

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОСЕТЕЙ С ГАЗОТУРБИННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ И ГАЗОПОРШНЕВЫМИ УСТАНОВКАМИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

<sup>1</sup>Кузнецов П.А., студ., <sup>1</sup>Юдин А.В., проф., д.т.н., <sup>2</sup>Соленый С.В., доц., к.т.н.

<sup>1</sup>(Рыбинский Государственный Авиационный Технический Университет им. П.А. Соловьева, г. Рыбинск, Российская Федерация);

<sup>2</sup>(Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Цель работы – проанализировать текущее состояние отечественного рынка строения газовых турбин и сделать вывод о возможности создания микросетей с отечественными маломощными ГТД.

В последнее время в России наблюдается растущий интерес к бурно развивающемуся в последнее десятилетие во всем мире направлению преобразования электроэнергетики на базе новой концепции, получившей название Smart Grid. Она трактуется сегодня во всем мире как концепция инновационного преобразования электроэнергетики, поскольку именно пересмотр ряда существующих базовых принципов модернизации отрасли и вытекающие отсюда масштабы и характер задач обуславливают такое внимание к этому направлению [1].

В настоящее время электросети, создававшиеся по радиальному принципу (питание энергией потребителей от одного крупного источника) уже испытывают ряд серьезных проблем в связи с нехваткой вырабатываемой электроэнергии. Частые отключения, падение напряжения в сети, ухудшение качества электроэнергии – все это является поводом для реорганизации электросети [2]. Кроме того, из-за разнообразия топлив для производства энергии выгоднее перерабатывать его вблизи от конечного потребителя. Это позволит сократить расходы на транспортировку и хранение топлива, а также снизить потери, которые присутствуют в линиях электропередач и перерабатывать некоторые горючие отходы промышленных производств.

Одним из вариантов модернизации электросети, сточки зрения концепции Smart Grid, является создание микросетей, объединенных в дальнейшем в единую большую умную сеть, где процессы генерации, транспортировки и потребления будут происходить не вертикально сверху вниз (от станции к потребителю), перекрестно, т.е. между отдельными узлами сети, которые будут её равноправными участниками. Алгоритмы работ централизованной и децентрализованной сетей показаны на рис. 1.

Как и централизованные электросети децентрализованные, могут генерировать, распределять и вырабатывать электроэнергию для нужд потребителей. Отличие «умных» или smart микросетей состоит в том, что они обладают более высоким уровнем гибкости, позволяют подключать в свою структуру широкий диапазон генераторов, таких как возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и компактные станции-утилизаторы, производящие электроэнергию путем переработки бытовых отходов или побочных продуктов промышленности [2]. С экономической точки зрения, содержание таких компактных мобильных электростанций-утилизаторов горючих отходов промышленности целесообразно промышленным предприятиям. Это позволяет им уменьшать платежи по квотам, выделяемым согласно Киотскому протоколу или продавать эти квоты другим промышленникам, которые не могут сократить количество своих вредных выбросов. Здесь стоит отметить положительный опыт эксплуатации когенерационной станции ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько в г. Донецке».

Новым звеном микросети должны стать газовые турбины малой мощности до 10 МВт. Перспективы внедрения микросетей с маломощными ГТД показывают себя в следующем:



а)



б)

Рисунок 1 - Структура отношений в сетях: а) микросети, б) централизованной

– мобильность станций. В отличие от стационарных мощных электростанций, микросети, созданные на базе маломощных ГТД очень мобильны: легко собираются и подключаются на новых местах эксплуатации;

– использование нескольких типов топлив позволяет устранить зависимость от сжигания какого-то конкретного углеводорода;

– устранение потерь при транспортировке электроэнергии на большие расстояния. Вся вырабатываемая энергия отдается практически без строительства высоковольтных ЛЭП;

– адаптивность к нагрузке сети. Маломощными ГТД легче управлять, следовательно, они легко подстраиваются под пиковые скачки потребления;

– устойчивость к атакам, аварийным режимам работы и веерным отключениям. При выводе из строя мощной центральной электростанции без электричества останется огромное количество потребителей как бытовых, так и промышленных. Наличие большого числа микросетей позволяет снизить все вышеперечисленные риски и обезопасить конечного потребителя.

– гибридная работа микросетей. Электростанция с газотурбинными двигателями может эксплуатироваться в когенерационном (электроэнергия + тепло, общий КПД > 80%) и парогазовом (электроэнергия, электрический КПД > 50%) циклах, в зависимости от времени года и потребностей заказчика.

Необходимо учитывать, что большинство населения нашей страны живет в зоне суровых климатических условий. Для поддержания жизнедеятельности требуются значительные расходы электроэнергии и тепла. Поэтому основой энергоснабжения городов является

теплофикация, т. е. энергоснабжение на базе комбинированной или совместной выработки и тепловой, и электрической энергии в одной установке. Другими словами, микросети позволяют отказаться и от центральных котельных, которые имеют крайне низкий КПД из-за потерь в теплотрассах при транспортировке горячей воды на огромные расстояния.

В настоящее время осуществляется переход на новую концепцию теплоснабжения, когда природный газ должен направляться в первую очередь на цели теплоснабжения с использованием его для выработки электроэнергии на первой стадии в газотурбинных установках, а затем с утилизацией отходящего от турбин тепла в котлах-утилизаторах [3].

Анализ производителей газотурбинных двигателей РФ выделил два крупных предприятия, имеющих опыт, историю создания авиационных и наземных ГТД и широкий модельный ряд. Это ОАО «НПО «Сатурн», специализирующееся на выпуске ГТД, и ОАО «Газовые Турбины», выпускающее газопоршневые установки.

Модельный ряд ГТД состоит из следующих агрегатов: ДО49Р, ГТД4/6/6,3/8/10РМ. Для краткости их характеристики были сведены в таблицу.

Таблица 1 – Характеристики модельного ряда ГТД ОАО «НПО «Сатурн»

Газовая турбина	ДО49Р	ГТД-4РМ	ГТД-6,3РМ	ГТД-8РМ	ГТД-10РМ
Мощность на выходном валу, МВт	2.85	4.0	6.3	8.0	10.0
Мощность электрическая, МВт	2.5	3.9	6.1	7.7	9.6
Мощность тепловая, Гкал/час	4.423	5.35 ... 5.47	9.02 ... 9.32	11.0 ... 11.43	12.4 ... 12.73
КПД на выходном валу, %	28	32.5	32.5	34.5	35.5
КПД на клеммах генератора, %	27.2	31.2	31.2	33.12	34.08
N выходного вала, об/мин	3000	10 500	8 200	8 200	4 800
Применяемое топливо	газовое/ дизельное	газовое			
Расход топлива (на номинал. режиме), кг/час	775 / 810	900	1 418	1 730	2 055
Температура газа на выходе, °С	445	385	480	540	520
Расход газа на выходе, кг/с	15	21.52	25.80	28.00	32.85

На рисунке два показаны некоторые ГТД из модельного ряда ОАО «НПО «Сатурн».



а)



б)

Рисунок 2 - Газотурбинные двигатели производства ОАО «НПО «Сатурн»: а) ДО49Р, б) ГТД-6,3РМ [4]

Газопоршневые установки (электростанции) имеют в своём составе двигатели внутреннего сгорания. Точно так же, как и ГТД они могут служить для выработки тепла и электроэнергии. Станции малой мощности производятся по двум направлениям:

- мощностью 0,5...2 МВт;
- мощностью 2...4 МВт.

Основные параметры агрегатов:

- электрический КПД не менее 42-43%;
- удельный расход газа превышает не более 0,25 м<sup>3</sup>/кВт\*час;
- ресурс до капитального ремонта не менее 50 000 – 65 000 час;
- назначенный ресурс не менее 200 000 – 240 000 час.

В качестве двигателей внутреннего сгорания используются агрегаты фирм GE, Jeanbacher, Caterpillar, MWM. Положительный опыт эксплуатации был получен при запуске станций на объектах сети «Газпром».

Выводы: текущее состояние электросетей, условия рынка и развитие технологий свидетельствует о необходимости их модернизации. Одним из перспективных направлений является децентрализация или создание так называемых микросетей, в основе которых будут находиться ГТД и газопоршневые установки малой мощности, что позволит станциям адаптироваться к изменениям пикового потребления электроэнергии, иметь в одном модуле производство и тепловой энергии.

Анализ отечественного рынка свидетельствует о наличии необходимой элементной базы для проведения вышеописанных изменений.

#### Перечень ссылок

1. Б.Б. Кобец, И.О. Волкова «Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid». Монография, Москва 2010, 208 с.
2. Кузнецов П.А., Солёный С.В. «Перспективы внедрения микросетей или виртуальных электростанций в Донбассе». Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых. Сборник научных трудов XIV научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 22 – 24 апреля 2014 г.- Донецк, ДонНТУ, 2014. – 341 с.
3. В.В. Михайлов, В.А. Пономарев, В.В. Вятков «Термодинамический расчет ГТД». Учебное пособие для студентов, Рыбинск 2012.
4. Электронный ресурс. Официальный сайт ОАО «НПО «Сатурн». <http://www.nposaturn.ru/?sat=49>.
5. Электронный ресурс. Официальный сайт ОАО «Газовые турбины». <http://www.saturn-gt.ru/index.php/ru/produkcija/gazoporschnevie-ustanovki>.