

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения
Кафедра «Энергетика»

Еренгалиев Рахат Ерланович

«Роль накопителей энергии в развитии Smart Grid»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07101– «Энергетика»

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения
Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Допущен к защите в качестве защитника
наименование кафедры «Энергетика»
И.О. Фамилия И.О. Фамилия профессор
И.О. Фамилия И.О. Фамилия Е.А.Сарсенбаев
И.О. Фамилия И.О. Фамилия
« 6 » 06 2023г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: «Роль накопителей энергии в развитии Smart Grid»

6В07101– «Энергетика»

Выполнил

Еренгалиев Р.Е.

Рецензент

канд. техн.наук доцент

НАО «АУЭиС им. Г.Даукеева»

Утешкалнева Л.Ш. Утешкалнева

« 6 » 06 2023г.

Научный руководитель

магистр, ст. преподаватель

Бекболатова Ж.К. Бекболатова

« 6 » 06 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

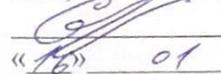
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения
Кафедра «Энергетика»

6B07101– «Энергетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Энергетика»
PhD, ассоц. профессор

 Е.А.Сарсенбаев
«16» 01 2023г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Еренгалиеву Рахату Ерлановичу

Тема: Роль накопителей энергии в развитии Smart Grid

Утверждена приказом Проректора по академическим вопросам

Приказ №408 от «23» октября 2022г.

Срок сдачи законченной работы «01» июня 2023г.

Исходные данные к работе: Данные счетчика СА4-Э720 Т1 3Х220/380В 5-60А
50Hz 0-1,8 кВт · ч; 4-5,8 кВт · ч; 8-8,1 кВт · ч; 12-14,9 кВт · ч; 16-16,5 кВт · ч;
20-25,44 кВт · ч; 24-30,94 кВт · ч. 0-36 кВт · ч; 4-116 кВт · ч; 8-162 кВт · ч; 12-
298 кВт · ч; 16-330 кВт · ч; 20-508,8 кВт · ч; 24-618,8 кВт · ч.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Теоретический обзор;

б) Основная часть;

в) Методы, рекомендации и практические советы;

г) Примеры успешной реализации проектов.

Перечень графического материала: представлены 13 слайдов презентации
работы

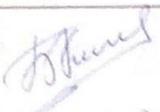
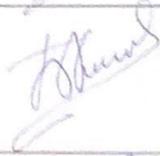
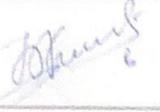
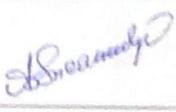
Рекомендуемая литература: из 9 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

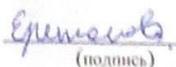
Наименования разделов, перечень рассматриваемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Теоретический обзор	18.08.2023 - 23.01.2023	Нет
Основная часть	24.01.2023 - 14.03.2023	Нет
Методы, рекомендации и практические советы	15.03.2023 - 10.04.2023	Нет
Примеры успешной реализации проектов	11.04.2023 - 19.05.2023	Нет

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Теоретический обзор	Ж.К. Бекболатова, магистр техн.наук, ст. преподаватель	23.01.2023	
Основная часть	Ж.К. Бекболатова, магистр техн.наук, ст. преподаватель	14.03.2023	
Методы, рекомендации и практические советы	Ж.К. Бекболатова, магистр техн.наук, ст. преподаватель	10.04.2023	
Примеры успешной реализации проектов	Ж.К. Бекболатова, магистр техн.наук, ст. преподаватель	19.05.2023	
Нормоконтроль	А.О. Бердибеков, магистр техн.наук, ст. преподаватель	01.06.2023	

Научный руководитель  Ж.К.Бекболатова
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающийся  Р.Е.Еренгалiev
(подпись)

Дата «16» 01 2023г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жоба Smart Grid дамуында энергия сақтаушылардың ролін зерттеу үшін атандырылған. Жұмыс кезінде кіру жайындағы күндік энергия қажеттілігінің есептелуі мен бағалауын қамтиды. Алдын алулардан аластатын деректердің негізінде күн сайынғы жүктің энергиясын байқауға арналған график жасалды.

Энергия сақтаушыларының пиктерді тасымалдау мүмкіндігін белгілеу мақсатында энергияның қолдану әзірлеуінің эффективтілігі есептелді. Жобада сәтті жүзеге асырылу проекттері мен инициативаларының сәтті өткізуі масала жататыны қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена изучению роли накопителей энергии в развитии Smart Grid. В ходе работы был проведен анализ суточного энергопотребления частного дома, включающий расчет и оценку энергии. На основе полученных данных был построен график суточной нагрузки, отражающий динамику потребления энергии в течение дня.

Выполнен расчет эффективности использования накопителей энергии с целью определения их потенциала для сглаживания пиков нагрузки. В работе рассмотрены примеры успешной реализации проектов и инициатив.

ANNOTATION

This thesis dedicated to studying the role of energy storage systems in the development of Smart Grid. The work includes an analysis of the daily energy consumption of a private house, including energy calculations and evaluations. Based on the obtained data, a load profile graph was constructed, reflecting the energy consumption dynamics throughout the day.

The efficiency of energy storage system utilization was calculated to determine their potential for peak load smoothing. The thesis explores examples of successful project implementations and initiatives.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Теоретический обзор	8
1.1 Smart Grid	8
1.2 Двухсторонняя связь	9
1.3 Роль потребителя	11
1.4 Характеристики Smart Grid	11
1.5 Интеллектуальные счетчики	12
2 Основная часть	16
2.1 Роль накопителей энергии в Smart Grid	16
2.2 Расчет эффективности использования накопителей энергии и построение графика суточной нагрузки частного дома	16
2.3 Расчет эффективности использования накопителей энергии и построение графика суточной нагрузки для двадцати частных домов	23
2.4 Технико-экономический расчет	29
2.5 Пример имитационной модели автоматизированной работы использования накопителей энергии в рамках концепции Smart Grid	31
3 Методы, рекомендации и практические советы	33
3.1 Методы для подготовки к переходу на Smart Grid в Казахстане	33
3.2 Рекомендации по использованию и внедрению накопителей энергии в Smart Grid	34
3.3 Практические советы для разработчиков и операторов электросетей	36
4 Примеры успешной реализации проектов	37
4.1 Проект «Hornsdale Power Reserve»	37
4.2 Проект «Isolated Microgrid»	37
4.3 Проект «Gills Onions Advanced Energy Recovery System»	38
4.4 Проект «Vehicle-to-Grid»	39
4.5 Проект «Noor Energy 1 Solar Complex»	40
4.6 Проект «Crescent Dunes Solar Energy Project»	40
Заключение	42
Список использованной литературы	43

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день идет стремительное развитие различных умных технологий в разных сферах, в том числе это затронуло сферу электроэнергетики. На данный момент ведущие страны мира уже реализовывают новую систему интеллектуального электроснабжения, которая в скором будущем заменит традиционную систему электроснабжения.

Интеллектуальная сеть – это совершенно новый подход к реализации энергоснабжения и в целом развитие энергосистемы. Потребность в новой интеллектуальной сети возникла после появления малых возобновляемых источников энергии. Это привело к тому, что традиционная сеть электроснабжения которая имеет старую однонаправленную схему – от генерирующей мощности к конечному потребителю, стала нуждаться в серьезной модернизации. Поэтому новая интеллектуальная сеть электроснабжения, может распределять электроэнергию в оба направления. Также помимо перехода на двухстороннюю связь, интеллектуальная сеть позволяет оснастить различные жилые помещения умными счетчиками, которые могут передавать точную информацию в режиме реального времени о целой серии параметров таких как: мгновенном потреблении, объеме совокупного потребления за какой-то определенный период, максимальном потреблении за период. Благодаря такой точной передаче данных система может рационально распределять электроэнергию по дому, квартире, офису и на промышленном предприятии, что позволит сократить расходы на электроэнергию делая ее более эффективной и надежной. Полная информация об электросети может отслеживаться самим потребителем, что делает его вовлеченным в систему.

1 Теоретический обзор

1.1 Smart Grid

Smart Grid («умная сеть») или же интеллектуальная сеть электроснабжения – это модернизация традиционной системы электроснабжения, которая задействует IT решения.

Интеллектуальная сеть использует информационные и коммуникационные технологии для сбора данных. Происходит сбор данных в режиме реального времени об энергопроизводстве и энергопотреблении, далее происходит анализ всех собранных данных и уже на основе этого анализа выстраивается более эффективная, надежная и экономически выгодная схема распределения электроэнергии.

Smart Grid – это работа электрической сети с элементами управления, автоматизированными системами, локальной сети, новыми технологиями и мониторинговыми системами. Обмен информацией играет важную роль в обеспечении передачи, распределения, эффективного, надежного и безопасного производства электроэнергии. Стабильная система связи обеспечивает стабильный обмен данными между устройствами распределенного зондирования, системами управления данными и системами мониторинга. Все это требует быстрой связи, так как генерация, доставка и потребление электроэнергии происходит одновременно. Помимо того что связь должна быть высоко скоростной, она также должна обеспечить защищенную передачу данных, чтобы посторонние лица не смогли бы, получить контроль над распределением электроэнергии.

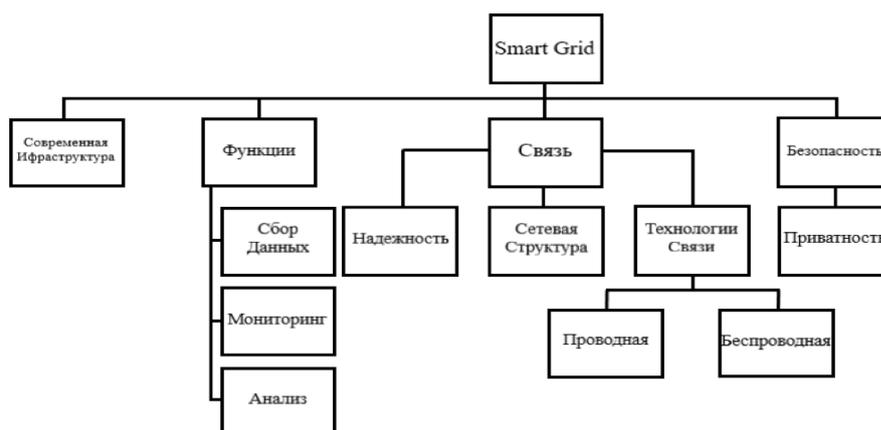


Рисунок 1.1 – Структура Smart Grid

Технологии Smart Grid могут вести точное управление электросетями, интеллектуальная сеть использует мощную электронику для контроля за передачей энергии и уменьшения потерь энергии.

Новые технологии измерения и управления обеспечивают автоматизированный подход к управлению сетью и программное обеспечение для мониторинга сети в реальном времени на наличие потенциальных нарушений, которые могут привести к отключению электроэнергии. Такое программное обеспечение может гасить колебания в электросети или перенаправлять энергию через сеть, чтобы избежать перегрузки линии электропередачи. В случае необходимости отключения линии электропередачи управляющее программное обеспечение может перенаправить питание таким образом, чтобы вызвать минимальные нарушения работы сети. Идеальная самовосстанавливающаяся сеть должна включать программное обеспечение для мониторинга и управления системой передачи, а также интеллектуальный анализ распределения для локальных систем распределения, обеспечивающих электроэнергией отдельные дома и предприятия.

Интеллектуальное распределение относится к одной из частей Smart Grid, которая занимается распределением коммунальных услуг через систему проводов, переключателей и трансформаторов, соединяющих коммунальную подстанцию с потребителями. Основная цель интеллектуального анализа распределения заключается в обнаружении сбоев и быстром реагировании на них. Сегодня многие коммунальные предприятия опираются на телефонные звонки клиентов для определения затронутых областей распределительной системы при отключении электроэнергии. Однако при помощи интеллектуальных счетчиков и интеллектуального анализа распределения можно быстро определить источник отключения электроэнергии, чтобы ремонтные бригады могли немедленно отправиться в проблемный район.

Реакция утилиты на сбой также может улучшиться при использовании автоматизированной системы. Большинство коммунальных предприятий используют сложные схемы распределения электроэнергии и ручное переключение, чтобы обеспечить подачу электроэнергии большинству своих клиентов, даже когда линии электропередач повреждены и разрушены. Однако этот подход имеет свои ограничения, и во многих случаях автоматизированная система может реагировать быстрее и обеспечивать подачу электроэнергии большему количеству клиентов.

При помощи умных счетчиков, которые могут указать, когда части системы распределения потеряли электроэнергию, и комбинируя автоматическое переключение с интеллектуальной системой, которая определяет, как лучше всего реагировать на перебои, питание может быть перенаправлено на большинство клиентов за считанные секунды или миллисекунды.

1.2 Двухсторонняя связь

Двухсторонняя связь в Smart Grid обеспечивает обмен информацией между сетью электропередачи и устройствами, которые подключены к сети, такими как

счетчики электроэнергии, солнечные панели, электромобили и другие устройства управления энергопотреблением.

Системы двухсторонней связи могут отправлять информацию в обе стороны: от устройства к сети и от сети к устройству. Устройства могут передавать информацию о своем потреблении энергии, производстве энергии, состоянии батареи и других параметрах в реальном времени в систему управления энергопотреблением. Система управления может использовать эту информацию для принятия решений о том, как оптимизировать использование энергии в сети.

С другой стороны, система управления может отправлять информацию об энергетической нагрузке в различные устройства. Например, система управления может отправлять сигналы, которые сообщают устройствам, когда тарифы на электроэнергию находятся на пике или когда в сети возникает проблема с питанием. Устройства могут использовать эту информацию для принятия решений об оптимизации использования энергии. Например, они могут регулировать свою потребляемую мощность в зависимости от тарифов или времени суток. Таким образом, двухсторонняя связь в Smart Grid позволяет эффективно управлять энергопотреблением и производством, обеспечивая более устойчивую и эффективную работу сети электропередачи.

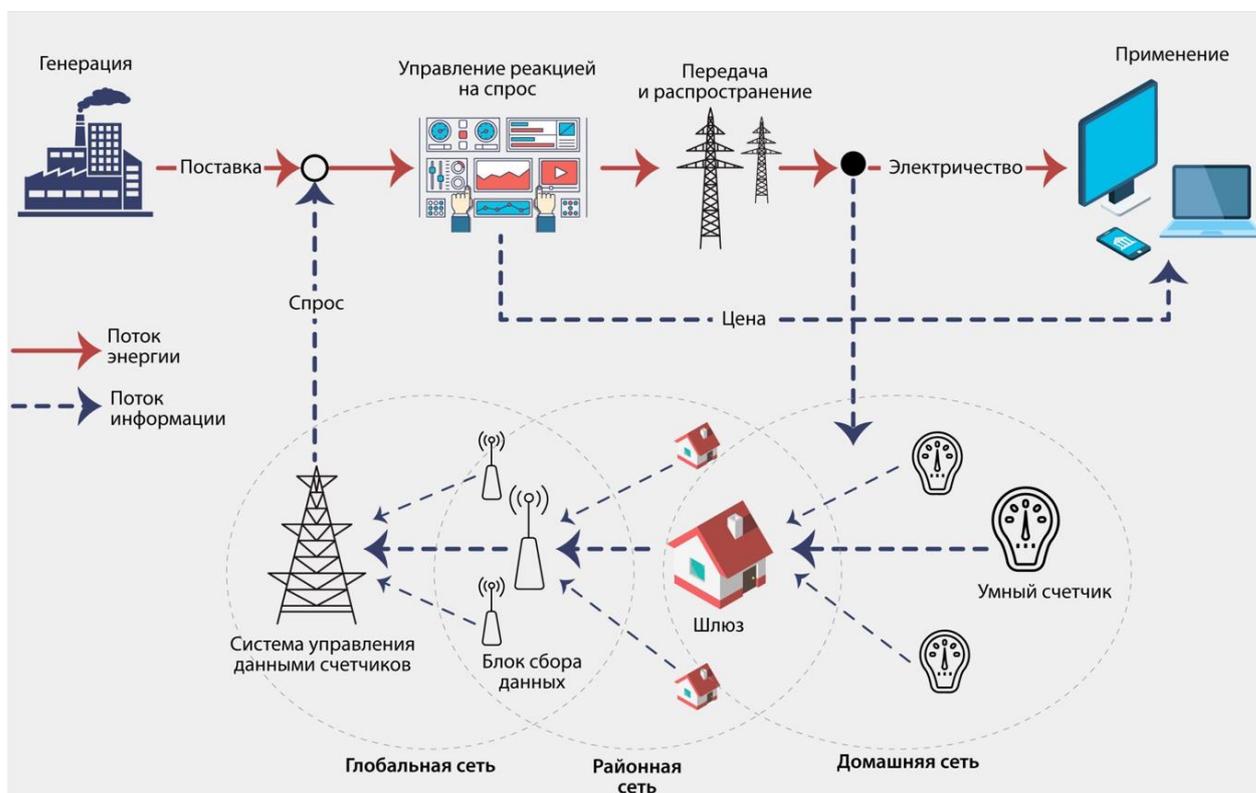


Рисунок 1.2 – Пример работы двухсторонней связи

1.3 Роль потребителя

В Smart Grid потребитель играет важную роль, так как система строится вокруг его потребностей и предпочтений. Потребитель может стать активным участником системы, что позволяет ему управлять своим потреблением электроэнергии, экономить деньги и уменьшать воздействие на окружающую среду.

Для того чтобы стать активным участником Smart Grid, потребитель должен иметь доступ к информации о своем потреблении электроэнергии в режиме реального времени. С помощью интернет-соединения и смартфона, потребитель может получать информацию о своем потреблении и управлять им. Например, потребитель может установить умный термостат в своем доме, который будет автоматически регулировать температуру в зависимости от времени суток и количества людей в помещении, что позволит ему экономить на электроэнергии.

Также можно создать специальную функцию вознаграждения самого потребителя, которая позволяет ему получать вознаграждение за согласие на ограничение своего потребления электроэнергии в периоды пиковой нагрузки. Например, в жаркий день, когда все используют кондиционеры, электросеть может испытывать перегрузку. В этом случае энергетические компании могут обратиться к потребителям и предложить им временно ограничить свое потребление электроэнергии в обмен на скидки на оплату счета за электроэнергию.

Кроме того, потребитель может использовать возможности хранения энергии. Например, установка солнечных батарей на крыше своего дома позволит ему производить свою собственную электроэнергию и хранить ее в аккумуляторах для использования в периоды пиковой нагрузки или когда цены на электроэнергию на рынке будут высокими.

Таким образом, потребитель играет важную роль в Smart Grid, и его активное участие может привести к улучшению эффективности использования электроэнергии и экономии денег.

1.4 Характеристики Smart Grid

Можно выделить 7 основных характеристик концепции интеллектуальной сети.

1) Автоматизация: Smart Grid позволяет автоматизировать многие процессы, такие как мониторинг, управление и контроль, что повышает эффективность работы всей системы.

2) Интеллектуальность: Используя современные технологии и алгоритмы, можно оптимизировать потоки энергии, управлять нагрузками, обнаруживать и

реагировать на сбои, а также максимизировать использование возобновляемых источников энергии.

3) Гибкость: Быстрое адаптирование к изменениям в нагрузках, а также возможность интегрировать новые источники энергии, что позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

4) Надежность: Smart Grid обладает повышенной надежностью благодаря использованию современных технологий и алгоритмов, которые позволяют обнаруживать и реагировать на сбои, а также быстро восстанавливать работу системы в случае аварии.

5) Экономичность: Smart Grid позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы и снижать затраты на производство и транспортировку энергии, что в итоге приводит к экономической выгоде для потребителей и производителей энергии.

6) Интеграция клиентов: Использование интеллектуальных счетчиков электроэнергии, позволяет обеспечивать двухсторонний поток информации в реальном времени между потребителем и поставщиком электроэнергии. Благодаря этому можно создать гибкие ценовые тарифы, учитывающую текущую ситуацию в сети.

7) Адаптивность: Способность Smart Grid адаптироваться к различным источникам производства электроэнергии, включая децентрализованные источники, такие как солнечные панели и ветряные турбины. Поскольку производство электроэнергии из таких источников нестабильно и трудно предсказуемо, интеллектуальные сети помогают регулировать и управлять потреблением и производством электроэнергии в режиме реального времени, чтобы обеспечить более эффективное и экономичное использование электроэнергии.

1.5 Интеллектуальные счетчики

Интеллектуальные счетчики (также называемые смарт-счетчиками) являются ключевым элементом инфраструктуры Smart Grid. Они обладают рядом особенностей, которые делают их более эффективными по сравнению с традиционными счетчиками.

В отличие от традиционных счетчиков, которые просто измеряют общее потребление электроэнергии, интеллектуальные счетчики позволяют собирать данные о потреблении энергии в режиме реального времени. Это позволяет потребителям увидеть, сколько энергии они потребляют в данный момент, а также отслеживать потребление в определенные часы дня или недели. Эти данные помогают потребителям принимать более осознанные решения относительно своего энергопотребления.

Интеллектуальные счетчики также обладают возможностью двусторонней связи, что позволяет сетевым компаниям собирать данные о потреблении энергии

и управлять ее потоком. Это позволяет компаниям эффективно управлять энергией и предотвращать перегрузки в сети, которые могут привести к авариям и простоям.

Еще одним преимуществом интеллектуальных счетчиков является возможность удаленного управления. С помощью смарт-счетчиков компании могут изменять тарифы в реальном времени, в зависимости от спроса и предложения, а также включать и отключать электропитание удаленно. Это делает управление сетью более эффективным и экономичным.

Кроме того, интеллектуальные счетчики обеспечивают большую точность измерения потребления энергии. Они могут измерять не только общее потребление, но и точное время потребления энергии, что может помочь потребителям и компаниям снизить расходы на энергопотребление.

Принцип работы интеллектуального счетчика электроэнергии.

Принцип работы всей системы предполагает использование умного счетчика, который фиксирует объем потребленной электроэнергии и передает данные в систему учета. Это может быть как отдельное устройство, так и группа устройств, работающих вместе. Многотарифный электрический счетчик устанавливается в распределительном щите, а контроллер системы - в том же месте или на расстоянии до 1 км, передавая информацию в облачный сервис.

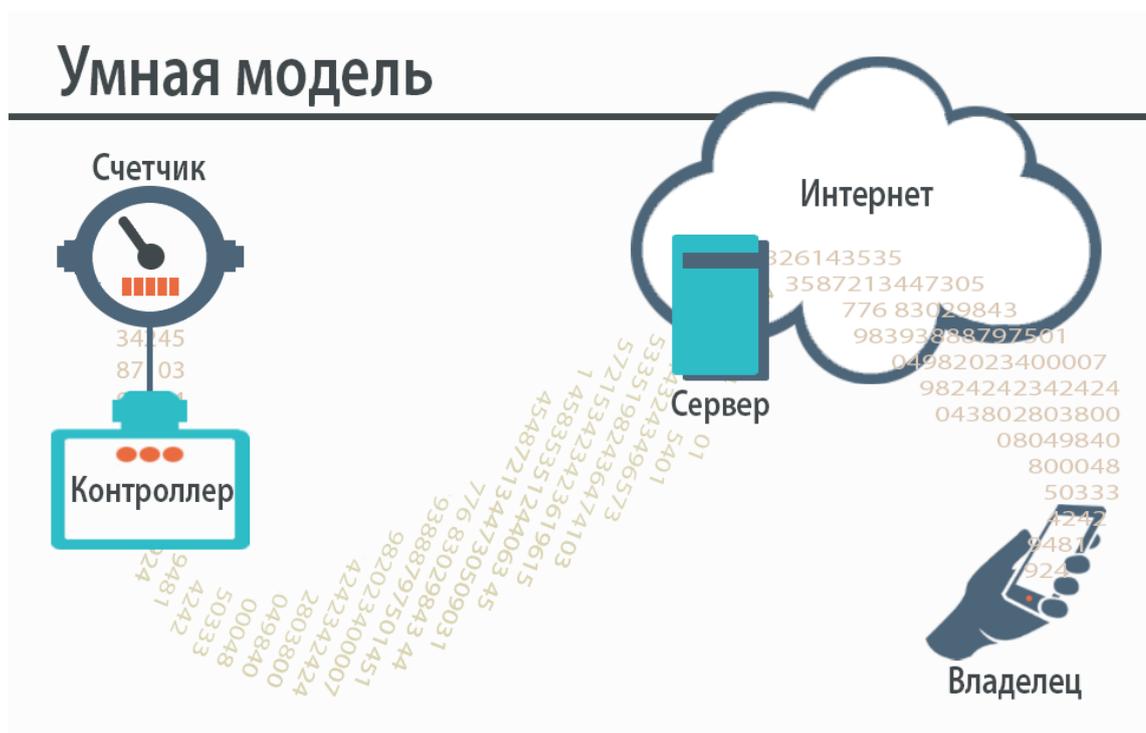


Рисунок 1.3 – Принцип работы умного счетчика

Облачное хранилище, находящееся в защищенном дата-центре, хранит все данные о потреблении. Клиентское программное обеспечение позволяет просматривать данные через веб-браузер или бесплатные мобильные приложения. Система работает таким образом, что счетчик учитывает киловатты,

амперы и вольты, контроллер получает информацию об использовании в разрезе по тарифам и часам, а затем передает показания в облачное хранилище. Сервер компании, поставляющей электроэнергию, принимает данные и сохраняет их в облаке. Пользователь может просмотреть данные через кабинет в облачном сервисе и оценить объемы потребления по часам, дням и месяцам, а также настроить автоматическую отправку данных поставщику ресурса.

В системе Smart Grid существует несколько видов контроллеров, которые выполняют различные функции и играют важную роль в управлении и контроле энергетической инфраструктуры. Ниже приведены некоторые из основных видов контроллеров в Smart Grid.

Виды контроллеров и варианты передачи данных на сервере:

1) GPRS – контроллеры: для работы GPRS-контроллера требуется установить SIM-карту, а контроллер подключается к счетчикам проводом и передает показания на сервер по сотовой связи. Однако необходимо учитывать, что уровень сотовой связи может отличаться в разных районах и квартирах, поэтому может потребоваться использование нескольких операторов. Кроме того, лучше всего контроллеры работают от электрической розетки, которая не всегда находится рядом со счетчиками.

Существуют также модели контроллеров на батарейках, но данная технология требует больших затрат энергии, что вынуждает производителей идти на компромисс между сроком службы, стоимостью элементов питания и частотой сеансов связи с сервером. Кроме того, при использовании SIM-карты необходимо контролировать остаток денег на ней, чтобы избежать дополнительных расходов.

2) LPWAN – контроллеры: беспроводная технология связи, которая специально разработана для передачи небольших объемов данных от датчиков и умных счетчиков к серверу с меньшими энергозатратами, чем GPRS. В отличие от GPRS, поставщики LPWAN-решений устанавливают специальные вышки в районах автоматизируемых домов и кварталов для связи с домашними контроллерами и передачи данных. Это позволяет экономить ресурсы контроллеров и обеспечивает стабильный уровень сигнала.

Однако установка вышек - масштабная операция, которая ложится на владельцев домов и квартир в виде финансовой нагрузки. Кроме того, вышки требуют обслуживания и поддержки, что влечет за собой абонентскую плату. Для использования LPWAN-контроллеров владелец счетчиков должен участвовать в коллективном решении с остальными владельцами в многоквартирном доме, районе или квартале.

3) Wi-Fi – контроллеры: позволяют по проводу подключиться к умному счетчику, а затем отправлять данные через Wi-Fi на сервер. Wi-Fi-контроллеры потребляют мало энергии, что позволяет им работать на батарейках. При ежедневной передаче данных на одной паре стандартных батареек АА, которые продаются в любом супермаркете, прибор может работать более трех лет. Нет необходимости устанавливать электрическую розетку в сантехническом шкафу, поскольку батарейки можно заменять самостоятельно.

Wi-Fi-контроллеры представляют собой персональные бытовые приборы, и для их установки не требуется согласование с соседями, управляющей компанией или инженерной службой. Эти приборы можно приобрести в магазине, подключить и сразу начать пользоваться. Показания воды, газа, электричества и тепла можно легко отслеживать на мобильном телефоне или компьютере. Wi-Fi является самым интенсивно развивающимся стандартом связи в мире.

4) NB-Iot – контроллеры: Контроллеры NB-IoT работают через сотовые сети, которые поддерживают данный стандарт. В линейке устройств есть модели с корпусом, защищенным по стандарту IP66, которые могут выдерживать широкий диапазон температур эксплуатации (от минус 30 до плюс 50 градусов).

Точка установки контроллера должна находиться в зоне покрытия NB-IoT сети. Стоимость таких устройств уже включает в себя цену сетевого трафика на 6 лет или 12 Мб.

Клиент идентифицируется с помощью SIM-карты одного из операторов связи, и питание модуля связи осуществляется от внешнего источника или встроенной литиевой батареи 6000 мАч.

К преимуществам NB-IoT контроллеров относятся стабильная работа, энергонезависимая память, автономность на литиевой батарее до 6 лет, предоплаченный трафик на 6 лет, и возможность подключения до 32 периферийных устройств.

Главным минусом является ограниченность распространения IoT-сетей.

2 Основная часть

2.1 Роль накопителей энергии в Smart Grid

Накопители энергии играют особую роль в развитии Smart Grid («умной сети»), которая представляет собой новый подход к управлению электроснабжением, основанный на цифровых технологиях и инновационных решениях.

Накопители энергии позволяют снизить зависимость от традиционных источников энергии, таких как газ, нефть и уголь, и способствуют переходу к использованию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая. Это может уменьшить нагрузку на сеть и снизить выбросы парниковых газов, что особенно важно для борьбы с изменением климата.

Кроме того, накопители энергии могут улучшить устойчивость электросетей к отказам и увеличить эффективность и экономичность их работы. Они позволяют хранить энергию, полученную из возобновляемых источников в периоды, когда ее производство превышает потребление, и использовать ее в периоды пикового потребления, чтобы снизить нагрузку на электросеть и предотвратить перегрузки.

Также накопители энергии могут использоваться для управления нагрузкой в системе Smart Grid. Они могут быть заряжены в периоды низкого спроса и использоваться для сглаживания пиковых нагрузок путем подачи дополнительной энергии во время пикового спроса. Это помогает сбалансировать нагрузку в системе и повышает эффективность использования энергии.

Таким образом, накопители энергии являются важным элементом в развитии Smart Grid, позволяющим создать более эффективную и устойчивую систему энергоснабжения, основанную на возобновляемых источниках энергии и цифровых технологиях.

2.2 Расчет эффективности использования накопителей энергии и построение графика суточной нагрузки частного дома

В данном подразделе проведен анализ суточного энергопотребления частного дома, включая расчет и оценку энергии, необходимой для обеспечения работы различных устройств и систем в течение 24 часов. На основе полученных данных построен график суточной нагрузки, отражающий изменения энергопотребления в течение дня. Дополнительно был выполнен расчет эффективности использования накопителей энергии с целью определения возможности использования этих устройств для сглаживания пиков нагрузки и оптимизации энергопотребления.

Таблица 2.1 – Данные потребителей частного дома

Наименование оборудования	Р _н , кВт/ч (за ед.)	Количество	Ун, В сети	Время работы, t
Лампа светодиодная	0,02	24	220	5
Холодильник	0,3	1	220	24
Посудомоечная машина	1,2	1	220	1
Чайник	2,1	1	220	0,2
Кофемашина	2,0	1	220	0,2
Стиральная машина	1,3	1	220	1,5
Ноутбук	0,2	1	220	6
Телевизор	0,2	1	220	6
Кондиционер	1	1	220	1,5
Компьютерное место	0,4	1	220	5
Освещение улицы	0,7	2	220	10
Бойлер	2	1	220	4
Зарядное устройство	0,02	4	220	1
Пылесос	1,2	1	220	0,5
Привод ворот	0,2	1	220	0,2
Микроволновка	2	1	220	0,2
Обогреватель	1	2	220	6

Таблица 2.2 – Показания счётчика частного дома

Время замера, ч	0	4	8	12	16	20	24
Показания счётчика, кВт · ч	1,8	5,8	8,1	14,9	16,5	25,44	30,94

Определяем среднюю мощность на каждом интервале

$$P = \frac{W_{i+1} - W_i}{\Delta t} \quad (2.1)$$

где, W_i – показания счётчика, кВт · ч;

Δt – время замера, ч.

$$P_1 = \frac{5,8 - 1,8}{4} = 1 \text{ кВт},$$

$$P_2 = \frac{8,1 - 5,8}{4} = 0,575 \text{ кВт},$$

$$P_3 = \frac{14,9 - 8,1}{4} = 1,7 \text{ кВт},$$

$$P_4 = \frac{16,5 - 14,9}{4} = 0,4 \text{ кВт},$$

$$P_5 = \frac{25,44 - 16,5}{4} = 2,235 \text{ кВт},$$

$$P_6 = \frac{30,94 - 25,44}{4} = 1,375 \text{ кВт}.$$

Определяем разность последнего и первого показания счётчика

$$W = (W_7 - W_1). \quad (2.2)$$

$$W = (30,94 - 1,8) = 29,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Определяем сумму мощностей полученных при расчете нагрузок

$$W = \Delta t \sum_{i=1}^6 P_i. \quad (2.3)$$

$$W = 4 \cdot 7,285 = 29,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

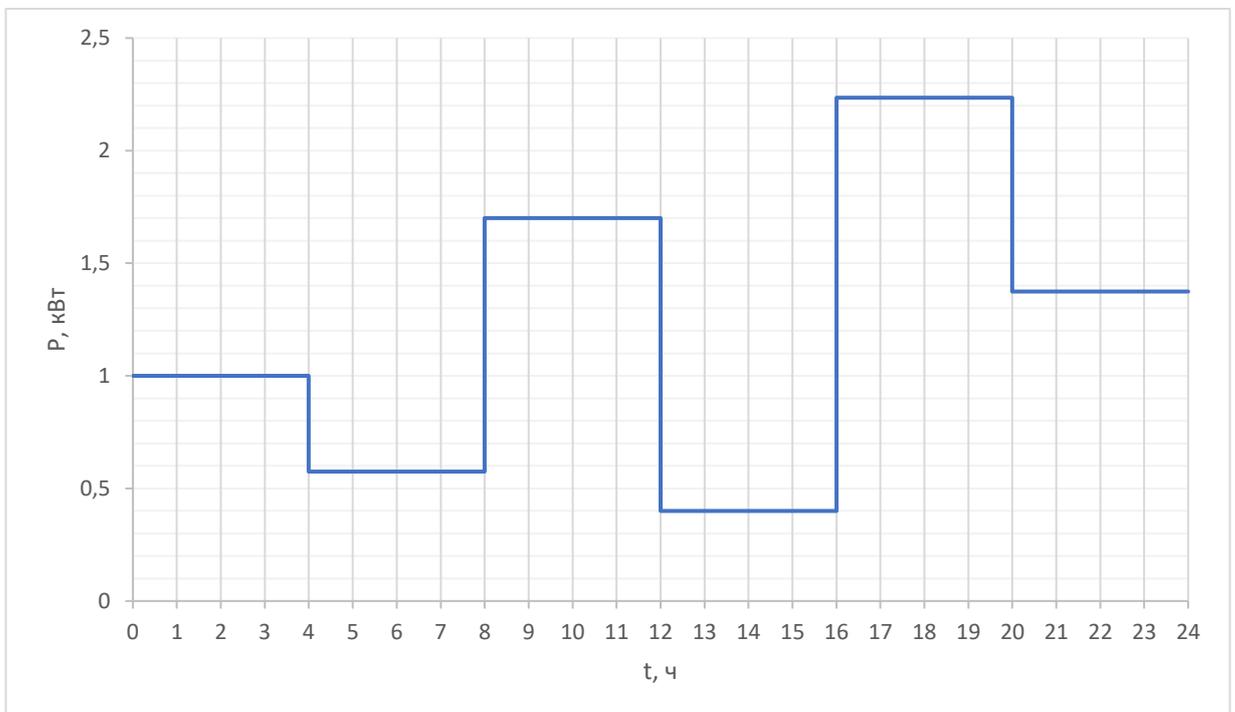


Рисунок 2.1 – График суточной нагрузки частного дома

График нагрузки в данном случае имеет равномерный характер так как коэффициента формы равен единице. Коэффициент заполнения графика не является равным единице, что указывает на наличие в доме как длительных, так и кратковременных потребителей электроэнергии. Низкое значение коэффициента неравномерности подтверждает, что энергопотребление в доме распределено неравномерно в течение суток.

Определяем время использования максимальной нагрузки

$$T_{max} = \frac{W}{P_{max}}. \quad (2.4)$$

где, P_{max} – максимальная средняя мощность, кВт.

$$T_{max} = \frac{29,14}{2,235} = 13 \text{ ч.}$$

Определяем среднее значение нагрузки

$$P_{cp} = \frac{W}{24}. \quad (2.5)$$

$$P_{cp} = \frac{29,14}{24} = 1,214 \text{ кВт.}$$

Определяем среднее квадратичное значение мощности

$$P_{СКВ} = \sqrt{\frac{\Delta t \cdot \sum_{t=1}^6 P_i^2}{T}}. \quad (2.6)$$

$$P_{СКВ} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11,3}{24}} = 1,37 \text{ кВт.}$$

Определяем коэффициент формы графика

$$k_{\phi} = \frac{P_{СКВ}}{P_{cp}}. \quad (2.7)$$

$$k_{\phi} = \frac{1,37}{1,214} = 1,13.$$

Определяем коэффициент заполнения графика

$$k_3 = \frac{P_{cp}}{P_{max}}. \quad (2.8)$$

$$k_3 = \frac{1,214}{2,235} = 0,54.$$

$$k_3 = \frac{T_{max}}{T}. \quad (2.9)$$

$$k_3 = \frac{13}{24} = 0,54.$$

Определяем коэффициент неравномерности заполнения

$$k_{нз} = \frac{P_{min}}{P_{max}}. \quad (2.10)$$

$$k_{нз} = \frac{0,4}{2,235} = 0,14.$$

Таблица 2.3 – Номинальные характеристики АКБ [11]

Наименование	U, В	C, а · ч	Срок службы	Стоимость, тг
RA12-100DG	12	100	10 лет	126 390



Рисунок 2.2 – Аккумуляторная батарея Ritar RA12-100DG

Определяем мощность

$$P = U \cdot C. \quad (2.11)$$

где, U – номинальное напряжение АКБ, В;

C – номинальная емкость, а · ч.

$$P = 12 \cdot 100 = 1200 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Согласно рекомендациям по правильной эксплуатации накопителей энергии, аккумуляторы (АКБ) следует поддерживать заряженными не ниже уровня 25 процентов от их максимальной емкости.

Определяем желательную мощность

$$P_{\text{жел}} = P \cdot 0,75. \quad (2.12)$$

$$P_{\text{жел}} = 1200 \cdot 0,75 = 900 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Таблица 2.4 – Номинальные характеристики солнечной панели

Наименование	Allrican 36	Срок службы	10 лет
Технология, %	Монокристалл, η – 16	Количество	1
U, В	12	Стоимость, тг	39 830
Размеры, мм	1480x680x35	Вес, кг	8



Рисунок 2.3 – Солнечная панель Allrican 36

Определяем выработку электроэнергии

$$P_{\text{выр}} = S_{\text{п}} \cdot E \cdot \eta \cdot \frac{t}{1000}. \quad (2.13)$$

где, t – количество солнечных часов, ч;

$S_{\text{п}}$ – площадь одной панелей, кв · м;

E – поверхностная плотность освещённости, Вт/кв · м;

η – КПД панели.

При идеальных условиях

$$P_{\text{выр}} = 1 \cdot 1000 \cdot 0,16 \cdot \frac{15}{1000} = 2,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч в день.}$$

$$P_{\text{выр}} = 2,4 \cdot 30 = 72 \text{ кВт} \cdot \text{ч в месяц.}$$

Рассмотрим более реалистичную ситуацию. Принимается во внимание 75 процентов от идеальной поверхностной плотности освещения и длительность солнечного освещения в течение 13 часов. (Летний день)

$$P_{\text{выр}} = 1 \cdot 750 \cdot 0,16 \cdot \frac{13}{1000} = 1,56 \text{ кВт} \cdot \text{ч в день.}$$

$$P_{\text{выр}} = 1,56 \cdot 30 = 46,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч в месяц.}$$

Рассмотрим ситуацию в плохих условиях. Принимается во внимание 50 процентов от идеальной поверхностной плотности освещения и длительность солнечного освещения в течение 8 часов. (Зимний день)

$$P_{\text{выр}} = 1 \cdot 500 \cdot 0,16 \cdot \frac{8}{1000} = 0,64 \text{ кВт} \cdot \text{ч в день.}$$

$$P_{\text{выр}} = 0,64 \cdot 30 = 19,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч в месяц.}$$

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что производство электроэнергии солнечной панелью превышает возможности одиночного аккумулятора. В данном варианте с одним частным домом рекомендуется заряжать аккумулятор от сети в период наименьшей нагрузки.

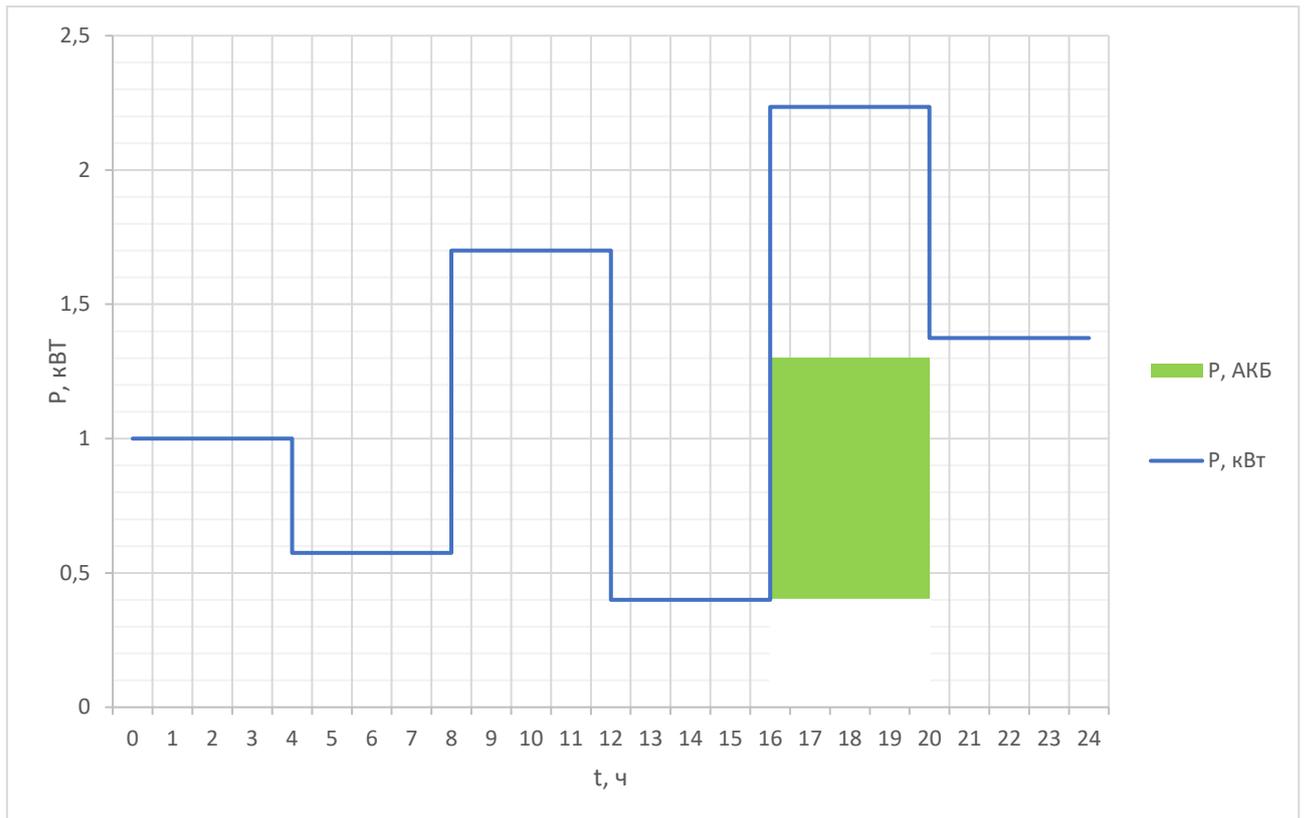


Рисунок 2.4 – Летний график суточной нагрузки частного дома с использованием АКБ

На летнем графике видно, что использование аккумуляторной батареи позволило снизить пиковую нагрузку на систему электроснабжения. В момент пика нагрузка составила 1,335 кВт при использовании аккумулятора, в то время как без аккумулятора нагрузка составляла 2,235 кВт. Таким образом, снижение нагрузки с помощью аккумуляторной батареи составила 40 процентов, что доказывает полезность использования накопителей энергии в Smart Grid.

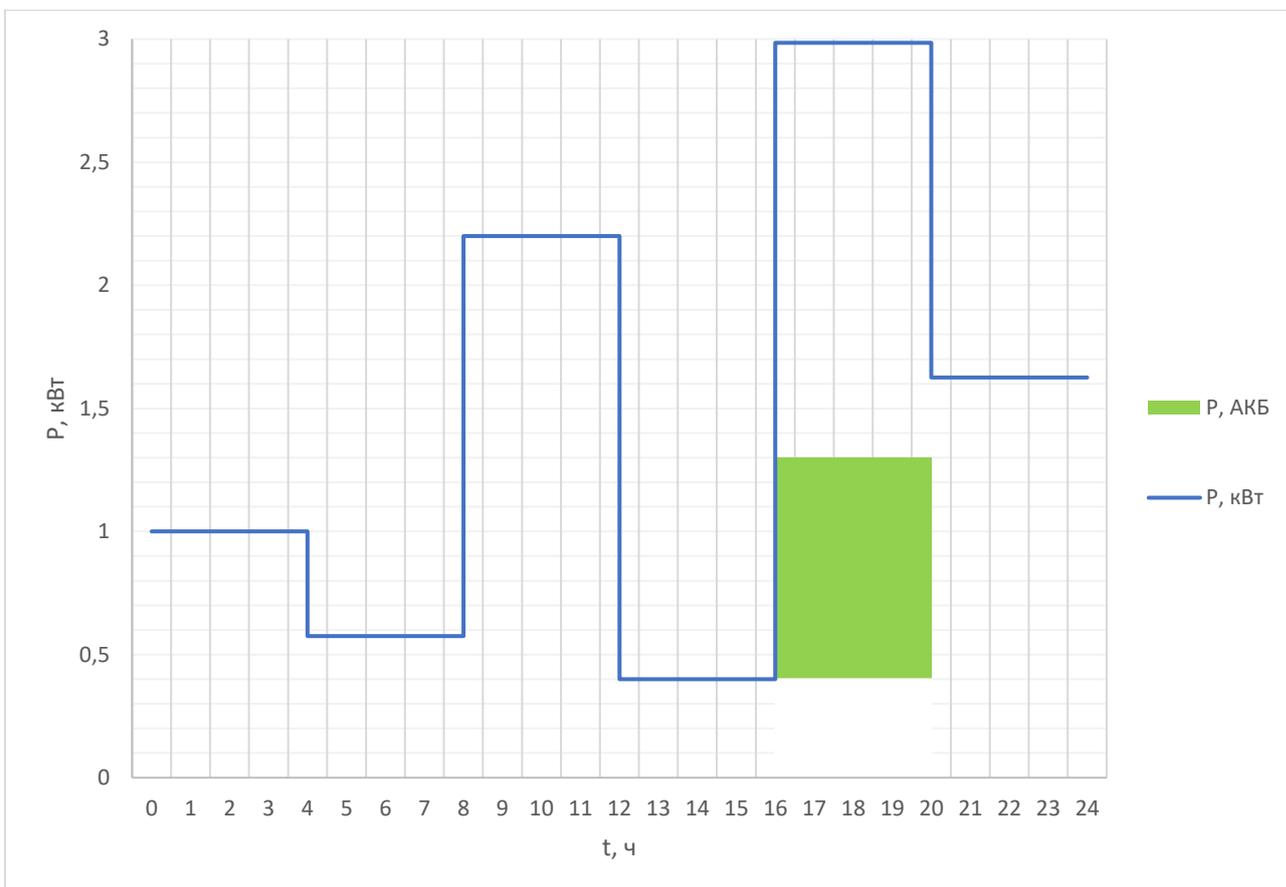


Рисунок 2.5 – Зимний график суточной нагрузки частного дома с использованием АКБ

На зимнем графике видны заметные изменения в двух промежутках времени в утреннем (8–12) и вечернем (16–20). В вечернем промежутке нагрузка составила 2,985 кВт, когда как на летнем графике нагрузка составляла 2,235 кВт, то есть нагрузка в вечерний промежуток была увеличена на 33 процента. В утреннем промежутке нагрузка составила 2,2 кВт, когда как на летнем графике нагрузка составляла 1,7 кВт, нагрузка в утренний промежуток была увеличена на 29 процентов. С использованием аккумуляторной батареи в вечернем промежутке нагрузка составила 2,085 кВт. Таким образом, на зимнем графике снижение нагрузки с помощью аккумуляторной батареи составила 30 процентов.

2.3 Расчет эффективности использования накопителей энергии и построение графика суточной нагрузки для двадцати частных домов

В данном подразделе проведен анализ суточного энергопотребления для двадцати частных домов, включая расчет и оценку энергии, необходимой для обеспечения работы различных устройств и систем в течение 24 часов. На основе полученных данных построен график суточной нагрузки, отражающий изменения энергопотребления в течение дня. Дополнительно был выполнен

расчет эффективности использования накопителей энергии с целью определения возможности использования этих устройств для сглаживания пиков нагрузки и оптимизации энергопотребления.

Таблица 2.5 - Данные потребителей для двадцати частных домов

Наименование оборудования	P_n , кВт/ч (за ед.)	Количество	Un, В сети	Время работы, t
Лампа светодиодная	0,02	480	220	5
Холодильник	0,3	20	220	24
Посудомоечная машина	1,2	20	220	1
Чайник	2,1	20	220	0,2
Кофемашина	2,0	20	220	0,2
Стиральная машина	1,3	20	220	1,5
Ноутбук	0,2	20	220	6
Телевизор	0,2	20	220	6
Кондиционер	1	20	220	1,5
Компьютерное место	0,4	20	220	5
Освещение улицы	0,7	40	220	10
Бойлер	2	20	220	4
Зарядное устройство	0,02	80	220	1
Пылесос	1,2	20	220	0,5
Привод ворот	0,2	20	220	0,2
Микроволновка	1,9	20	220	0,2
Обогреватели	1	30	220	6

Таблица 2.6 – Показания счётчиков частных домов

Время замера, ч	0	4	8	12	16	20	24
Показания счётчика, кВт · ч	36	116	162	298	330	508,8	618,8

Средняя мощность на каждом интервале рассчитывается по формуле (2.1)

$$P_1 = \frac{116 - 36}{4} = 20 \text{ кВт},$$

$$P_2 = \frac{162 - 116}{4} = 11,5 \text{ кВт},$$

$$P_3 = \frac{298 - 162}{4} = 34 \text{ кВт},$$

$$P_4 = \frac{330 - 298}{4} = 8 \text{ кВт},$$

$$P_5 = \frac{508,8 - 330}{4} = 44,7 \text{ кВт},$$

$$P_6 = \frac{618,8 - 508,8}{4} = 27,5 \text{ кВт}.$$

Разность последнего и первого показания рассчитывается по формуле (2.2)

$$W = (618,8 - 36) = 582,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Сумма мощностей рассчитывается по формуле (2.3)

$$W = 4 \cdot 145,7 = 582,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

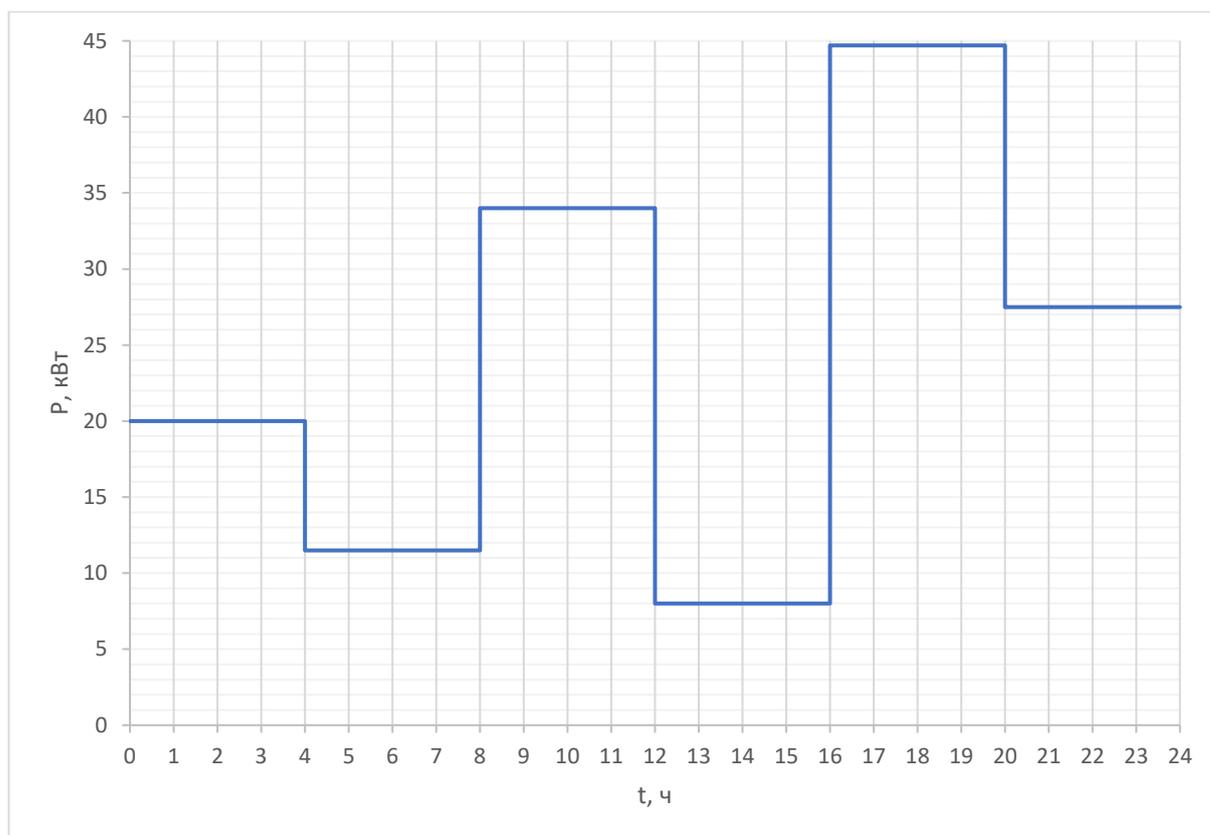


Рисунок 2.6 – График суточной нагрузки двадцати частных домов

График нагрузки в данном случае имеет равномерный характер так как коэффициента формы равен единице. Коэффициент заполнения графика не является равным единице, что указывает на наличие как длительных, так и кратковременных потребителей электроэнергии. Низкое значение коэффициента неравномерности подтверждает, что энергопотребление распределено неравномерно в течение суток.

Время использования максимальной нагрузки рассчитывается по формуле (2.4)

$$T_{max} = \frac{582,8}{44,7} = 13 \text{ ч}.$$

Среднее значение нагрузки рассчитывается по формуле (2.5)

$$P_{\text{ср}} = \frac{582,8}{24} = 24,2 \text{ кВт.}$$

(2.6) Среднее квадратичное значение мощности рассчитывается по формуле

$$P_{\text{СКВ}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4506,59}{24}} = 27,4 \text{ кВт.}$$

Коэффициент формы графика рассчитывается по формуле (2.7)

$$k_{\phi} = \frac{27,4}{24,2} = 1,13.$$

Коэффициент заполнения графика рассчитывается по формуле (2.8) и (2.9)

$$k_{\text{з}} = \frac{24,2}{44,7} = 0,54,$$

$$k_{\text{з}} = \frac{13}{24} = 0,54.$$

(2.10) Коэффициент неравномерности заполнения рассчитывается по формуле

$$k_{\text{нз}} = \frac{8}{44,7} = 0,18.$$

Таблица 2.7 – Номинальные характеристики АКБ [11]

Наименование	U, В	C, а · ч	Срок службы	Стоимость, тг	Количество
RA12-100DG	12	100	10 лет	126 390	20

Определяем мощность

$$P = U \cdot C \cdot n. \quad (2.14)$$

где, n – количество АКБ.

$$P = 12 \cdot 100 \cdot 20 = 24000 \text{ Вт} \cdot \text{ч.}$$

Согласно рекомендациям по правильной эксплуатации накопителей энергии, аккумуляторы (АКБ) следует поддерживать заряженными не ниже уровня 25 процентов от их максимальной емкости.

Желательная мощность рассчитывается по формуле (2.12)

$$P_{\text{жел}} = 24000 \cdot 0,75 = 18000 \text{ Вт} \cdot \text{ч.}$$

Таблица 2.8 – Номинальные характеристики солнечной панели

Наименование	Allrican 36	Срок службы	10 лет
Технология, %	Монокристалл, $\eta - 16$	Количество	12
U, В	12	Стоимость, тг	39 830
Размеры, мм	1480x680x35	Вес, кг	8

Выработка электроэнергии рассчитывается по формуле (2.13)

При идеальных условиях

$$P_{\text{выр}} = 12 \cdot 1000 \cdot 0,16 \cdot \frac{15}{1000} = 28,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч в день.}$$

$$P_{\text{выр}} = 28,8 \cdot 30 = 864 \text{ кВт} \cdot \text{ч в месяц.}$$

Рассмотрим более реалистичную ситуацию. Принимается во внимание 75 процентов от идеальной поверхностной плотности освещения и длительность солнечного освещения в течение 13 часов. (Летний день)

$$P_{\text{выр}} = 12 \cdot 750 \cdot 0,16 \cdot \frac{13}{1000} = 18,72 \text{ кВт} \cdot \text{ч в день.}$$

$$P_{\text{выр}} = 18,72 \cdot 30 = 561,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч в месяц.}$$

Рассмотрим ситуацию в плохих условиях. Принимается во внимание 50 процентов от идеальной поверхностной плотности освещения и длительность солнечного освещения в течение 8 часов. (Зимний день)

$$P_{\text{выр}} = 12 \cdot 500 \cdot 0,16 \cdot \frac{8}{1000} = 7,68 \text{ кВт} \cdot \text{ч в день.}$$

$$P_{\text{выр}} = 7,68 \cdot 30 = 230,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч в месяц.}$$

В данном сценарии использование солнечных панелей оправдано благодаря наличию 20 аккумуляторных батарей. Расчеты показывают, что в летний день выработка электроэнергии способна полностью зарядить все аккумуляторы. Однако в зимний день наблюдается недостаток энергии, поэтому необходимо осуществлять дополнительную подзарядку аккумуляторов в ночное время, когда нагрузка на систему электроснабжения минимальна.

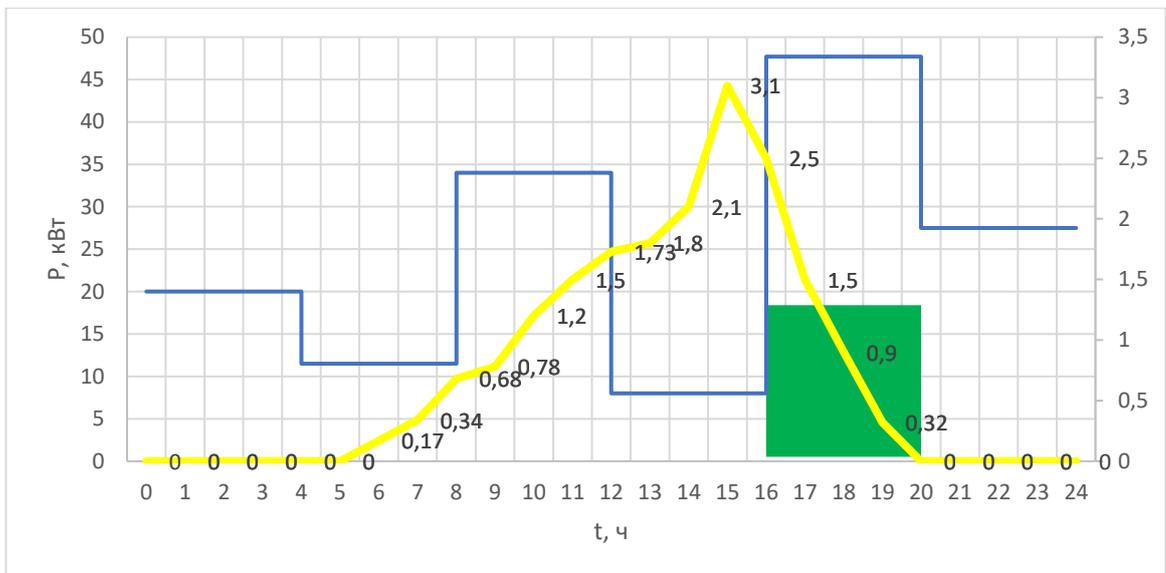


Рисунок 2.7 – Летний график суточной нагрузки и почасовой выработки электроэнергии солнечной панелью двадцати частных домов с использованием АКБ и СП

Представленный летний график демонстрирует эффективную компенсацию нагрузки при использовании аккумуляторных батарей (АКБ). В период пиковой нагрузки, с использованием АКБ удалось снизить нагрузку с 44,7 кВт до 26,7 кВт. Это соответствует 40 процентам снижения нагрузки, что является значительным достижением. Таким образом, накопители энергии играют важную роль в системе Smart Grid, обеспечивая возможность эффективной компенсации высоких нагрузок в периоды пиковой активности.

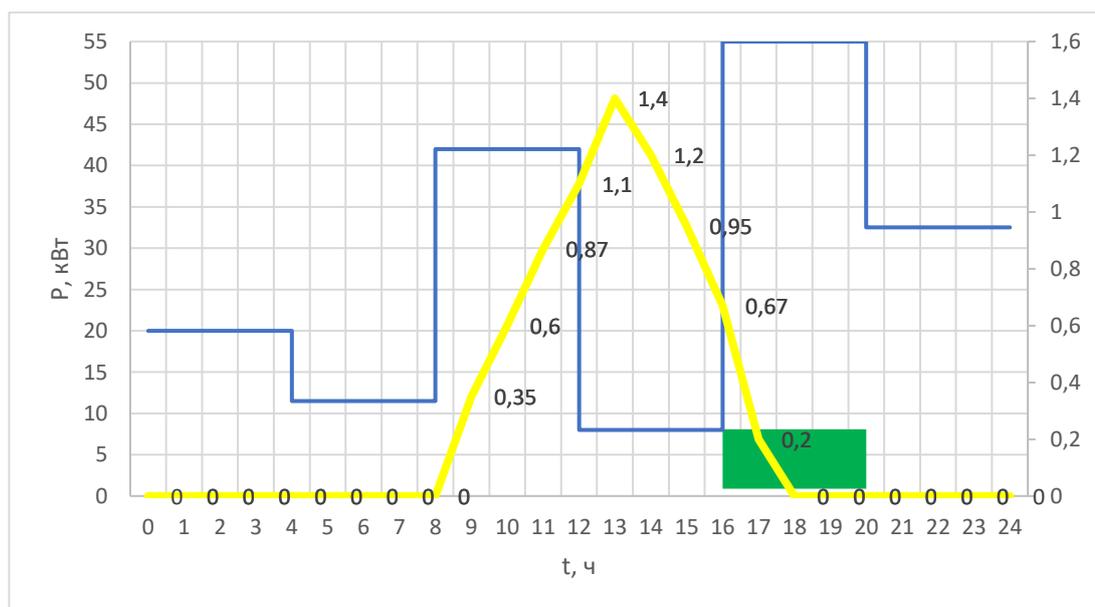


Рисунок 2.8 - Зимний график суточной нагрузки и почасовой выработки электроэнергии солнечной панелью двадцати частных домов с использованием АКБ и СП

На зимнем графике видны заметные изменения в двух промежутках времени в утреннем (8–12) и вечернем (16–20). В вечернем промежутке нагрузка составила 55 кВт, когда как на летнем графике нагрузка составляла 44,7 кВт, то есть нагрузка в вечерний промежуток была увеличена на 23 процента. В утреннем промежутке нагрузка составила 42 кВт, когда как на летнем графике нагрузка составляла 34 кВт, нагрузка в утренний промежуток была также увеличена на 23 процента. С использованием аккумуляторной батареи в вечернем промежутке нагрузка составила 47,32 кВт. Таким образом, отчетливо видна нехватка вырабатываемой электроэнергии солнечной панелью, в данном случае необходимо до заряжать аккумуляторные батареи в моменты простоя.

2.4 Технико-экономический расчет

Технико-экономический расчет был произведен путем сравнения двух вариантов по таким показателям, как экономия в день, экономия в год и срок окупаемости.

Таблица 2.9 – Тарифы ТОО «АлматыЭнергоСбыт» с учетом НДС

Уровень тарифа	1 уровень, 90 кВт · ч	2 уровень, от 90 до 160 кВт · ч	3 уровень, 160 кВт · ч
Стоимость, тг за 1 кВт · ч	19,92	26,19	32,73

2.4.1 Для одного дома

Определяем потребления на одного жильца

$$P_{\text{ж}} = \frac{P_{\text{мес}}}{K_{\text{ж}}}. \quad (2.15)$$

где, $P_{\text{мес}}$ – месячное потребление дома, кВт · ч;

$K_{\text{ж}}$ – количество жильцов проживающих в доме.

$$P_{\text{ж}} = \frac{218,55}{5} = 43,71 \text{ кВт.}$$

Согласно таблице 2.5.1 выбираем первый уровень тарифа.

Определяем экономию в день

$$\mathcal{E}_{\text{д}} = 19,92 \cdot P_{\text{жел}}. \quad (2.16)$$

$$\mathcal{E}_{\text{д}} = 19,92 \cdot 0,9 = 17,928 \text{ тг.}$$

Определяем экономию в год

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = 17,928 \cdot 365 = 6544 \text{ тг.}$$

Определяем срок окупаемости

$$C_o = \frac{C_{\text{акб}}}{\text{Э}_\Gamma}. \quad (2.17)$$

где, $C_{\text{акб}}$ – стоимость аккумуляторной батареи, тг.

$$C_o = \frac{126\,390}{6544} = 19,3 \text{ г.}$$

2.4.2 Для двадцати домов

Экономия в день рассчитывается по формуле (2.16)

$$\text{Э}_\text{д} = 19,92 \cdot 18 = 358,56 \text{ тг.}$$

Определяем экономию в год

$$\text{Э}_\Gamma = 358,56 \cdot 365 = 130\,874 \text{ тг.}$$

Определяем срок окупаемости

$$C_o = \frac{(C_{\text{акб}} \cdot n) + (C_{\text{сп}} \cdot n)}{\text{Э}_\Gamma}. \quad (2.18)$$

где, $C_{\text{сп}}$ – стоимость солнечной панели, тг.

$$C_o = \frac{(126\,390 \cdot 20) + (39\,830 \cdot 12)}{130\,874} = 23 \text{ г.}$$

Таблица 2.10 – Сравнительная таблица затрат

Количество оборудования АБ, СП	Без АБ	Без АБ, СП	1 - АБ	20 - АБ	12 - СП
Оплата в день, тг	145	2902	127	2543	
Оплата в месяц, тг	4353	87 070	3815	76 313	
Экономия в день, тг	-	-	17,928	358,56	
Экономия в год, тг	-	-	6544	130 874	
Затраты, тг	-	-	126 390	3 005 760	
Срок окупаемости, г	-	-	19,3	23	

С учетом рассчитанных данных срок окупаемости первого варианта составляет 19 лет и 3 месяца, а срок окупаемости второго варианта составляет 23 года при условии срока службы аккумулятора и солнечной панели в 10 лет. Эти результаты показывают, что в настоящий момент внедрение накопителей энергии в рамках концепции Smart Grid не является экономически целесообразным в Казахстане. Это связано с низкой тарифной стоимостью за 1 кВт, что делает инвестиции и модернизацию неоправданными.

2.5 Пример имитационной модели автоматизированной работы использования накопителей энергии в рамках концепции Smart Grid

В этом подразделе представлен пример имитационной модели автоматизированного использования накопителей энергии в среде «MATLAB Simulink» с применением библиотеки «Simscape Electrical Specialized Power Systems».

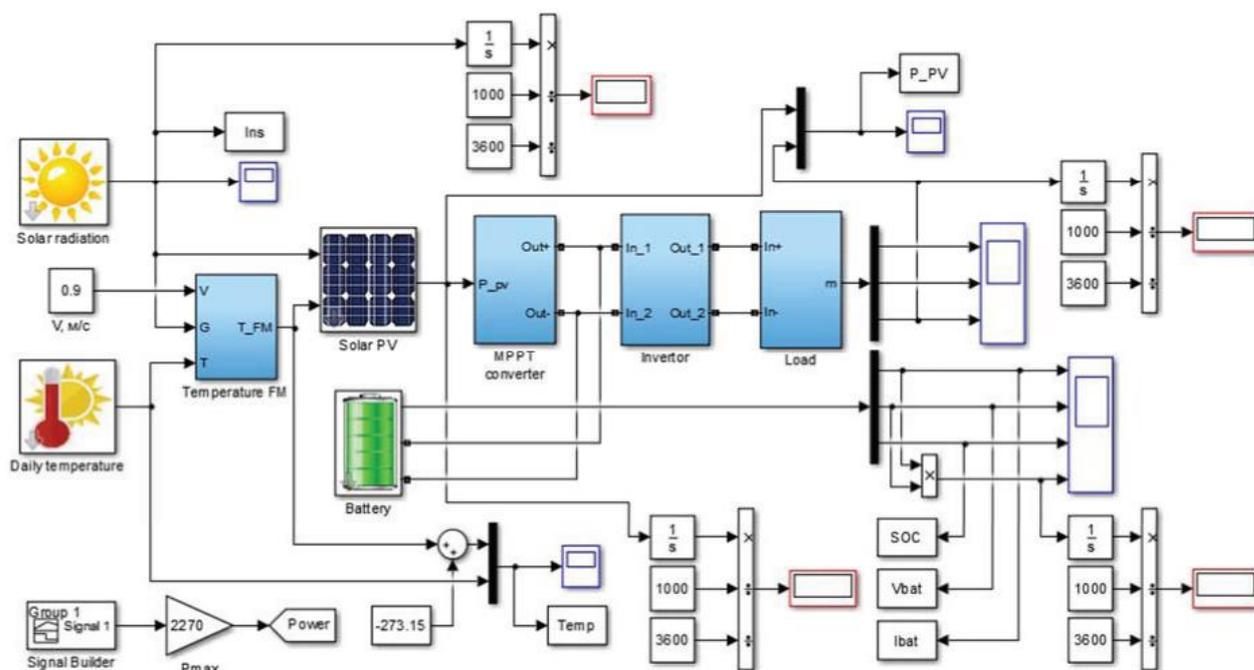


Рисунок 2.9 – Схема автоматизированного использования накопителей энергии в Matlab/Simulink [10]

Имитационная модель автоматизированного использования накопителей энергии состоит из шести основных компонентов: модель солнечной радиации, система хранения энергии, преобразователь постоянного напряжения (контроллер заряда), система выдачи энергии, инвертор и электрическая нагрузка. Каждый компонент представлен в виде отдельной подсистемы в программной среде MatLab/Simulink.

В состав имитационной модели входит система хранения энергии, которая состоит из 12 фотоэлектрических модулей поликристаллического типа JAP6–60–260 с номинальной мощностью 260 Вт. Модули соединены в массив из 3 параллельных цепочек, каждая из которых содержит 4 модуля. Система хранения энергии использует 12 гелиевых свинцовых кислотных аккумуляторов Delta GX 12–200. Номинальное напряжение системы хранения энергии принято равным 48 В, поэтому она имеет электрическую схему с 3 параллельными ветвями, в каждой из которых находятся 4 последовательно соединенных аккумулятора [10].

Имитационная модель демонстрирует возможность автоматизированной работы таких систем, где система распознает моменты повышенной нагрузки и автоматически подключает аккумуляторы к сети в такие моменты. Солнечная панель также имеет возможность автоматического переключения между различными потребителями. Например, если аккумулятор полностью заряжен, а солнечная панель продолжает генерировать электроэнергию, она автоматически переключится на питание сети. Весь этот процесс осуществляется без необходимости вмешательства человека, что демонстрирует потенциал накопителей энергии в концепции Smart Grid.

3 Методы, рекомендации и практические советы

3.1 Методы для подготовки к переходу на Smart Grid в Казахстане

Для подготовки к переходу на Smart Grid в Казахстане необходимо реализовать ряд методов и мероприятий, учитывая особенности и потребности страны.

Методы для внедрения:

1) Развитие инфраструктуры сети: необходимо модернизировать и улучшить энергетическую инфраструктуру страны, включая передачу, распределение и измерение электроэнергии. Это может включать установку современных счетчиков умного учета, внедрение систем связи следующего поколения (например, 5G) и развертывание сетей передачи данных.

2) Внедрение систем управления энергопотреблением: Реализация систем управления нагрузкой и умных сетей позволит эффективно контролировать и регулировать энергопотребление в реальном времени. Это поможет сгладить пиковые нагрузки, снизить потребление энергии в периоды низкого спроса и повысить энергоэффективность.

3) Интеграция возобновляемых источников энергии: Продвижение и интеграция возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, будет важным аспектом перехода на Smart Grid. Это может включать стимулирование инвестиций в возобновляемую энергетику, разработку законодательства и регулирования, а также создание подходящей инфраструктуры для подключения и интеграции этих источников.

4) Развитие системы хранения энергии: Внедрение систем хранения энергии, таких как аккумуляторы и другие технологии, является важным аспектом развития Smart Grid. Они позволяют хранить энергию, полученную из возобновляемых источников, и использовать ее при необходимости, что способствует более эффективному использованию энергии и повышению надежности сети.

5) Кибербезопасность: Развитие Smart Grid требует усиленного внимания к кибербезопасности. Внедрение цифровых технологий и взаимодействие между различными системами создают новые уязвимости, которые требуют мер по защите от кибератак и обеспечению безопасности данных.

6) Разработка стандартов и протоколов: важно разработать стандарты и протоколы, которые обеспечат совместимость и взаимодействие различных систем и устройств в Smart Grid. Это поможет обеспечить эффективную коммуникацию, управление и безопасность в сети.

7) Обучение и информирование: Распространение информации и проведение образовательных программ для всех заинтересованных сторон, включая потребителей, энергетические компании и регулирующие органы, будет способствовать пониманию и поддержке концепции Smart Grid. Это может включать проведение семинаров, тренингов и кампаний осведомления.

8) Правовое и регуляторное обеспечение: Разработка и внедрение соответствующих правовых и регуляторных норм и политик, способствующих развитию Smart Grid, будет иметь ключевое значение. Это может создать дополнительные инвестиции в Smart Grid, установление правил взаимодействия участников сети и обеспечение безопасности и защиты данных.

9) Пилотные проекты и демонстрационные объекты: Реализация пилотных проектов и создание демонстрационных объектов позволят оценить эффективность и потенциал Smart Grid в реальных условиях. Это поможет выявить проблемы, оптимизировать технологии и привлечь интерес заинтересованных сторон.

Важно отметить, что внедрение Smart Grid является комплексным процессом, требующим согласованного подхода от государства, энергетических компаний, потребителей и других заинтересованных сторон. Это требует долгосрочных стратегий, финансовых инвестиций и сотрудничества на международном уровне.

3.2 Рекомендации по использованию и внедрению накопителей энергии в Smart Grid

При использовании и внедрении накопителей энергии в Smart Grid можно рассмотреть следующие рекомендации:

1) Определение целей: четко определить цели и задачи использования накопителей энергии в Smart Grid. Это может быть улучшение устойчивости электросетей, снижение зависимости от традиционных источников энергии, сокращение выбросов парниковых газов и т.д. Ясное определение целей поможет сосредоточить усилия и принять правильные решения во время внедрения.

2) Технический анализ: провести технический анализ, чтобы определить подходящие типы накопителей энергии для вашей сети и потребностей. Рассмотрите различные технологии, такие как литий-ионные аккумуляторы, гидроаккумуляторы, тепловые накопители и другие, и выберите наиболее эффективные и экономически целесообразные варианты.

3) Интеграция с возобновляемыми источниками энергии: рассмотреть возможность интеграции накопителей энергии с возобновляемыми источниками, такими как солнечная и ветровая энергия. Это позволит сохранять и использовать избыток энергии, произведенной в периоды высокой производительности возобновляемых источников, во время пикового потребления.

4) Управление нагрузкой: использовать накопители энергии для управления нагрузкой в электросети. В периоды пикового потребления, когда цены на электроэнергию высокие, можно использовать энергию, накопленную во время низкой загрузки, чтобы уменьшить зависимость от внешних источников и снизить стоимость энергии.

5) Управление распределением энергии: накопители энергии могут использоваться для управления распределением энергии между различными производителями и потребителями в рамках концепции "производство ближе к потреблению". Это позволяет сократить потери энергии при передаче и повысить эффективность использования энергии.

6) Регулирование и поддержка: создать соответствующую регулятивную и правовую среду, которая поддерживает внедрение накопителей энергии в Smart Grid. Это может включать стимулирование инвестиций, разработку стандартов и нормативных актов, а также поддержку научных исследований и разработок в данной области.

7) Использование умных сетей: интегрировать накопители энергии в умные сети, которые используют цифровые технологии для оптимизации управления энергосистемами. Умные сети позволяют мониторить, управлять и контролировать энергопотребление и распределение энергии в режиме реального времени, что повышает эффективность и устойчивость системы.

8) Оценка эффективности: провести оценку эффективности использования накопителей энергии в вашей сети. Измерить показатели, такие как снижение зависимости от традиционных источников энергии, сокращение выбросов парниковых газов, экономическая выгода и другие факторы, чтобы определить успех и эффективность проекта.

9) Обучение и информирование: обеспечить обучение и информирование сотрудников, операторов электросетей и общественности о преимуществах и возможностях использования накопителей энергии в Smart Grid. Это поможет повысить осведомленность и поддержку данной концепции, а также способствует успешной реализации проектов.

10) Мониторинг и управление: разработать систему мониторинга и управления, которая позволит эффективно контролировать работу накопителей энергии в Smart Grid. Это включает мониторинг состояния накопителей, управление и оптимизацию их работы, а также регулярное техническое обслуживание для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации.

11) Дальнейшие исследования: разрабатывать и проводить дальнейшие исследования в области использования и внедрения накопителей энергии в Smart Grid. Инновации и новые технологии могут способствовать повышению эффективности и развитию данного направления.

Эти рекомендации помогут успешно использовать и внедрять накопители энергии в Smart Grid, повысить эффективность энергосистемы и сделать ее более устойчивой.

3.3 Практические советы для разработчиков и операторов электросетей

1) Изучить потребности и требования электросети: понимание особенностей и потребностей электросети поможет определить наиболее подходящие накопители энергии. Необходимо учитывать факторы, такие как масштаб системы, типы нагрузок, потребления энергии в пиковые периоды и требования к надежности.

2) Оценить потенциал использования возобновляемых источников энергии: разработка Smart Grid обычно направлена на интеграцию возобновляемых источников энергии. Оценить потенциал использования солнечной, ветровой или других возобновляемых источников энергии, чтобы определить необходимость и объем накопителей энергии.

3) Провести технико-экономические исследования: оцените экономическую целесообразность внедрения накопителей энергии в вашу электросеть. Учтите стоимость установки и обслуживания, преимущества, такие как снижение затрат на энергию и повышение надежности, а также временные рамки окупаемости инвестиций.

4) Разработать гибкую систему управления энергией: эффективное управление накопителями энергии является ключевым фактором успешного внедрения Smart Grid. Разработать гибкую систему управления, которая будет учитывать вариации спроса, возобновляемую генерацию энергии и другие факторы для оптимизации использования накопленной энергии.

5) Обеспечить соответствующую инфраструктуру и безопасность: учесть необходимость создания соответствующей инфраструктуры для установки и подключения накопителей энергии в электросети. Обратит также внимание на меры безопасности, такие как защита от перегрузок и коротких замыканий, а также обеспечение конфиденциальности данных.

6) Оценить эффективность и провести регулярное обслуживание: после внедрения накопителей энергии в Smart Grid регулярно оценивать их эффективность и производительность. Проводить плановое обслуживание, чтобы обеспечить надежность работы и продлить срок службы накопителей энергии.

Важно помнить, что конкретные советы и рекомендации могут различаться в зависимости от особенностей конкретной электросети и требований проекта

4 Примеры успешной реализации проектов

4.1 Проект «Hornsedale Power Reserve»

«Hornsedale Power Reserve» — это проект хранения энергии, расположенный в Южной Австралии. Он был разработан и реализован компанией «Tesla» в сотрудничестве с фермерской компанией «Neoen». Проект представляет собой установку литий-ионных батарей, которые используются для хранения и предоставления электроэнергии в периоды пикового спроса.

«Hornsedale Power Reserve» является одним из самых крупных проектов хранения энергии в мире. Он состоит из сотен тысяч батарей Tesla Powerpack, которые могут хранить огромные объемы электроэнергии. Вся собранная энергия поступает в энергосистему Южной Австралии и используется для снижения нагрузки на сеть в периоды пикового потребления или для обеспечения энергией в случае аварий или проблем с энергоснабжением.

Проект «Hornsedale Power Reserve» имеет значительное значение для развития Smart Grid. Он обеспечивает стабильность электросети, улучшает надежность энергоснабжения и снижает риски сбоев в сети. Накопители энергии позволяют сгладить колебания спроса на электроэнергию и уравнивать нагрузку на сеть, что способствует более эффективному использованию ресурсов и сокращению выбросов парниковых газов.

«Hornsedale Power Reserve» также является примером успешной коммерческой эксплуатации накопителей энергии. Проект доказал, что использование такой технологии не только возможно, но и выгодно с экономической точки зрения. Он стал важным этапом в развитии Smart Grid в Австралии и по всему миру, стимулируя дальнейшее внедрение накопителей энергии для создания более устойчивой и эффективной системы энергоснабжения.

4.2 Проект «Isolated Microgrid»

Проект «Isolated Microgrid» — это инициатива, направленная на создание изолированной микросети, которая обеспечивает энергией отдаленные или изолированные регионы, не подключенные к централизованной электросети. Такие регионы могут быть удаленными островами, горными районами, сельскими областями или любыми другими местами, где трудно или нецелесообразно проводить линии передачи электроэнергии на большие расстояния.

«Isolated Microgrid» представляет собой автономную систему генерации, хранения и распределения энергии, которая может включать в себя различные источники энергии, такие как солнечная энергия, ветровая энергия, гидроэнергия

или генераторы на основе топлива. Однако ключевым элементом в этом проекте являются накопители энергии, которые играют важную роль в обеспечении стабильного и надежного энергоснабжения в изолированной микросети.

Использование накопителей энергии в проекте «Isolated Microgrid» позволяет сохранять избыточную энергию, произведенную в периоды низкой потребности, и использовать ее в периоды пикового спроса. Это способствует оптимизации энергетических ресурсов и повышению эффективности системы. Накопители энергии также способны сгладить колебания и нестабильность в производстве энергии от возобновляемых источников, что обеспечивает более надежную работу микросети.

Проект «Isolated Microgrid» имеет ряд преимуществ и применим в различных сферах, включая туризм, сельское хозяйство, удаленные сообщества и промышленные объекты. Он позволяет сократить зависимость от традиционных источников энергии, улучшить доступ к электроэнергии в удаленных районах и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Проект «Isolated Microgrid» демонстрирует потенциал накопителей энергии в обеспечении устойчивого и независимого энергоснабжения в удаленных и изолированных регионах, где построение традиционных электросетей является сложной и затратной задачей.

4.3 Проект «Gills Onions Advanced Energy Recovery System»

Проект «Gills Onions Advanced Energy Recovery System» — это инновационный проект, разработанный компанией Gills Onions, одним из крупнейших поставщиков луковиц в Соединенных Штатах. Этот проект демонстрирует успешное применение накопителей энергии в сфере производства пищевых продуктов.

Основной целью проекта «Gills Onions Advanced Energy Recovery System» является сокращение потребления энергии и уменьшение отходов путем использования технологии переработки остатков лука. Процесс производства лука сопровождается образованием большого количества органических отходов, которые ранее требовали обработки на свалках или их сжигания. Вместо этого, Gills Onions разработали систему, которая превращает эти отходы в энергию.

Система «Advanced Energy Recovery System» основана на биогазовой технологии. Органические отходы лука подвергаются анаэробному биологическому разложению, что приводит к выделению биогаза, состоящего главным образом из метана. Затем этот биогаз используется для питания генераторов, которые производят электроэнергию для покрытия энергетических потребностей предприятия.

Проект «Gills Onions Advanced Energy Recovery System» демонстрирует эффективное использование накопителей энергии для преобразования органических отходов в полезную энергию. Благодаря этому проекту Gills Onions

смогли значительно сократить свою зависимость от традиционных источников энергии и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Это пример устойчивого подхода к производству пищевых продуктов, который не только улучшает экологическую эффективность, но и способствует сокращению затрат на энергию.

Проект «Gills Onions Advanced Energy Recovery System» иллюстрирует значимость внедрения накопителей энергии в различных отраслях, включая производство пищевых продуктов. Это также подчеркивает потенциал Smart Grid и возможности перехода к более устойчивой и экологически ответственной системе энергоснабжения.

4.4 Проект «Vehicle-to-Grid»

Проект «Vehicle-to-Grid» (V2G) представляет собой инициативу, направленную на использование электромобилей в качестве активного участника в системе электроснабжения. Он основан на концепции двусторонней связи между электромобилями и электросетью, где электромобили не только получают энергию из сети, но и могут обратно передавать энергию обратно в сеть в периоды низкой потребности.

Основная идея проекта «Vehicle-to-Grid» состоит в том, что электромобили, подключенные к сети зарядки, могут использоваться как накопители энергии. Когда энергия в сети избыточна, электромобили могут быть заряжены, а в периоды пикового спроса, когда стоимость электроэнергии выше или возникает нехватка мощности, энергия из электромобилей может быть снята и направлена обратно в сеть для использования другими потребителями.

Проект «Vehicle-to-Grid» имеет ряд преимуществ. Во-первых, он способствует эффективному использованию энергоресурсов и оптимизации работы электросети. Это позволяет сгладить пиковую нагрузку и улучшить баланс между производством и потреблением энергии. Во-вторых, V2G предоставляет дополнительные возможности для интеграции возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, позволяя электромобилям быть энергетическими хранилищами для данной энергии. В-третьих, этот проект способствует снижению нагрузки на сеть в пиковые часы и может быть использован для предоставления резервной мощности в случае аварий или отключений.

Проект «Vehicle-to-Grid» уже находится на стадии активной реализации в различных странах, исследования и пилотные проекты проводятся с участием автопроизводителей, энергетических компаний и государственных организаций. Этот подход представляет потенциал для создания гибкой, устойчивой и эффективной системы энергоснабжения, основанной на электромобилях и интеграции мобильности и энергетики.

4.5 Проект «Noor Energy 1 Solar Complex»

Проект «Noor Energy 1 Solar Complex» — это крупнейший солнечный комплекс, расположенный в Дубае, Объединенных Арабских Эмиратах. Он является одним из самых амбициозных проектов солнечной энергии в мире и представляет собой комбинированную установку солнечной энергии, включающую в себя солнечные фотоэлектрические и термальные технологии.

Основные характеристики проекта Noor Energy 1 Solar Complex:

1) Фотоэлектрическая энергия: Проект включает в себя установку фотоэлектрических солнечных панелей, которые преобразуют солнечное излучение в электрическую энергию с использованием фотоэлектрического эффекта. Это позволяет генерировать электричество без выбросов парниковых газов.

2) Термальная энергия: Проект также включает установку солнечных термальных зеркал, которые сосредотачивают солнечное излучение на центральную башню. Затем с помощью этого тепла генерируется пар, который используется для привода турбин и производства электричества.

3) Масштаб и мощность: «Noor Energy 1 Solar Complex» имеет общую установленную мощность 950 мегаватт. Он состоит из трех фаз: Noor Energy 1, которая включает 700 мегаватт солнечных панелей, Noor Energy 2, которая включает 200 мегаватт солнечных панелей, и Noor Energy 3, которая включает 50 мегаватт солнечных панелей.

4) Хранение энергии: Проект «Noor Energy 1 Solar Complex» также включает систему хранения энергии, которая позволяет сохранять избыточную электроэнергию, полученную в периоды высокой солнечной активности, и использовать ее в периоды пониженной активности или ночью.

Проект «Noor Energy 1 Solar Complex» является впечатляющим примером интегрированного использования фотоэлектрической и термальной солнечной энергии для производства электроэнергии. Он способствует диверсификации энергетического микса и сокращению зависимости от традиционных источников энергии, таких как нефть и газ. Проект также вносит значительный вклад в снижение выбросов парниковых газов и борьбу с изменением климата.

4.6 Проект «Crescent Dunes Solar Energy Project»

Проект «Crescent Dunes Solar Energy Project» — это крупномасштабный проект солнечной энергии, расположенный в штате Невада, США. Он представляет собой солнечную термальную установку, использующую концентрирующую солнечную энергию и технологию солевых накопителей энергии.

Основные характеристики проекта Crescent Dunes Solar Energy Project:

1) Технология концентрирующей солнечной энергии: Проект использует большие массивы зеркал, называемых гелиостатами, для сосредоточения солнечного излучения на центральной башне. Это позволяет нагревать специальную теплоносительную соль, которая затем используется для генерации пара и, в свою очередь, электроэнергии.

2) Технология солевых накопителей энергии: Проект использует систему солевых накопителей энергии, которая позволяет хранить тепло, полученное в периоды высокой солнечной активности. Энергия может быть извлечена из накопителей и использована для генерации электричества в периоды пониженной солнечной активности или ночью.

3) Мощность и масштаб: «Crescent Dunes Solar Energy Project» имеет мощность в 110 мегаватт, что позволяет обеспечить постоянное производство электроэнергии. Проект включает в себя большое количество гелиостатов, центральную башню, теплообменники и систему накопителей энергии.

4) Устойчивая генерация энергии: Проект способствует снижению выбросов парниковых газов и уменьшению зависимости от традиционных источников энергии, таких как уголь или природный газ. Он основан на использовании чистой и возобновляемой солнечной энергии для производства электроэнергии.

Проект «Crescent Dunes Solar Energy Project» является примером инновационного использования солнечной энергии и технологии солевых накопителей энергии. Он позволяет обеспечивать стабильную генерацию электроэнергии в течение дня, даже в периоды низкой солнечной активности, что делает его значимым вкладом в развитие устойчивых и экологически чистых источников энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе была исследована роль накопителей энергии в развитии концепции Smart Grid. В ходе работы был проведен теоретический обзор Smart Grid, рассмотрены его особенности и характеристики. Была выявлена значимость двухсторонней связи и роли потребителя в системе Smart Grid.

Основная часть работы включала расчет эффективности использования накопителей энергии и построение графика суточной нагрузки как для отдельного частного дома, так и для двадцати частных домов. Техно-экономический расчет позволил оценить потенциал накопителей энергии и их влияние на сглаживание пиков нагрузки.

Кроме того, в работе были представлены методы, рекомендации и практические советы для подготовки к реализации Smart Grid, а также методы для перехода на эту систему в Казахстане. Рекомендации по использованию и внедрению накопителей энергии в Smart Grid были представлены для разработчиков и операторов электросетей.

В заключении были рассмотрены примеры успешных проектов, где накопители энергии сыграли ключевую роль в рамках концепции Smart Grid. Проекты, такие как "Hornsdale Power Reserve", "Isolated Microgrid", "Gills Onions Advanced Energy Recovery System", "Vehicle-to-Grid", "Noor Energy 1 Solar Complex" и "Crescent Dunes Solar Energy Project", являются яркими примерами реализации Smart Grid и показывают потенциал накопителей энергии.

Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод, что накопители энергии играют важную роль в развитии Smart Grid и могут быть эффективным решением для сглаживания пиков нагрузки. Однако, внедрение накопителей энергии в Казахстане требует учета технико-экономических аспектов, таких как срок окупаемости. В настоящий момент, при низкой тарифной стоимости за 1 кВт, может быть оправдано отложить внедрение накопителей энергии в рамках концепции Smart Grid. Однако, с учетом динамики изменения тарифов и развития энергетической системы, возможно, будет разумным пересмотреть этот вопрос в будущем.

Таким образом, дальнейшие исследования и анализ могут быть направлены на оценку эффективности использования накопителей энергии в контексте изменяющихся тарифных условий и развития энергетической инфраструктуры Казахстана. Это поможет определить оптимальные условия и стратегии внедрения накопителей энергии в рамках концепции Smart Grid в будущем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 James Momoh. "Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis" 2012.
- 2 Stuart Borlase. "Smart Grids: Infrastructure, Technology, and Solutions" 2012.
- 3 Stuart Borlase. "Smart Grids: Advanced Technologies and Solutions" 2017.
- 4 Alexandra von Meier. "Electric Power Systems: A Conceptual Introduction" 2006.
- 5 Gilbert N. Sorebo, Michael C. Echols "Smart Grid Security: An End-to-End View of Security in the New Electrical Grid" 2011.
- 6 S. Sivanagaraju, G. Sreenivasan. "Power System Operation and Control" 2009.
- 7 Stephen F. Bush. "Smart Grid: Communication-Enabled Intelligence for the Electric Power Grid" 2014.
- 8 Ned Mohan. "Electric Power Systems: A First Course" 2012.
- 9 Fereidoon P. Sioshansi. "Smart Grid: Integrating Renewable, Distributed, and Efficient Energy" 2011.
- 10 Обухов С.Г., Плотников И.А. "Известия Томского политехнического университета" Статья, 2017.
- 11 URL: <https://www.ritarpower.com/uploads/ueditor/spec/RA12-100.pdf>.
- 12 СТ КазННТУ – 09 – 2023. Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Алматы: КазННТУ, 2023.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Еренгалиев Рахат Ерланович
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07101 - Энергетика
(шифр и наименование ОП)

На тему: Роль накопителей энергии в развитии Smart Grid

Выполнено:

- а) графическая часть на 13 слайдах
- б) пояснительная записка на 43 страницах

В дипломной работе проведено изучение роли накопителей энергии в развитии Smart Grid. В ходе работы был проведен анализ двух вариантов суточного энергопотребления с одним частным домом и с двадцатью домами, включающий расчет и оценку энергии. На основе полученных данных был построен график суточной нагрузки, отражающий динамику потребления энергии в течение дня.

Был выполнен расчет эффективности использования накопителей энергии с целью определения их потенциала для сглаживания пиков нагрузки. Также проведен технико-экономический расчет с целью выявления срока окупаемости и его анализа.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Как замечание можно отметить, что при расчете не было учтено использование инвертора для солнечных панелей. Учет данного аспекта мог бы обеспечить более точные данные о сроке окупаемости.

В целом, дипломная работа соответствует требованиям и полностью раскрывает выбранную тему.

Оценка работы

Дипломная работа заслуживает оценки «отлично» (90%), а ее автор
присвоения академической степени «бакалавр» по ОП 6B07101 – «Энергетика».

Рецензент

канд. техн.наук доцент НАО «АУЭиС им. Г.Даукеева»

Л.Ш.Утешкалиева
(подпись)

«06» 06 2023 г.



ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на дипломную работу

Еренгалиев Рахат Ерланович

6В07101 - Энергетика

Тема: Роль накопителей энергии в развитии Smart Grid

Еренгалиев Р.Е. приступил к выполнению дипломной работы своевременно по установленному графику. За время работы над дипломом проявил себя как ответственный и дисциплинированный студент, показал умение самостоятельно решать поставленные технические задачи, грамотно использовать специальную техническую и справочную литературу, а также посещал консультации и вовремя выполнял разделы дипломной работы.

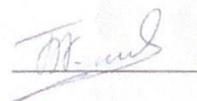
Дипломная работа выполнена в полном объеме, состоит из пояснительной записки на 43 страницы.

При выполнении всех разделов проекта проявил самостоятельность и инженерное мышление, показал знания, приобретенные в течение обучения, умение и навыки использования технической и справочной литературы, нормативных документов и различных прикладных компьютерных программ.

Считаю, что дипломная работа заслуживает оценки «отлично» (90%, А-), а ее автор Еренгалиев Р.Е. достоин присуждения академической степени «бакалавр» по ОП «Энергетика».

Научный руководитель

магистр, ст. преподаватель



Ж.К. Бекболатова

«06» 06 2023 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Еренгалиев Рахат Ерланович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Роль накопителей энергии в развитии Smart Grid

Научный руководитель: Нуржан Балгаев

Коэффициент Подобия 1: 0.1

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 9.06.2023

Заведующий кафедрой Энергетики

Сарсенбаев С.А.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Еренгалиев Рахат Ерланович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Роль накопителей энергии в развитии Smart Grid

Научный руководитель: Нуржан Балгаев

Коэффициент Подобия 1: 0.1

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 6.06.2023


проверяющий эксперт