УДК 621.311.11

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Голобоков, к.т.н., доцент *, Ю. О. Агеева,
Т. Ю. Бростилова, к.т.н., доцент, К. А. Степанова
ФГБОУ ВО «ПГУ»

В статье отражена важность распределенной генерации в хозяйстве субъекта, а также описано состояние распределенной генерации в удалённых районах Пензенской области.

Ключевые слова: распределённая генерация, энергоснабжение, малая генерация.

Развитие распределенной генерации (РГ) в России идет быстрыми темпами и отражает общемировую тенденцию. С одной стороны, распределённая энергетика снижает затраты потребителей на энергоснабжение, с другой – уменьшает нагрузки на сети и потери электроэнергии на транзит. В результате повышается надежность работы электроэнергетики и эффективность экономики.

Распределенная генерация – принципиально новое явление в энергетике. Как показывает анализ литературы по данной проблеме, для термина РГ общепринятое определение пока еще отсутствует. В зарубежной литературе для понятия «распределенная генерация» используется различная терминология и определения. Например, в Австралии часто используют термин «встроенная генерация», в странах Северной Америки – термин «рассредоточенная генерация», в Европе и некоторых азиатских странах – «децентрализованная генерация» [1].

Помимо терминологии существенно отличается и классификация устройств РГ, в частности классификация по установленной мощности. На международном уровне эти различия обусловлены особенностями политического и экономического устройства и местоположения [1]. Например, в Великобритании и Уэльсе электростанции мощностью менее 50 МВт не принимают участия на оптовом рынке электроэнергии, а диспетчеризация осуществляется только для станций мощностью более 100 МВт. В Соединенном Королевстве обуславливают классификацию РГ как устройств с установленной мощностью менее 100 МВт.

В Швеции верхним пределом мощности малой генерации является установленная мощность 1,5 МВт [2]. Это связано с тем, что шведское законодательство в области энергетики рассматривает единичную установленную мощность агрегата, а не станции в целом. Например, ветровая электростанция состоит из сотни ветрогенераторов мощностью по 1,5 МВт каждый, но при этом является объектом малой генерации.

Отличие классов напряжений для передающей и распределительной сетей в разных странах также создает барьер для четкой формулировки определения понятия малой генерации. Поэтому в данном случае будет уместно проводить различия по области компетенции энергетических компаний, связанных с передачей и распределением.

Эти и многие другие особенности международного характера затрудняют формулировку общего определения РГ, учитывающего особенности расположения и классификации данных устройств. Поэтому в качестве вводного примем следующее определение: «распределенная генерация – это энергетические ресурсы, мощностью не более 100 МВт, устанавливаемые как с питающей стороны, так и со стороны потребления, которые могут иметь повсеместное применение в распределительных сетях для обеспечения надежного электроснабжения потребителей»

Исторически в России сложилась централизованная система энергоснабжения. Потребитель в такой системе играет подчиненную роль. Он не имеет возможности влиять на уровень тарифа, несет потери в случае отключения энергии, оплачивает завышенные тарифы на производство и передачу электроэнергии (ЭЭ). Одним из способов развития конкуренции на электроэнергетическом рынке является распределенная энергетика, которая может привести к коренному изменению взаимоотношений потребителей и крупных производителей [2].

Понятие «распределенная энергетика» использует различные технологии и приложения. Исследователи считают, что распределенная энергетика – это сектор энергетического комплекса, включающий в себя малые генерирующие установки, которые могут работать автономно или быть подключены в общую сеть. Множество потребителей производят тепловую и электрическую энергию для собственных нужд и направляют ее излишки в общую электрическую или тепловую сеть [2].

Применение РГ возможно для достижения многих целей. Во-первых, это использование РГ автономно, как альтернатива ЕЭС. Также это возможность применения в качестве резервного энергоснабжения. Мощность, вырабатываемая РГ, может быть использована для перекрытия пиковых нагрузок, при параллельной работе с ЕЭС [3]. Возможно осуществление экспорта ЭЭ в распределительную сеть, регулирование напряжения, за счет дополнительной выработки реактивной мощности [4] .

Положительные эффекты от распределенной генерации можно условно поделить на три группы: технологические, экономические и социальные эффекты. Технологические эффекты:

1. Повышение надежности электроснабжения потребителя (за счет расположения РГ вблизи центров нагрузок);
2. Повышение энергобезопасности (за счёт вовлечения местных энергоресурсов и применения альтернативной энергетики);

3. Оптимизация управления нагрузкой (за счет выработки ЭЭ для непосредственного потребителя) и создание необходимых технологических резервов с учетом производственных циклов потребителя;

4. Возможность использования технологии «Smart Grid» для гибкости энергосистемы;

5. Экологический эффект за счет снижения выбросов парниковых газов (путем введения ВИЭ).

К экономическим и социальным эффектам относятся:

1. Оптимизация графиков нагрузок;

2. Возможность когенерации;

3. Сочетание видов топлива для выработки энергии (возможность использовать продукты и отходы от основного производства);

4. Снижение потерь в сетях и соответственно снижение цен на ЭЭ;

5. Доступность энергоснабжения потребителей, изолированных от ЕЭС России;

6. Увеличение инвестиционной привлекательности энергетики;

7. Создание новых производств и рабочих мест;

8. Снижение затрат на развитие крупной генерации и сетевого комплекса.

Распределенная генерация имеет ряд недостатков

1. Прогнозирование нагрузки для ВИЭ очень затруднительно, для обеспечения надежности и повышения экономического эффекта таких систем используются сложные математические модели прогнозирования.

2. Станции на возобновляемых источниках энергии из-за новизны технологий достаточно трудно проектировать, возникают вопросы при эксплуатации и ремонтных работах. Большое внимание нужно уделять повышению надежности, регулированию частоты и напряжения.

3. Параллельная работа источников РГ с ЕЭС мало изучена, расчет устойчивости энергосистемы и переходных процессов до сих пор требует научной проработки. На практике такой режим почти не используется.

4. Проектирование релейной защиты усложняется, так как сети с множеством генерирующих источников имеют более сложную конфигурацию и все связи становятся двухсторонними.

5. Дороговизна нового оборудования, большая таможенная пошлина на ввозимое из-за границы оборудования.

6. Сложности лицензирования и технического регулирования новых станций.

7. Негативное отношение генерирующих и сетевых компаний к РГ из-за лишения значительной части доходов от промышленных предприятий.

8. Высокая стоимость системы при предъявлении потребителем особых требований к надежности электроснабжения.

Большие возможности для развития РГ предоставляют территориальные особенности РФ. РГ открывает огромные перспективы для повышения эффективности функционирования систем энергоснабжения ЕЭС России и формирования оптимальных энергетических балансов. На данный момент в России функционирует около 50 тысяч установок РГ, что очень незначительно по сравнению с другими странами [5]. В изолированных регионах энергоснабжение полностью осуществляется объектами малой генерации. В целом говорить о глобальном переходе к РГ в нашей стране на сегодняшний день достаточно рано. В обозримой перспективе большое значение будут иметь централизованные системы.

В России распределенная энергетика представлена газотурбинными установками (ГТУ), газопоршневыми установками (ГПУ), дизельными электростанциями (ДЭС), микро-турбинами, а также установками на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Сейчас в нашей стране возникла острая необходимость огромного количества инвестиций в электроэнергетику. Причина - десятки тепловых электростанций (ТЭС), построенных 40-50 лет назад исчерпали свой ресурс и нуждаются в срочной замене [6]. К 2035 году потребуется реконструировать или заменить новыми генерирующими мощностями не менее 70 ГВт, вырабатываемых на износившихся ТЭС.

Исследование показало, что РГ в России обладает огромным потенциалом. Оценка осуществлялась на основе потребности РФ в генерирующих мощностях, повышения энергоэффективности, развитии распределенной когенерации, потенциала собственной генерации потребителей и распределенных ВИЭ.

Перспективы развития распределенной электроэнергетики в удаленных объектах Пензенской связывают со следующими причинами:

1. Развитие технологий в сфере малой генерации. В настоящее время в зависимости от местных источников существуют различные способы производства электроэнергии: мини-гидроэлектростанции, солнечные, ветряные установки, микротурбины, работающие на природном газе, дизельные и бензиновые генераторы, станции, использующие биотопливо.

2. Развитие интеллектуальных энергетических систем - SmartGrid, «энергетический интернет», «виртуальная электростанция». Использование цифровых технологий позволяет эффективно отслеживать и управлять работой объектов малой генерации, повышает возможности координации работы множества генераторов, сетевых организаций и потребителей и в целом способствует повышению надежности и стабильности электроэнергетической системы.

3. Сложная ситуация в экологической сфере. Распределенная электроэнергетика направлена на более эффективное использование ресурсов и минимизацию воздействия на окружающую среду.

Несмотря на видимые преимущества распределенной энергетики, она еще не получила широкого распространения на удалённых объектах Пензенской области. Субъекты малой генерации сталкиваются со значительными барьерами при входе на электроэнергетический рынок, в числе которых:

– Несовершенство законодательства. Не отрегулировано взаимодействие субъектов малой генерации с сетевыми компаниями, определяющими порядок и форму технологического присоединения к сетям. В частности, отношения со сбытовыми компаниями осложняет возможность продажи излишков электроэнергии на оптовый и розничный рынки.

– Барьеры экономического характера, обусловленные высокими удельными капитальными вложениями, которые вызывают необходимость поиска финансовых средств и увеличивают инвестиционные риски.

– Лоббирование интересов крупных генерирующих компаний, которые не заинтересованы в появлении конкурентов.

– Барьеры технологического характера, связанные с трудностями в контроле напряжения, управлении реактивной мощностью, со снижением эффективности электрических защит, усложнением работы системного оператора, уменьшением надежности и стабильности работы энергетической системы.

Первой компанией на территории Пензенской области, начавшей заниматься развитием распределенной генерации и преодолевшей эти барьеры является ООО «ЭАК» [7]. В 2013 году компанией построен и запущен в эксплуатацию энергетический центр в Нижнеломовском районе Пензенской области для нужд комплекса ГК «ДАМАТЕ» по выращиванию и переработке индейки.

Энергетический центр на базе трех ГПУ MWM GmbH типа TCG2020V20 выдает 6,0 МВт электрической мощности и 6,4 МВт тепловой мощности. КПД газопоршневого агрегата MWM TCG 2020 V20 с системой утилизации тепла достигает 87%. В таблице 1 представлены технические характеристики энергетического центра.

Таблица 1. Маркетинговые показатели

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Количество
1	Тип используемого двигателя		MWMTCG 2020 V20 (4 шт.)
2	Электрическая мощность	кВт	8 000
3	Тепловая мощность	кВт	9 200
4	Расход газа	$м^3$/ч	1 968
5	Ресурс до капитального ремонта	мото/ч	64 000
6	Полный ресурс	мото/ч	Не менее 240 000

Компания MWM GmbH является одним из ведущих поставщиков высокоэффективных и экологически чистых установок по производству

энергии [4]. Компания имеет 140-летний опыт разработки и оптимизации газовых двигателей и генераторов, работающих на природном газе.

В 2015 году проведена модернизация энергоцентра, электрическая мощность увеличена до 8,0 МВт и тепловая до 8,5 МВт. В 2019 году проведена вторая модернизация энергоцентра, на базе 6 когенерационных установок MWM TCG 2020V20 энергоцентр выдает до 12 МВт электрической мощности и до 12,78 МВт тепловой мощности.

К распределительным сетям энергоцентра ООО «ЭАК» в Нижнеломовском районе Пензенской области подключены:

- завод по убою и переработке индейки в с. Овчарное Нижнеломовского р-на Пензенской области (ГК «ДАМАТЕ»);
- сеть площадок по откорму и выращиванию индейки в с. Новая Пятина Нижнеломовского р-на Пензенской области (ГК «ДАМАТЕ»);
- цех технических фабрикатов в с. Овчарное Нижнеломовского р-на Пензенской области (ГК «ДАМАТЕ»);
- комбикормовый завод производительностью 30 тонн/час со складом хранения зерна в г. Нижний Ломов Пензенской области (ГК «ДАМАТЕ»);
- Нижнеломовский ликероводочный завод в г. Нижний Ломов Пензенской области (ООО «Объединенные Пензенские ЛВЗ»).

На рисунке 1 представлена схема сети ООО«ЭАК».

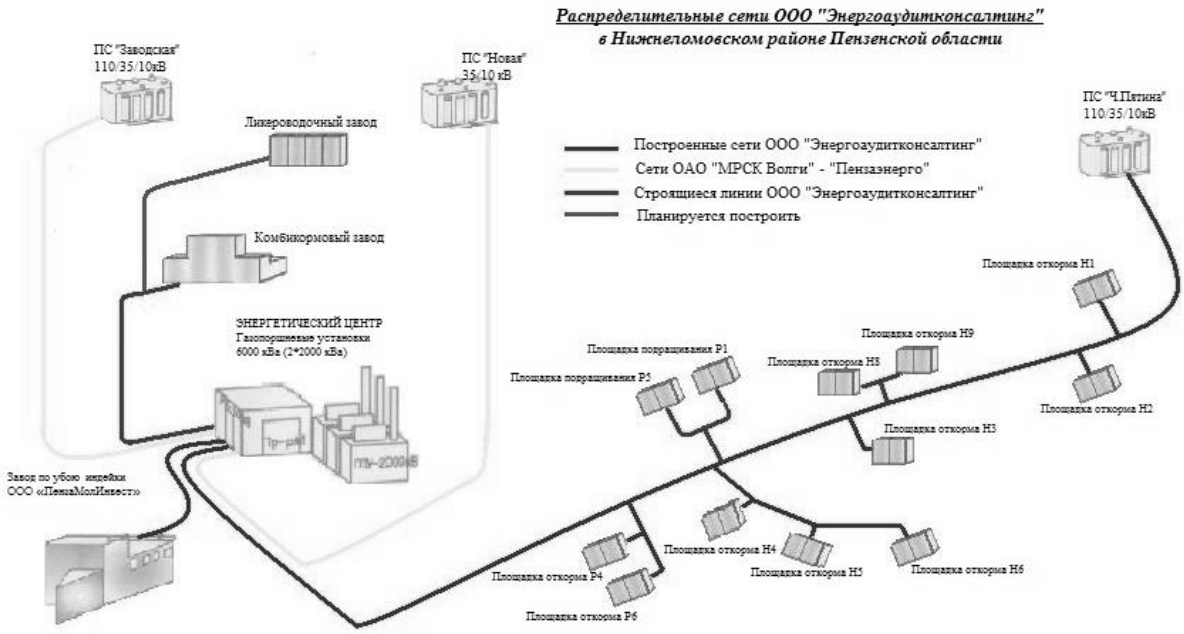

Рисунок 1. Распределительные сети ООО«ЭАК»

В момент запуска энергетический центр отпускал электрическую и тепловую энергию стратегическому партнеру - заводу по убою и переработке индейки производительностью 700 голов в час ООО «ПензаМолИнвест». Электрическая мощность составляла 1,4 МВт, тепловая мощность - до 1 МВт.

Поставка электрической энергии на площадки по выращиванию и откорму индейки ООО «ПензаМолИнвест» составляла 1 МВт электрической мощности. Ликероводочному заводу ООО «Объединенные Пензенские водочные заводы» отпуск электрической энергии - до 1 МВт электрической мощности.

В настоящее время энергетический центр через введенные линии электропередач отпускает электроэнергию в существующую районную распределительную сеть – электросетевую компанию «Нижнеломовская РЭС», филиала ОАО «МРСК Волги» - «Пензаэнерго». На данный момент фактически построено 32 км линий электропередач от энергетического центра до потребителей.

К 2020 г. в России планируется заменить устаревшие энергосети на интеллектуальные энергосистемы SmartGrid [8]. «Умная» сеть должна обеспечить потребителям надежную и выгодную поставку энергии, а также предоставить поставщикам электроэнергии свободный от государственной монополизации рынок сбыта.

Суть проекта заключается в установке на все узлы энергосистемы интеллектуальных устройств управления, которые будут интегрированы через коммуникационную магистраль с центрами обработки данных и автоматизированными системами управления (АСУ).

Коммутаторы объединяют на технологическом уровне электрические сети, потребителей и поставщиков электроэнергии в целостную автоматизированную систему. Система с активно-адаптивной сетью позволит в автоматическом режиме выявить обрывы сети и изменить ее работу с предотвращением возникших неисправностей и аварий. Также «умная» энергосистема позволит интегрировать любые источники электроэнергии, в том числе и пульсирующие, такие как газопоршневые установки и ветряные электростанции [8].

Реализация проекта SmartGrid также должна создать комфортные условия для пользователей электроэнергии. Потребителю будут предоставлены новые возможности самому взаимодействовать с энергосистемой [8]. Появится возможность выбора тарифа, возможность планировать свое энергопотребление за счет многотарифных счетчиков, но, кроме того, при выполнении некоторых условий потребитель сможет сам продавать энергию, которая будет вырабатываться его солнечной батареей или ветряком.

Таким образом, дефицит мощностей в централизованной энергетике возможно полностью закрыть путем использования потенциала распределенной генерации. Для реализации потенциала распределенной энергетики в Пензенской области и других субъектах Российской Федерации потребуется изменение сложившейся практики и нормативного регулирования в отрасли. Рост доли распределенной генерации в ЭЭС не только имеет положительные стороны, но и создает определенные

технические проблемы, которые связаны с изменением свойств систем, возможностей управления ими в нормальных и аварийных условиях [6]. Эти проблемы решаемы, однако при этом усложняется диспетчерское и автоматическое управление ЭЭС, требуется разработка новых математических моделей по обоснованию развития ЭЭС и систем электроснабжения, анализу их режимов и управлению ими.

Библиографические ссылки

1. **H. B. Puttgen, P. R. Macgregor, and F. C. Lambert, "Distributed generation: Semantic hype or the dawn of a new era?" IEEE Power Energy Mag., vol. 1, no. 1, pp. 22–29, Jan. 2003.**
2. **Government of Alberta: Agriculture and Rural Development, "Biogas (methane) overview", Website, Sep. 2008. URL: http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/afi11109 (дата обращения: 29.04.2009).**
3. **Ерёмин Л.М. Комбинированное производство электроэнергии – ключ к повышению энергоэффективности // Теплоэнергоэффективные технологии. 2001. №4. С.3-9.**
4. **Зингер Н.М., Белевич А.И. Развитие теплофикации в России // Электрические станции, 1999. №10. С.2-3.**
5. **C. W. Gellings, "The concept of demand-side management for electric utilities", Proc. IEEE, vol. 73, no. 10, pp. 1468–1470, Oct. 1985.**
6. **P. Frase and S. Morita, "Distributed generation in liberalised electricity markets", International Energy Agency, 9, rue de la F.ed.eration. 75739 Paris, cedex 15, France, Tech. Rep., 2002.**
7. **S. Blazewicz, "Reliability and distributed generation", Arthur D. Little, Inc., Tech. Rep., 2000.**
8. **Боровков В.М., Бородина О.А. Развитие малой энергетики, как элемент стратегической программы и энергосберегающей политики России // Энергетическая безопасность. 2005: Тез. Докл. С-Пб: Ленэкспо. 2005. С.10-12.**

Голобоков Сергей Владимирович, *кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика и электротехника», институт механики и энергетики, ФГБОУВО «Пензенский государственный университет». Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40. Тел.: (841-2) 56 35 11. E-mail: golobokov_sv@mail.ru*

Степанова Кристина Андреевна, *бакалавр 2 года обучения, институт механики и энергетики, ФГБОУВО «Пензенский государственный университет». Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40. Тел.: (841-2) 56 35 11. E-mail:amster1975@yandex.ru*

Бростилова Татьяна Юрьевна, *кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика и электротехника», институт механики и энергетики, ФГБОУВО «Пензенский государственный университет». Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40. Тел.: (841-2) 56 35 11. E-mail:eltech@pnzgu.ru*

Агеева Юлия Олеговна, *инженер в отделе комплексного проектирования ООО «Инженерная производственная компания», магистр 1 года обучения, институт механики и энергетики, ФГБОУВО «Пензенский государственный университет». Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40. Тел.: (841-2) 56 35 11. E-mail: iuliaageeva@yandex.ru.*

DISTRIBUTED GENERATION OF ELECTRIC ENERGY IN THE PENZA REGION

The article reflects the importance of distributed generation in the subject's economy, and also describes the state of distributed generation in remote areas of the Penza region.

Key words: distributed generation, energy supply, small generation.

Golobokov Sergey Vladimirovich*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Power Engineering and Electrical Engineering", Institute of Mechanics and Energy, Penza State University. Russia, 440026, Penza, Red st., 40. Phone: (841-2) 56 35 11. E-mail: golobokov_sv@mail.ru*

Stepanova Kristina Andreevna*, Bachelor of 2 years of study, Institute of Mechanics and Energy, Penza State University. Russia, 440026, Penza, Red st., 40. Phone: (841-2) 56 35 11. E-mail: amster1975@yandex.ru*

Brostilova Tatyana Yuryevna*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Power Engineering and Electrical Engineering", Institute of Mechanics and Energy, Penza State University. Russia, 440026, Penza, Red st., 40. Phone: (841-2) 56 35 11. E-mail: eltech@pnzgu.ru*

Ageeva Julia Olegovna*, engineer in the department of integrated design of Engineering Production Company LLC, master of 1 year of study, Institute of Mechanics and Energy, Penza State University. Russia, 440026, Penza, Red st., 40. Phone: (841-2) 56 35 11. E-mail: iuliaageeva@yandex.ru.*