

В роботі визначається актуальність побудови розподілених енергосистем на базі застосування концепції MicroGrid та використанні відновлювальних джерел енергії, шляхом аналізу сучасного стану енергетичного комплексу, визначення існуючих проєктів та законодавчої бази в області альтернативної енергетики на території України

Ключові слова: MicroGrid, відновлювальні джерела енергії, комп'ютерне моделювання, енергетична модель, геоінформаційна система

В работе определяется актуальность построения разделенных энергосистем на базе применения концепции MicroGrid и использовании возобновляемых источников энергии, путем анализа современного состояния энергетического комплекса, определения существующих проектов и законодательной базы в области альтернативной энергетики на территории Украины

Ключевые слова: MicroGrid, возобновляемые источники энергии, компьютерное моделирование, энергетическая модель, геоинформационная система

АКТУАЛЬНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В. В. Шендрик

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: ve-shen@opm.sumdu.edu.ua

С. М. Ващенко

Кандидат технических наук, старший преподаватель*

E-mail: sveta@opm.sumdu.edu.ua

О. В. Шулима

Аспирант*

E-mail: o.shulyma@gmail.com

К. А. Омеляненко

Аспирант*

E-mail: Kateryna.Omelianenko@gmail.com

*Кафедра компьютерных наук

Сумский государственный университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, Украина, 40002

1. Введение

Сегодня основная часть электроэнергии вырабатывается централизованно, на больших электростанциях, которые имеют высокие энергетические показатели, но вынуждены поставлять энергию конечным пользователям на большие расстояния. Как следствие, образуются значительные потери полезной энергии.

Множество стран в настоящее время активно используют концепцию распределенного производства и потребления энергоресурсов, смысл которого заключается в следующем: энергетическая система в основном состоит из генераторов электрического тока средней и малой мощности, расположенных непосредственно возле конечного энергопотребителя. Таким образом, практически отсутствует необходимость создания и обслуживания глобальной системы ее транспортирования. Пользователь самостоятельно осуществляет использование и обслуживание таких источников, использует полученную энергию для собственных нужд, и в случае ее излишка отдает в общую сеть, где электрическая энергия может использоваться другими потребителями [1]. Применение модульной

идеологии позволяет легко интегрировать в систему любые (как возобновляемые, так и не возобновляемые) источники.

На Украине насчитывается 446 городов, 907 поселков городского типа и 10196 сёл и прочих населённых пунктов, многие из которых расположены в горных районах, или отдаленных от электростанций местах. Также стремительно развивается сектор строительства коттеджных поселков. Согласно данным консалтинговой компании SV Development, только в Киевской области в 2013 г. количество коттеджных поселков увеличилось до 145 [2]. Именно концепция MicroGrid позволяет достичь оптимального отношения между генерацией и потреблением энергии на уровне микрорайона или поселка.

2. Постановка проблемы

Существующие сегодня технологии не позволяют построить стойкую систему, что использует только альтернативные виды энергии. Интеграция таких источников с традиционными имеет множество проблем.

При этом использование альтернативных источников энергии частично решает задачу достижения баланса между пользователем и генерацией как на макро - так и на микроуровне.

Процесс построения MicroGrid и даже ее предварительного планирования довольно трудоемкий, и зависит от множества факторов. Несмотря на модные тенденции, не всегда возможно и выгодно использовать те или иные возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

3. Цели и задачи исследования

В работе была поставлена цель определить актуальность построения распределенных энергетических систем с интеграцией ВИЭ на территории Украины и их компьютерного моделирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить проблемы, возникающие при энергопотреблении из существующей системы энергоснабжения,
- проанализировать сферу использования электроэнергии из ВИЭ на территории Украины,
- определить отношение государства к поставленной проблеме,
- проанализировать существующие проекты в области компьютерного моделирования.

4. Анализ эффективности использования ВИЭ в энергосистеме Украины и ее компьютерное моделирование

4.1 Ситуация в энергетическом секторе Украины

В целом электроэнергетическая система служит для выработки электроэнергии и поставки ее пользователям. Эта довольно сложная система формируется путем объединения различных компонентов и может быть разделена на основные подсистемы генерации, передачи, распределения и использования электроэнергии.

В традиционной схеме энергосистемы электричество генерируется в основном на крупных электростанциях, и поставляется пользователям, которые, как правило, расположены далеко от источника.

Энергетический сектор Украины включает [3]:

- 5 электрогенерирующих компаний, вырабатывающих электроэнергию на тепловых электростанциях;
- 4 атомные электростанции;
- 12 гидроэлектростанций;
- 27 местных, в основном частных, энергетических распределительных компаний;
- 104 тепловых электростанций, расположенных в больших городах;
- 4 солнечных электростанций;
- 5 ветряных электростанций.

Согласно [4], производство энергии в 2010 году составило 75997,826 тыс. т у. т. Производство электроэнергии в Украине в 2010 году в процентном соотношении из различных источников представлено на рис. 1.

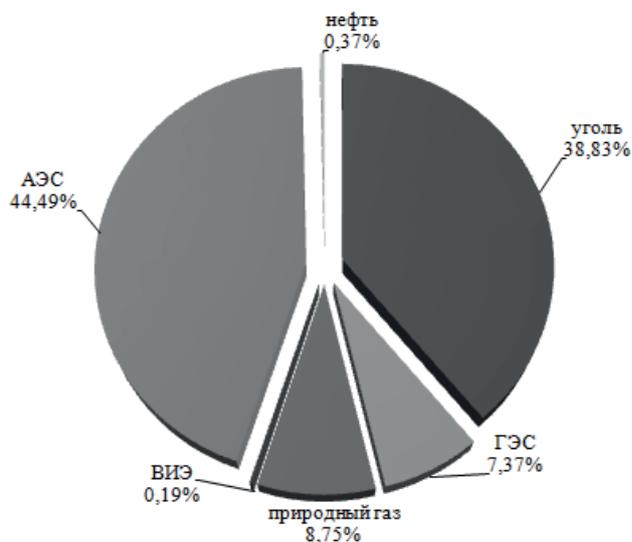


Рис. 1. Распределение производства электроэнергии

Большинство энергетических сетей были построены в 50-х и 70-х годах прошлого века, поэтому большинство оборудования, необходимого для работы в сети, подходит к концу периода эксплуатации. Потери при передаче и распределении электрической энергии включают потери при передаче между источниками питания и точками распределения, а также при распределении потребителям, в общем потери оцениваются в 11,8 % от общего объема в 2010 году. Это делает невыгодным транспортировку электроэнергии конечным потребителям. В связи с этим, одним из перспективных направлений развития энергетики является создание инфраструктуры распределенного производства энергии - распределенной энергетики. При строительстве новых или модернизации старых сетей и заводов следует учитывать существующие недостатки способов производства.

4.2. Современное состояние в сфере применения ВИЭ

Объединенная энергетическая система Украины [5] на конец 2012 года объединяла в параллельную работу тепловые, атомные, гидро, ветровые и солнечные электростанции общей мощностью 53777,6 МВт.

На территории Украины работает около 70 малых гидроэлектростанций, общей мощностью 72 МВт, которые вырабатывают от 275 до 400 млн кВт·ч электроэнергии в год. По данным на 2012 год в Украине существует около 30 частных компаний, которые инвестируют в возобновляемую энергетику. Наибольшие из них: ЗЕА «Новосвіт», ТОВ «Енергоінвест» и другие. Инвестиции направлялись преимущественно в Винницкую, Хмельницкую, Черкасскую, Житомирскую и Тернопольскую области. Сегодня здесь сосредоточено 64 % от общего количества станций, в то время как в этих областях технический гидропотенциал малых рек составляет всего 14 % от общего. Очень перспективными являются Львовская и Закарпатская области, где сосредоточено около 70 % гидропотенциала малых рек.

Существующие в Украине мощности ветровых электростанций превышают 51 МВт, а с момента начала работы первой отечественной ветровой электро-

станции, выработано больше 80 млн. кВт·ч. электроэнергии. По оценкам экспертов, общая потенциальная мощность украинской ветроэнергетики составляет 5000 МВт. Побережья Черного и Азовского морей, горные районы Крымского полуострова (особенно северо-восточный берег) и Карпаты, Одесская, Херсонская, Запорожская, Донецкая, Луганская и Николаевская области наиболее подходят для строительства ветровых электростанций. Только потенциал Крыма вполне достаточен для производства больше чем 40 млрд кВт·ч. электроэнергии в год.

На протяжении января-июня 2013 года общая мощность солнечных электростанций (СЕС) увеличилась на 51,4 % и на 1 июля 2013 года составляла 494 МВт.

По данным Ассоциации участников рынка альтернативных видов топлива и энергии Украины (АТЭУ), объем инвестиций в сферу солнечной энергетики за первое полугодие превысил 360 млн евро. Также по данным ежеквартальных отчетов Ernst & Young, в мае 2013 года Украина занимала 39 позицию в мировом рейтинге привлекательности рынка для возобновляемых источников энергии [6].

4.3. Законодательство с сфере альтернативной энергетики

Рост цен на традиционную энергетику в Украине призывает искать альтернативные подходы к решению энергетических проблем. В настоящее время в этом направлении законодательная поддержка развивается и совершенствуется, инвестиционный климат для проектов по возобновляемой энергии также улучшается.

Возобновляемые источники энергии – это энергетический сектор, который специализируется на получении и использовании энергии из неисчерпаемых возобновляемых источников энергии. Одним из наиболее эффективных мер развития возобновляемой энергетики в Украине стало введение «зеленого» тарифа для электроэнергии, произведенной из возобновляемых источников энергии.

Для того чтобы стимулировать потребителя к использованию ВИЭ был разработан так называемый «зеленый» тариф - это специальный тариф, по которому покупают электроэнергию от объектов, которые используют альтернативные источники энергии (солнечную, ветровую, геотермальную, волновую и приливную энергию, гидроэнергию (с установленной мощностью менее 10 МВт), биомассу, биогаз, газ и т.п.) [7].

Размер «зеленого» тарифа, в соответствии законодательным актам, определяется с учетом специального коэффициента, который зависит от мощности и вида ВИЭ (колеблется в пределах 0,8–4,6). Для установок, использующих энергию ветра, коэффициент лежит в пределах от 1,2 до 2,1 в зависимости от мощности. Для генераторов энергии, работающих на биомассе, составляет 2,3. Для станций, производящих ток за счет солнечной энергии составляет 4,4–4,6. Для малых ГЭС был установлен самый низкий коэффициент – 0,8 [8].

Украина имеет значительный технически достижимый потенциал возобновляемых источников энергии, что составляет более 43,0 млн. тонн условного топлива в год (для сравнения, общий объем потребления энергии для производства электроэнергии в стране в 2009 году составил 21,5 млн. тонн условного топлива) [9].

Энергетическая стратегия Украины до 2030 года, представленная в табл. 1, направлена на увеличение производства энергетических ресурсов.

Таблица 1

Энергетическая стратегия Украины до 2030 года

Направления	Годы	
	2020	2030
Суммарная энергия от ВИЭ	12,054 млн. т. у. т.	35,53 млн. т. у. т.
Энергия биомассы	6,3 млн. т. у. т.	9,2 млн. т. у. т.
Солнечная энергия	0,284 млн. т. у. т.	1,1 млн. т. у. т.
Малая гидроэнергия	0,85 млн. т. у. т.	1,13 млн. т. у. т.
Геотермальная энергия	0,19 млн. т. у. т.	0,7 млн. т. у. т.
Энергия ветра	0,53 млн. т. у. т.	0,7 млн. т. у. т.

Основные законы, которые регулируют альтернативную энергетику в Украине, являются:

- Закон Украины «Об альтернативных источниках энергии».
- Закон Украины «Об альтернативных видах топлива».
- Закон Украины «Об электроэнергетике».
- Закон Украины «Об энергосбережении».
- Закон Украины «О комбинированном производстве тепло и электроэнергии (ТЭЦ) и использовании неисправностей энергетического потенциала».

4.4. Современное состояние в сфере компьютерного моделирования работы MicroGrid

Согласно изложенному выше, в последующие годы доля альтернативной энергетики Украины будет увеличиваться. Существует несколько вариантов использования тех или иных ВИЭ, но географические условия и система энергоснабжения могут иметь значительные различия по всей территории Украины. В связи с этим возникает необходимость детального изучения и объединения данных в общую систему, которая позволит сократить время на анализ целесообразности использования ВИЭ.

Дороговизна построения новых энергосетей, затраты на транспортировку и потери полезной электроэнергии также требуют предварительного расчета и создания универсальной модели, которая не должна зависеть от выбора места построения коттеджного поселка или модернизации существующей микросети.

В [10], авторами была предложена следующая классификация моделей для построения энергетических систем:

1. Энергетические модели спроса и предложения.
2. Прогнозные модели:
 - 2.1. Энергетические модели для экономических показателей.
 - 2.2. Модели для ВИЭ:
 - 2.2.1. Модели для солнечной энергетики.
 - 2.2.2. Модели для энергии ветра.
 - 2.2.3. Модели для биомассы и биоэнергии.
3. Оптимизационные модели.
4. Энергетические модели на основе нейронных сетей.
5. Модели для сокращения выбросов.

Данные модели можно объединять в более сложные, использовать для создания многофункциональных систем. Помимо моделирования работы процессов в системе существует необходимость получения сводной информации по работе сети, получении рекомендаций и т.п. Для этого могут создаваться системы поддержки принятия решений (СППР). Согласно [11], СППР – это интерактивная система, способная производить данные и информацию а, в некоторых случаях, способствовать пониманию относящихся к данной предметной области с целью оказать полезную помощь в решении сложных и плохо определенных задач.

Можно выделить три направления развития СППР в энергообеспечении зданий по количеству возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Первые используют один источник альтернативной электроэнергии, вторые – несколько, третьи комбинируют источники, как тепло, так и электроэнергию.

Существующие СППР отличаются в зависимости от функциональных возможностей: используются разные многокритериальные подходы и способы расчета технических характеристик; а также от способа представления данных. Входные параметры расчета могут быть междисциплинарными, относящимися к метеорологии, географии, архитектуре, городским инженерным системам и т.д.

4.5. Краткий обзор существующих проектов

В работе [11] представлен инструмент для планирования ресурсов и управление ими, который использует Multi-criteria decision analysis (MCDA), а также метод NAIADE для поиска компромиссного решения в нечеткой среде принятия решений. Подход NAIADE предусматривает строительство матрицы оценки, которая включает в себя, по одной оси, ограниченный набор альтернатив, а с другой стороны, ограниченный набор различных критериев, по которым такие альтернативы должны быть оценены, далее используется сравнение пар альтернатив.

Подход был использован для определения оптимального использования ветровых турбин на о. Салина (Эолийский архипелаг, Италия).

В работе предложено использование пяти альтернатив; используются ветровые турбины с изначально определенными мощностями и их количеством:

- Plan “A” (wind 150 kW).
- Plan “B” (wind five 15 kW).
- Plan “C” (wind two 150 kW).
- Plan “D” (PV + wind five 15 kW).
- В качестве критериев используются:
- Инвестиционные затраты.
- Оперативные и эксплуатационные расходы.
- Мощность производимой энергии.
- Экономия источников конечной энергии.
- Зрелость технологий.
- Время реализации.
- Уменьшение выбросов CO².
- Визуальное влияние.
- Уровень шума.
- Воздействие на экосистемы.
- Социальная приемлемость.

В работе [12] предложено применять интегрированную систему, использующую солнечную и ветровую энергию, показатели рассчитываются каждый час.

Как аварийные средства для изолированных участков подачи электроэнергии предложены дизельный генератор и аккумуляторная батарея. В основу конечного выбора установки положена функция минимизации затрат, которая учитывает стоимость жизненного цикла установки.

Согласно [13], была построена распределенная система управления энергией в зданиях реального времени в Capo Vado (Liguria Region), которая позволяет определить оптимальный поток энергии в здании, характеризуется сочетанием возобновляемых ресурсов. Для расчетов используют один солнечный коллектор, фотоэлектрические модули, одно устройство преобразования биомассы, ветровую турбину и одну аккумуляторную батарею. СППР позволяет определить время наибольшей генерации энергии от различных источников энергии.

Для расчета энергии, производимой ветровой турбиной, используются данные о технической мощности ветровой турбины и изменяющиеся данные о силе ветра в регионе, которые поступают в систему каждый час. Энергия из фотоэлектрических модулей и солнечного коллектора зависит от характеристик установок и почасовой величины солнечной радиации. Энергия биомассы зависит от качественных (процента влажности биомассы) и количественных характеристик. Для целевой функции проведена оптимизация расчета, основанная на использовании взвешенной суммы отклонения от различных требований к источникам.

Информацию, полученную в “реальном” времени, можно импортировать в географические информационные системы (ГИС) для проведения различных видов пространственного анализа. Информация о расположении оборудования, оценка потенциала возобновляемых источников может передаваться в систему для обеспечения лучшего понимания расположения.

ГИС - это компьютерная система для ввода, хранения, обслуживания, управления, поиска, анализа, синтеза, и вывод географической и информации о местоположении [14].

Некоторые проекты, которые связывают СППР и ГИС для оценки возобновляемых источников энергии в распределенной генерации электроэнергии, уже построены. Ниже приведены некоторые из существующих.

В [15] методика предназначена для определения лучшего места для использования новых энергетических систем, но в данном проекте отсутствует исследование энергосистемы. В работе [16] ГИС используется для оценки ГЭС. Система поддержки принятия решений в [17] с использованием ГИС помогает определить предпочтительное место установки ВИЭ, указывает на потенциальные площадки для установок ВИЭ, а затем анализирует поведение сети и распределенных энергетических систем.

5. Выводы

Дополнительно к информации о множестве видов и возможных комбинациях использования ВИЭ, об их различном потенциале на территории Украины, необходимо данные о существующих станциях с ВИЭ в регионах, поэтому необходимо дополнять и расширять

представленные модели. Также универсальность модели требует дополнительно к информации о местности с рельефом, коммуникациями (наземными и подземными), благоустройством территории, рассчитывать модель каждого отдельного здания в комплексном строении и общих инженерных систем. В результате

должна получиться довольно сложная СППР с множеством составляющих подсистем. Следующим этапом на пути создания системы должен стать сбор и анализ информации о потенциале ВИЭ в зависимости от выбранной территории, накопление общей базы данных, а также создание ГИС, как основы будущей СППР.

Литература

1. Ackermann, T. Distributed generation: a definition [Text] / T. Ackermann, G. Andersson, L. Söder // Electric Power Systems Research. – 2001. – Т. 57, №3. – С. 195–204.
2. Консалтинговая компания SV Development [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.svdevelopment.com/> – 2013 г. – Загл. с экрана.
3. Министерство энергетики и угольной промышленности Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL: <http://mpe.kmu.gov.ua> – 2013 г. – Загл. с экрана.
4. Sustainable Energy for all (SE4ALL) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL: <http://data.worldbank.org/data-catalog/sustainable-energy-for-all> – 2013 г. – Загл. с экрана.
5. Режимы работы ОЭС Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua> – 2013 г. – Загл. с экрана.
6. Renewable energy country attractiveness index. – 2013. – Т. 37. – С. 16
7. Ringel, M. Fostering the use of renewable energies in the European Union: the race between feed-in tariffs and green certificates [Text] / M. Ringel // Renewable Energy. – 2006. – Т. 31, №1. – С. 1–17.
8. Рясной, Д. Энергетика зазеленеет. Введение «зеленых» тарифов дало толчок развитию альтернативной генерации в Украине [Электронный ресурс] / Деловая столица. – Режим доступа : \www/ URL: http://www.depo.ua/ru/delovaja-stolica/2010_ds/2010_5_ds/483_toc/art43577.htm – 03.05.2010 г. – Загл. с экрана.
9. State Agency on Energy Efficiency & Energy Saving of Ukraine [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \www/ URL:<http://saee.gov.ua/en/> – 2013 г. – Загл. с экрана.
10. Jebaraj, S. A review of energy models [Text] / S. Jebaraj, S. Iniyar // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2006. – Т. 10, № 4. – С. 281–311.
11. T. V. Ramachandra. RIEP: Regional integrated energy plan [Text] / T. V. Ramachandra // Renew Sustain Energy Rev. – 2009. – Т. 13, № 2. – С. 285–317.
12. I. M. Muslih, Y. Abdellatif. Hybrid Micro-Power Energy Station; Design and Optimization by Using HOMER Modeling Software [Text]: Proceedings of the 2011 international conference on Modeling, Simulation & Visualization methods, July 18-21, 2011 Las Vegas Nevada, USA. – CSREA Press 2011. – 183 p.
13. H. Dagdougui, R. Minciardi, A. Ouammi, M. Robba, R. Sacile. A dynamic optimization model for smart micro-grid: integration of a mix of renewable resources for a green building [Text]: Proceedings of International Congress on Environmental Modelling and Software, July 5 - 8 2010, Ottawa, Ontario, Canada.
14. Tukaram K Gawali, The first way to implement smooth spatial query processing in spatial database [Text] / Tukaram K Gawali, Ujwala M Patil // World Journal of Science and Technology. – 2012. – Т. 2, № 3. – С. 99-102.
15. Tiba, C. A GIS-based decision support tool for renewable energy management and planning in semi-arid rural environments of northeast of Brazil [Text] / C. Tiba, A.L.B. Candeias, N. Fraidenraich, E. M. de Barbosa, P. B. de Carvalho Neto, J. B. de Melo Filho // Renewable Energy. – 2010. – Т. 35, №12. – С. 2921-2932.
16. Choong-Sung Yi, Jin-Hee Lee, Myung-Pil Shim. Site location analysis for small hydropower using geo-spatial information system, [Text] / Choong-Sung Yi, Jin-Hee Lee, Myung-Pil Shim // Renewable Energy. – 2010. – Т. 35, № 4. – С. 852-861.
17. Lazarou, S. A platform for Planning and Evaluating Distributed Generation connected to the Hellenic Electric Distribution Grid [Text] / S. Lazarou, D. S. Oikonomou, L. Ekonomou // Advances in Circuits, Systems, Automation and Mechanics. - 2012. - С. 80-86.