потребления годовой ресурс в 300 пусков/год, микротурбина выработает на третий день эксплуатации.

Для газопоршневых установок количество пусков практически не ограничено, следовательно их работа в параллельном режиме при увеличении нагрузки и запуске очередного агрегата не влияет на ресурс. Снижение мощности от температуры окружающей среды, также незначительно влияет на КПД КГУ, снижая его не более чем на 3-5% выше + 35С.

Неоспоримые достоинства микротурбин.

Есть ряд параметров, по которым МТУ всё-таки опережают своих конкурентов. Прежде всего это очень чистый выхлоп. Так же меньший уровень шума и практически отсутствие вибронгрузок. Достаточно важным преимуществом по сравнению с ГПУ, это возможность работать в диапазоне нагрузок от 0 до 100% (КГУ – 40-100%) . Микротурбины не требуют внешних систем охлаждения - «сухих» градирен, которые необходимо так же обслуживать. Эта особенность микротурбин, позволяет их применять на объектах с невысокой потребностью в электрической и тепловой энергии с очень неравномерным графиком потребления и самое главное в местах с исключительными требованиями к выбросам в окружающую среду. Таким образом, МТУ применимы там, где главная задача автономного энергоцентра является энергоснабжение в принципе, а не получение кроме всего, достаточно высокой прибыли в процессе эксплуатации энергоцентра.

Использование микротурбин экономически оправдано в диапазоне мощностей до 250 кВт и при условии когда их ключевые преимущества имеют принципиальное значение. В свою очередь когенерационные газопоршневые установки, остаются наиболее рациональным и эффективным решением для большинства типовых задач автономного тепло и электроснабжения. С экономической точки зрения начальных капиталовложений, КГУ в полтора - два раза дешевле МТУ премиум класса, например - BUDERUS. Через три года эксплуатации затраты на сервис микротурбин по сравнению с КГУ возрастают значительно, в свою очередь когенераторы за этот же период окупаются и начинают приносить прибыль. Желаем Вам принятия правильных решений в задаче энерготеплоснабжения Ваших объектов.