

Тригенерационная ТЭС с энергоблоками Siemens для энергоснабжения аэропорта «Пулково»



In brief

Trigeneration power station on the base of Siemens power plants secures power supply for the needs of Pulkovo airport.

Pulkovo airport power station generates electric and thermal power and cold for the needs of airport's central building and terminals. It consists of two advanced Siemens SGT-100 gas turbine plants each rated at 5.4 MW, thermal output of 9.4 MW. The plants are equipped with ORMA (Saint-Petersburg) waste-heat boilers. Additionally three Viessmann hot water boilers were installed on the site to cover peak demands in winter season. To generate refrigeration power the station is equipped with three Shuangliang (China) absorption chillers and two Geoclima centrifugal freon refrigerating plants.

С. Ю. Иванов – ООО «Прогресс»
О. С. Одиноких – ООО «Сименс»
Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»

Собственная электростанция Пулковского аэропорта значительно повышает надежность энергоснабжения центрального здания аэропорта и всей инженерной инфраструктуры воздушных ворот Северной столицы.

Динамично развивающийся авиатранспортный узел «Пулково» находится в 15 км от центра Санкт-Петербурга. На сегодня аэровокзал является одним из крупнейших международных терминалов в России. Современная инфраструктура аэропорта включает аэродром с двумя взлетно-посадочными полосами, два аэровокзала, грузовой терминал, топливозаправочный и парковочный комплексы.

Открытие нового главного терминала аэропорта запланировано на 29 ноября текущего года, с начала декабря предполагается его регулярная эксплуатация. Тестирование систем новостройки началось в октябре. Надежное энергоснабжение нового терминала будет обеспечивать ТЭС на базе энергоблоков Siemens.

Станция располагается на привокзальной территории аэропорта, в 500 м от главного здания терминала. Она предназначена для выработки электрической и тепловой энергии, а также холодоснабжения зданий и сооружений аэропорта. Режим работы энергоцентра – круглосуточный, круглогодичный.

Все системы станции работают в автоматическом режиме и не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала. Сигналы о неполадках, возникающих при работе оборудования, передаются в операторскую, где постоянно присутствует персонал.

Генпроектировщиком и генподрядчиком строительства ТЭС выступила энергетическая компания «Прогресс» (С.-Петербург).

Описание ГТУ

Электроэнергия вырабатывается двумя ГТУ SGT-100 фирмы Siemens электрической мощностью по 5,4 МВт, тепловой – по 9,4 МВт. Газовая турбина отличается простотой конструкции: она состоит из одного ротора со сдвоенным подшипником, рассчитанным на тяжелые условия работы. Генераторный агрегат компактен, занимает небольшую площадь и отличается высоким соотношением мощности к массе. Одновальная конструкция надежно обеспечивает прием и сброс нагрузки, что позволяет работать как параллельно с сетью, так и на изолированную электрическую нагрузку.

SGT-100 представляет собой одновальную промышленную установку с высоким КПД, предназначенную для привода электрогенераторов. ГТУ способна экономично работать на целом ряде топлив, в ней используется новейшая низкоэмиссионная технология сжигания топлива.

Компрессор имеет лопатки с малым удлинением профиля (широкохордные). Поворотные лопатки направляющего аппарата компрессора, оснащенные электроприводом, облегчают пуск и предотвращают помпаж. Они также используются для регулирования подачи воздуха в систему DLE. Горизонтально-разъемный корпус облегчает осмотр передней части компрессора при минимальной разборке.

Привод генератора осуществляется на холодном конце агрегата через планетарный понижающий редуктор. Выходная частота вращения редуктора – 1500 об/мин.

На ТЭС установлены турбины SGT-100 новейшей версии, где применяется 10-ступенчатый околосвуковой компрессор с консольной турбиной. Улучшение показателей компрессора обеспечивалось постепенным совершенствованием отдельных элементов конструкции. Такой подход позволил внедрить последние технологические новшества без ущерба для основных преимуществ платформы SGT-100, таких как надежность и эксплуатационная готовность.

Улучшенные характеристики компрессора были достигнуты, в частности, за счет внедрения технологии трехмерного аэродинамического проектирования газовой динамики в диффузионном приближении. Эта технология использовалась при создании профиля лопаток первых двух ступеней компрессора с контролируемым расширением потока в межлопаточном пространстве, что уже успешно применялось в установках SGT-300 и SGT-400.

Двухступенчатая консольная турбина имеет околосвуковую скорость вращения. В первой ступени применяется воздушное охлаждение. Повышение КПД турбины обеспечивается уменьшением перетекания потока между ступенями и улучшенной организацией охлаждения лопаток первой ступени.

Рабочие характеристики SGT-100 (ISO), топливо – природный газ

Параметр	Значение
Мощность на клеммах генератора, МВт	5,4
КПД, %	31
Степень повышения давления воздуха в компрессоре	15,6
Массовый расход выхлопных газов, кг/с	20,4
Температура газов на выходе двигателя, °С	531
Частота вращения вала двигателя, об/мин	17 384



➤ Вид на взлетную полосу аэропорта с крыши ТЭС



⊙ Газотурбинный двигатель SGT-100

пнями и улучшенной организацией охлаждения лопаток первой ступени.

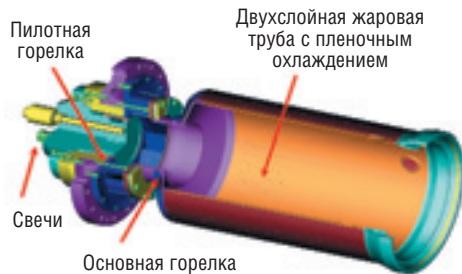
В турбине предусмотрены многочисленные лючки для бороскопического обследования, что дает возможность контролировать ее состояние без разборки. В SGT-100 применены современные технологии охлаждения, конструкции лопаток и коррозионностойкие материалы и покрытия, что позволило максимально улучшить рабочие показатели турбины и снизить затраты на ее обслуживание.

Камера сгорания DLE

Камера сгорания имеет шесть секций, в которых можно сжигать различные виды жидкого и газообразного топлива. Корпус КС выполнен вертикально-разъемным, чтобы обеспечить легкий доступ к секциям и соединительным (переходным) каналам турбины. КС имеет следующие характеристики:

- наличие двойных стенок (в отличие от обычной КС), предусмотрены пусковая и основные горелки для каждого вида топлива;
- конструкция основных горелок позволяет получить пламя пониженной температуры, благодаря чему уменьшается количество NO_x в выхлопных газах;
- содержание СО в выбросах регулируется положением лопаток НА компрессора;
- в каждой камере предусмотрено устройство зажигания (запальник), все устройства соединены с одним источником питания;

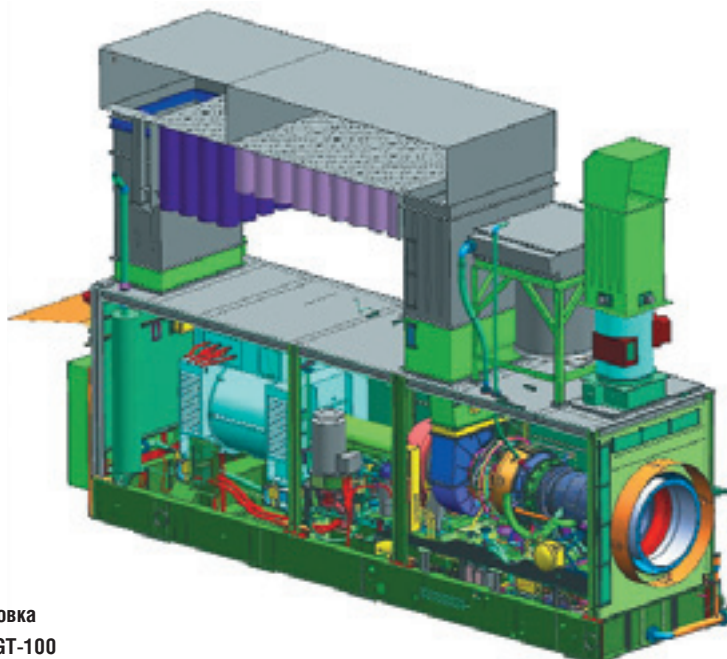
Малозмиссионная
камера сгорания



- термопары, расположенные в пусковой горелке, контролируют температуру на конце горелки;
- общая продувочная система обеспечивает чистоту (отсутствие продуктов сгорания) неиспользуемых каналов, а также после останова двигателя всех имеющихся каналов.

Особенностью системы низкоэмиссионного сгорания является использование горелки, в которой сжигается предварительно подготовленная обедненная топливовоздушная смесь. Горелка для приготовления обедненной смеси представляет собой шайбу-завихритель, с подачей топлива непосредственно в завихритель через множественные каналы между его лопатками. Для розжига КС на запуске и предотвращения срыва пламени на переходных режимах небольшое количество топлива постоянно подается в пилотную горелку, расположенную по центру шайбы-завихрителя.

Запальная свеча, работающая только на запуске, выведена на поверхность пилотной горелки. Закрученный поток имеет настолько высокую скорость, что процесс сжигания не может начаться внутри собственно завихрителя. Кроме того, завихрение потока вызывает его рециркуляцию в КС, в результате чего



Компоновка
агрегата SGT-100

на выходе завихрителя возникает зона обратных токов. Устойчивость сжигания в этой зоне обеспечивается низкой скоростью и высокой турбулентностью.

Таким образом, в КС реализуется равномерное поле температур, способствующее максимальному сгоранию смеси с минимальными выбросами. При этом система регулирования расхода вторичного воздуха при работе на частичной нагрузке обеспечивает оптимальный состав топливной смеси на различных режимах эксплуатации ГТУ. В результате SGT-100 имеет низкие показатели выбросов в максимально широком диапазоне рабочих режимов.

Двигатель имеет встроенную систему смазочного масла. Основной насос – с приводом от редуктора. Вспомогательный насос приводится от электродвигателя переменного тока. Аварийный насос имеет привод от электродвигателя постоянного тока.

Пуск ГТУ осуществляется непосредственно через электродвигатель переменного тока с регулируемой частотой вращения.

Компоновка агрегата: новые решения

Модуль агрегата включает газовую турбину и все системы, смонтированные на общем основании. Средства управления турбиной, генератором, щит управления электродвигателями агрегата и привод с переменной частотой вращения для пускового двигателя также смонтированы на агрегате.

Принцип комплектной модульной установки означает предварительную сборку, тестирование и монтаж на стандартной общей раме соответствующих систем, имеющих модульное исполнение. Предусмотрен легкий доступ к модулям, что максимально облегчает техобслуживание. Для снижения объема прокладки кабелей на площадке к любым средствам управления, размещаемым вне общей рамы, в комплекте оборудования используются распределенные выходные/входные модули сбора данных. Уменьшенное количество подключаемых внешних трубопроводов и кабелей сокращает время монтажа и наладки.

Агрегат укомплектован звукоизолирующим кожухом из углеродистой стали, снижающим уровень шума до 80 дБа (А). Предусмотрены люки и панели, обеспечивающие доступ для обслуживания.

Модульная конструкция отдельных вспомогательных систем агрегата позволяет производить их легкую замену и монтаж. Большая часть модулей расположена на раме турбоблока, включая блоки подачи газового и жидкого топлива, продувки топлива и др. Это делает агрегат максимально компактным.

Энергоблок имеет общую систему вентиляции для укрытия турбины и генератора. Размеры позволяют транспортировать ее как «габаритный груз» или в контейнере, что снижает расходы на перевозку и хранение.

Платформа для технического обслуживания включена в стандартную комплектацию. Шкаф с баллонами для системы пожаротушения крепится к раме турбины, не требуя отдельного фундамента. Все системы управления объединены в одном щите. Генератор охлаждается сквозным потоком воздуха. Коалесцер масла устанавливается в пределах укрытия, что сокращает количество операций подъема. Охладитель смазочного масла находится на крыше.

Таким образом, исходя из изложенного можно сделать вывод, что компания Siemens обладает на сегодня совершенным продуктом: агрегат SGT-100 отличается конкурентной ценой, надежностью и соответствует современным требованиям безопасности, эффективности и экологичности.

Энергия выхлопных газов

Источником тепловой энергии является система утилизации дымовых газов от турбин. Для покрытия пиковых нагрузок теплотребления установлены три водогрейных котла Viessmann: два котла мощностью по 8 МВт и один – 6 МВт. Котлы оборудованы комбинированными горелками компании Weishaupt (Германия), работающими на природном газе и дизельном топливе. Тепловая нагрузка с учетом собственных нужд и потерь в сетях на отопление, вентиляцию составляет 24,2 МВт, на горячее водоснабжение: максимальное – 8,1 МВт, среднечасовое – 3,37 МВт. На собственные нужды ТЭС требуется 1,13 МВт, на контур теплоснабжения АБХМ – 15,19 МВт.

Расход тепла на контур АБХМ планируется только в летний период. Теплоносителем сетевого контура ОВ, ГВС, теплоснабжения контура АБХМ, котлового контура является сетевая вода с параметрами 110/70 °С. Система теплоснабжения потребителей отопления, вентиляции и ГВС – закрытая, зависимая.

Основным топливом является природный газ по ГОСТ 5542-87 теплотворной способностью 8 000 ккал/м³, в качестве аварийного (для котлов) применяется дизтопливо по ГОСТ 305-87 теплотворной способностью 10180 ккал/кг.

Тепловая энергия вырабатывается водогрейными котлами, расположенными в котельном зале, а также котлами-утилизаторами (производства ЗАО «ОРМА») в турбинном зале. Теплоносителем является горячая вода с параметрами 70/110 °С. Система теплоснабжения – закрытая,

четырехтрубная, присоединение потребителей – зависимое. Отпуск тепловой энергии осуществляется непрерывно, круглосуточно и круглогодично. Максимально вырабатываемая тепловая мощность составляет 38,4 МВт (33 Гкал/ч). Давление теплоносителя подающей линии в котловом контуре – 0,26 МПа, в обратной линии 0,3 МПа.

Система холодоснабжения

Источником холода в теплый период года служат три абсорбционные бромисто-литиевые холодильные машины компании Shuangliang и две центробежные фреоновые машины производства Geoclima. Они размещаются вместе с насосным, теплообменным и другим вспомогательным оборудованием в специальном отапливаемом помещении энергоцентра.

В качестве энергоресурса для холодильных машин используется горячая вода температурой 70/110 °С от котлов-утилизаторов. Фреоновые машины обеспечиваются электроэнергией, вырабатываемой непосредственно двумя ГТУ энергоцентра. Все холодильные машины объединены гидравлическим контуром и могут функционировать в зависимости от нагрузки как совместно, так и независимо друг от друга. Испарительные вентиляторные градирни открытого типа, служащие для отвода тепла конденсации от холодильных машин в окружающую среду, установлены на открытых площадках крыши энергоцентра.

Потребителями холода являются системы кондиционирования воздуха комплекса зданий аэропорта, в том числе и главного здания центрального пассажирского терминала. Холодоснабжение (вода) циркулирует по стальным трубопроводам, проложенным в магистральном проходном тоннеле. Сеть холодоснабжения – двухтрубная, закрытая. Температура холодоносителя на выходе/входе энергоцентра составляет +5/10 °С. Диаметры трубопроводов системы холодоснабжения основаны на гидравлическом расчете и допустимых скоростях течения (не более 1,5...2,0 м/с). Суммарная холодильная мощность системы – 19 МВт.

Холодильное, насосное, теплообменное оборудование, коллекторы и запорно-регулирующая аппаратура размещаются в отапливаемом и вентилируемом помещении энергоцентра с температурой не ниже 14 °С и не выше 40 °С, относительная влажность в помещении не должна превышать 85 %. Испарительные градирни и сухие охладители расположены на специально оборудованных открытых площадках на крыше энергоцентра. Холодильные машины и насосные станции установлены на виброизоляторах, присоединение трубо-

проводов к ним выполнено при помощи анти-вибрационных вставок. Проектом предусмотрено автоматическое и дистанционное управление, контроль работы.

Электрооборудование ТЭС

Основное электрооборудование энергоцентра включает:

- два генератора газотурбинных установок мощностью по 6750 кВА, номинальный ток 371 А;
- генераторное распределительное устройство ГРУ-10 кВ из 16 ячеек с выкатными выключателями Fluagc, номинальный ток сборных шин 630 А, напряжение 12 кВ. ГРУ состоит из двух секций на два ввода, разделенных секционными выключателем и разъединителем;
- две встроенные трансформаторные подстанции (ТП) с двумя сухими силовыми трансформаторами производства ТСЗ «Электрофизика» (2х2500 – 10/0,4 кВ);
- каждая встроенная ТП имеет свои распределительные устройства собственных нужд энергоцентра: ГРЩ-1 – для питания электроприемников агрегатов холодоснабжения, ГРЩ-2 – для питания электроприемников ГТУ и котельной. ГРЩ комплектуются низковольтными щитами высокого уровня надежности фирмы Schneider Electric.

Чтобы обеспечить большую пропускную способность для вводов силовых трансформаторов с учетом допустимой перегрузки при работе в послеаварийном режиме, на вводах силовых трансформаторов ГРЩ-1/-2 установлены автоматические выключатели Masterpact NW40 ($I_n=4000A$) с блоком контроля и управления Micrologic 6.0.

Газотурбинный
энергоблок SGT-100
в цехе электростанции
Пулковского аэропорта



Схемы релейной защиты оборудования ГРУ-10 кВ выполнены с применением микропроцессорной защиты на базе устройств Seram 1000+ (Schneider Electric). Программный способ реализации защит позволяет осуществить ввод параметров Seram 1000+, настроек защит и адаптацию логики управления. Для защиты отходящих линий применяются устройства Seram 1000+ типа S20.

Тепловая защита силовых трансформаторов ТСЗ 2500-10/0,4 кВ передает сигнал тревоги в операторскую при достижении температуры обмоток трансформатора 150 °С. При 160 °С автоматически отключается силовой трансформатор со стороны 10 кВ и 0,4 кВ, с подачей сигнала об этом событии в операторскую.

Система газоснабжения

Система газоснабжения включает дожимную компрессорную станцию (ДКС) из двух компрессорных установок контейнерного типа и входящий в состав ДКС, как дополнительная опция, узел фильтрации масла до концентрации 2 ppmv. Также установлен блок ресиверов, включающий в себя два ресивера и бак продувок, и блок отключающей арматуры газовых турбин.

Дожимные компрессорные установки, расположенные в собственном укрытии, предназначены для подачи газообразного топлива в ГТУ. Производительность ДКС составляет 2100 м³/ч, давление на входе – 0,6 МПа (изб.), на выходе – 2,1 МПа (изб.).

Агрегат полностью смонтирован и функционально испытан на заводе. Изготовитель ДКС – компания HAFI. Приводной двигатель (160 кВт, 0,4 кВ) имеет взрывозащищенное исполнение. Компрессорная станция оборудована собственными системами безопасности, пожаротушения и вентиляции.

Система пожаробезопасности и тушения обеспечивает непрерывный контроль температуры внутри модуля. В случае превышения концентрации газа в укрытии обслуживающий персонал предупреждается о его наличии при помощи звуковых и зрительных сигналов.

Комплекс зданий станции

Реализованные при создании электростанции решения направлены на снижение стоимости строительства. Станция расположена на территории Приневской низины, в пределах озерно-ледниковой равнины. Архитектурная часть проекта выполнена с целью максимального освоения данного земельного участка.

Энергоцентр представляет собой современный комплекс одно-, двух- и трехэтажных производственных и вспомогательных блоков, имеющих различные размеры в плане. Размеры



в осях комплекса зданий составляют 36x60 м, высота – 10,2 м до верха парапета.

Облик станции определяет современная тенденция «быстрого» строительства: сочетание металлического каркаса и наружных ограждающих конструкций из стекла и сэндвич-панелей. Кирпичные вставки обусловлены требованиями безопасной эксплуатации здания в целом.

Наружные стены выполнены из стеновых сэндвич-панелей толщиной 150 мм, с утеплителем из минеральной ваты. Стальные стеновые панели, поставленные на строительную площадку, имели заводскую окраску и не требовали дополнительной отделки. Предел огнестойкости здания – 90 минут, предел распространения огня – 0 см. Станция обеспечивает звукоизоляцию на уровне 35 дБ.

В качестве верхнего покрытия применен изопласт ЭКП с крупнозернистой подсыпкой с лицевой стороны и пылевидной – с наплавляемой стороны. Утеплителем являются плиты ППЖ-200 толщиной 150 мм.

Внутренние перегородки, разделяющие производственные помещения категорий Г и Д, изготовлены из сэндвич-панелей с утеплителем из негорючей минеральной ваты. Внутренняя стена, отделяющая производственные залы от помещений электрооборудования и бытовых помещений, выполнена из керамического кирпича. Для обслуживания технологического оборудования установлены грузоподъемные механизмы.

С Дожимная компрессорная станция

Строительство энергоцентра

Строительство и ввод ТЭС в эксплуатацию осуществлялись в два этапа. На первом этапе построено здание станции, с установкой трех водогрейных котлов Vitomax 200-LW (Viessmann) и оборудования системы теплоснабжения. Максимальная часовая нагрузка потребителей составляет 12,8 МВт (11 Гкал/ч).

Второй этап включал установку и ввод в эксплуатацию двух газотурбинных электроагрегатов SGT-100 мощностью по 5,25 МВт совместно с котлами-утилизаторами УТО-8,2, а также оборудования холодоснабжения.

*В последние годы стихийные бедствия часто парализовывали работу различных аэропортов России. Но если бы они имели автономное энергопитание дополнительно к централизованному, многих проблем можно было избежать. В Пулковском аэропорту электростанция собственных нужд на базе энергоблоков Siemens полностью обеспечит все потребности и станет гарантом надежной работы всех систем аэровокзала. **Д***



Новости

Компания Siemens ввела в эксплуатацию электростанцию комбинированного цикла в Южной Корее.

Проект по строительству под ключ электростанции Dangjin 3 реализован Siemens в сотрудничестве с компанией GS Engineering & Construction (Южная Корея). Электрическая мощность станции составляет 415 МВт, КПД в конденсационном режиме – 61 %. Проект реализован в рамках контракта с энергетической компанией GS EPS Co. Ltd.

Электростанция Dangjin 3 построена в г. Данжин (провинция Чунг-Чонг Нам), в 120 км от Сеула. В состав ПГУ вошли газотурбинная установка SGT6-8000H, паровая турбина SST6-5000, электрогенератор SGen6-2000H производства Siemens и котел-утилизатор с водородным охлаждением (фирмы Benson). Электростанция оснащена системой контроля и управления SPPA-T3000 компании Siemens.

Южная Корея импортирует практически весь природный газ в сжиженном виде. В связи с этим КПД электростанций является одним из самых важных критериев при выборе оборудования для строительства ПГУ. Кроме того, в стране быстро растет потребность в электроэнергии. Чтобы покрыть ее дефицит, Siemens строит в настоящее время 4 ПГУ (Ansan, Andong, Posco и Daegu) на базе SGT6-8000H.