

И. В. Маслов – представительство компании MTU, Москва
 Высокотемпературные модульные топливные ячейки являются бесперебойными источниками генерации идеального по параметрам электрического тока. Они востребованы даже телекоммуникационными компаниями и компьютерными центрами, обычно очень чувствительными к качеству потребляемой электроэнергии.

Высокотемпературные топливные ячейки – когенерационные источники энергии будущего

Наряду с такими нетрадиционными источниками энергии, как солнечные батареи, ветроэлектрические станции и т. д., все более значительное место занимают так называемые топливные ячейки.

Немецкая компания MTU CFC Solutions разрабатывает и производит стационарные высокотемпературные модульные топливные ячейки (high temperature fuel cell, HTFC) в расплавах карбоната для экологически безопасной выработки электроэнергии, тепла и пара. Совместно с американской фирмой Fuel Cell Energy (FCE), производителем топливных элементов, MTU CFC Solutions запустила в эксплуатацию более 35 энергоустановок.

Высокотемпературные топливные ячейки, работающие на природном

газе, могут генерировать 245 кВт электрической и 180 кВт тепловой мощности. Электрический КПД установки составляет при этом около 47%. Сравнение подтверждает: КПД жидкокарбонатной топливной ячейки выше, чем у других энергетических установок (рис. 1). Работает она практически бесшумно и без вибрации, что делает установку потенциально привлекательной для работы в городских условиях. На базе HTFC MTU возможна как утилизация тепла, так и генерация холода. Кроме природного газа, установки могут использовать в качестве топлива биогаз, угольный и рудничный газы, синтетические газы с высокой теплотой сгорания.

Топливные ячейки HTFC MTU наработали суммарно около 180 000 часов и были рекомендованы к

серийному производству. Они имеют низкий уровень эмиссии и требуют значительно меньше воздуха для процесса горения, чем традиционные двигатели внутреннего сгорания.

Топливные ячейки работают при температуре 650 °С, при этом возможна генерация пара температурой около 400 °С. Пар может использоваться для различных технологических нужд: например, для стерилизации медицинских инструментов в госпиталях, для вулканизации шин и т. д. Генерируемое тепло может также использоваться для генерации холода с помощью абсорбционных машин.

Благодаря высокому КПД уровень эмиссии углекислого газа несопоставимо ниже, чем у двигателей внутреннего сгорания. Принципи-

Рис. 1. Зависимость КПД различных типов энергоустановок от их мощности

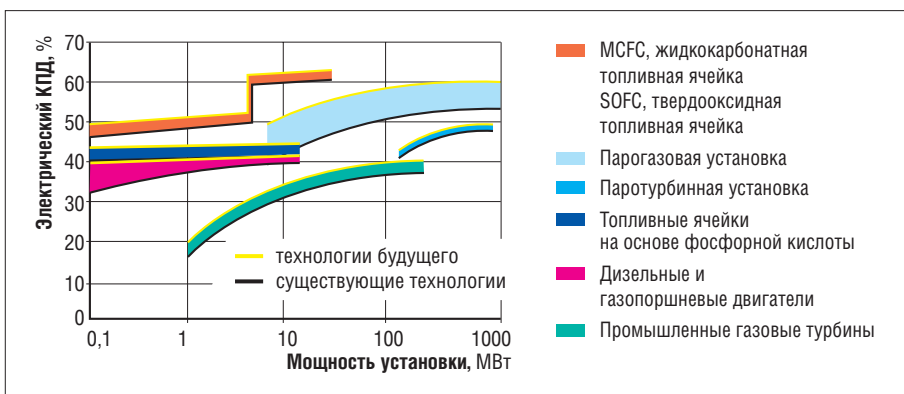
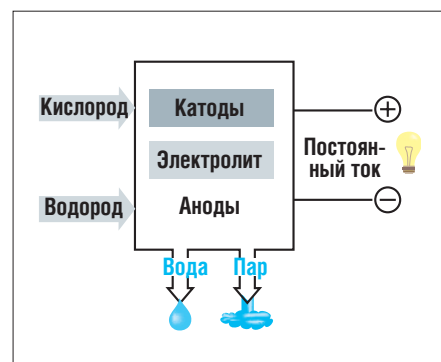


Рис. 2. Схема действия высокотемпературной топливной ячейки



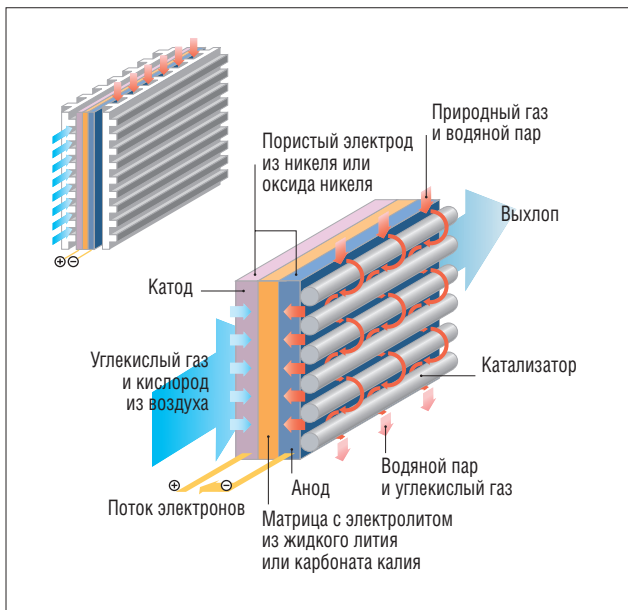


Рис. 3. Электрохимические процессы в жидкокарбонатной топливной ячейке

альным является и тот факт, что в составе HTFC не используется каких-либо редких материалов.

Принцип действия высокотемпературного модуля топливных ячеек

Анод и катод внутри модуля разделяются мембраной. При поступлении водорода на анод и кислорода на катод начинается химическая реакция, в результате которой генерируются электрический ток, тепло и вода. Данный процесс является обратным электролизу (рис. 2).

Мембрана между анодом и катодом состоит из электролита карбоната. Поэтому такое оборудование и относится к типу топливных ячеек в расплавах карбоната.

Ионы карбоната (CO_3^{2-}) проходят через мембрану и достигают анода, где свободный атом кислорода соединяется с водородом, превращаясь в воду, стекающую вниз. Параллельно образуются углекислый газ и два свободных электрона. Электроны движутся по проводнику к катоду, генерируя электрический ток.

Таким же образом оставшиеся молекулы CO_2 поступают на катод, где абсорбируются свободные электроны и атом кислорода из воздуха. Затем углекислый газ участвует в реакции в качестве ионов карбоната (рис. 3).

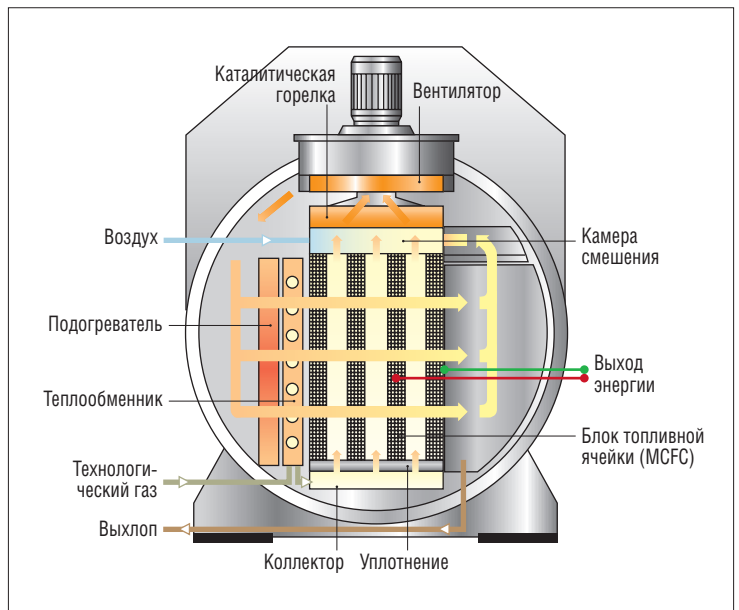


Рис. 4. Схема высокотемпературного модуля

Рабочая температура в модуле, составляющая около $650\text{ }^\circ\text{C}$, обеспечивает следующие преимущества:

- возможность производства пара и холода;
- достижение наивысшего КПД за счет реформинга газа внутри ячейки;
- возможность применения традиционных металлов (с их обычной обработкой) как для ячеек, так и для модуля.

Устройство высокотемпературного модуля ВМ (MTU)

Высокотемпературный модуль отличается компактное расположение всех горячих компонентов в одном цилиндрическом корпусе. Его ключевым элементом является модуль топливных ячеек, расположенный горизонтально, — это позволяет подавать топливный газ снизу. В то же время под собственным весом модуля происходит герметизация всех стыков по газовому тракту, что повышает безопасность работы установки (рис. 4).

После сборки модуля, состоящего из индивидуальных топливных ячеек, его размещают внутри ВМ и монтируют вместе с топливной системой газоподдачи. Высокотемпературные модули имеют ограниченные габаритные размеры, и их можно устанавливать в существующих помещениях. Кроме того, их легко

транспортировать и осуществлять техобслуживание.

Интегрированная в ВМ система подачи газа позволяет обойтись без дорогостоящего монтажа труб для подвода газа, воздуха, отвода выхлопных газов, подачи воды.

Основными особенностями ВМ являются компактность и эффективность. Все горячие части объединены в одном контейнере, поэтому нет необходимости в периферийном размещении компонентов, что влияет на повышение уровня КПД.

Поступающий топливный газ подается на вертикально расположенные каналы анодов через газораспределительное устройство. При температуре $650\text{ }^\circ\text{C}$ при взаимодействии природного газа и пара на анодах выделяется водород.

Газ, локально генерируемый с верхней части анодов, перемешивается с дополнительно подаваемым воздухом, после чего каталитически окисляется.

Газовая смесь содержит углекислый газ и кислород, необходимые для выделения на катодах. Вентилятор обеспечивает циркуляцию газовой смеси по горизонтально расположенным каналам катодов. Образующийся на катодах газ имеет достаточно высокую температуру и может использоваться для когенерации тепла.

Компоненты мини-ТЭЦ на базе HTFC

Теплоэлектростанция состоит из трех блоков (рис. 5):

- высокотемпературного модуля, который является основной частью мини-ТЭЦ. Он включает в себя горизонтально расположенный модуль топливных ячеек; камеру смешения наружного воздуха и газов; сборник катодного газа; два циркуляционных вентилятора и подогреватель для запуска;
- блока подготовки газа для топливных ячеек, где газ очищается от серы, подогревается и увлажняется;
- инвертора и модуля управления.

Постоянный ток от топливных ячеек преобразуется в переменный и поступает в общую сеть. С помощью системы управления может осуществляться дистанционное управление HTFC (обычно мини-ТЭЦ на базе топливных ячеек функционируют автономно). Технические данные мини-ТЭЦ приведены в таблице.

Преимущества HTFC MTU

Многие преимущества мини-ТЭЦ на базе HTFC MTU свойственны всем высокотемпературным топлив-

Таблица. Технические данные HTFC MTU

Габаритные размеры, Д x Ш x В, м	7, 3x2,5x3,2
КПД, %: – общий, макс. – электрический, модуля ТЯ/ системы HTFC	90 55/47
Электрическая мощность, кВт: – модуля ТЯ, макс. – системы HTFC	280 (постоянный ток) 245
Утилизируемое тепло, кВт	180
Температура уходящих газов, °С	~ 400
Объемный расход газа, макс., м³/ч	1500
Относительная влажность газа, %	18 (по объему)
Эмиссия (при работе на природном газе), ppm: – SO ₂ – NO _x – CO	нет следов в выхлопе нет следов в выхлопе < 9

ным ячейкам, но существуют такие, которые отмечаются только у этого типа электростанций.

Экологичность

- низкая эмиссия выхлопных газов;
- бесшумная работа;
- экономия природных ресурсов, так как HTFC функционируют на возобновляемых источниках.

Высокая эффективность

- электрический КПД в составе станции составляет 47%. При дооснащении мини-ТЭЦ паровыми турбинами возможно достижение суммарного электрического КПД до 65%;
- утилизация тепла при больших температурах;

- отсутствие необходимости в техобслуживании.

Гибкость

- использование различных газов в качестве топлива с сохранением высокого уровня КПД (природный и угольный газ, биогаз, синтетические газы, в том числе метанол, а также другие газообразные или жидкие газокARBONаты);
- идеальная установка для выработки электроэнергии и утилизации тепла или генерации холода.

Надежность

- коэффициент готовности – 98% (благодаря небольшому количеству сменных узлов);
- высокое качество генерируемой энергии;
- конструктивно несложная структура системы.

HTFC MTU вырабатывают электрический ток постоянного или переменного напряжения без отклонения выходного напряжения и частоты от постоянного значения. В связи с этим они востребованы даже телекоммуникационными компаниями и компьютерными центрами, которые обычно очень чувствительны к качеству потребляемой электроэнергии.

Дополнительным преимуществом HTFC MTU является территориальная близость к потребителю, что делает их идеальными для использования в качестве независимого источника электроэнергии. ■

Рис. 5. Схема мини-ТЭЦ на базе HTFC

