

1. Введение .....	2
2. Применение .....	3
3. Описание конструкции .....	3
4. Принцип работы .....	3
4.1 Турбогенератор .....	10
4.2 Камера сгорания .....	13
4.3 Рекуператор .....	14
4.4 Система утилизации тепла (котел-утилизатор (КУ)) .....	14
4.5 Маслосистема .....	14
4.6 Топливная система .....	16
4.7 Силовая электроника .....	16
4.8 Цифровая система автоматического управления МТУ типа FADEC .....	19
4.9 Система воздушного охлаждения .....	19
5. Конструктивные особенности установки для эксплуатации снаружи помещения при температурах наружного воздуха до -40 °С .....	22
6. Пример подключения микротурбинных установок .....	22
7. Преимущества микротурбинных установок .....	22
8. Технические характеристики микротурбинной установки TA-100 RCHP .....	24
9. Сертификаты и разрешения .....	27
10. Ультрасовременные микротурбинные установки — электростанции нового поколения — проекты, успешно реализованные в России .....	29

За период с 2006 по 2010 год в Россию и СНГ поставлено 96 микротурбинных электростанций — установок Calnetix Energy (Кэлнетикс Энерджи), из них:

31 микротурбина — Москва и Московская область

33 микротурбины — Санкт-Петербург и Ленинградская область

25 микротурбин — Екатеринбург, Новосибирск, Сочи, Уфа, Первомайский, Сыктывкар

5 микротурбин — Белоруссия

2 микротурбины — Украина

Общая наработка микротурбин Calnetix Energy по состоянию на 25 августа 2010 года составила более 220 000 часов.

Ознакомиться с подробностями некоторых реализованных проектов мини-ТЭЦ на базе микротурбин Вы можете на последних страницах брошюры.

## 1. Введение

Микротурбинные установки (MTU) компания Calnetix Power Solutions (ранее Elliott Energy Systems Inc.) производит с 1997 г.

С 1997 по 2000 г. выпускались 45 и 60 кВт установки типа T45 и T60, а с 2000 по 2003г. - установки TA80 мощностью 80 кВт.

С 2004 г. по настоящее время компания выпускает только 100 кВт установки. Это модели:

– TA-100 RCNP - установка для комбинированного производства электроэнергии и тепла (когенератор) с электрической мощностью 100 и тепловой до 200 кВт (рис.1, 2 и 3);

– TA-100 R – установка для производства электроэнергии (электростанция);

– TA-100 Offshore – установка для производства электроэнергии для работы на нефте- и газодобывающих платформах в кожухе из нержавеющей стали;

– TA- 100 SC (simple circle) – установка без рекуператора для производства электроэнергии для работы на попутном газе.

В зависимости от условий эксплуатации микротур-

бинные установки TA-100 RCNP и TA-100 R выпускаются в двух вариантах исполнения: для эксплуатации внутри или снаружи помещения.

Установки для эксплуатации снаружи помещения могут изготавливаться в исполнении для температуры наружного воздуха:

– до -30°C;

– до -40°C.



Рис. 2. Общий вид MTU для эксплуатации снаружи помещения до -40°C с воздухозаборником с пониженным уровнем шума



Рис. 1. Общий вид MTU для эксплуатации снаружи помещения до -40°C со штатным воздухозаборником



Рис. 3. Общий вид MTU для эксплуатации внутри помещения

## 2. Применение

Микротурбинные установки применяются в первую очередь там, где требуется надежный, высокоресурсный, низкоэмиссионный автономный источник электро- и теплоснабжения (энергокомплекс) электрической мощностью от 100кВт до 2-3 МВт, требующий небольших затрат на обслуживание и эксплуатацию. Потребителями таких мощностей, как правило, являются: офисные бизнес-центры, развлекательные и торговые центры, бани, бассейны, складские помещения, предприятия быстрого питания, малого и среднего бизнеса, больницы, прачечные и др. Выбор микротурбинной установки является более предпочтительным (по отношению к другим автономным источникам тепло-, электроснабжения) в следующих случаях:

- существуют жёсткие ограничения по шуму, вибрациям и эмиссии выхлопных газов;
- есть ограничения по массе и габаритам используемого оборудования;
- требуется автономный («островной») режим работы при котором электрическая нагрузка изменяться от 0 до 100 кВт по произвольному графику;
- требуется режим работы параллельно с электрическими сетями с целью оптимизации затрат на электроэнергию и тепло;
- графики потребления тепловой и электрической нагрузки не совпадают друг с другом;
- требуется минимизировать затраты на техническое обслуживание (ТО) с периодичностью проведения 4000-8000 ч.

## 3. Описание конструкции

Микротурбинная установка представляет собой изделие полной заводской готовности. При разработке её конструкции использован блочно-модульный при-

нцип, позволяющий заменять в случае необходимости отдельный узел, а не изделие в целом.

Все основные и вспомогательные системы и агрегаты смонтированы на единой пространственной раме. На рис.4 показаны габаритные размеры МТУ для различных вариантов исполнения.

Для защиты от внешних воздействий, используется защитный корпус со звукоизоляционным покрытием. Расположение основных узлов внутри установки представлено на рис.5.

В состав установки входят:

- турбогенератор ;
- камера сгорания;
- рекуператор;
- система утилизации тепла с котлом-утилизатором (КУ);
- маслосистема;
- топливная система (с газовым дожимным компрессором);
- блок силовой электроники (выпрямитель, преобразователи, инверторы);
- цифровая система автоматического управления типа FADEC (Full Authority Digital Electronic Control) турбогенератора и силовой электроники с панелью управления оператора;
- воздушная система охлаждения подкапотного пространства и силовой электроники;
- система внутреннего электроснабжения 24В.

## 4. Принцип работы

На рис.6 показана функциональная схема микротурбинной установки.

Очищенный атмосферный воздух попадает в воздухозаборник, из которого поступает на вход компрессора турбины. В компрессоре воздух сжимается и за счёт этого нагревается до температуры 250 °С. После это-

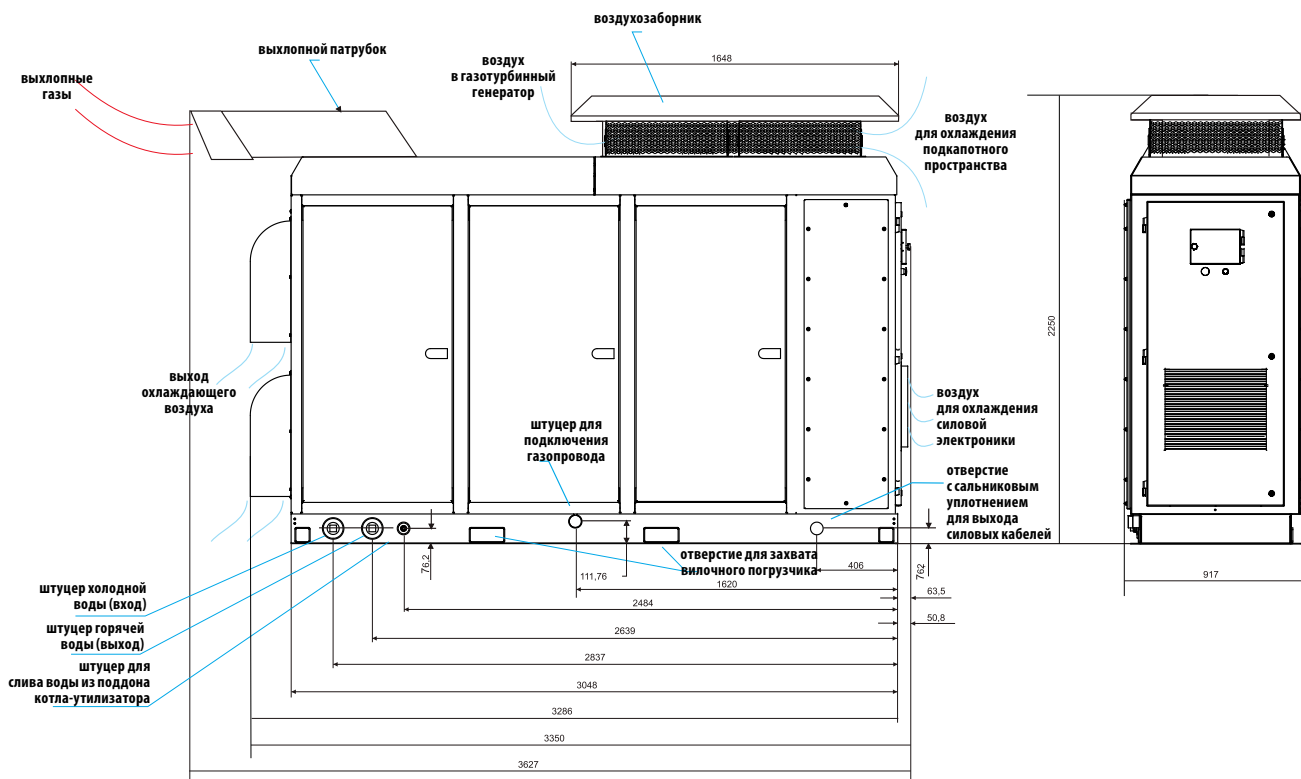


Рис. 4 (а). Габаритные размеры установки ТА-100 RCHP, исполнение до мая 2009 г., для эксплуатации снаружи помещения до -30°C.

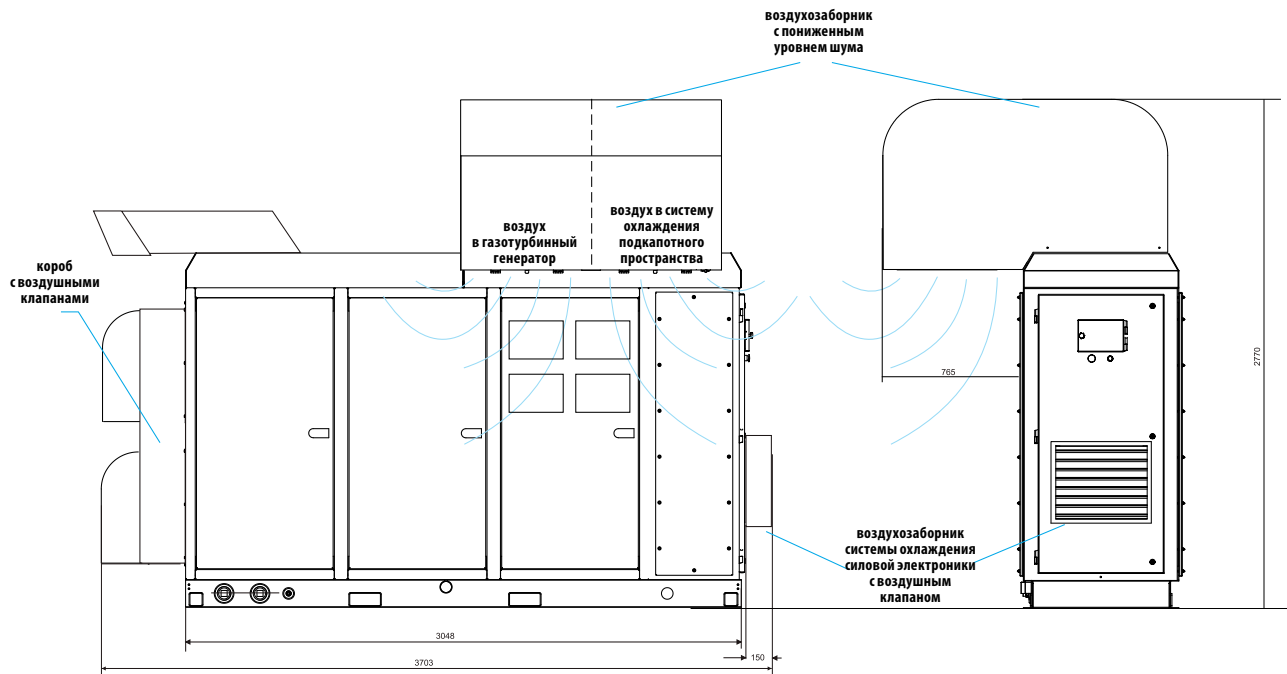


Рис. 4 (б). Габаритные размеры установки TA-100 RCHP, исполнение до мая 2009 г., для эксплуатации снаружи помещения до  $-40^{\circ}\text{C}$  с воздухозаборником с улучшенными акустическими характеристиками (поставляется по специальному заказу)

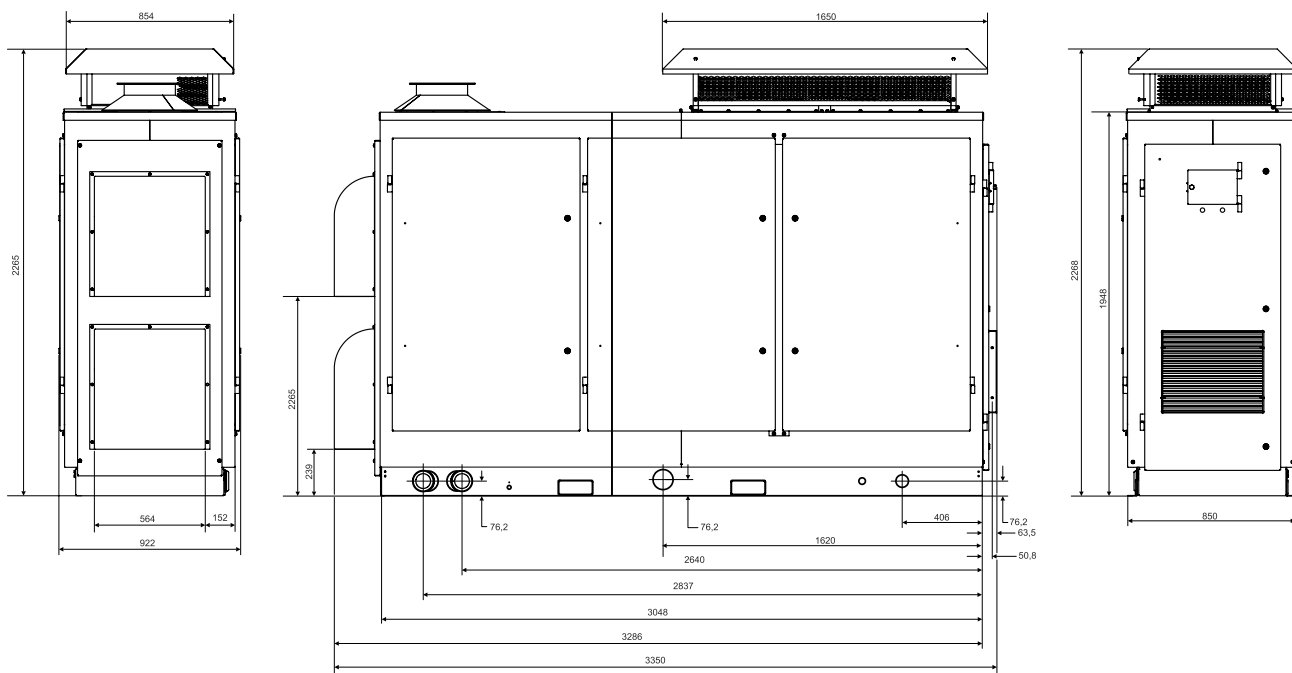


Рис. 4 (в). Габаритные размеры установки ТА-100 RCHP, исполнение после мая 2009 г., для эксплуатации снаружи помещения до  $-30^{\circ}\text{C}$  со штатным воздухозаборником и выхлопным патрубком.

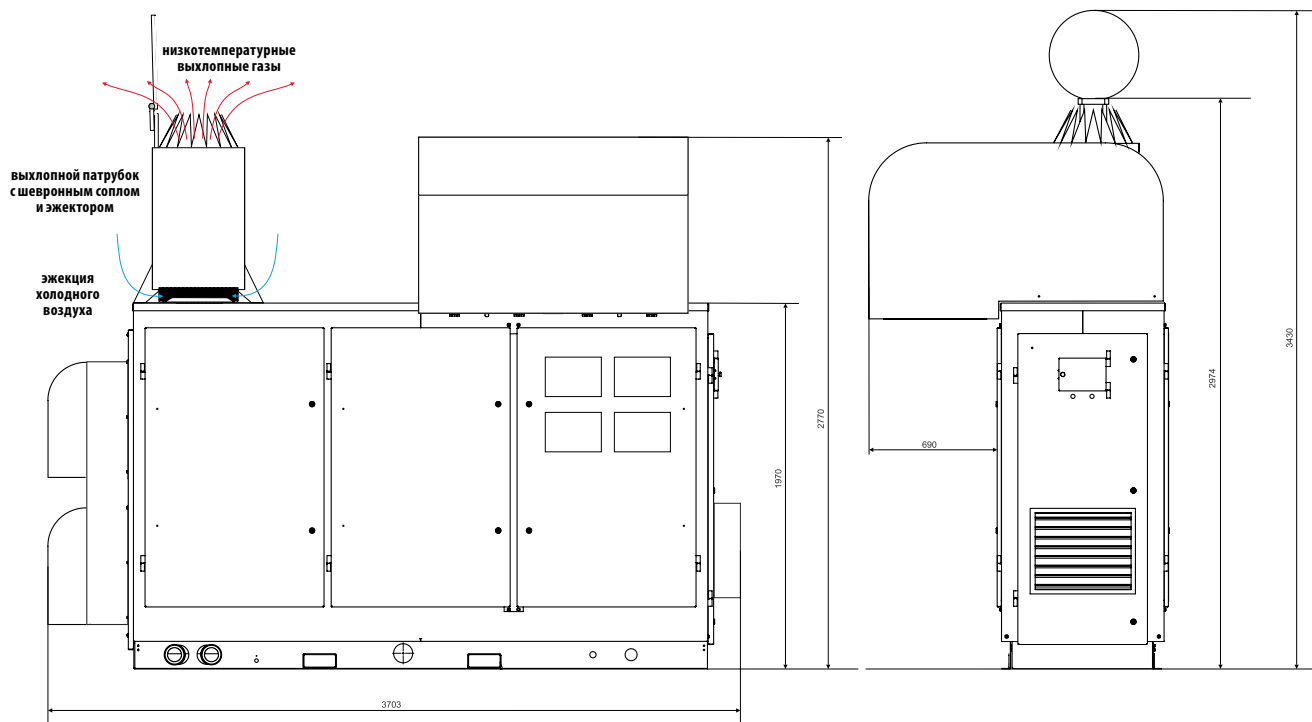


Рис. 4 (г). Габаритные размеры установки ТА-100 RCHP, исполнение после мая 2009 г., для эксплуатации снаружи помещения до  $-40^{\circ}\text{C}$  с воздухозаборником и выхлопным патрубком с улучшенными акустическими характеристиками (поставляются по специальному заказу).

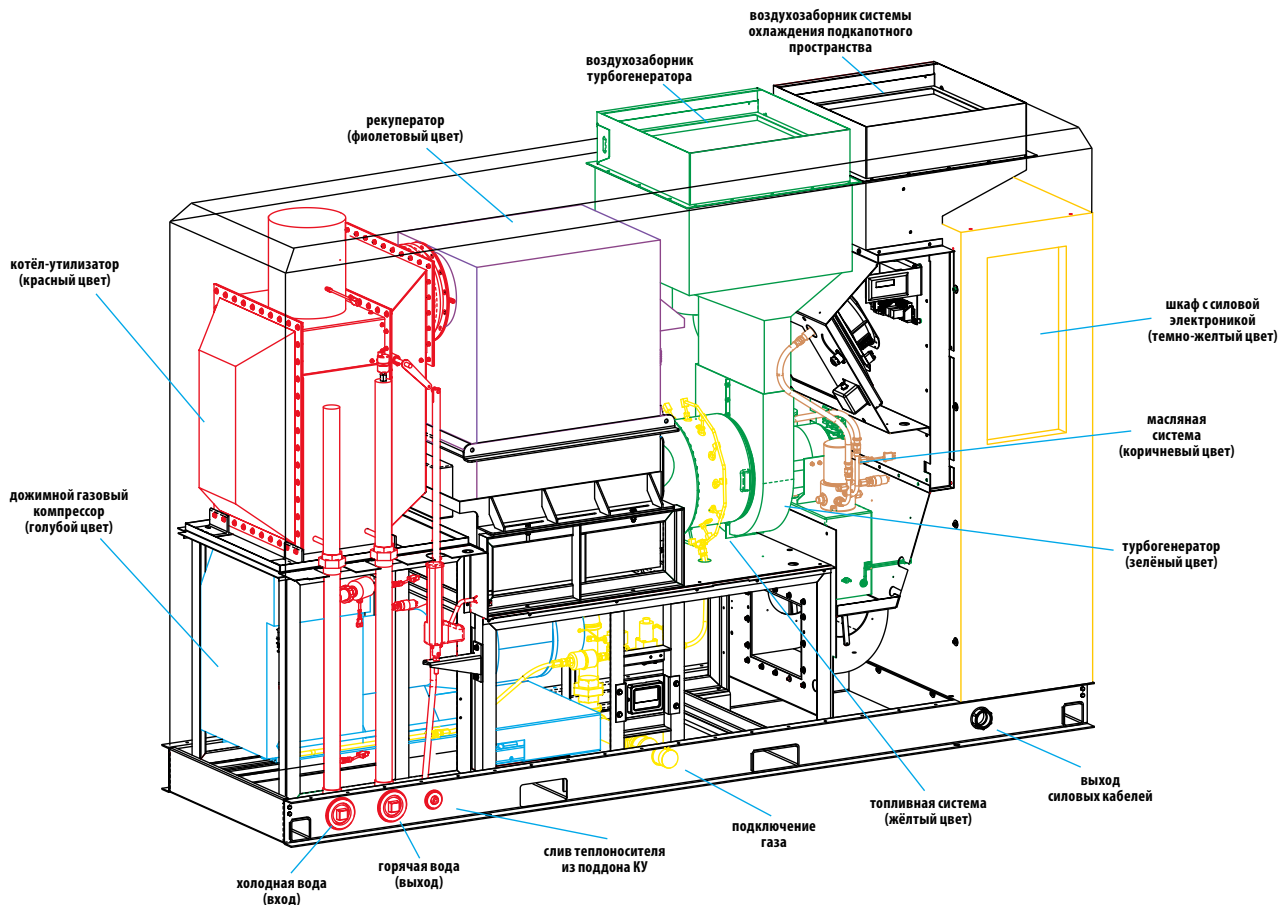


Рис. 5. Общий вид установки ТА-100 RCHP в аксонометрии со снятым кожухом (корпусом) с указанием расположения основных узлов и агрегатов.



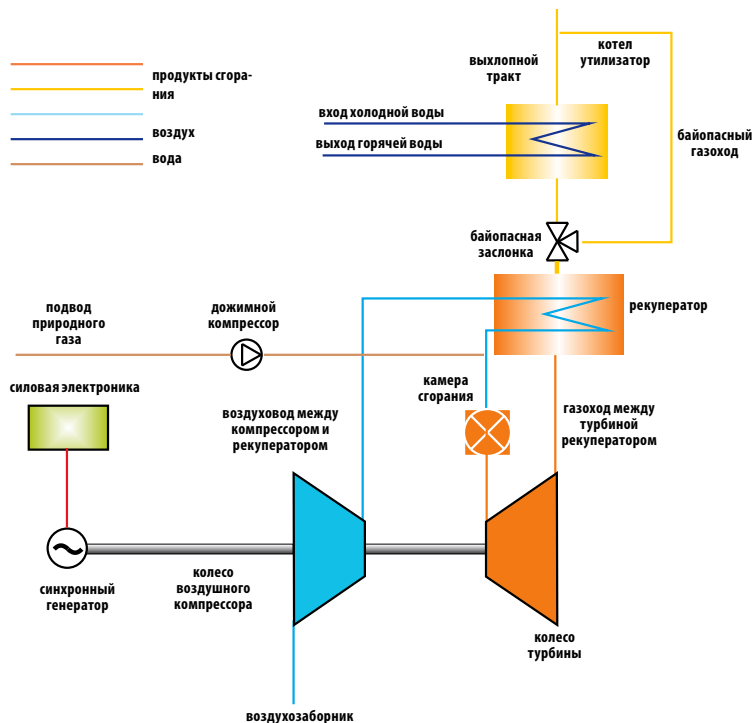


Рис. 6. Функциональная схема микротурбинной установки.

го воздух поступает в специальный газо-воздушный теплообменник (рекуператор), где он дополнительно подогревается до температуры 500 °С. Использование такого решения позволяет примерно в 2 раза повысить электрическую эффективность установки. Далее нагретый сжатый воздух перед камерой сгорания смешивается с газообразным топливом высокого давления, откуда гомогенная газоздушная смесь поступает в камеру сгорания для горения. Для повы-

шения давления природного газа используется штатный встроенный дожимной компрессор.

Предварительное смешение воздуха с газообразным топливом позволяет снизить уровень эмиссии выхлопных газов до 25 ppmv при 15 % O<sub>2</sub> в диапазоне электрических нагрузок от 50 до 100 %, и до 60 ppmv при 15 % O<sub>2</sub> при нулевой нагрузке.

Покидая камеру сгорания, выхлопные газы, нагретые до температуры 926°С попадают в колесо турбины, где, расширяясь, совершают работу, вращая его и расположенные на этом же валу колесо компрессора и высокоскоростной синхронный генератор.

Покинув колесо турбины, по газоходу, выхлопные газы с температурой до 648 °С попадают в рекуператор, где отдают своё тепло сжатому воздуху после компрессора. Температура выхлопных газов после рекуператора снижается до 310 °С.

На выходе из рекуператора стоит байпасная заслонка, которая направляет выхлопные газы в котёл-утилизатор либо по байпасному газоходу в выхлопной патрубок. В котле-утилизаторе (газо-водяном теплообменнике) выхлопные газы отдают своё тепло сетевой воде, которая там нагревается до требуемой температуры.

В конструкции микротурбинной установки отсутствует редуктор. В отличие от других производителей, частота вращения ротора в установках ТА-100 не зависит от нагрузки и автоматически поддерживается на уровне 68000 об/мин.

Это позволяет без дополнительных аккумуляторных батарей в течение 0,3с в один приём принимать имеющуюся электрическую нагрузку (до 100%).

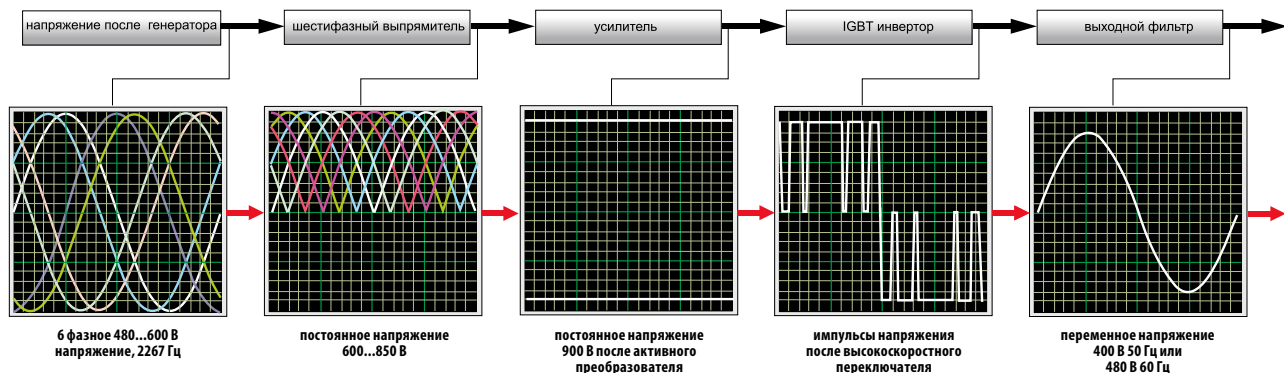


Рис. 7. Последовательность преобразования напряжения.

Преобразование электроэнергии аналогично тому, которое применяется в мощных источниках бесперебойного питания (ИБП) типа on-line.

Последовательность преобразования напряжения показана на рис.7. Вырабатываемое высокочастотное напряжение генератора подвергается двойному преобразованию: из высокочастотного переменного в постоянное, а затем в переменное 400 или 480В частотой 50 или 60 Гц.

Применение двойного преобразования обеспечивает надежную генерацию стабильного трёхфазного напряжения синусоидальной формы.

#### 4.1 Турбогенератор

Турбогенератор является основной и наиболее наукоемкой частью установки.

В отличие от компаний, которые для сокращения затрат на разработку, используют в качестве первичного двигателя авиационные газотурбинные двигатели, специалисты компании Calnetix Power Solutions, разработали турбогенератор с «чистого листа», макси-

мально учитывая особенности эксплуатации энергетических установок в наземных условиях.

В результате был разработан турбогенератор, который принципиально отличается от агрегатов на основе авиационных двигателей.

Прежде всего это заключается:

- в простоте конструкции (значительно сокращено количество высокоточных и очень трудоёмких в изготовлении деталей, узлов и агрегатов);
- в низкой степени повышения давления на выходе из компрессора;
- в применении в конструкции решений, которые традиционно используются в силовых установках наземного применения таких как: гидродинамический подшипник скольжения, керамические материалы, рекуператор, низкоэмиссионная камера сгорания;
- в более низких затратах на техническое обслуживание;
- в более высоком назначенном и межремонтном ресурсе.

Общий вид турбогенератора в разрезе показан на рис.8.

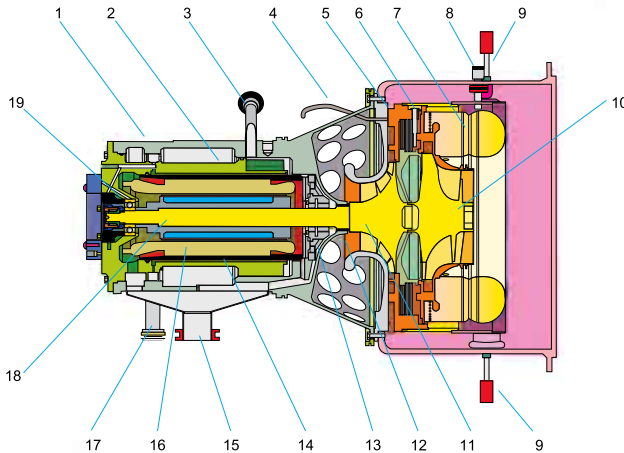


Рис. 8. Общий вид турбогенератора в разрезе.

- 1 - корпус
- 2 - корпус статорной части
- 3 - маслопровод (подвод масла)
- 4 - воздухопровод для поддува лабиринтного уплотнения
- 5 - диффузор
- 6 - сопловой аппарат
- 7 - жаровая труба
- 8 - свеча зажигания
- 9 - топливный коллектор
- 10 - колесо турбины
- 11 - колесо компрессора
- 12 - лабиринтное уплотнение
- 13 - гидродинамический подшипник
- 14 - статорные обмотки
- 15 - горловина слива масла
- 16 - постоянные магниты
- 17 - слив масла
- 18 - ротор
- 19 - керамический подшипник качения

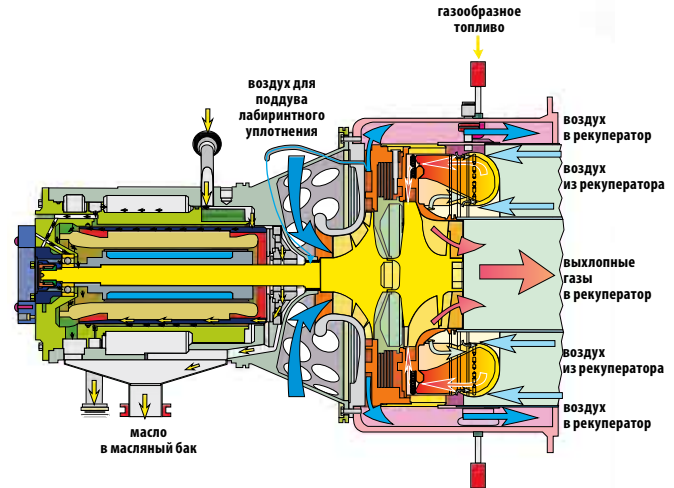


Рис. 9. Движение рабочего тела и масла внутри турбогенератора.

Что представляет собой турбогенератор?

Это высокооборотный одновалный агрегат с частотой вращения ротора 68000 об/мин. Конструктивно он выполнен в едином корпусе, в котором устанавливается ротор. К корпусу со стороны турбины пристыковывается камера сгорания, представляющая собой отдельный самостоятельный узел. Движение газозоудушной смеси внутри турбогенератора показано на рис.9.

Ротор является наиболее ответственной частью турбогенератора, см. рис.10. На одном валу, который изготовлен из высокопрочной стали, последовательно размещены:

– втулка высокоскоростного синхронного генератора с 2-мя запрессованными постоянными магнитами;

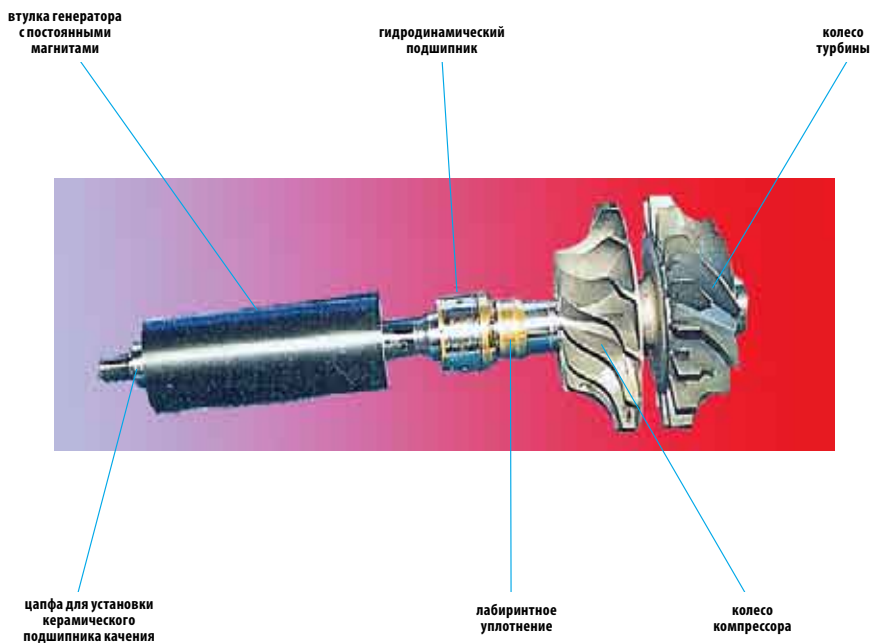


Рис. 10. Общий вид ротора.

- колесо одноступенчатого центробежного компрессора;
- колесо одноступенчатой центростремительной турбины, выполненное из термостойкого сплава, с низким коэффициентом ползучести, прикреплённое к основной части ротора при помощи сварки трением.

Ротор турбогенератора располагается на двух опорах: первая опора со стороны торца втулки генератора, а вторая - между втулкой генератора и колесом компрессора.

Первой опорой является упорный керамический подшипник качения, которой устанавливается в статорной части через промежуточные плавающие кольца, второй – гидродинамический. Оба подшипника охлаждаются и смазываются высококачественным синтетическим маслом.

Гидродинамический подшипник между втулкой генератора и колесом компрессора, позволил уменьшить размеры ступицы колеса, сделать плавным вход воздуха в колесо, снизить потери и как следствие, повы-

сить КПД и запасы газодинамической устойчивости компрессора.

Отличительной особенностью конструкции ротора является консольная схема размещения колёс компрессора и турбины.

Такое конструкторское решение позволило вынести все подшипники из горячей зоны. В результате удалось:

– значительно уменьшить безвозвратные потери масла (не более 0,001 гр/ кВт час против 0,3 гр/ кВт час у ГПА);

– уменьшить производительность насоса маслосистемы;

– увеличить сроки замены масла и масляного фильтра (один раз в 24000 ч против 750...1000 у газопоршневых агрегатов) за счёт снижения рабочей температуры масла до 60...70°С.

Использование высокоскоростного синхронного генератора с постоянными магнитами и полупроводниковых преобразователей напряжения позволило избавиться от «ахиллесовой пяты» большинства газовых турбин малой мощности – редуктора.

## 4.2 Камера сгорания

Камера сгорания см. рис.11. обеспечивает преобразование химической энергии газообразного топлива в тепловую энергию рабочего тела.

Конструкция камеры противоточная, кольцевая, с многоточечной подачей газообразного топлива через отдельные инжекторы. Камера выполнена с возможностью длительной работы, как при частичных, так и полных электрических нагрузках установки.

Камера сгорания состоит из следующих основных элементов:

- корпус;
- топливный коллектор;
- топливный инжектор;
- жаровая труба;
- свеча зажигания;
- проставка.

Технологии, которые применяются в конструкции, обеспечивают низкие уровни эмиссии: 25 ppm по NOx и 25 ppm по CO при 15% O2 при 100 % нагрузке.

Газообразное топливо подаётся через 12 инжекторов на вход камеру под давлением 5,4...6,2 бар. Процесс горения стабилен

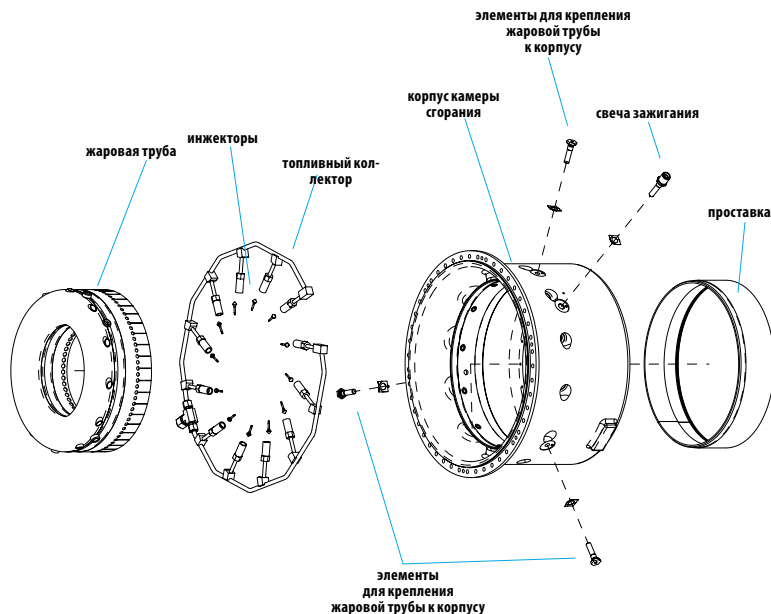


Рис. 11. Конструкция камеры сгорания.

даже при значительном изменении химического состава используемого газа.

### 4.3 Рекуператор

Газо-воздушный рекуператор предназначен для повышения электрического КПД установки, за счёт дополнительного подогрева воздуха после компрессора. Нагрев воздуха в рекуператоре происходит за счёт тепла выхлопных газов после турбины. Общий вид рекуператора см. рис.12.

Рекуператор представляет собой газо-воздушный пластинчатый теплообменный аппарат.

Экономия топлива происходит за счёт увеличения температуры воздуха, который поступает в камеру сгорания после воздушного компрессора. Основные характеристики рекуператора представлены в разделе «Технические характеристики».

### 4.4 Система утилизации тепла (КУ)

Система утилизации предназначена для утилизации тепла выхлопных газов. Общий вид системы показан на рис.13.

Система обеспечивает подогрев сетевой воды до заданной температуры.

Регулирование параметров воды на выходе из КУ осуществляется за счёт перепуска выхлопных газов через байпасный газопровод КУ.

В состав системы входят:

- КУ с байпасной заслонкой и приводом;
- байпасная магистраль;
- реле потока теплоносителя;
- реле максимального давления на выходе из КУ;
- датчики для измерения температуры теплоносителя на входе и на выходе из КУ;
- датчики для измерения температуры выхлопных

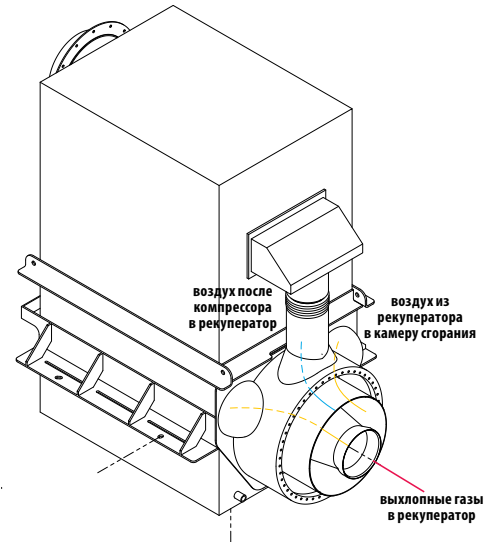


Рис. 12. Общий вид рекуператора.

- газов на входе и на выходе из КУ;
- выхлопной патрубком.

### 4.5 Маслосистема

Маслосистема предназначена для смазки и охлаждения подшипников, а также охлаждения статора высокоскоростного синхронного генератора. Её обслуживание сведено к минимуму: 1 раз в 8000 часов меняется фильтр в магистрали суфлирования. В состав маслосистемы входят (см. рис.14):

- масляный бак объёмом 19 л. (5 галлонов) со встроенным электрическим подогревателем масла;
- шестерёнчатый нагнетающий насос;
- фильтр в магистрали суфлирования;
- масляный фильтр;

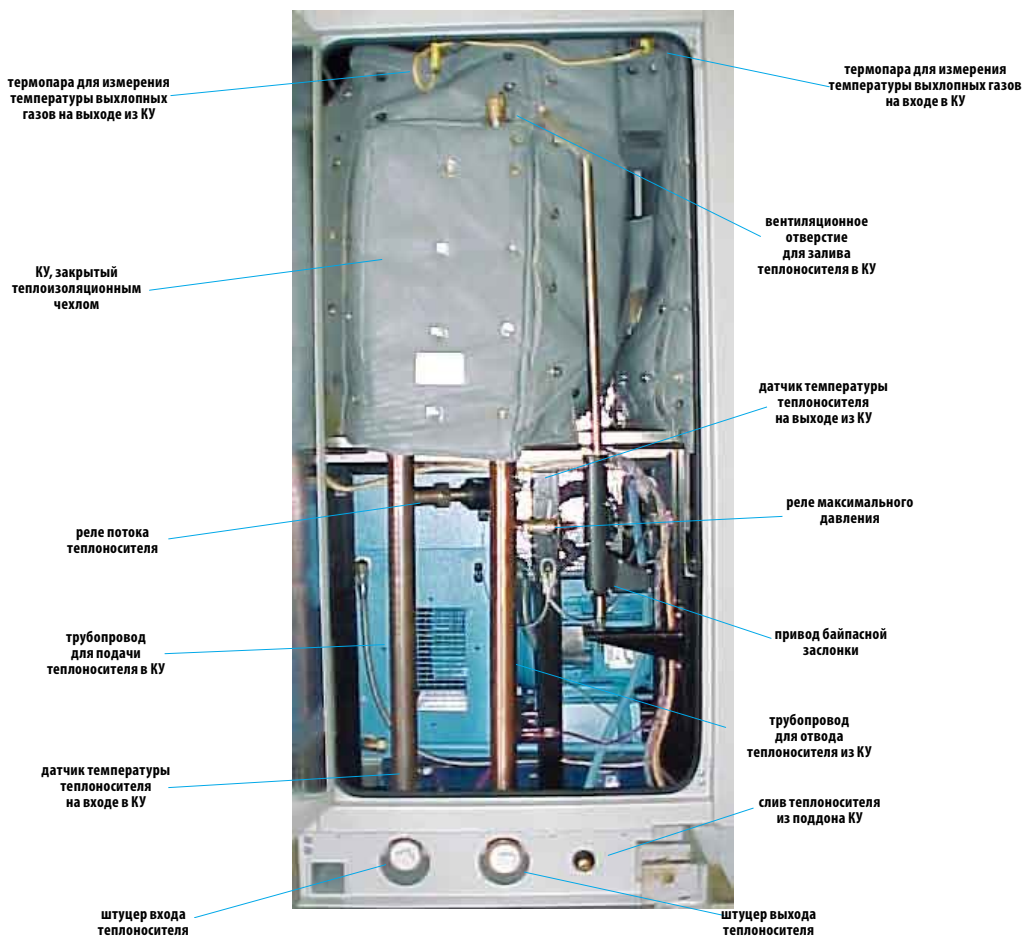


Рис. 13. Общий вид системы утилизации тепла.

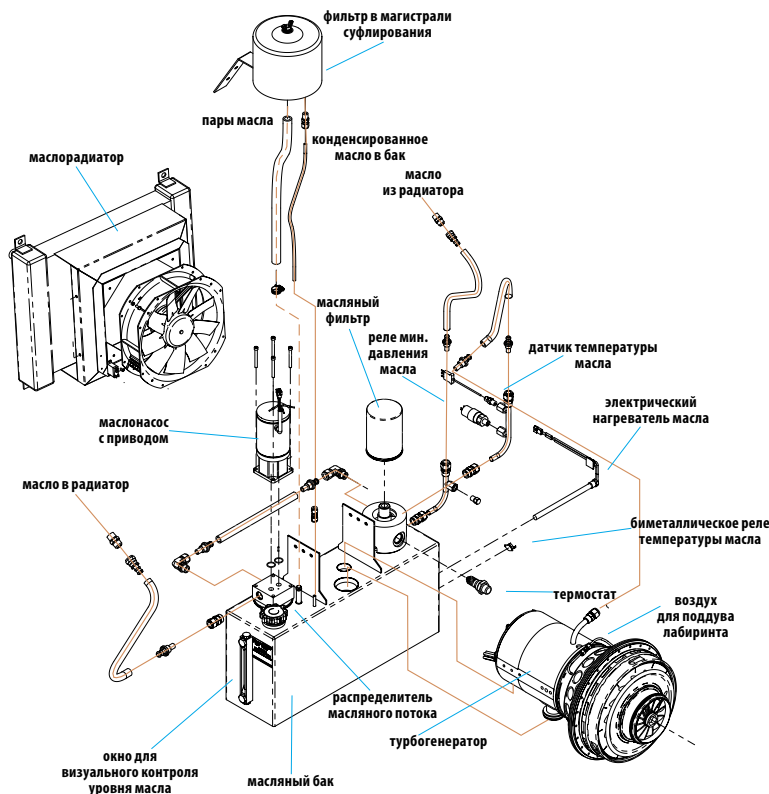


Рис. 14. Конструкция маслосистемы.

В составе маслосистемы отсутствуют откачивающий насос, масло стекает в бак самотёком. Движение масла при работе турбогенератора показано на рис.9. Основные характеристики масляной системы приведены в разделе «Технические характеристики».

#### 4.6 Топливная система

Топливная система предназначена для подготовки и подачи газообразного топлива с требуемыми параметрами в камеру сгорания микротурбинной установки. Общий вид топливной системы представлен на рис.15.

В состав системы входят:

- встроенный дожимной газовый компрессор с системой подогрева масла для запуска в условиях отрицательных температур и газовая линейка. В состав газовой линейки входят:

- фильтр-коагулятор;
- фильтр тонкой очистки;
- отсечные клапаны;
- регулятор расхода газа;
- система электрического подогрева газовой линейки.

Основные характеристики топливной системы приведены в разделе «Технические ха-

рактеристики».

#### 4.7 Силовая электроника

Силовая электроника предназначена для преобразования высокочастотного входного напряжения в постоянное, а затем в трехфазное переменное напряжение 400В с частотой 50 Гц и THD <5%. Общий вид шкафа с силовой электроникой показан на рис.16.

- маслорадиатор с принудительным воздушным охлаждением;
- термостат;
- датчик температуры;
- реле минимального давления.



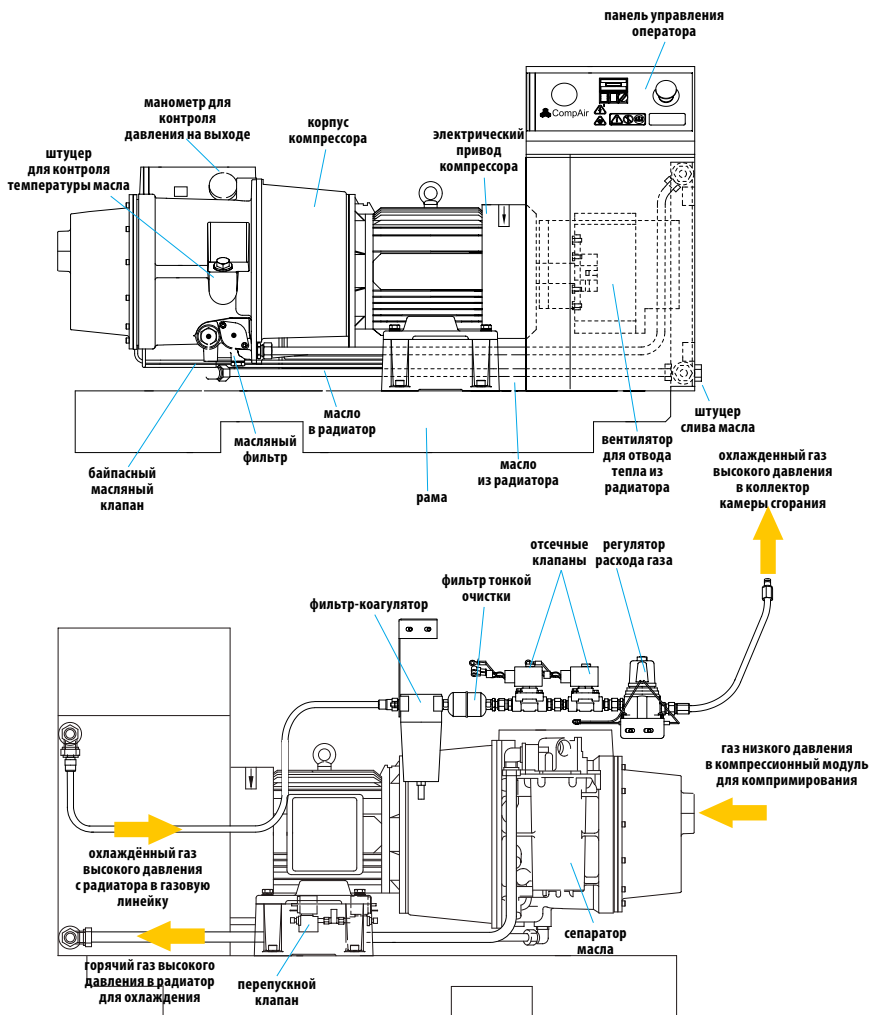


Рис. 15. Общий вид топливной системы и газового дожимного компрессора.



Рис. 16. Общий вид шкафа с силовой электроникой.

В состав силовой электроники входят:

- система автоматического управления;
- выпрямитель;
- преобразователь постоянного напряжения
- основной инвертор;
- стартовый инвертор;
- зарядное устройство

Структурная схема силовой электроники показана на рис.17.

Управление преобразователем и инверторами осуществляется отдельными программируемыми контроллерами. Обеспечивается устойчивая высокоэффективная работа инвертора и стабильность параметров выходного напряжения или тока.

Система автоматического управления силовой электроники также обеспечивает:

- защиту установки от обратных токов;
- контроль уровня нагрузки и других электрических параметров;
- компенсацию реактивной мощности в диапазоне 0,6...1;

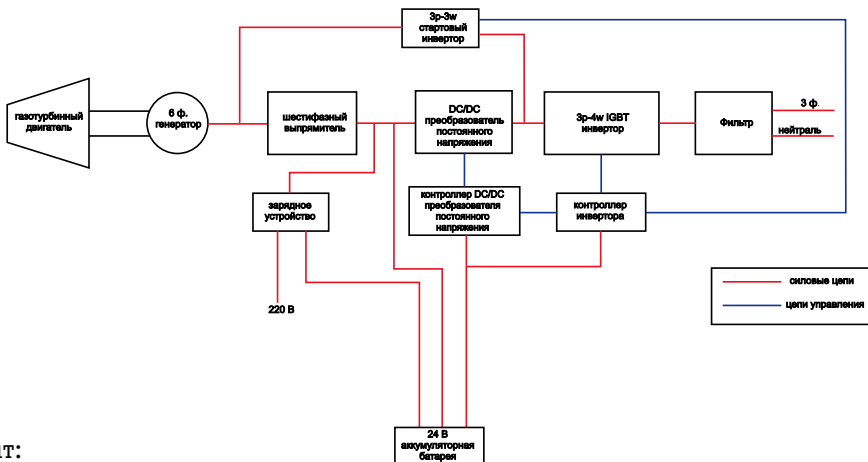


Рис. 17. Структурная схема силовой электроники.

- параллельную работу с другими установками (деление нагрузки) в автономном режиме;
- работу параллельно с сетью без ограничения количества установок.

#### 4.8 Цифровая система автоматического управления МТУ типа FADEC

Система автоматического управления предназначена для автоматического управления всеми системами микротурбинной установки.

В состав системы входят контуры управления (см. рис.18.):

- турбогенератора;
  - силовой электроники;
  - системы утилизации тепла;
  - маслосистемы;
  - блока газовой безопасности
- Каждым контуром управляет отдельный контроллер.

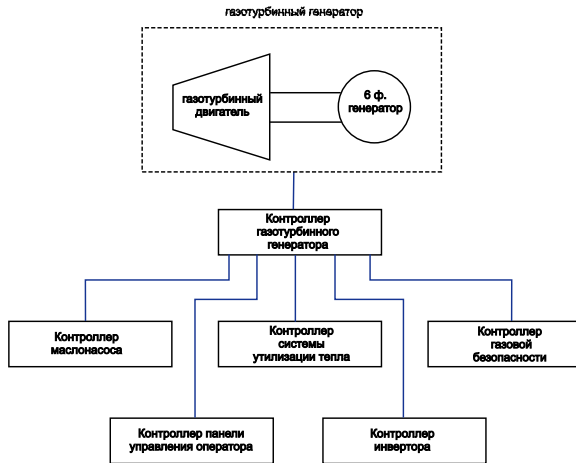


Рис. 18. Структурная схема цифровой системы автоматического управления.

Система автоматического управления турбогенератора и система управления утилизацией тепла (программируемые логические контроллеры) предназначены для:

- автоматического управления и защиты турбогенератора во время запуска, останова и работы;
- автоматического поддержания заданной температуры (перепада температуры) теплоносителя (воды) на выходе из КУ;
- обеспечения необходимых автоматических защит и блокировок;
- управления вспомогательными системами и агрегатами.

#### 4.9 Система воздушного охлаждения

Система воздушного охлаждения предназначена для надёжного отвода тепла от тепловыделяющих эле-

ментов, находящихся внутри микротурбинной установки:

- блока силовой электроники (выпрямителя, преобразователей и инверторов);
- турбогенератора;
- маслорадиатора масляной системы турбогенератора;
- рекуператора;
- котла-утилизатора;
- газо-маслорадиатора газового дожимного компрессора

Места забор воздуха показаны на рис.19.

Для этого внутри находятся вентиляторы, которые обеспечивают принудительное движение воздуха внутри установки.

Забор воздуха для охлаждения узлов и агрегатов, находящихся в подкапотном пространстве, разделяется на две части.

Одна часть воздушного потока направляется на охлаждение маслорадиатора, турбогенератора, рекуператора и котла-утилизатора. Движение воздуха обеспечивает вентилятор маслорадиатора.

Другая часть идёт на охлаждение силовой электроники, привода дожимного компрессора, а также его радиаторов. Движение воздуха обеспечивает вентилятор, расположенный в нижней части микротурбинной установки (см. рис.19).

Основные характеристики системы воздушного охлаждения приведены в разделе «Технические характеристики».

#### 5. Конструктивные особенности установки для эксплуатации снаружи помещения при температурах наружного воздуха до -40°C

В том случае если установка предназначена для эксплуатации в условиях низких отрицательных тем-

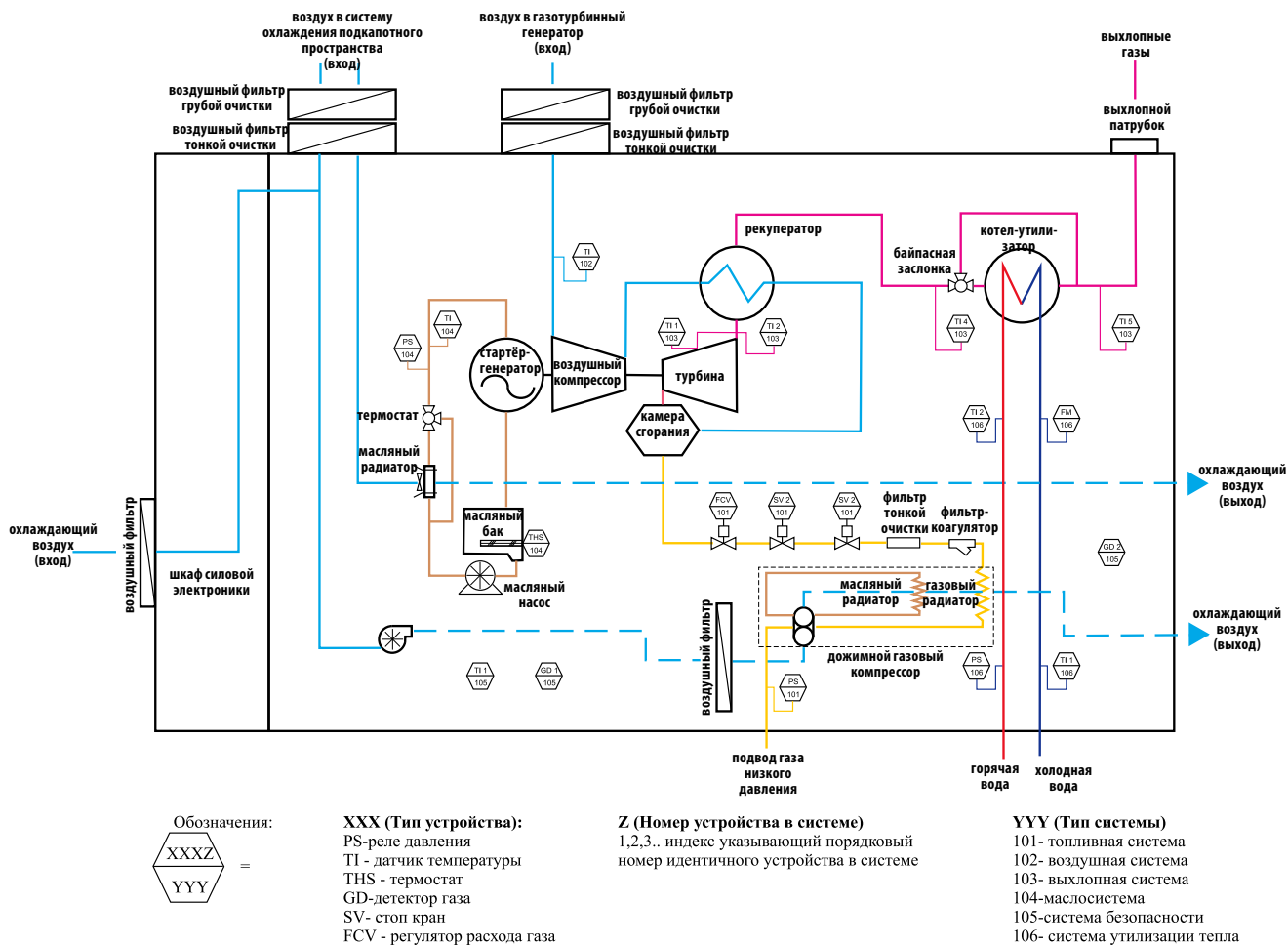


Рис. 19. Места забора воздуха и система воздушного охлаждения в интеграции с основными системами установки.

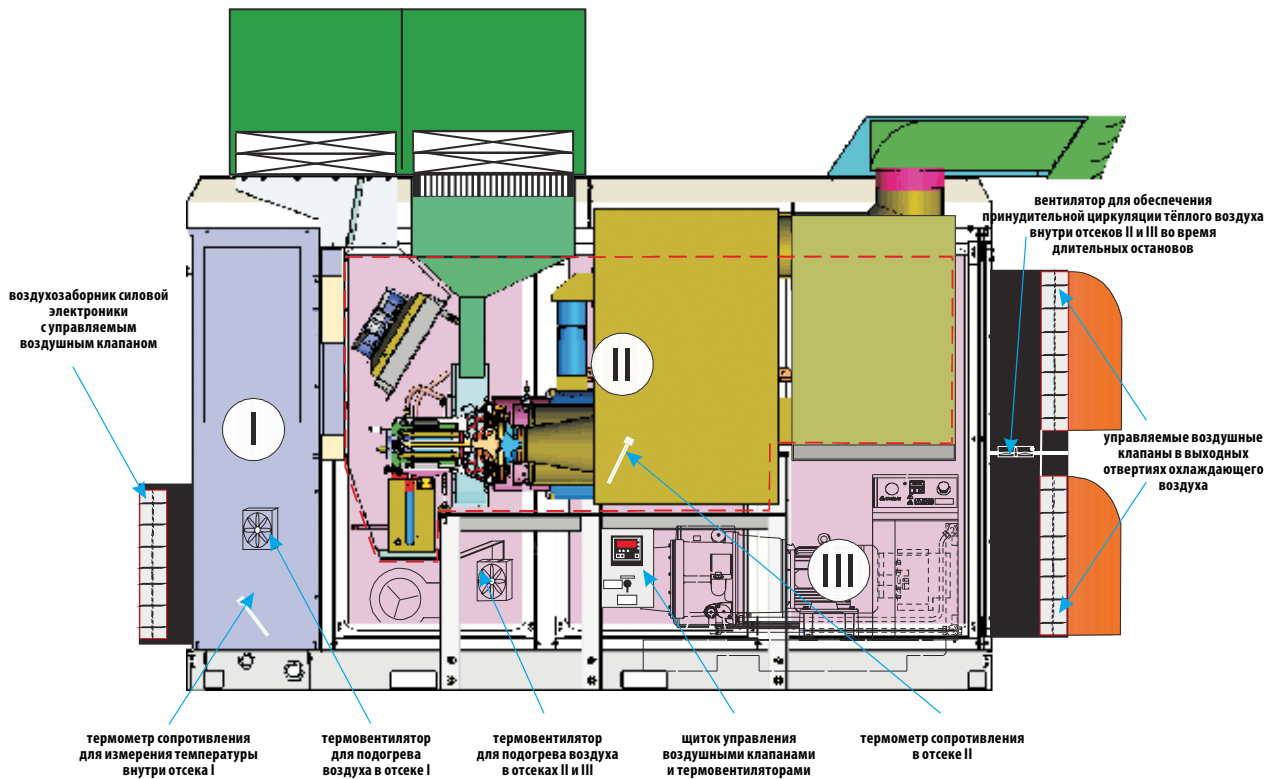


Рис. 20. Размещение дополнительного оборудования внутри пекиджа для эксплуатации до  $-40^{\circ}\text{C}$ .  
I - отсек силовой электроники; II - отсек газотурбинного генератора; III - отсек дожимного газового компрессора.

температур до  $-40^{\circ}$  её конструкция имеет специальная исполнение. Размещение внутри установки дополнительного оборудования показано на рис.20.

## **6. Пример подключения микротурбинных установок**

### **Схема подключения МТУ при работе в автономном режиме при использовании двух установок**

Принципиальная однопроводная электрическая схема подключения показана на рис.21.

Для синхронизации частоты выходного напряжения и деления электрической нагрузки установки соединяются между собой с помощью двух оптоволоконных кабелей, подключаемых к платам управления инверторов.

Для обеспечения питания внешних нагрузок и собственных нужд мини-ТЭС обычно используются различные шины. Шина собственных нужд подключается с помощью АВР. К первой шине подключаются внешние потребители, а ко второй – собственные нужды МТУ, мини-ТЭС, а также потребители первой и второй категорий.

В данном случае основным источником электроснабжения являются МТУ, резервным – ДГУ. Применение АВР в данном случае очевидно. Он переводит питание собственных нужд МТУ и мини-ТЭС с резервного источника после запуска МТУ на выходную шину или, наоборот, с МТУ на резервный источник в случае аварийного останова МТУ

Мощность резервной генераторной установки в каждом конкретном случае выбирается индивидуально в зависимости от установленной мощности потребителей.

## **7. Преимущества микротурбинных установок**

Имеются следующие основные преимущества микро-турбинных установок по сравнению с генерирующим оборудованием другого типа:

- возможность эксплуатации, как в автономном режиме, так и параллельно с сетью;
- возможность одновременного наброса/сброса до 100% электрической нагрузки;
- возможность работы в течение длительного времени при очень низких нагрузках, в том числе в режиме холостого хода;
- техническое обслуживание каждые 4000 часов, за 24 000 часов работы на сервисное обслуживание затрачивается не более 55 нормочасов;
- интервал замены масла в турбогенераторе 24 000, а в дожимном компрессоре 8 000 моточасов;
- небольшое количество движущихся частей и соответственно низкий механический износ;
- возможность работы на низкокалорийных топливах с минимальной концентрацией метана 30 %;
- уровень эмиссии по  $NO_x$  25 ppmv при 15 % O<sub>2</sub>.
- практически полное отсутствие вибраций.

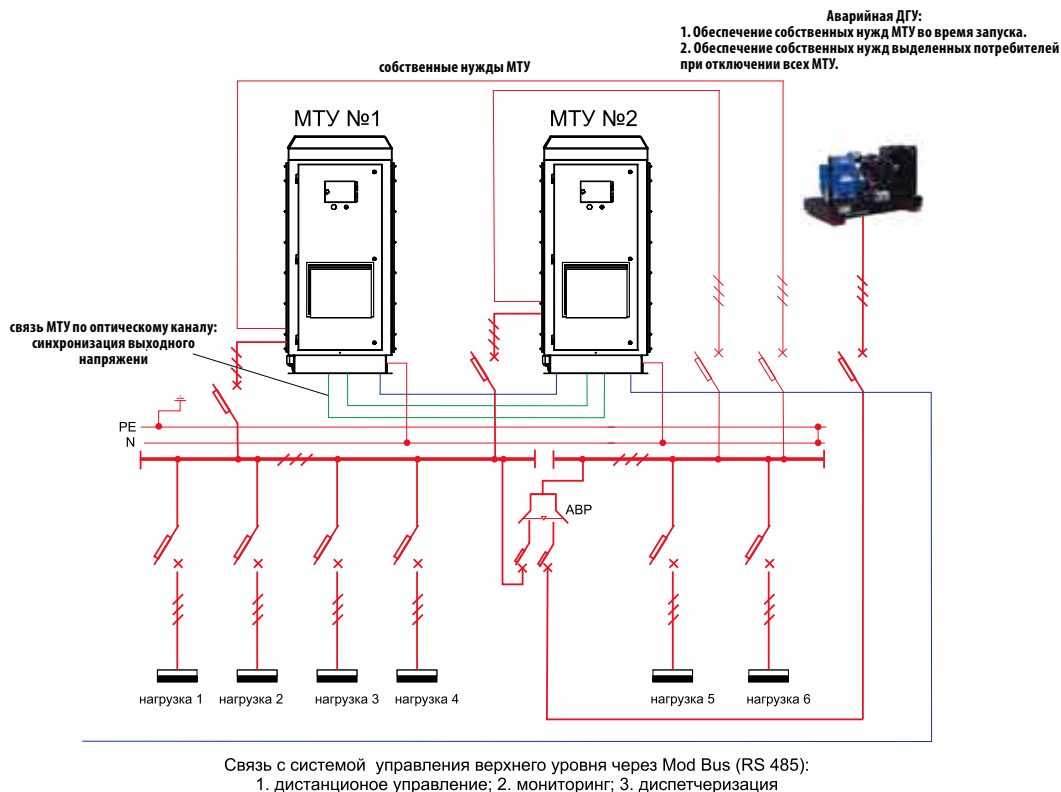


Рис. 21. Типовая однопроводная схема электроснабжения в случае применения двух MTU в автономном островном режиме.

## 8. Технические характеристики микротурбинной установки TA-100 RCHP

№ п/п	Характеристика, параметр	Е д и н и ц а измерения	Значение
<b>I. Общие характеристики</b>			
1.1	Электрическая мощность «нетто» при САУ <sup>1</sup>	кВт	100
1.2	Тепловая мощность (максимальная/ ГВС/ отопление)	кВт	200/172 /160
1.3	Тепло, выделяемое при сгорании топлива	кВт	344
1.4	КПД электрический «нетто»	(%)	29
1.5	Максимальный полный КПД	(%)	≥87
1.6	Напряжение	В	~ 3ф., 400
1.7	Частота	Гц	50
1.8	Колебание частоты	(%)	±1,0
1.9	Колебание напряжения <sup>2</sup>	(%)	±5,0
1.10	Значение тока при нагрузке 100 %	А	200
1.11	Максимальное значение тока (перегрузка) в течение 5 секунд	А	300
1.12	Общее гармоническое искажение	%	<5%
1.13	Ток короткого замыкания	А	500
1.14	Тип электрического генератора	Высокоскоростной синхронный, с 2-мя постоянными магнитами	
1.15	Количество используемых аккумуляторов	шт.	2
1.16	Напряжение двух аккумуляторов	В	24
1.17	Уровень шума на расстоянии 1 м / 10 м при использовании штатного воздухозаборника и выхлопного патрубка.	дБ	75/62
1.18	Уровень шума на расстоянии 1 м / 10 м при использовании воздухозаборника и выхлопного патрубка с улучшенными характеристиками.	дБ	68/50



<b>II. Массогабаритные характеристики</b>			
2.1	Длина (установка для эксплуатации внутри помещения/ снаружи помещения со штатным воздухозаборником и шумоглушителем)	мм	3111,5 / 3627
2.2	Ширина (установка для эксплуатации внутри помещения/ снаружи помещения со штатным воздухозаборником и шумоглушителем)	мм	917 / 917
2.3	Высота (установка для эксплуатации внутри помещения/ снаружи помещения со штатным воздухозаборником и шумоглушителем)	мм	2120 / 2250
2.4	Масса (установка для эксплуатации внутри помещения/ снаружи помещения со штатным воздухозаборником и шумоглушителем)	кг	1814 / 2040
<b>III. Характеристики гурбогенератора<sup>3</sup></b>			
3.1	Расход газа в режиме номинальной мощности при САУ для $\text{Nu}=33,4/38,3 \text{ МДж/нм}^2$	$\text{нм}^3/\text{ч}$	37/32,3
3.2	Частота вращения ротора <sup>4</sup>	об/мин	68000
3.3	Расход воздуха	кг/с	1
3.4	Максимальное аэродинамическое сопротивление присоединяемого выхлопного тракта	Па	1250
<b>IV. Характеристики системы воздушного охлаждения</b>			
4.1	Расход воздуха на охлаждение силовой электроники	$\text{нм}^3/\text{с}$	0,38
4.2	Расход воздуха на охлаждение масляно-воздушного радиатора масляной системы, КУ5 и дожимного компрессора	$\text{нм}^3/\text{с}$	0,755
4.3	Максимальное аэродинамическое сопротивление воздуховода для отвода охлаждающего воздуха от масляно-воздушного радиатора и КУ	Па	50
4.4	Максимальное аэродинамическое сопротивление присоединяемого воздуховода охлаждающего воздуха от силовой электроники и дожимного компрессора	Па	185
<b>V. Характеристики топливной системы</b>			
5.1	Избыточное давление газа на входе в дожимной компрессор	кПа	от 0,5 до 35

<b>VI. Характеристики масляной системы</b>			
6.1	Объем масляного бака	л	19
6.2	Тип используемого масла <sup>5</sup>	Mobil SHC 824	
<b>VII. Характеристики системы утилизации тепла</b>			
7.1	Температура выхлопных газов на входе в КУ	°С	около 310
7.2	Температура выхлопных газов на выходе из КУ	°С	около 90
7.3	Минимальная температура воды на входе в КУ	°С	40
7.4	Максимальная температура воды на выходе из КУ	°С	105
7.5	Минимальный рекомендуемый поток воды	л/мин	75

<sup>1</sup> САУ-стандартные атмосферные условия: температура воздуха-15°С, влажность-60%, атмосферное давление-760 мм. рт.ст.

<sup>2</sup> При дестабилизирующих факторах: сброс/наброс нагрузки, изменение температуры окружающего воздуха и др.

<sup>3</sup> Под газотурбинным агрегатом подразумевается турбогенератор с камерой сгорания и рекуператором

<sup>4</sup> Частота вращения ротора генератора практически не зависит от величины нагрузки

<sup>5</sup> Замена масла производится каждые 24000 часов (один раз в три года эксплуатации).

## 9. Сертификаты и разрешения



**Ультрасовременные микротурбинные установки —  
электростанции нового поколения — проекты, успешно  
реализованные в России**

### **Микротурбинная электростанция в ЦС «РОСТО» – Москва**



В рамках реконструкции котельной, в кратчайшие сроки, была установлена микротурбинная электростанция ТА-100RCHP, для обеспечения собственных нужд.

### **Микротурбинная установка — электростанция в отдельно стоящем здании – Московская область — Баковка**



Бесшумный, инновационный энергетический комплекс - электростанция в отдельно стоящем здании, с двумя микротурбинными установками ТА-100RCHP в своей основе.

**Микротурбинная установка —  
электростанция в автосалоне  
«FORD» – Екатеринбург**



Мини-ТЭЦ в столице Урала, была построена «под ключ», на базе одной микротурбинной установки TA-100RCHP модульного исполнения, с системой утилизации тепла.

**Микротурбинная установка —  
электростанция на Сибирском  
ЛВЗ – Новосибирск**



Мини-ТЭЦ построена на базе двух микротурбинных установок TA-100RCHP, с системой утилизации тепла. Микротурбинная электростанция Calnetix Energy предназначена для обеспечения собственных нужд котельной.

### **Микротурбинная установка — электростанция в автосалоне «FORD» – Сочи**



Мини-ТЭЦ в автосалоне, была построена в короткие сроки на базе одной микротурбинной установки ТА-100 RCHP блочного исполнения. Микротурбинная установка — электростанция предназначена для электроснабжения зданий автосалона, тепло от системы утилизации используется для получения холодного воздуха

(тригенерация), направляемого на кондиционирование помещений.

### **Микротурбинная установка — электростанция в коттеджном поселке – Санкт-Петербург**



Экологически чистая, бесшумная микротурбинная установка ТА-100RCHP используется в качестве автономного источника электроснабжения жилых зданий.

## Конструктивные особенности и потребительские качества микротурбины КЭЛНЕТИКС



В конструкции микротурбины КЭЛНЕТИКС отсутствует редуктор — это снижает и без того малые затраты в обслуживании и значительно повышает надежность установки. Частота вращения ротора турбины практически не зависит от нагрузки и составляет 68 000 об./мин. Для потребителя столь высокие

обороты микротурбины означают отсутствие вибраций и экономию при строительстве фундамента.

Вырабатываемое микротурбиной высокочастотное напряжение, подвергается двойному преобразованию: из высокочастотного переменного в постоянное, а затем в переменное низкое напряжение 380 В, с частотой 50 Гц.

Низкое напряжение на выходе из микротурбинной электростанции позволяет избежать приобретения и строительства дорогостоящего трансформатора (ТП).

Эта схема так же обеспечивает выходное трехфазное напряжение с идеальной формой синусоиды. Выходное напряжение имеет абсолютно стабильные параметры, что является залогом успешной работы любого современного, производственного оборудования.



Высокая степень автоматизации микротурбинных установок — электростанций КЭЛНЕТИКС позволяет использовать для обслуживания и эксплуатации силовой электроники небольшой штат быстрообучаемых специалистов, которые знакомы с обслуживанием трехфазных ИБП.

Микротурбинных установки — электростанции КЭЛНЕТИКС – это компактные и легкие энергомодули, экологически чистые, бесшумные и практически не имеющие вибраций. Благодаря этим потребительским качествам микротурбинные электростанции можно размещать непосредственно на крышах зданий, что позволяет экономить дорогостоящую площадь земельного участка. Для микротурбин КЭЛНЕТИКС не требуется отдельного здания — установки могут размещаться на открытом воздухе в любой климатической зоне России. Это замечательное качество микротурбин – также дополнительная экономия значительных денежных средств заказчика.

## **Тепловая микротурбинная установка — электростанция — во сколько обходится 1 кВт электроэнергии владельцам? По каким тарифам?**

В ценах на природный газ 2010 года из одного кубического метра газа (стоимостью 3 руб. за 1 м<sup>3</sup>) микротурбины Calnetix Energy вырабатывают 3 кВт электричества и 4–6 кВт тепловой энергии. Себестоимость 1 кВт электроэнергии полученной от микротурбины Calnetix Energy равна 1 рублю, дополнительно к этому потребитель получает около 1,5–1,75 кВт бесплатной тепловой энергии.

При автономном энергоснабжении от микротурбины Calnetix Energy себестоимость производимой электроэнергии и тепла в 3–4 раза ниже действующих по стране тарифов, и это без учета высокой стоимости подключения к государственным электросетям (6 000

рублей за 1 кВт в Московской области, 2011 год).

Микротурбины Calnetix Energy — тепловые электростанции нового поколения, позволяют предприятиям быть независимыми от повышения тарифов на электроэнергию и тепло. Инновационные микротурбины Calnetix Energy обеспечивают автономность, бесперебойность и высокое качество снабжения электроэнергией.