

Новый газопоршневой двигатель серии E компании Siemens

А. В. Резниченко – ООО «Сименс»

Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»

Двигатель SGE-86EM мощностью 2 МВт имеет большой диаметр цилиндров и объем двигателя, а также самый высокий КПД в данном диапазоне мощности. Новый мотор расширил модельный ряд продукции Siemens в малом классе мощности для рынка распределенного производства энергии.

In brief

New Siemens E-series gas engine.

Siemens has launched its new E-series gas engine with a power output of 2MW. The new SGE-86EM gas engine is based on the thermodynamic Miller cycle combustion technology that ensures high reliability, minimal emissions, and longer run times between service intervals.

With a mechanical efficiency of about 47 percent and an electrical efficiency of 45.4 percent, the engine offers a high level of performance for both prime power generation and cogeneration applications. The new engine series' capacity to deliver on-site power, heat, and cooling translates into an excellent cost-performance ratio.

В российской энергетике происходят положительные перемены: количество энергоисточников малой мощности непрерывно растет. Все больше малых электростанций работают в параллель с энергосистемой. Перспективы широкого применения мини-ТЭС, поставляющих электроэнергию в сеть, значительно расширяют рынок малой генерации. При этом решаются задачи не только конкретных потребителей, но и энергосистема страны в целом становится значительно надежнее.

Сегодня в стране эксплуатируется более тысячи газопоршневых электростанций суммарной мощностью свыше 5000 МВт. Все больше предприятий различных отраслей промышленности внедряют собственные электростанции. В первую очередь, это заводы с энергоемким производством, а также предприятия, где затраты на электроэнергию в себестоимости товаров или услуг составляют существенную долю. Наиболее часто применяются газопоршневые энергоблоки мощностью 1...4 МВт.

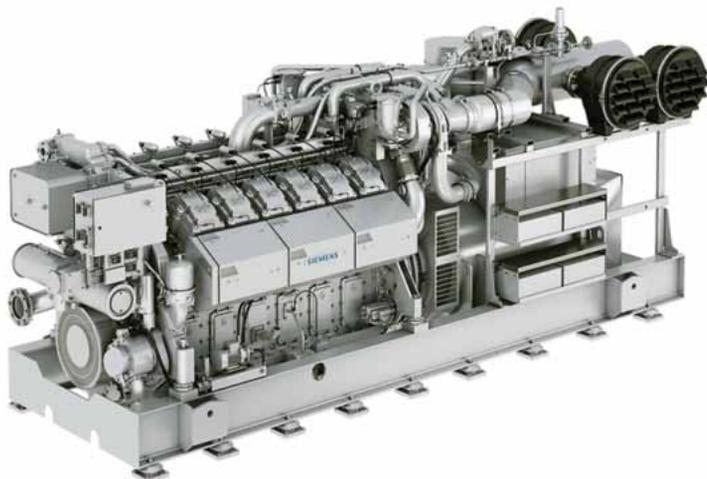
Новая разработка компании Siemens – двигатель SGE-86EM мощностью 2 МВт, безусловно, найдет широкое применение в составе газопоршневых электростанций у различных заказчиков. Многоагрегатные электростанции мощностью до 20 МВт, созданные на базе SGE-86EM,

выгодно отличаются высокой эффективностью и гибкостью.

Двигатели SGE-86EM: создание и применение

Новый газопоршневой двигатель серии E разработан на базе термодинамического цикла Миллера, что обеспечивает высокую надежность, низкие уровни эмиссии, большой межремонтный ресурс. Механический КПД двигателя составляет почти 47 %, электрический – 45,4 %. Привод имеет высокие эксплуатационные параметры при работе в простом и когенерационном цикле. Он эффективен для применения в составе электростанций тригенерационного цикла для выработки электроэнергии, тепла и холода для различных коммерческих, промышленных и муниципальных предприятий. Двигатель создан для работы на природном газе и обеспечивает оптимальное соотношение стоимости и технических характеристик. Параметры двигателя даны в табл.

В процессе испытаний в течение 3000 часов, которые проводились в научно-исследовательском центре Siemens в г. Минано (Испания), были подтверждены все заявленные рабочие параметры двигателя. Создание SGE-86EM – это результат детального анализа потребностей заказчиков, который определил основные характеристики оборудования. Энергетические установки на базе двигателя серии E являются оптимальными для поддержания баланса в энергосистеме с большим количеством солнечных и ветровых станций, а также при использовании в составе электростанций когенерационного, тригенерационного, комбинированного цикла. При этом обеспечивается снижение эксплуатационных расходов и уровней эмиссии.



С Газопоршневой энергоблок мощностью 2 МВт на базе двигателя SGE-86EM

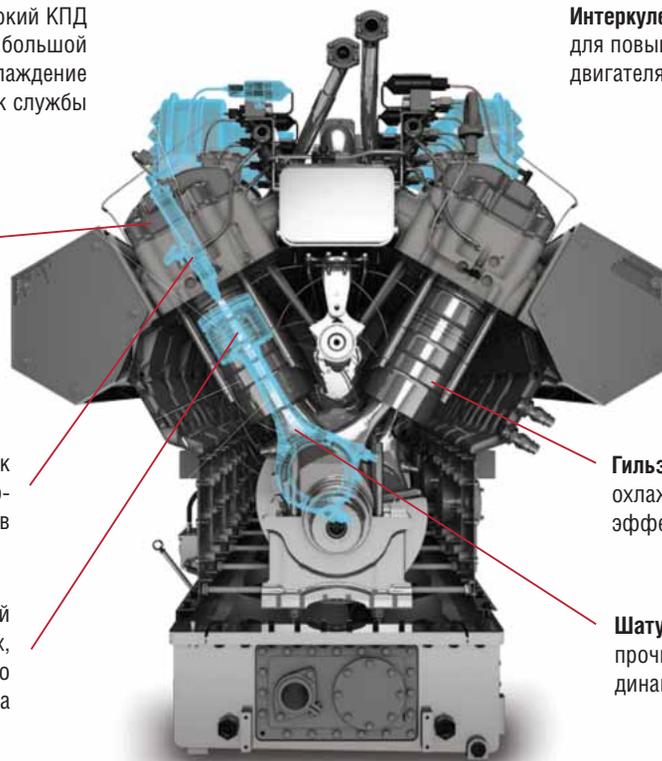
Турбокомпрессоры – высокий КПД турбокомпрессоров дает большой КПД установки. Водяное охлаждение увеличивает срок службы

Интеркулер – двухконтурный, для повышения эффективности двигателя

Головка блока цилиндров – минимальные потери давления для максимально объемного КПД. Водяное охлаждение седел выпускных клапанов, оптимизированные галереи охлаждения

Форкамера – непосредственный впрыск газа. Создана для лучшего смесеобразования, снижения выбросов

Поршни и кольца – поршни из ковальной стали для работы на пиковых нагрузках, с юбкой и кольцами для минимального потребления масла



Гильзы – оптимизированное охлаждение для повышения эффективности сгорания

Шатуны – легкие и высокопрочные для улучшения динамических характеристик

Первым проектом на базе четырех газопоршневых энергоблоков SGE-86EM является триггерационная электростанция для административного корпуса компании Siemens в г. Эрланген (Германия). Она обеспечит энергоснабжение инфраструктуры административных зданий, а также кондиционирование помещений. Оборудование будет поставлено на площадку в середине текущего года.

Engine Business, новое подразделение Siemens, подписало контракт с компанией Hartree Partners (Великобритания) на поставку 6 газопоршневых энергоблоков для строительства электростанции общей мощностью 12 МВт. Она предназначена для снятия пиковых нагрузок и поддержания баланса в национальной энергосети, что облегчит интеграцию электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии, в энергосистему. Энергоблоки SGE-86EM изготовят на предприятии компании Siemens в г. Сумая (Испания). Они будут иметь контейнерное исполнение.

Принцип работы самых современных газовых двигателей Siemens основан на цикле Миллера. Использование данного цикла позволяет получить более благоприятные температурные характеристики для сжатия топливной смеси. При работе по циклу Миллера впускные клапаны закрываются перед достижением поршня нижней мертвой точки, вызывая расширение смеси внутри цилиндра до того, как она

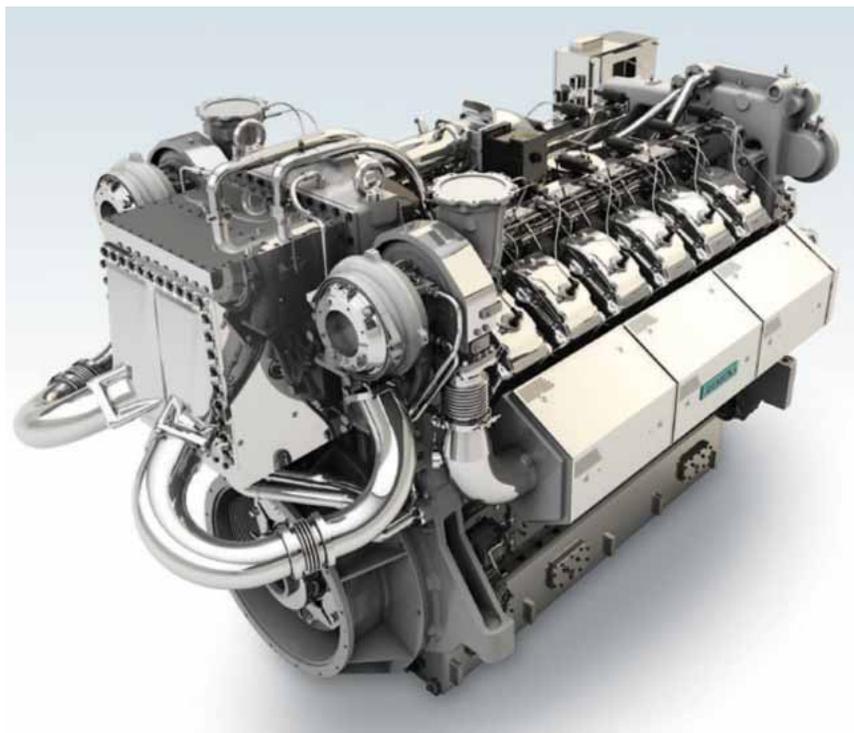
перейдет в ход сжатия. При расширении температура газов снижается, поэтому смесь охлаждается, одновременно отбирая тепло у наиболее горячих частей камеры сгорания. Поскольку сжатие начинается при более низкой температуре, обеспечивается переход к более высокой степени сжатия, что непосредственно ведет к повышению КПД.

В двигателях применяются плазменно-форкамерные свечи, которые объединили преимущества плазменного и форкамерного зажигания. По мощности розжига они значительно

В 2015 г. компания Siemens приобрела бизнес Guascor по производству двигателей и генераторных установок, который принадлежал компании Dresser-Rand. В настоящее время наименование данных двигателей включает аббревиатуру SGE (Siemens Gas Engines). Двигатели Guascor доказали свою высокую надежность в самых тяжелых условиях эксплуатации.

На сегодня 5000 двигателей Guascor эксплуатируются в различных регионах и странах мира. Siemens предлагает заказчикам газопоршневые энергоблоки и установки в диапазоне мощности 300...2000 кВт, промышленные и авиапроизводные газовые турбины в диапазоне 2...66 МВт, стационарные газовые турбины в классе мощности до 570 МВт. Сегодня в России работает более 80 многоагрегатных электростанций с энергоблоками компании.

Заказчикам предлагаются эффективные и экологически чистые технологии и решения, которые применяются в энергетической, нефтегазовой и других промышленных отраслях. Оборудование надежно работает в самых разных условиях, с применением различных видов топлива, в составе локальной сети и в параллель с энергосистемой.



превосходят электроискровые свечи зажигания. Electroды PF-свечи имеют вид ракетного сопла с форкамерой. При подаче высоковольтного импульса в зазоре между электродами происходит пробой, и образовавшийся плазменный сгусток выталкивается в камеру сгорания (использован принцип работы импульсного ускорителя плазмы). Одновременно происходит розжиг топливной смеси в форкамере свечи, и продукты сгорания через сопло с высокой скоростью впрыскиваются в цилиндр двигателя. При этом обеспечивается объемный (в отличие от точечного, как у обычных свечей) розжиг топливной смеси.

Табл. Характеристики двигателя SGE-86EM

Количество и расположение цилиндров	V12
Объем двигателя, л	86
Диаметр / ход поршня, мм	195 / 240
Степень сжатия	13,5
Механическая мощность, кВт	2065
Электрическая мощность, кВт	2007
Среднее эффективное тормозное давление, МПа	1,92
Механический КПД, %	46,6
Электрический КПД, %	45,4
Термический КПД, %	43,7
Общий КПД, %	89,1
Температура выхлопных газов, °С	352
Эмиссия NO _x , мг/м ³	500

В установках серии E применяется горение обедненной топливовоздушной смеси. Это повышает КПД за счет более полного сгорания топлива, снижает уровень эмиссии вредных веществ. Таким образом, оборудование успешно работает не только на природном газе. Двигатели настолько надежны и устойчивы в работе, что в качестве топлива могут использоваться различные виды газа с низким метановым индексом.

В высшей степени удачная конструкция камеры сгорания и применение турбоагнетателей последнего поколения оптимизируют процесс горения. В результате достигается высокий уровень мощности при низких потерях.

Картер двигателя и коленвал изготовлены из легированного чугуна. Блок цилиндров имеет лючки для контроля состояния коленвала и распредвала. Чугунные гильзы цилиндров скомпонованы в блок и легко демонтируются для проведения сервисных работ.

Система охлаждения – жидкостная. Двигатель укомплектован механическим масляным насосом с приводом от коленчатого вала. При обслуживании газопоршневой установки Siemens клиенты могут использовать любое масло (из списка одобренных).

К основным преимуществам новых двигателей серии E относятся:

- надежная и компактная конструкция;
- искровое зажигание и работа на обедненной топливной смеси, что обуславливает низкие уровни эмиссии;
- передовая конструкция форкамеры, обеспечивающая эффективное и стабильное горение;
- больший объем двигателя за счет 12-цилиндровой конструкции;
- меньший объем технического обслуживания по сравнению с 16-цилиндровым двигателем;
- более короткий период рабочего цикла;
- меньшая площадь для установки.

В составе газопоршневых энергоблоков SGE-86EM применяются качественные комплектующие европейского производства. Генераторы Leroy-Somer (Франция) обеспечивают стабильную выработку электроэнергии во всем диапазоне нагрузок. Синхронные бесщеточные генераторы, благодаря их отличным характеристикам, используются крупнейшими производителями энергетического оборудования.

Для комплексного управления электростанцией применяется надежный главный контроллер производства Siemens или Schneider Electric. Свечи и катушки зажигания – от мирового лидера Motortech GmbH, блоки управления двигателем – компании Woodward.

Индивидуальный подход к клиенту – основа политики Siemens

Электростанции Siemens спроектированы и разработаны с учетом потребности клиентов в оптимальной стоимости эксплуатации и технического обслуживания. Благодаря наличию запчастей на складе дистрибьютора и сокращению звеньев в цепочке поставок оборудования, достигаются низкие затраты на обслуживание энергоустановок.

Siemens предоставляет решения исходя из потребностей заказчика – от минимальной поставки оборудования до контейнерного исполнения, с сохранением стандарта европейской гарантии.

Наличие складов и технической поддержки обеспечивает надежное обслуживание оборудования Siemens Engines по всему миру и формирует долгосрочные отношения с клиентами компании. Заказчику предоставляется возможность посетить производство и научно-исследовательский центр Siemens Engines, чтобы убедиться в качестве оборудования.

Предприятие проводит периодические семинары для технических специалистов заказчика, что способствует повышению квалификации эксплуатирующего персонала и снижению стоимости обслуживания.

Основные принципы работы компании Siemens с клиентами:

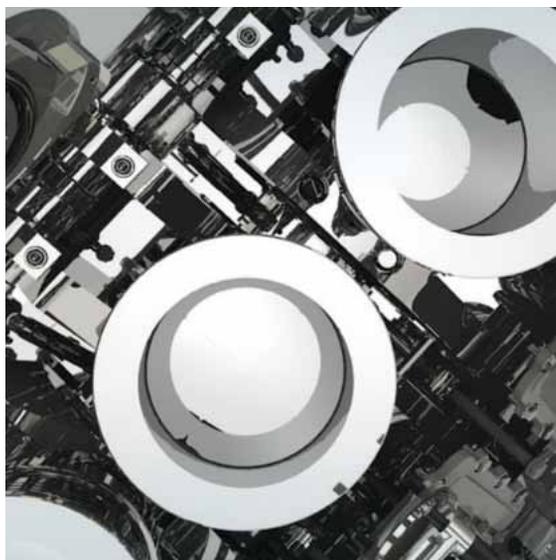
- применение новейших технологий;
- многолетний опыт по созданию морских и промышленных двигателей максимально используется при строительстве эффективных и надежных электростанций;
- предусмотрена вариативность использования топлива: применяются различные виды газа – биогаз, попутный газ, синтетический, пиролизный, древесный, пропан-бутан и др., с минимальным метановым числом 35;

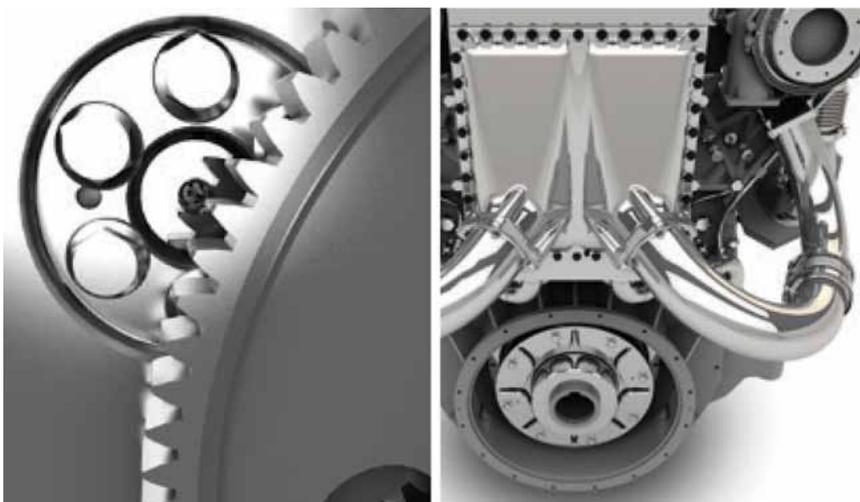
- работа «лицом к заказчику». Оборудование Siemens Engines эксплуатируется в России 20 лет – в простом и когенерационном цикле. Каждый клиент получает в распоряжение практически весь накопленный опыт компании: индивидуальный подход к проекту, новое оборудование на каждый объект; техническое обучение;
- гарантия качества. Полный цикл производства газовых электростанций и двигателей, начиная от элементов поршневой группы и заканчивая обкаткой оборудования в специальных условиях, позволяет полностью контролировать качество на всех этапах изготовления.

Научно-исследовательский центр Siemens считается одним из лучших в мире. В его распоряжении более 20 испытательных стендов (включая гидравлические тормоза, редукторы, генераторы, стенды измерения сопротивления, хроматографические газоанализаторы), а также лаборатория электронного оборудования и цех сборки и испытаний двигателей.

В технологическом центре Siemens Engines применяются самые современные компьютерные САД-программы и программы расчета нагрузок, основанные на методе конечных элементов, для комплексного проектирования газовых и дизельных двигателей. На текущий момент такие методики являются самыми прогрессивными. Испытания и анализ работы двигателей позволили компании использовать новейшие технические решения для оптимизации их производительности и надежности.

Одна из особенностей газовых двигателей Siemens – простое и экономичное обслуживание: более 90 % деталей различных моделей взаимозаменяемы. Это оптимизирует процесс обслуживания, увеличивая срок эксплуатации. Компания производит практически все основные





расходные элементы, что значительно снижает их стоимость для потребителя. При этом на складе в России всегда имеются в наличии необходимые для обслуживания комплектующие. В экстренных случаях любая запасная часть может быть поставлена с завода в течение 48 часов.

Интервал между капитальными ремонтами двигателей составляет 90 тыс. часов. Ремонт производится на месте, количество капремонтов теоретически не ограничено. Поскольку завод обеспечивает поставленное оборудование запчастями, которых достаточно, как минимум, на три капремонта, минимальный жизненный цикл достигает 240 тыс. часов.

Продукция компании соответствует ГОСТ, сертифицирована: обладает сертификатами качества ISO 9001 и экологическим сертификатом ISO 14001. Подтверждением качества двигателей Siemens служит тот факт, что они используются в энергоблоках, где полная рабочая нагрузка достигает 8000 часов в год. Гарантируется быстрая поставка и ввод оборудования в эксплуатацию на площадке заказчика – 24 недели с момента получения заказа.

Специалисты компании очень тщательно контролируют процесс реализации проекта на всех его этапах. Представители завода (и российские, и испанские) неоднократно посещают объекты как до заключения контракта, в процессе изготовления оборудования, так и во время монтажных работ на электростанциях. Это еще раз подчеркивает максимальную ответственность компании.

Постоянно расширяя свою дилерскую сеть, Siemens в то же время стремится непосредственно принимать участие в каждом конкретном объекте. Это необходимо для того, чтобы, учитывая реальные потребности конечного заказчика, реализовать на основе своего опыта наиболее эффективное решение. **Д**

Вяземский электротехнический завод изготовил ДГУ для Белоярской АЭС.

Комплекс электроснабжения разработан, изготовлен и испытан в соответствии с требованиями Белоярской АЭС, согласно нормативам для оборудования класса безопасности 4Т. Он включает в себя две аварийные передвижные дизельные электростанции основной мощностью по 315 кВт, передвижную нагрузочную станцию на 700 кВт и быстро разворачиваемую кабельную сеть.

ВЭТЗ разработал техническое задание, обеспечивающее выполнение требований ИТТ, одним из главных среди них было оснащение автоматизированной ДЭС системой измерений и управления, построенной на устройствах, внесенных в Реестр средств измерений РФ. Выполненные с этой целью ОКР позволили, используя российские разработки в области средств измерений, оснастить АДЭС и ее основные компоненты (двигатели MTU 10V1600G20F и электрогенераторы Mess Alte ESO40-1S, систему топливоподачи и др.) системой управления на российских компонентах и программном обеспечении.

ДГУ для Белоярской АЭС является российской разработкой, где импортные компоненты (дизельный двигатель, электрогенератор и др.) интегрированы в разработанные и изготовленные ВЭТЗ конструкции, схемные решения, систему управления. Дизель-генераторы собраны на моноблочных рамах-баках, оснащены системами газовыхлопа, топливоподачи, доочки топлива из внешнего хранилища, а также пожарно-охранной сигнализацией собственного производства.

ДЭС оснащены догрузочными реостатами производства ВЭТЗ, которые позволяют эксплуатировать энергоблоки с нагрузками ниже 25 % установленной мощности. Нагрузочное устройство мощностью 700 кВт изготовлено на базе 4 модулей РНМ мощностью по 180 кВт без принудительной вентиляции. Наряду с исполнением на специальных нагрузочных резисторах, это обеспечивает их повышенную надежность.

Наработки, полученные при разработке и производстве оборудования для Белоярской АЭС, особенно в системах управления и измерений, построенных на российских комплектующих и ПО, будут использованы предприятием в работе над АДЭС мощностью 2 МВт, напряжением 6,3 кВ (для Ростовской АЭС) и 0,4 кВ (для Новоронежской АЭС), а также при дальнейшем совершенствовании оборудования для атомной отрасли и других ответственных потребителей.