

Рис. 6. Общий вид проточной части модернизированного ГТД ДР59Л и нагнетателя

При этом предусматривается доработка лопаточных аппаратов в плане повышения их нагруженности и КПД компрессора на уровне 89%.

Указанные выше мероприятия по модернизации ГТД семейства М8 позволит уменьшить себестоимость новых изделий на 30...50%.

Литература

1. В. Щуровский. Новое поколение ГТУ для магистральных газопроводов// Газотурбинные технологии. – Рыбинск. – 1999, июль-август. – С.8-13.

УДК 621.438.004.15

ВЫСОКО-ЭФФЕКТИВНЫЙ ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ МОЩНОСТЬЮ 1 МВт

В.Е. Беляев

Доктор технических наук, главный конструктор*

С.О. Беляева

Кандидат технических наук, начальник отдела*
*«ММП «Салют»
г. Москва, Россия

В.А. Коваль

Доктор технических наук, координатор
НТЦ прогрессивных технологий НАН Украины
г. Харьков, Украина

Е.А. Ковалева

Аспирант
Институт проблем машиностроения им.А.Н. Подгорного
г. Харьков, Украина

Рассмотрены особенности схемы и конструкции, а также назначение малоразмерного двигателя мощностью 1000 кВт, предназначенного для работы в составе блочной газотурбинной электростанции и в качестве силовой установки маневренного тепловоза. Приведены эксплуатационные характеристики машины в широком диапазоне температур окружающей среды.

Ключевые слова: двигатель, электростанция, мощность, эффективность

Features of the scheme and design, and also assignment the little-size engine by capacity of 1000 kw, intended for work in structure of block gas-turbine power stations and as a power-plant of a maneuverable locomotive are considered. Operational characteristics of the machine in a wide range of ambient temperatures are brought.

Keyword: engine, power plant, capacity, efficiency

На сегодня является очевидным факт перспективности разработки и внедрения проектов, так называемой, локальной энергетики, в виде ТЭС средней и малой мощности.

Это связано, в первую очередь, со следующими обстоятельствами:

- потери электроэнергии, транспортируемой по ЛЭП среднего и низкого напряжения на расстояние

до нескольких десятков километров, при ее передаче, составляет 30...40%;

- потери тепла в теплотрассах с течением времени многократно превысили нормативные пределы и в десятки раз больше, чем нормы, принятые в развитых странах и, в среднем, по разным оценкам, больше 20%. Это означает, что часть топлива, формально отнесенная на выработку тепла, фактически отапливает окружающую среду. Произведя перерасчет удельного расхода топлива на электроэнергию с учетом снижения годового отпуска тепла на 20 %, получим КИТ = 0,527;

В складывающейся ситуации особую актуальность, приобретает проблема создания и широкомасштабной реализации эффективных децентрализованных источников энергоснабжения в первую очередь на базе газовых турбин средней и малой мощности по следующим причинам:

- при их использовании для модернизации действующих объектов создаются наиболее эффективные, конкурентоспособные технологии;

- краткие сроки создания таких установок позволяют значительно смягчить надвигающийся энергетический кризис. Малые сроки строительства мини-ТЭС/ТЭЦ с блочно-модульными конструкциями энергоагрегатов и их размещение в легко сборных облегченных зданиях способствуют снижению сроков окупаемости капиталовложений и себестоимости производимой электрической энергии.

- мощность заводов СНГ по производству авиационных двигателей, существенно недогруженных в настоящее время, позволяет поставлять на энергетический рынок нужное оборудование в достаточном количестве.

ГТД в диапазоне мощности от ~30...100 кВт до 1000 кВт станут все более доступными для малых и средних предприятий, т.е. для групп, которые не могут рассчитывать на государственную электроэнергетическую систему. Наблюдается также растущий интерес к гибридным электростанциям на основе одновременно топливных элементов и газовых турбин.

В ряде развитых странах мира правительственные органы поддерживают распределенных систем генерации и снабжения электричеством/теплом в дополнение к существующим централизованным системам крупных энергокомпаний, что закреплено даже на государственном уровне. В США приняты нормы, освобождающие владельцев автономных источников энергии от налогов, а также обязывающие энергетические компании покупать излишки электроэнергии по выгодным ценам. Правительство Великобритании приняло решение возвращать часть налогов владельцам малых электростанций. Бундестаг Германии принял закон, в котором определены компенсации и льготы владельцам малых энергетических установок. Централизованные сети также обязаны покупать излишки электроэнергии по тарифам, почти не отличающимся от их собственных тарифов при реализации. В Индонезии и Сингапуре также приняты программы поддержки независимых энергопроизводителей. Уже несколько лет в Украине действует «Закон об электроэнергетике», в котором определен статус «независимого» производителя электроэнергии. При этом владельца электростанций до 5 МВт должны беспрепятственно допускать к сети и покупать у него излишки электроэнергии.

По основным техническим показателям отечественные ГТД не уступают импортным, а по удельной стоимости на 1 кВт генерируемой мощности отечественные разработки ГТУ, приведенные к стандартному комплексу оборудования, в 2...3 раза ниже импортных разработок [1].

К числу таких проектов следует отнести разработку ГТД регенеративного цикла мощностью 1000 кВт, выполненную в ФГУП «ММП «Салют» совместно с ВНИИЖТ МПС РФ и другими организациями. Регенеративный цикл имеет ряд преимуществ, которые становятся решающими для ГТД относительно небольших мощностей.

Для успешной конкуренции энергетических установок в этом классе мощностей необходимо обеспечить выполнение следующих требований:

- цена комплексной поставки должна быть меньше 950 USD/кВт;
- себестоимость, позволяющая назначить цену на ГТД на уровне 250... 300 USD за 1 кВт установленной мощности;
- эффективный КПД выработки электроэнергии должен быть не менее 40% в диапазоне нагрузок от 0,3 до 1,0 номинальной мощности;
- возможность выработки электрической и тепловой энергии;
- экологические показатели должны быть на порядок лучше существующих прототипов – NOx < 3 ppm, CO < 5 ppm, UHC < 5 ppm;
- возможность работы как на традиционных, так и многих нетрадиционных видах топлива;
- минимальное время от первого платежа до первого проданного кВт·ч выработанной энергии;
- высокая надежность и минимальные эксплуатационные расходы.

Для обеспечения этих требований были выбраны параметры термодинамического цикла, значения которых приведены на рис.1

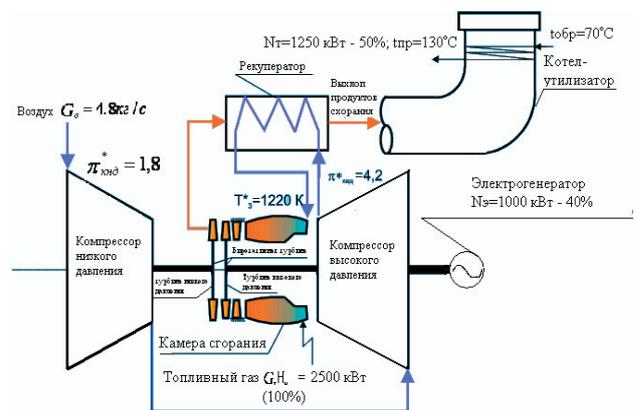


Рис. 1. Тепловая схема установки ГТД-1000

Задача по обеспечению обеспечения высокого КПД в широком диапазоне частичных нагрузок решается следующим образом:

1. Выбором тепловой регенеративной схемы с высокой степенью регенерации (0,9), которая позволяет поддерживать близкими к оптимальными степенью повышения давления и температуру газа перед турбиной на частичных нагрузках;

2. Выбором закона регулирования, позволяющего поддерживать номинальную температуру газа перед турбиной на частичных нагрузках. Поддержание высокого уровня T_T^* и $\eta_{Копт}^*$ обеспечивает высокий КПД в очень широком диапазоне частичных нагрузок от 20 до 100% номинальной мощности при КПД более 40%. Управление термодинамическими параметрами на частичных режимах создает и благоприятные условия для работы камеры сгорания в плане минимальных значений концентрации вредных выбросов;

3. Проектированием узлов таким образом, чтобы их максимальная эффективность достигалась на частичных нагрузках.

Биротативная турбина с противоположным вращением двух РК (без СА между ними) обеспечивает минимальные гидравлические потери, осевой габарит, число лопаточных аппаратов и массу машины.

Компрессор низкого давления расположен на валу консольно, компрессор высокого давления имеет предвключенное трансзвуковое осевое колесо, а его ротор как единый безредукторный валопровод с электрогенератором.

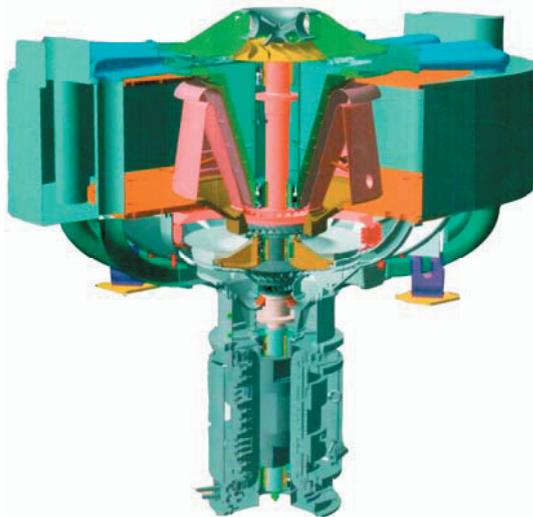
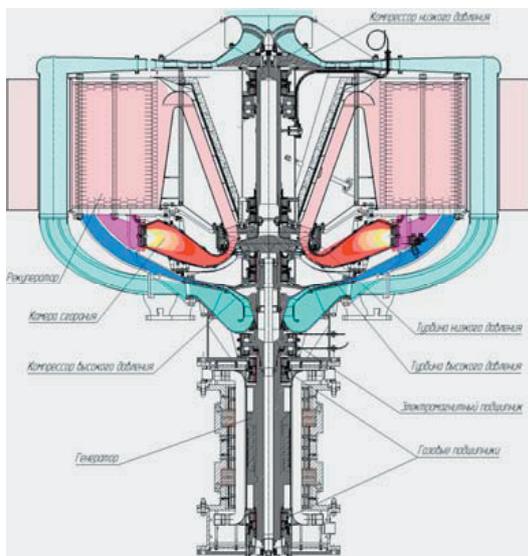


Рис. 2. Общий вид установки ГТД-1000

Между компрессором низкого давления и электрогенератором расположен электромагнитный подшипник. Вал электрогенератора подвешен на газовых опорах. Частота вращения ротора турбогенератора 24000 об/мин, а частота электрического тока – 50 Гц.

Электрический КПД ГТУ на номинальном режиме составляет 42%, а характер его изменения в зависимости от режима работы двигателя и температуры окружающей среды показан на рис. 3.

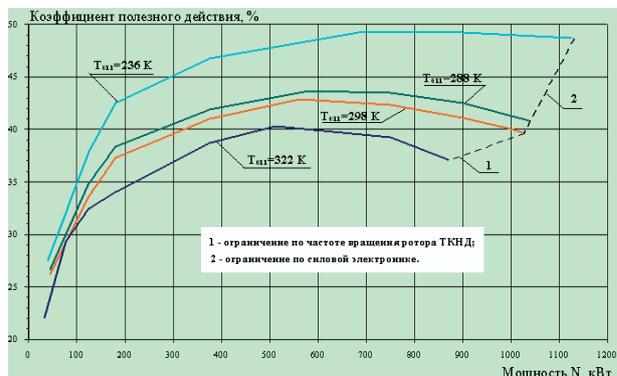


Рис. 3. Дроссельно-климатическая характеристика ГТ-1000

Работа станции по когенерационному циклу обеспечивает получение тепла 0,882 Гкал/час.

Вертикальное расположение двигателя связано с условием его размещения в локомотиве. Преимуществом газотурбинного локомотива по сравнению с другими автономными локомотивами других видов являются высокая удельная мощность, более низкие стоимость и издержки на ремонт.

Кроме того, газотурбовозы просты в эксплуатации, имеют хорошие тяговые характеристики, связанные с передачей крутящего момента на колеса от свободной турбины при помощи гидромеханической передачи.



Рис. 4. Компонка ГТД-1000 на маневренном локомотиве

Масса установки ГТД-1000 составляет 5т при габаритных размерах (длина, ширина, высота) 6,0 x 2,4 x 3,5м. Следует отметить, что, например, газопоршневая установка фирмы GE «Jenbacher» мощностью 300 кВт имеет худшие внешние показатели – КПД 38,7% и массу 5,7т.

Для сокращения сроков создания ГТД-1000 ФГУП «ММПП «Салют» использует самые современные технологии.

Процесс создания автоматизирован от конструкторской идеи до натуральных деталей и узлов. Чертежи, электронные модели деталей, газодинамические и прочностные расчеты в трехмерной постановке, программы для станков ЧПУ или другого производственного оборудования, изготовление деталей, автоматизированный технический контроль качества изготовления, сборка узлов и изделия.

На рис. 5 показан один из примеров такой технологии: ротор турбины рис. 5,а; осевое предвключенное колесо компрессора высокого давления рис. 5,б; колесо центробежного компрессора высокого давления рис. 5,в; узел электромагнитного подшипника рис. 5,г.



Рис. 5. Основные узлы установки ГТД-1000

Электростанция БГТЭС-1С может работать как в автономном режиме, так и совместно с распределительной сетью соответствующего напряжения 380/220 в.

Выпускается как а контейнерном исполнении, так и транспортируется любыми видами транспорта. Электростанция может размещаться в помещении и на подготовленных открытых площадках. Управление БГТЭС-1С осуществляется как в автоматическом режиме, так и дистанционно с диспетчерского пункта.

В заключение следует отметить, что система менеджмента качества при проектировании, разработке, производстве, ремонте, обслуживании и утилизации БГТЭС-1С соответствует российским и международным стандартам ГОСТ Р ИСО 9001-2001/ИСО 9001-2000 и подтверждена соответствующими сертификатами.

Литература

1. Путь к реальной конкуренции в электроэнергетике/ Ю.А.Еремин, В.А.Никишин, Л.И. Пешков, Л.П. Шелудько//Газотурбинная энергетика под маркой «НК». Тематический сборник статей. - Самара. РИК «Демидовские капиталы», 2005. – С. 4 – 11.