

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ CAPSTONE TURBINE



Москва 2003

Введение

Настоящий документ содержит информацию об акустической эмиссии и параметрах выхлопа микротурбин Capstone Turbine C30 и C60, которые представляют собой компактные модульные турбогенераторы, предназначенные для производства электрической и тепловой энергии в непосредственной близости от мест потребления этой энергии.

Топливом микротурбин служит газообразное или жидкое углеводородное сырье. Вне зависимости от типа топлива обеспечивается минимальное содержание вредных веществ в выхлопных газах.

Применение двойной инверсии силового сигнала с использованием твердотельной электроники и компьютерное управление работой узлов и агрегатов микротурбин обеспечивает максимальное соответствие потребностям каждого конкретного пользователя при работе параллельно с сетью или в автономном режиме.

Акустическая эмиссия микротурбин capstone turbine

Источники акустического излучения (эмиссии)

Основными источниками шума в микротурбине являются двигатель и генератор, а также индуктор в блоке силовой электроники. Дополнительными источниками шума выступают вентиляторы системы воздушного охлаждения силовой электроники и топливный дожимной компрессор (для систем низкого давления).

Акустическая эмиссия двигателя возникает вследствие турбулентности воздушного потока, проходящего последовательно через воздухозаборник, компрессор, камеру сгорания, рекуператор и выхлопной тракт. Завихрения воздушного потока вызывают флуктуацию акустического давления, что приводит к появлению «шума» в диапазоне частот от 1000 до 5000 Гц.

Воздушный поток, протекающий по лопастям крыльчаток компрессора и микротурбины, «шумит» с частотой 14400 Гц для компрессора и 20800 Гц для турбины.

Кроме того, в результате взаимодействия магнитных полей генератора, в двигателе появляется электро-механический «шум», который передается через статор на станину статора. Этот шум является тональным по своей природе, частота его возрастает по мере увеличения скорости вращения вала двигателя от 1600 Гц до 3200 Гц (при 96000 оборотах в минуту). Акустическое давление, создаваемое индуктором в блоке силовой электроники имеет аналогичные характеристики.

Последним источником акустической эмиссии является камера сгорания, в которой происходит процесс горения воздушно-топливной смеси, который «шумит» в диапазоне частот от 400 до 800 Гц.

В связи с тем, что вал двигателя опирается на воздушные подшипники, вибрации в микротурбине минимальны и шумов, связанных с вибрациями, не отмечено.

Распространение акустической эмиссии.

Уровень шума вокруг микротурбины представлен сочетанием шумов от описанных выше источников эмиссии и путей их распространения за пределы корпуса микротурбины.

Измерения шума в радиусе 10 метров, произведенные для микротурбин в стандартном и промышленном корпусах, показали средний уровень 65 дБ. В следующей таблице

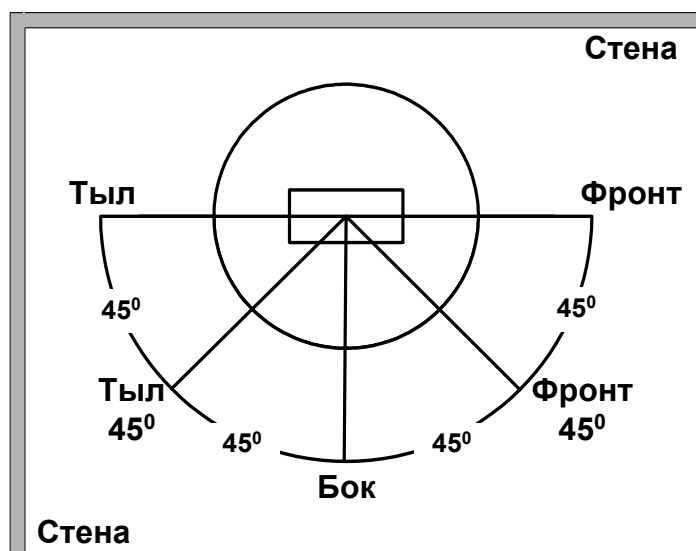
представлены значения уровня акустической эмиссии в зависимости от места расположения измерительных приборов:

Положение	Стандартный	Индустриальный	Открытый
Фронт	67	67	73
Фронт 45 ⁰	66	66	72
Бок	65	65	71
Тыл 45 ⁰	64	64	70
Тыл	63	63	69
Среднее значение	65	65	71

Описание стенда, на котором проводились измерения

Измерения акустической эмиссии микротурбины проводились на открытой площадке, изображенной на нижеследующей схеме. Результаты измерений записывались с помощью динамического анализатора сигнала HP 35670А и микрофонов Larson Davis (с полосой частот 40 кГц). До проведения измерений микрофоны были откалиброваны.

Измерения выполнены на расстоянии 5 метров от условной центральной точки корпуса микротурбины (станина статора генератора). Микрофоны располагались в пяти точках на высоте 1.5 м над землей. Значения для расстояния 10 метров были получены методом экстраполяции.



Экологические параметры выхлопа турбогенераторов Capstone

Турбогенераторы Capstone обеспечивают высокий уровень экологии при генерации электрической и тепловой энергии. Достигается этот уровень благодаря использованию следующих технических и технологических инноваций:

Постоянный контроль за процессом горения топливной смеси. С помощью более низкой температуры горения возможно добиться снижения выбросов NO_x , но при этом возрастает эмиссия СО и ТНС (других углеводородов). Для разрешения этой проблемы необходимо не только поддерживать минимально возможную температуру горения, но и обеспечить полноту сгорания топлива за счет удержания топливной смеси в камере сгорания максимально долгое время. Топливная система турбогенераторов Capstone производит предварительное формирование обедненной топливной смеси - соотношение воздуха и топлива на уровне 10:1, затем это соотношение контролируется с помощью инжекторов. При этом экологическая чистота выхлопа поддерживается и при работе на частичной мощности.

Высокие экологические характеристики обеспечиваются также и за счет того, что турбогенератор не использует смазывающих материалов и охлаждающих жидкостей, аккумуляторная батарея для автономной работы выполнена в герметичном необслуживаемом корпусе. Следовательно, нет необходимости организовывать хранение этих материалов на месте эксплуатации генерирующего оборудования.

В нижеследующей таблице приведены результаты официальных измерений при работе на природном газе:

Уровень нагрузки	PPM при 15% O_2				грамм/кВт _е				
	NO_x	СО	ТНС	CH_4	NO_x	СО	ТНС	CH_4	CO_2
100%	3.13	3.53	1.06	0.9	0.068	0.047	0.008	0.007	0.699
75%	3.30	154	70.3	43.5	0.078	2.204	0.576	0.356	0.730
50%	4.26	582	1194	721	0.121	10.251	11.839	7.122	0.848
25%	6.56	338	327	198	0.286	8.918	4.944	0.302	1.311

Измерение экологических параметров производилось в условиях реальной эксплуатации турбогенераторов специалистами федерального агентства защиты экологии США - EPA (Environmental Protection Agency) с использованием следующего оборудования:

Загрязняющий агент	Метод измерения EPA	Тип анализатора	Точность измерений
NO _x	20	TEI Model 42LS (хемиллюминесцентный)	0 - 25 ppm
CO	10	TEI Model 48 (NDIR)	0 - 25 ppm (полная нагрузка) 0 - 1000 ppm (частичная)
THC	25A	TEI Model 51 (FID)	0 - 18 ppm (полная нагрузка) 0 - 500 ppm (частичная)
CH ₄	18	Hewlett-Packard 5890 GC/FID	0 - 500 ppm
CO ₂	3A	Servomex Model 1440 (NDIR)	0 - 10%
O ₂	3A	Servomex Model 1440 (электрохимический)	0 - 25%