

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ – ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Л.Л. Моисеев, В.Н. Сливной

Современная энергетика, являясь базовой отраслью для остальных отраслей производства и функционирования всех сфер общества, весьма уязвима, особенно в условиях угрозы терроризма и техногенных катастроф. Наглядной иллюстрацией являются недавние аварии в энергосистемах США, Канады, а также ряда европейских стран, когда без электроэнергии остались десятки миллионов человек.

Уязвимость современной энергетики, как и других больших искусственных систем, отличающихся унификацией, единообразием составляющих элементов и жесткими связями между ними, обусловлена несоблюдением принципа разнообразия и неоднородности, присущих живой природе. Любая система не является гармоничной и устойчивой, если она состоит только из крупных объектов или наоборот из одних мелких. То же относится и к энергетике. Система не должна состоять из одних только крупных электростанций – гигантов энергетике (к чему в свое время стремились в СССР) или только из небольших станций. Необходимо определенное сочетание источников различной мощности. Объяснение этого основано на введении Б.И.Кудриным для сложных технических систем нового понятия – техноценоза, подобного другим известным ценозам (биологическим и др.) [1].

Развитие техноценозов характеризуется объективными закономерностями. Для их устойчивого развития система должна соответствовать гиперболическому  $N$  – распределению, при котором наиболее крупные значительные объекты составляют 5...10 % от общего числа элементов системы; с уменьшением показателей (габаритов, массы, мощности и т.д.) объекты становятся все более массовыми. С этих позиций система энергоснабжения, включающая источники, потребителей и связи между ними, может рассматриваться как разновидность техноценоза – энергоценоз. При этом соотношение элементов в нем, например, источников по мощности должно подчиняться общему для всех техноценозов  $N$  – распределению.

В связи с этим, одним из приоритетных направлений повышения энергетической безопасности (ЭнБ) является в настоящее время развитие распределенной генерации

энергии (РГЭ), осуществляемой на небольших локальных источниках, расположенных вблизи потребителей. Это обусловлено, прежде всего, возрастающими требованиями к надежности энергоснабжения. При этом одновременно должны производиться как электрическая, так и тепловая энергия, то есть должна осуществляться децентрализованная когенерация – децентрализованное комбинированное производство тепла и электроэнергии (КПТЭ), обеспечивающее снижение расхода топлива примерно на 30 % по сравнению с их отдельной выработкой. Таким образом, РГЭ, повышая ЭнБ, является энергосберегающей технологией.

В настоящее время РГЭ получает все более широкое распространение в развитых странах. В США разработан стратегический план строительства малых локальных энергоустановок непосредственно у потребителей [2]. В нем отмечаются следующие мировые тенденции в энергетике: удвоение энергопотребления через 20 лет; малые модульные системы начали превосходить по эффективности и экологическим характеристикам стационарные электростанции; эффективность и экология становятся региональными и глобальными девизами. В 2000 г. в США в 1,5-2 раза увеличилось число заказов на малое электрогенерирующее оборудование. Одной из ближайших целей (2005 г.) предусматривается преодоление законодательных барьеров при получении согласований для размещения распределенных энергоисточников и присоединения к сетям, а к 2010 г. децентрализованные источники будут составлять в США около 20 % вновь вводимых мощностей.

Так же целенаправленно, при правительственной поддержке развивается РГЭ в Японии и во многих европейских странах – Великобритании, ФРГ, Нидерландах, Дании и др. Особенно характерен и нагляден в этом отношении пример Дании, которая наряду с централизованным, успешно развивающаяся и децентрализованное КПТЭ. В 1996 г. доля ТЭЦ в производстве электроэнергии превысила там 50 %, а к 2010 г. должна достичь 70% . В этой небольшой европейской стране, площадь которой в два раза меньше Кемеровской области, в середине 90-х годов прошлого века было свыше 120 источников,

обеспечивающих на различных типах установок и с использованием различных видов топлива (природный газ, биогаз, уголь, отходы, солома) децентрализованное КПТЭ; установки имели диапазон по электрической мощности 0,165...71,7 МВт, по тепловой – 0,26...60,9 МВт. К 2005г. около 30 % потребляемого в Дании тепла будет обеспечено от децентрализованных ТЭЦ [3]. Для привода турбин используются в основном газовые двигатели, а также паровые и газовые турбины и ПГУ.

Еще более актуально развитие РГЭ для России, имеющей огромную территорию и переживающей сложный период перехода к рыночной экономике. Безусловно, гарантом ЭНБ страны, обеспечивающим надежность энергоснабжения большинства крупных потребителей, является «большая» энергетика, основу которой составляет Единая энергетическая система (ЕЭС) России. При этом ЕЭС охватывает лишь около 30 % территории страны, остальные 70% - обеспечивают электроэнергией электростанции, работающие в автономном режиме, или изолированные энергосистемы. Состояние же электроэнергетики, как отмечается в ряде серьезных документов, в том числе, в программе РАО «ЕЭС России» - критическое. Это подтверждается практическим прекращением ввода новых мощностей на тепловых электростанциях, увеличением удельных расходов топлива, повышением затрат на ремонт и эксплуатацию, приближением физического износа оборудования к пределу для 50 % мощности [4,5]. Особенно актуально это для Сибири, где износ основных производственных фондов превышает этот показатель по сравнению с другими региональными энергосистемами и составляет 53,8 % [6].

В ближайшей перспективе при отсутствии крупных инвестиций можно рассчитывать лишь на незначительные объемы технического перевооружения и реконструкции отрасли. В этих условиях важный резерв укрепления ЭНБ регионов представляет «малая» энергетика, создаваемая на основе РГЭ за счет расширения сети малых (мощностью до 30 МВт), а также мини- и микроТЭЦ (мощность – десятки кВт).

МиниТЭЦ могут быть реализованы на основе различных технологий и оборудования: паротурбинных установок (ПТУ), противодавленческих (Р) и с регулируемым отбором (ПТ), газотурбинных установок (ГТУ) с котлом утилизатором (КУ), парогазовых установок (ПГУ), гидропаровых турбин (ГПТ), га-

зопоршневых (газовых) и дизельных двигателей. В многочисленных публикациях об РГЭ, число которых увеличивается, что свидетельствует об актуальности данного направления, их авторы отдают предпочтение разным установкам и обосновывают преимущества тех или иных технологий. Однозначного вывода и рекомендаций здесь нет, необходимо учитывать затраты на сооружение, топливо и эксплуатацию миниТЭЦ по сравнению с другими вариантами, срок окупаемости, себестоимость произведенной энергии и др. Приводимые в публикациях для различных технологий показатели имеют достаточный разброс, но в среднем капитальные затраты на реконструкцию существующих паровых котельных в ПТУ путем их надстройки турбогенератором составляют в зависимости от мощности 115...200 долл/кВт, затраты на создание миниТЭЦ при использовании ДВС – 500...650 долл / кВт, с использованием ГТУ 700...1200 долл / кВт. В целом, по ряду показателей для миниТЭЦ предпочтительны газовые и дизельные приводы. Они обладают целым рядом преимуществ: в широком диапазоне мощностей КПД моторного привода на 13...17 % выше, чем газотурбинного; время запуска при экстренном включении около 30 с, а для ГТУ – 10 мин; ресурс их работы до капитального ремонта в 1,5...2 раза превышает полный ресурс (до списания) ГТУ; перечень основного оборудования газопоршневых станций меньше; не требуются на них и дорогие компрессоры [7].

В упоминавшейся выше энергетике Дании на 55% децентрализованных ТЭЦ используются именно газовые двигатели, причем их распределение по мощности подчиняется Н – распределению (рис.1).

Отмеченные выше разнообразие используемых энергоресурсов, а также различных технологий также соответствует принципу разнообразия и неоднородности, способствующего повышению устойчивости и гармоничности энергосистем и соответственно ЭНБ регионов и стран в целом.

Если развитые страны достаточно продвинулись в реализации РГЭ, то Россия находится на начальном этапе, хотя определенный опыт, конечно, здесь есть. В России и странах СНГ эксплуатируются 110 ГТУ единичной мощностью более 10 МВт. Около 70 миниТЭЦ (2001г.) на базе ГТУ мощностью 2,5 МВт и 10 штук мощностью 4 МВт, выпущенные ОАО «Пермские моторы» работают по простому циклу, в основном, в нефтегазовом комплексе. Имеется также несколько ГТУ

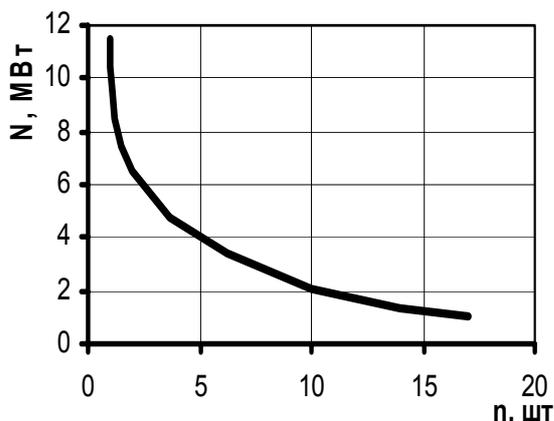


Рис. 1. N-распределение газовых двигателей по мощности в децентрализованном КППЭ Дании

зарубежного производства - в частности, в 1999 г. в г. Электросталь Московской области начала эксплуатироваться ГТУ мощностью 17 МВт, имеющая КПД 31 % с котлом-утилизатором фирмы ABB Stal [ 8 ]. В данной работе также на основе проведенного анализа по данным заводов – изготовителей миниТЭЦ, созданных с 1990 по 2001 г. на основе современных ГТУ, сделан вывод о весьма ограниченном числе их изготовления и эксплуатации, что связывается с малыми инвестиционными средствами в России и СНГ.

Также незначительны масштабы создания и эксплуатации миниТЭЦ на базе газовых двигателей и ПТУ, хотя предпосылки для этого есть. В России выпускаются газопоршневые энергоблоки мощностью 1-1,5 МВт; дизельные агрегаты переоснащаются для работы на газе в ООО «Эконефтегаз» и «Сибэнергопром» [7]. Имеется опыт применения и зарубежных газопоршневых установок для создания миниТЭЦ в России, в частности, когенерационные установки Caterpillar, которые могут использовать в качестве топлива природный газ, попутный нефтяной газ, шахтный метан, дизельное топливо, сырую нефть и др. Мощностной ряд силовых установок на основе газопоршневых установок находится в диапазоне от 10 до 5900 кВт, а единичная мощность дизельных агрегатов составляет от 9,1 кВт до 15,71 МВт [8].

Для ускорения реализации РГЭ, в связи с ограниченными инвестиционными средствами, на начальном этапе наиболее целесообразно не создание новых мини – ТЭЦ, а реконструкция существующих котельных путем надстройки их электрогенератором с со-

ответствующим приводом. Для угольных котельных с паровыми котлами наиболее приемлемым (если не единственным) вариантом представляется установка противодавленческих турбин [10]. Такие турбины выпускаются в России Калужским турбинным заводом (КТЗ), а также ЗАО «Завод» Киров – Энергомаш» - дочернее предприятие ОАО «Кировский завод». В настоящее время КТЗ поставляет шесть модификаций противодавленческих турбогенераторных установок (ТГУ) «Кубань – 0,5» мощностью от 500 до 750 кВт, выполненных компактными блоками 100 % - ной заводской готовности и оснащенных вспомогательным оборудованием. Как отмечается в [ 10 ], сооружение миниТЭЦ на базе таких ТГУ наиболее целесообразно для котлов с единичной паропроизводительностью свыше 10 т/ч, срок их окупаемости около 1 года, а с учетом затрат на проектирование, монтаж и обслуживание он возрастет до 1,5...2 лет (при стоимости электроэнергии 1 руб /кВт·ч).

Особенно перспективно применение данной технологии РГЭ в Кузбассе, где имеется около 1400 котельных, подавляющее число которых работает на угле. При этом в первую очередь следует реконструировать в миниТЭЦ шахтные котельные, большинство из которых оборудованы котлами типов ДКВР, ДЕ, КЕ. Для наибольшего экономического эффекта целесообразно вначале оборудовать ТГУ котельные, использующие уголь собственной добычи, т.е. энергетические угли марок СС, Д, ДГ, Т. В этом случае миниТЭЦ будет получать уголь по себестоимости. При добыче же шахтой коксующихся углей, миниТЭЦ будет работать на покупном топливе, следовательно, его затраты в себестоимости производимой электроэнергии возрастут. В Кузбассе в настоящее время около 90 шахт, из них примерно половина добывают уголь указанных марок (СС и др.) Если принять среднюю мощность замещающих миниТЭЦ, в которые целесообразно реконструировать указанные котельные - 3 МВт, то их суммарная мощность может составить 120 – 130 МВт. При существующем в Кузбассе некотором дефиците мощности, одно только это мероприятие может обеспечить замещение закупаемой на ФОРЭМ электроэнергии. В дальнейшем же, можно предполагать реконструкцию в миниТЭЦ еще по крайней мере 25 % существующих в Кузбассе котельных. Следовательно, РГЭ не только повышает надежность энергообеспечения потребителей, но и дает существенный эконо-

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ – ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

мический эффект, а также способствует улучшению экологической обстановки за счет снижения расхода топлива.

К сожалению, несмотря на очевидные преимущества РГЭ, в Кузбассе пока нет ни одной действующей миниТЭЦ, что связано с отсутствием благоприятного инвестиционного климата в энергетике, как, впрочем, и в других отраслях промышленности. Тем не менее, заканчивается строительство первой в области Анжерской миниТЭЦ общей мощностью 10 МВт. Из них 2 МВт пойдет на собственное потребление, 4 МВт поступит в городское хозяйство, остальную электроэнергию предполагается продавать. Своя электроэнергия будет обходиться значительно дешевле (на 15 %) по сравнению с продукцией ОАО «Кузбассэнерго»

Таким образом, РГЭ, кроме перечисленных преимуществ, создает также предпосылки для становления розничного и оптового конкурентных рынков электроэнергии. Однако предварительно должен быть решен ряд технических и юридических вопросов, прежде всего о согласовании параллельной работы миниТЭЦ с энергосистемой.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрин Б.И. Введение в технетику. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1993. - 345 с.

2. Стратегический план развития малых локальных энергоустановок в США. – Промышленная энергетика, 2001, № 12, - С.50-53

3. Децентрализованное комбинированное производство тепла и электроэнергии в Дании // Отчет. Копенгаген. 1993. - 56 с.

4. Батенин В.М., Масленников В.М., Цой А.Д. О роли и месте децентрализованных источников энергоснабжения. – Энергосбережение, 2003, № 1.- С.14 – 18.

5. Дьяков А.Ф. Некоторые аспекты обеспечения энергетической безопасности страны и развития малой энергетики. – Энергетик, 2003, № 4. - С.4-6.

6. Романов А.А., Земцов А.С. Необходимость технического перевооружения электроэнергетики России. – Промышленная энергетика, 2002, № 3.- С. 2-5.

7. Грицына В.П. Развитие малой энергетики – естественный путь выхода из наступившего кризиса энергетики. – Промышленная энергетика, 2001, № 8. - С.13-15.

8. Аметистов Е.В., Клименко А.В., Леонтьев А.И. и др. Приоритетные направления перехода муниципальных образований на самообеспечение тепловой и электрической энергией. – Изв. АН, Энергетика, 2003, № 1. - С. 107-117.

9. Тищенко Д.В. Децентрализованное комбинированное производство электроэнергии и тепла на установках Caterpillar. – Энергосбережение, 2003, № 2. - С.34-35.

10. Бутузов В.А. Паровые противодавленные турбины в котельных промышленных предприятий. – Промышленная энергетика, 2002, №10.- С. 23-27.