



Mikrotarmoqlar va virtual elektr stansiyalar to'g'risida

Rashid A. Sitdikov

DSc, prof., Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, 100095, O'zbekiston; tstu_energy@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-0761-0787>

Dolzarbli: Maqolada mikrotarmoqlar, virtual elektr stansiyalari va ularning tarkibida qayta tiklanadigan energiya manbalarini foydalanish masalalari ko'rib chiqiladi. Asosiy e'tibor O'zbekistondagi virtual elektr stansiyalarining mikro tarmoqlar tarkibida va turli xil ishlab chiqaruvchi, iste'mol qiluvchi qurilmalar va energiya yig'ish tizimlari mavjudligida imkoniyatlarini kengaytirishga qaratildi.

Maqsad: elektr energetika sanoatini raqamlashtirish sharoitida virtual elektr stansiyalari bilan mikrotarmoqlardan foydalanish EPS samaradorligi va ishonchliligini oshirishini ko'rsatish.

Usullari: raqamlashtirish va taqsimlangan energiya tushunchalari, shuningdek, ilg'or xorijiy tajriba qo'llaniladi.

Natijalar: respublikamizda energetika sohasini uzoq muddatli rivojlantirish uchun mikrotarmoqlar va turli modifikatsiyadagi virtual elektr stansiyalarini joriy etish zarur.

Kalit so'zlar: EET, mikrotarmoqlar, virtual elektr stansiyalari, rejimlar, samaradorlik.

О микросетях и виртуальных электрических станциях

Рашид А. Ситдиқов

DSc, проф., Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, 100095, Узбекистан;
tstu_energy@mail.ru <https://orcid.org/0009-0002-0761-0787>

Актуальность: в статье рассматриваются микросети с виртуальными электростанциями и вопросы использования возобновляемых источников энергии в их составе. Основное внимание уделено расширению возможностей виртуальных электростанций в Узбекистане в составе микросетей, при наличии различных генерирующих, потребляющих установок и систем накопления энергии.

Цель: в условиях цифровизации электроэнергетики показать, что использование микросетей с виртуальными электрическими станциями увеличивает эффективность и надежность ЭЭС.

Методы: используются концепции цифровизации и распределённой энергетики, а также передовой зарубежный опыт.

Результаты: для перспективного развития энергетики нашей республики необходимо внедрение микросетей и виртуальных электростанций различной модификации.

Ключевые слова: ЭЭС, микросети, виртуальные электростанции, режимы, эффективность.

For citation: R.A. Sitdikov. About microgrids and virtual power plants. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2024, no. 4, pp. 99-105.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14580447>

Received: 20.10.2024

Revised: 13.11.2024

Accepted: 10.12.2024

Published: 27.12.2024

Copyright: © Rashid A. Sitdikov, 2024. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

About microgrids and virtual power plants

Rashid A. Sitdikov

DSc, prof., Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan; tstu_energy@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-0761-0787>

Relevance: the article discusses microgrids with virtual power plants and issues use of renewable energy sources in their composition. The main attention is paid to expanding the capabilities of virtual power plants in Uzbekistan as part of micro-grids and with the presence of various generating, consuming installations and energy storage systems.

Aim: in the context of digitalization of the electric power industry, to show that the use of microgrids with virtual power plants increases the efficiency and reliability of the EPS.

Methods: the concepts of digitalization and distributed energy, as well as advanced foreign experience are used.

Results: for the prospective development of the energy sector of our republic, it is necessary to introduce microgrids and virtual power plants of various modifications.

Key words: EPS, microgrids, virtual power plants, modes, efficiency.

1. Введение (Introduction)

Значение электроэнергетики и её инновационное развитие в мире и Республике Узбекистан отражено и регламентировано многими документами [1-5], а также описано в трудах известных учёных-энергетиков [6-8]. Современные электроэнергетические системы (ЭЭС), представляя собой активную часть электроэнергетики, являются сложными многосвязными, пространственно разнесенными иерархическими и гетерархическими объектами, включающими множество различных видов генерирующего, передающего, аккумулирующего, распределяющего и потребляющего оборудования, а также информационно-измерительные, защитные и другие

системы. ЭЭС функционируют в условиях изменений режимов работы, структуры, появления множеств внутренних и внешних возмущающих воздействий различного характера.

В современной мировой электроэнергетике происходит изменение энергетического уклада – переход от централизованной энергетики к распределённой на основе альтернативных, локальных, возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Электроэнергетика Республики Узбекистан также реформируется, модернизируется и развивается в соответствии с международной практикой [1,9,10].

Основная цель функционирования электроэнергетических систем (ЭЭС) – обеспечение потребителей электроэнергией с требуемым уровнем надежности и живучести энергосистемы наряду с оптимальностью режимов. Развитие распределенной энергетики, использующей небольшие возобновляемые источники энергии (ВИЭ), привело к возникновению и введению понятия «виртуальная электростанция» (Virtual Power Plant (VPP)), под которой понимается объединение различных установок: небольших источников энергии, накопителей-аккумуляторов и потребителей-регуляторов, расположенных в одной местности, объединенных в единую сеть, с общей системой управления [11,12].

Анализ мирового опыта показывает, что использование концепций микросетей с виртуальными электростанциями (ВиртЭС) и распределённой энергетики позволяет значительно повысить эффективность управления ЭЭС и их объектов [13].

В условиях Узбекистана приемлемыми ВИЭ для оснащения ВиртЭС являются солнечная, ветровая, биогазовая и геотермальная виды энергии, а также мини-ГЭС [14].

2. Методы и материалы (Methods and materials)

В статье используются методы и материалы, связанные с понятиями и свойствами инновационных объектов в электроэнергетике: *виртуальными электростанциями и микросетями*.

Виртуальные электрические станции. Эффективным решением многих проблем становится применение виртуальных электрических станций. Виртуальная электростанция - это «умная» система, которая эффективно агрегирует сразу несколько производителей и/или потребителей электроэнергии (рис.1), что позволяет повысить надёжность сети, обеспечить энергетическую безопасность, оптимизировать баланс электроснабжения в пиковые часы за счёт технологий «управления спросом» (demand response), максимизировать доход, получаемый с оптового и розничного рынков, вывести на оптовый рынок объекты распределённой генерации, участвовать на рынке системных услуг, что, в свою очередь, может положительно отразиться как на поставщиках электроэнергии, так и на её покупателях (концепция win-win [15]), рис.1.

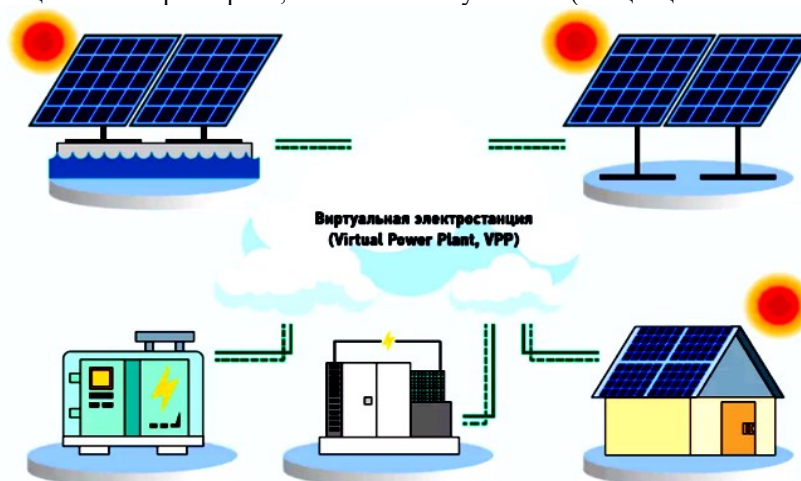


Рис. 1. Виртуальная электростанция
Fig. 1. Virtual power plant

Функционирование виртуальной электростанции основано на современном программном обеспечении и технологиях Smart Grid. В последнее время идет успешная интеграция виртуальных электростанций в энергосистемы передовых стран, таких как США, Германия, Россия, Китай, Япония, Австралия и многих других.

В большинство моделей существующих виртуальных электростанций входят следующие объекты: распределённой генерации; управляемая нагрузка; системы хранения энергии; объекты ВИЭ различной мощности. Однако не существует единой общепринятой модели виртуальной электростанции. Например, предложенная модель виртуальной электростанции в Австралии, мировом лидере по доле распределённой генерации в энергосистемах [16], включает 67



домов с установленными солнечными панелями, «умной» техникой и тепловыми насосами, а также аккумуляторными батареями, в которых использован окислительно-восстановительный потенциал ванадия.

Учёными Австралии были проанализированы четыре различных сценария осуществления виртуальной электростанции:

1. Виртуальная электростанция с тепловыми насосами, с управлением спросом.
2. Виртуальная электростанция с тепловыми насосами, без управления спросом.
3. Виртуальная электростанция без тепловых насосов, с управлением спросом на части «умной» техники (посудомойки, сушилки и стиральные машины).

В результате анализа учёные пришли к выводу о снижении конечной цены электроэнергии для потребителей в случае использования виртуальной электростанции [13].

Микросети. Микросеть — это небольшая энергосистема, способная обеспечить энергией близлежащие здания в районе, поселке или сельской местности. Благодаря развитию энергетики появилось несколько разновидностей микросетей. Сегодня микросеть — это потенциальное решение проблем отключения электроэнергии, сжигания ископаемого топлива и роста цен на энергоносители. Другое определение микросети: это локальная децентрализованная энергетическая сеть, способная подключаться к основной сети, а также работать автономно.

Микросети работают от генератора и, как правило, подключены к основной сети, хотя они могут работать и независимо (в «островном» режиме). Наличие локального генератора особенно важно для удаленных населенных пунктов, некоторые из которых могут вообще не иметь доступа к центральному электроснабжению. Там микросети — основа электрификации домов, предприятий и социальных объектов, таких как школы, больницы и др.

Хорошо спроектированная и оснащённая виртуальными электростанциями микросеть обеспечивает питание от возобновляемых ресурсов, таких как солнечная энергия или ветер. Работа микросетей оптимизируется с помощью интеллектуального программного обеспечения и использованием накопителей-аккумуляторов. Микросети не требуют особого обслуживания, поскольку они рассчитаны на относительно небольшое количество потребителей. Как правило, это обусловлено наличием интеллектуального контроллера, управляющего всей микросетью.

В случаях отключения электричества микросеть — идеальный источник энергии, поскольку может отсоединиться от основной энергосистемы и перейти в «островной» режим. Такой принцип «островов» позволяет продолжать обеспечивать потребителей электроэнергией после отключения от основной сети, например, из-за урагана, поразившего ЛЭП, и других причин.

Микросеть состоит из нескольких компонентов: в центре находится контроллер — управляющий компьютер со специальным программным обеспечением. Контроллер может самостоятельно управлять энергоснабжением, автоматически оценивая потребление и регулируя подачу электроэнергии. Для потребителей важны: более низкие цены на энергию, экологичность, более надежное и бесперебойное электроснабжение; контроллер микросети способен подстраиваться под эти задачи. Например, он может отслеживать колебания цен на электроэнергию, отключаться от основной сети и использовать собственные резервы, просьюмеров, накопители и др.

Варианты генераторов/технологий автономного электроснабжения. Солнечные панели, ветровые турбины и генераторы, работающие на топливе, различные ВиртЭС могут служить источниками энергии в микросетях. Подобным образом можно обеспечивать энергией многие микрорайоны в городе или сельской местности. Микросети отличаются также тем, что в отличие от центральных сетей, они могут работать полностью на возобновляемой энергии.

Накопители энергии. Накопители, установленные в микросетях, могут использоваться для аккумуляции электроэнергии в случае отключения электричества. При высоких ценах микросети также могут продавать электроэнергию обратно в основную сеть, а при низких ценах электроэнергия может накапливаться и храниться в батареях.

Сегодня некоторые микросети оснащены станциями зарядки электромобилей, что делает микросети привлекательным решением для развития электротранспорта.

3. Результаты (Results)

Распределенная энергетика в виде микросетей с ВиртЭС меняет роль потребителя — он становится просьюмером, т.е. тем, кто одновременно генерирует и потребляет энергию; возможно использование потребителя как регулятора потребления и для управления спросом.

Наличие потребителей с различными нагрузочными и регулировочными характеристиками, преобразователями, накопителями и источниками малой генерации, в том числе солнечных и ветровых электростанций существенно меняют структуру ВиртЭС, а также их свойства, режимы и задачи (рис.2); поэтому ВиртЭС часто считают микросетями. Это становится очевидным, если сравнить рис.1 и рис.2: структуры ВиртЭС и микросетей идентичны друг другу.

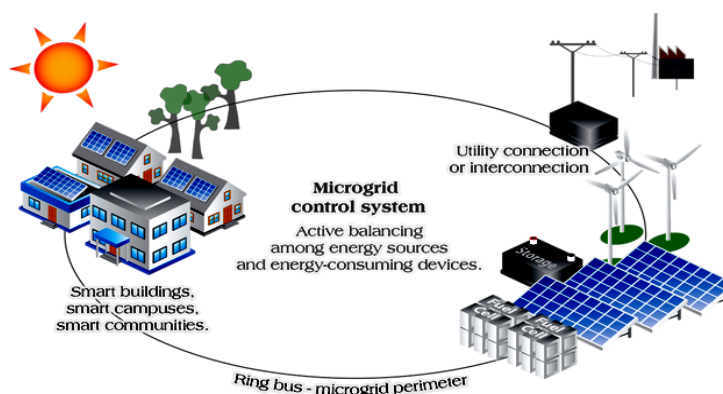


Рис.2. Пример микросети
Fig.2. Microgrid example

Особенности развития микросетей в Узбекистане. Растущая роль и развитие генерации ВИЭ, дефицит традиционных генерируемых мощностей в Узбекистане из-за нехватки энергоресурсов и старения оборудования, требуют создания соответствующих по мощности систем накопления электрической энергии (СНЭ – Energy storage system) для обеспечения надежности энергоснабжения микросетей с ВИЭ.

В табл.1 показана структура основных задач, решаемых с использованием виртуальных электростанций, входящих в микросети.

Современные быстродействующие СНЭ позволяют накапливать энергию при её избытке и возвращать при дефиците, безынерционно управляя балансом активной мощности для поддержания частоты в системе. Наиболее перспективными СНЭ для оперативного управления режимами микросетей являются литий-ионные аккумуляторы и суперконденсаторы, а по экономическим показателям – гидроаккумулирующие электростанции и водородные установки [14,17-19].

Параллельное, например, с солнечной электростанцией, подключение быстродействующих устройств FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System) – гибких систем передачи переменного тока, включающих конденсатор с тиристорным управлением (TCSC), статический компенсатор (СТАТКОМ), изменяет потоки и компенсирует дефициты активной и реактивной мощностей [20].

При разработке схем ВиртЭС на базе ВИЭ необходимо учесть, что силовые инверторы в составе ВИЭ являются источниками высших гармонических составляющих, снижающих качество электроэнергии и повышающих потери в сетях. Сегодня ни один производитель в мире не выпускает инверторы, преобразующие постоянный ток от солнечных батарей в переменный с формой, близкой к идеальной синусоиде. Наличие различных отклонений в форме выходного тока является источником высших гармоник.

Таблица 1. Структура основных задач микросетей и виртуальных электростанций
Table 1. Structure of the main tasks of microgrids and virtual power plants

Структура основных задач микросетей и виртуальных электростанций						
Оптимизация нормальных и аварийных режимов	Продажа электроэнергии на оптовый рынок	Интеграция различных типов генерирующих энергоисточников и повышение надежности	Системные услуги по регулированию частоты и активной мощности	Координация генерации с потреблением	Обеспечение устойчивости работы энергосистемы	Повышение гибкости управления электроснабжением

Виртуальные электростанции могут состоять из различных компонент: регулируемая нагрузка, комплексные источники распределенной генерации, а также объединение источников



распределенной генерации, накопителей электроэнергии и регулируемой нагрузки. Рассмотрим их свойства при разных составах.

Виртуальная ЭС, в виде регулируемых потребителей, может решить следующие задачи:

- регулирование баланса мощности в энергосистеме;
- снижение пиковой нагрузки.

Виртуальная ЭС, состоящая из источников распределенной генерации, решает задачи:

- снижение пиковой нагрузки энергосистемы;
- сглаживание неравномерности генерации возобновляемыми источниками;
- продажа электроэнергии от распределенной генерации.

Виртуальная ЭС, объединяющая источники распределенной генерации, накопители электроэнергии и регулируемые нагрузки, решает задачи в комплексе:

- регулирование баланса мощности;
- снижение пиковой нагрузки энергосистемы;
- сглаживание неравномерности генерации возобновляемыми источниками;
- продажа электроэнергии от распределенной генерации.

Анализ зарубежного опыта создания и эксплуатации виртуальных электростанций показывает, что имеются различные аспекты их внедрения (ограничения и положительные эффекты).

Барьеры и ограничения на пути внедрения виртуальных ЭС:

- технические проблемы;
- нормативные барьеры;
- методологические барьеры и другие.

Поэтому подробнее остановимся на основных задачах по снятию этих ограничений:

- разработка силового и преобразовательного оборудования с функциями регулирования параметров сети (поток мощности, напряжение);
- разработка активно-адаптивных систем управления;
- разработка релейной защиты;
- участие источников распределенной генерации на рынке электроэнергии;
- определение подходов к проектированию виртуальных станций;
- определение оптимальной топологии виртуальной электростанции;
- разработка соответствующих стандартов и нормативной базы;
- подготовка квалифицированных кадров.

Опыт развитых стран, прежде всего ЕС, показывает, что ограничения успешно преодолеваются на фоне множества положительных эффектов от использования виртуальных ЭС. Основными положительными эффектами являются:

- регулирование баланса мощностей;
- снижение пиковых нагрузок;
- полезное использование части резерва мощности;
- разгрузка распределительных электрических сетей и уменьшение потерь;
- возможность продажи излишков электроэнергии;
- возможность покупки электроэнергии по более дешевому тарифу, т.е. возможность участия на рынке электроэнергии;
- развитие государственно-частного партнерства (ГЧП).

Вышеуказанное относится к виртуальным электростанциям и микросетям в составе как центральных, так и локальных сетей. Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что для перспективного развития энергетики нашей республики необходимо внедрение виртуальных электростанций различной модификации.

4. Обсуждение (Discussion)

Создание в республике микросетей с виртуальными электростанциями на базе ВИЭ, их интеграция в сеть, требуют дальнейшего развития нормативно-правовой базы, разработки и внедрения соответствующих подзаконных актов к новому закону «Об электроэнергетике» [1], стандартов, проведения научно-исследовательских работ по анализу влияния микросетей на энергосистему Узбекистана, осуществления пилотных изысканий, модернизации сетевого оборудования, внедрения современных систем накопления энергии, а также дальнейшей интеллектуализации и цифровизации отечественной электроэнергетики.

5. Заключение (Conclusion)

На основании вышеприведенных материалов можно сделать следующие выводы:

1. В условиях бурного развития энергетики наличие микросетей с виртуальными электростанциями и изучение передового опыта в области цифровизации, автоматизации и промышлен-



ленного интернета вещей, становятся основой конкурентоспособности компаний и государств в энергетической сфере.

2. Использование концепций распределённой генерации, микросетей и виртуальных электрических станций даёт возможность по-новому решать задачи повышения энергоэффективности ЭЭС.

3. Использование микросетей с виртуальными электростанциями на ВИЭ (солнечными, ветровыми) в составе центральной сети даёт возможность оперативно регулировать эффективность различных видов её режимов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Узбекистан «Об электроэнергетике». 07.08.2024 г. № ЗРУ-939.
2. Закон Республики Узбекистан «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии»», 14.07. 2020, № ЗРУ-628.
3. Указ Президента РУз № УП-6079 от 05.10.2020 «Об утверждении стратегии "Цифровой Узбекистан-2030" и мерах по её эффективной реализации».
4. Указ Президента Республики Узбекистан от 1 февраля 2019 г. № УП-5646 «О мерах по коренному совершенствованию системы управления топливно-энергетической отраслью Республики Узбекистан».
5. Постановление Президента Республики Узбекистан от 22 августа 2019 г. № ПП-4422 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии».
6. Насиров Т.Х., Ситдиқов Р.А. и др. Методы повышения эффективности режимов электрических сетей энергосистем. –Т.:Иновацион ривожланиш нашриёт-матбаа уйи, 2020. –276 с.
7. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы её развития /под ред. Салимова А.У. – Т.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 с.
8. Гамм А.З. Статистические методы оценивания состояния электроэнергетических систем. –М.: Наука, 1986, -220 с.
9. Закон Республики Узбекистан «Об использовании возобновляемых источников энергии» от 21.05.2019, №ЗРУ-539.
10. Постановление Президента Республики Узбекистан «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрении энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии», №ПП-4422 от 22.08.2019.
11. Стенников В.А., Воропай Н.И. Централизованная и распределенная генерация – не альтернатива, а интеграция [Электронный ресурс]. URL: http://energystrategy.ru/projects/Energy_21/4-2.pdf (декабрь 2017).
12. Куликов А.Л., Осокин В.Л., Папко Б.В. Проблемы и особенности распределённой электроэнергетики. //Вестник НГИЭИ, 2018, № 11 (90). –С.123-136.
13. Behi B., Baniyadi Al., Aferi Al., Gorjy Ar., Jennings Ph., Pivrikas Al. Cost-benefit analysis of a virtual power plant including solar PV, flow battery, heat pump, and demand management: A Western Australian case study. Energies. 2020. Vol. 13. Issue 10.
14. Аллаев К.Р. Развитие мировой энергетики на основе новых технологий. //Проблемы энерго- и ресурсосбережения, 2019, №1-2. – С.10-22.
15. Роджер Фишер, Уильям Юри, Брюс Паттон. Переговоры без поражения. Гарвардский метод.— 9-е изд. - Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2020. -ISBN 978-5-00169-220-1.
16. Зарубежная электроэнергетика [Электр. текст]. НП «Совет рынка». Режим доступа: prsr.ru. Дата обращ.: 08.05.2021.
17. Mirzabaev A.M., Makhkamov T.A. Implementation of MIRSOLAR heliosystems in Uzbekistan /Applied Solar Energy, 2012, Vol.48, No2, Allerton Press, Inc. United States, pp.121-122.
18. Бухгольц Б.М., Стычински З.Ф. Smart Grids – основы технологии энергосистем будущего. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 461 с.
19. Sitdikov O.R. Mirzabaev A.M., Isakov A.J., Makhkamova M.A. Innovative methods of solar technologies in electric power systems for agricultural facilities. /Materials of Internatiol Conference “The modern problems of renewable energy sources and sustainable environment”, Tashkent, September 25-27th, 2019.
20. Хамидов Ш.В. Комбинированные устройства технологии управляемых гибких передач переменного тока FACTS. //Проблемы энерго- и ресурсосбережения, 2019, №1-2. – С. 312-316.



REFERENCES

1. Law of the Republic of Uzbekistan "On Electric Power Industry" Tashkent. 07.08.2024. №ZRU-939 (In Russ.).
2. Law of the Republic of Uzbekistan "On Amendments and Additions to the Law of the Republic of Uzbekistan "On Rational Use of Energy", July 14, 2020, No. ZRU-628 (In Russ.).
3. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. UP-6079 dated October 5, 2020 "On Approval of the Digital Uzbekistan -2030 Strategy and Measures for its Effective Implementation" (In Russ.).
4. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated February 1, 2019 No. UP-5646 "On Measures to Radically Improve the Management System of the Fuel and Energy Sector of the Republic of Uzbekistan" (In Russ.).
5. Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan dated August 22, 2019 No. PP-4422 "On Accelerated Measures to Improve Energy Efficiency of Economic Sectors and the Social Sphere, the Introduction of Energy-Saving Technologies and the Development of Renewable Energy Sources" (In Russ.).
6. Nasirov T.Kh., Sitdikov R.A. and others. Methods for increasing the efficiency of modes of electrical networks of power systems. –T.:Innovation rivozhlanish nashriyot-matbaa uyi, 2020. -276 p. (In Russ.).
7. Allaev K.R. Modern energy and prospects for its development / ed. Salimova A.U. – T.: Fan va texnologiyalar nashriyot-manbaa uyi, 2021. – 952 p. (In Russ.).
8. Gamm A.Z. Statistical methods for assessing the state of electrical power systems. M.: Nauka, 1986, -220 p. (In Russ.).
9. Law of the Republic of Uzbekistan "On the use of renewable energy sources" dated 05/21/2019, No. ZRU-539. (In Russ.).
10. Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan "On accelerated measures to improve the energy efficiency of economic sectors and the social sphere, the introduction of energy-saving technologies and the development of renewable energy sources", No. PP-4422 dated 08/22/2019. (In Russ.).
11. Stennikov V.A., Voropai N.I. Centralized and distributed generation - not an alternative, but an integration [Electronic resource]. URL: http://energystrategy.ru/projects/Energy_21/4-2.pdf (December 2017). (In Russ.).
12. Kulikov A.L., Osokin V.L., Papko B.V. Problems and features of distributed electric power engineering. // Bulletin of NGIEI, 2018, No. 11 (90). –P.123-136. (In Russ.).
13. Behi B., Baniyadi Al., Aferi Al., Gorjy Ar., Jennings Ph., Pivrikas Al. Cost-benefit analysis of a virtual power plant including solar PV, flow battery, heat pump, and demand management: A Western Australian case study. Energies. 2020. Vol. 13. Issue 10.
14. Allaev K.R. Development of world energy based on new technologies. // Problems of energy and resource saving, 2019, No. 1-2. - P. 10-22. (In Russ.).
15. Roger Fisher, William Ury, Bruce Patton. Negotiating Without Losing. The Harvard Method. - 9th ed. - Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2020. - ISBN 978-5-00169-220-1.
16. Foreign Electric Power Industry [Electronic text]. NP "Market Council". Access mode: np-sr.ru. Date accessed: 08.05.2021. (In Russ.).
17. Mirzabaev A.M., Makhkamov T.A. Implementation of MIRSOLAR heliosystems in Uzbekistan /Applied Solar Energy, 2012, Vol.48, No.2, Allerton Press, Inc. United States, pp.121-122. (In Russ.).
18. Bukhgoalts B.M., Stychinsky Z.F. Smart Grids – Fundamentals of Future Energy Systems Technology. - M.: MPEI Publishing House, 2017. – 461 p. (In Russ.).
19. Sitdikov O.R. Mirzabaev A.M., Isakov A.J., Makhkamova M.A. Innovative methods of solar technologies in electric power systems for agricultural facilities. / Materials of Internatiol Conference "The modern problems of renewable energy sources and sustainable environment", Tashkent, September 25-27th, 2019.
20. Khamidov Sh.V. Combined devices of controlled flexible AC transmission technology FACTS. // Problems of energy and resource saving, 2019, No. 1-2. – P. 312-316. (In Russ.).