

УДК 620.93

## УСТАНОВКИ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ, РАБОТАЮЩИХ НА БИОГАЗЕ

Журавлёв Е.Д.

Научный руководитель – ас. Михайлова Я.В.

Рассмотрим стационарную теплоэнергетическую установки с фосфорно-кислотными топливными элементами РС-400. Она предназначена для систем распределенной генерации электроэнергии, а также для систем с комбинированным производством электроэнергии и тепла. Она способна производить 400 кВт постоянной, надежной электроэнергии при образовании теплоты, которую можно в дальнейшем применять для обогрева помещений, в устройствах нагрева воды, а также для запуска абсорбционной холодильной установки. Кроме этого, установка подает резервное питание, когда энергосистемы общего пользования выходят из строя.

Сначала в системе обработки топлива биогаз превращается в водород в результате процесса, известного как преобразование при помощи каталитического пара. Затем водород и воздух поступают в 4 батареи фосфорно-кислотных топливных элементов, в которых водород и кислород соединяются электрохимическим путем для образования электро-, водо- и теплоснабжения с постоянным током. Конечный этап: электроэнергия с использованием переменного тока производится посредством встроенного преобразователя постоянного тока в переменный. Тепло, вырабатываемое в топливном элементе, производит пар, который подается обратно в систему обработки топлива для дальнейшего использования в процессе преобразования пара. Используемое тепло поставляется в предоставленный потребителем источник воды через встроенные радиаторы рекуперации тепла.

Таблица 1 - Производительность теплоэнергетической установки

Технические характеристики	Производительность
Полезная выходная электрическая мощность Электрический КПД	400кВт/471 кВА, 480 В, 50 Гц, 3 фазы 42% - начальный уровень 40% - номинальный уровень
Выходная мощность по теплу	0,39 Гкал/ч - начальный уровень 0,43 Гкал/ч - номинальный уровень
Комплексный КПД системы, низкая теплотворная способность	До 90%
Расход биогаза (при теплоте сгорания 38 МДж/м <sup>3</sup> )	1,70 м <sup>3</sup> /мин - начальный уровень 1,75 м <sup>3</sup> /мин - номинальный уровень
Удельный расход биогаза	0,26 м <sup>3</sup> /кВт-ч
Расход воды:	
- при температуре окружающей среды ≤+30 °С	- не потребляет
- при температуре окружающей среды +43,3 °С	- 3,8 л/мин (при давлении 276 кПа)
Выход воды	Отсутствует

Модель собирается на заводе изготовителе, а теплоэнергетическая установка с протестированным топливным элементом состоит из двух главных компонентов: блок питания и модуль охлаждения. Блок питания состоит из пяти подсистем, собираемых и тестируемых, как комплектная система на заводе-изготовителе. Блок питания поставляется на место производства полностью укомплектованным вместе с необходимым оборудованием, проводкой и трубопроводами. Обычно требуется поставляемый заводом-изготовителем модуль охлаждения, который может быть установлен в непосредственной близости от блока питания. На рисунке 1 изображены все подсистемы блока питания.

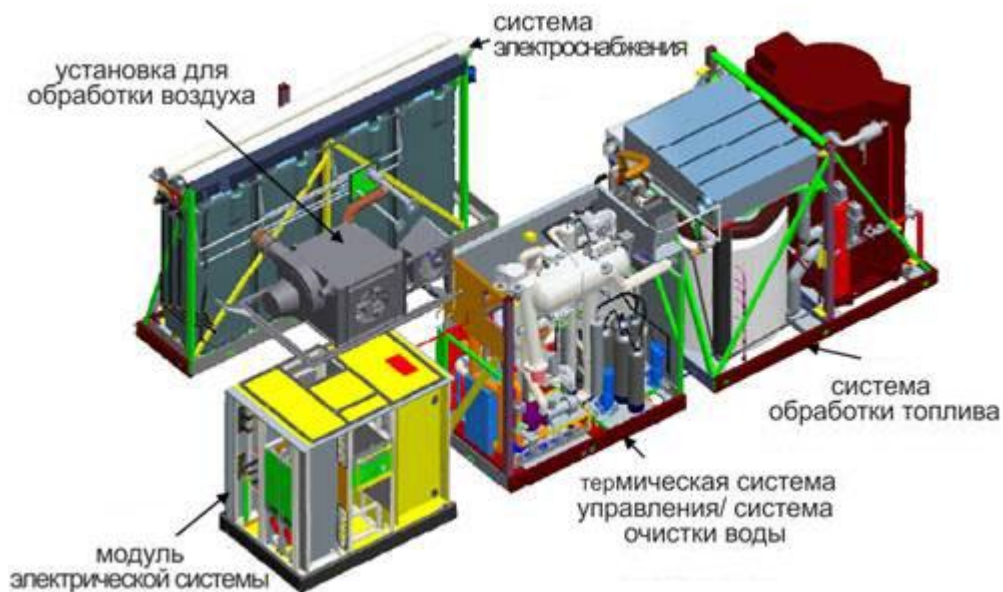


Рисунок 1. Пять подсистем модели

Модуль системы электроснабжения содержит 4 батареи топливных элементов, которые составляют основу модели. Каждая батарея топливных элементов, или модуль батарей элементов, содержащая 376 отдельных элементов, может вырабатывать более 100 кВт электроэнергии. Батареи топливных элементов соединяются последовательно, как показано на рисунке 1-5. Вместе они вырабатывают постоянный ток высокого напряжения.

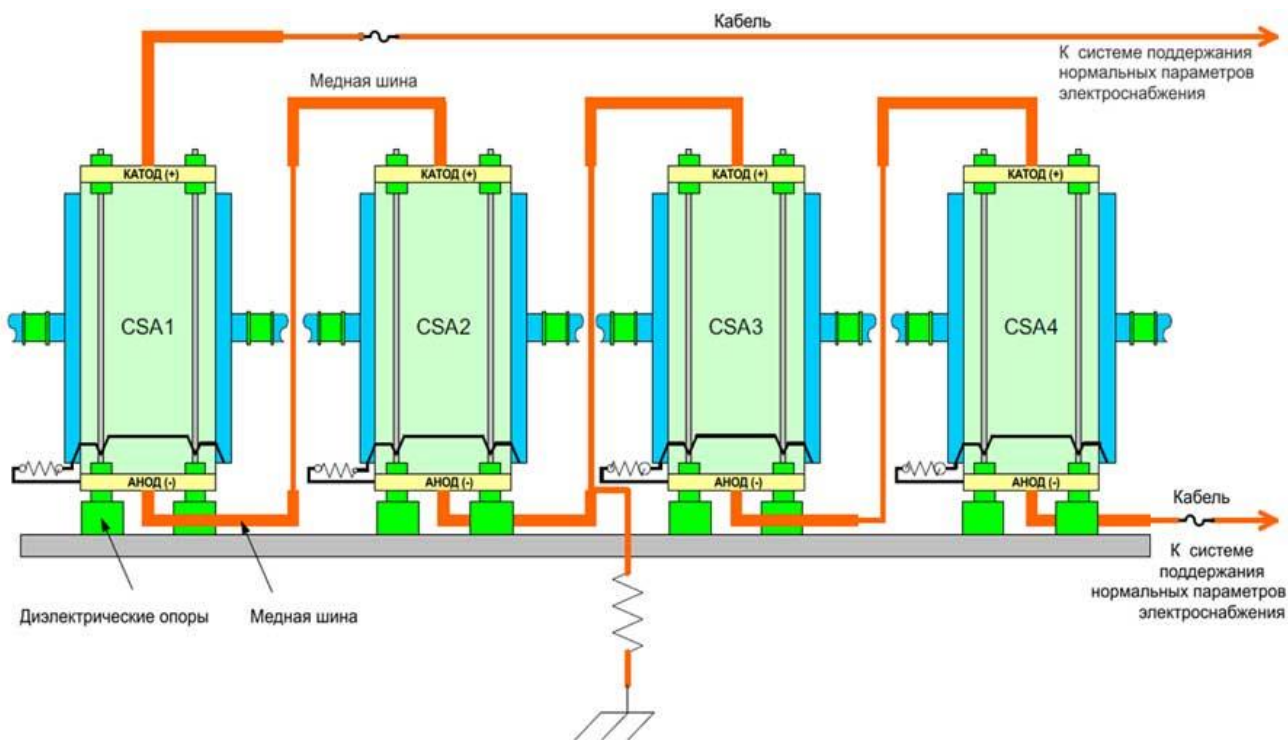


Рисунок 2. Конфигурация четырех батарей топливных элементов

Продукт преобразования водорода и поток воздуха подходит к каждой из батарей топливных элементов одновременно и так, чтобы уровень выходной мощности был одинаковым на всех четырех батареях. Вода, выделяемая при реакции топливных механизмов, покидает батареи вместе с отработавшими газами. Вырабатываемое во время реакции тепло удаляется потоком воды через изолированные охлаждающие элементы, встроенные на всем периметре модуля батарей.

Запуск модели происходит посредством использования энергосети потребителя. Требуемая мощность при запуске составляет в среднем 70 кВт на протяжении 5 часов. Максимальное значение требуемой мощности составляет 158 кВт. При начальном запуске происходит подогрев интегральной низкотемпературной системы и модуля батарей элементов до рабочей температуры. Используются электрические нагревательные элементы. После запуска энергетическая установка будет поставлять энергию напрямую к охлаждающим модулям и системам связи (внутренние нагрузки будут поддерживать чистую заданную выходную мощность для потребителя в 400 кВт).

Таблица 2 - Электрические характеристики

Электрические характеристики при подключении к сети	
Номинальная мощность энергетической установки	
Номинальная мощность (чистая)	400кВт/ 471 кВА
Стандартные конфигурации напряжения и частоты	480В, 3 фазы, 3 провода, 50 Гц
Электрические характеристики	
Диапазон рабочих режимов	0-100% - установлено заводом изготовителем
Диапазон коэффициента мощности (при номинальном линейном напряжении)	От 0,85 до 1,0 отставание/ опережение (регулируется), 0,85 - опережение до $\pm 5\%$ линейного напряжения. 0,9% отставания при 5% линейного напряжения.
Стабильность подачи и точность энергии	Полезная мощность регулируется при $\pm 1\%$ от нормы. Реактивная мощность при $\pm 2\%$ от нормы. Данные значения достигаются в течение 100 миллисекунд после изменения состояния энергосети.
Ток короткого замыкания	110% от установленного среднеквадратичного тока, определяется за 1 цикл
Нулевой экспорт электроэнергии	Энергетическая установка может опционально «следовать за нагрузкой» (контролировать экспорт полезной мощности) через выходной сигнал внешней системы контроля экспорта/импорта (кВт)
Разбаланс линейного напряжения	2%, между фазами, кВА, установлено на заводе-производителе. 5%, кВА, отклонение от нормы до 85%. Отклонение линейно по отношению к норме. При разбалансе прерывание меньше 5%.
Гармонический ток	Гармонический ток должен соответствовать стандарту UL1741 при номинальной мощности (эксплуатация при стандартном сопротивлении, 4% индуктивная нагрузка шунтируется 56% резистивной нагрузкой). Для источника генератора, соединенного с электрической сетью, необходимо, чтобы гармоническое напряжение соответствовало стандартам IEEE 519.
Выход	Фиксированная нагрузка между 0% и 100% Приведите в соответствие изменения от минимальной нагрузки до максимальной за менее, чем 40 секунд при макс. 10 кВт/сек

Габариты установки.

Вид спереди: общая ширина – 6080 мм, высота до входного воздушного фильтра – 4590 мм, высота выпускной трубы (требуется для установок без рекуперации тепла) – 4408 мм.

Вид сбоку: общая длина – 8512 мм, высота электрической части установки – 3587 мм, высота до выпускного отверстия – 4408 мм

Таблица 3 – Данные по выбросам газов

	Грамм	Число частей на миллион по объему 15,4% O <sub>2</sub>
NO <sub>x</sub>	9,06	0,50
CO	9,06	0,67
VOC	9,06	1,36
CO <sub>2</sub>	498300	

Уровень шума энергетической установки с топливными элементами составляет менее 65 дБА на 10 метров в любой области установки. Это соответствует уровню шума при нормальном разговоре. При работе устройства рекуперации тепла на полной мощности охлаждающий модуль выключается, и уровень шума падает до 60 дБА на 10 метров.

#### Литература

1. [http://www.intech-gmbh.ru/energy\\_unit\\_400kW.php](http://www.intech-gmbh.ru/energy_unit_400kW.php)
2. <http://www.ence.ch/rus/>