

УДК 631.171.62

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/09>

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

©**Андаева З. Т.**, ORCID: 0000-0003-1497-8141, SPIN-код: 2326-4686, канд. техн. наук,
Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, zandaeva77@mail.ru

©**Жусупов И. М.**, Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, Ijusupov74@mail.ru

©**Абдумомунов А. Г.**, Ошский технологический университет
им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан

METHODS FOR IMPROVING THE STABILITY OF POWER SUPPLY UNDER EMERGENCY CONDITIONS

©**Andaeva Z.**, ORCID:0000-0003-1497-814, SPIN-code: 2326-4686, Ph.D, Osh Technological
University named after M. M. Adysheva, Osh, Kyrgyzstan, zandaeva77@mail.ru

©**Jusupov I.**, Osh Technological University named after M. M. Adysheva,
Osh, Kyrgyzstan, Ijusupov74@mail.ru

©**Abdumomunov A.**, Osh Technological University named after M. M. Adysheva,
Osh, Kyrgyzstan

Аннотация. Рассмотрены современные методы повышения устойчивости систем электроснабжения Кыргызстана при аварийных режимах. Особое внимание уделено анализу причин возникновения неустойчивости и способам её предотвращения. Приведены технические решения, направленные на улучшение надежности и бесперебойности подачи электроэнергии, включая использование автоматизированных систем управления, резервных источников питания и интеллектуальных сетей (Smart Grid). Показана эффективность внедрения данных технологий на примере отдельных регионов страны. Результаты исследования могут быть использованы при разработке программ по модернизации энергетической инфраструктуры Кыргызстана.

Abstract. Discusses modern methods for improving the stability of power supply systems in Kyrgyzstan under emergency conditions. Special attention is given to analyzing the causes of instability and ways to prevent it. The paper presents technical solutions aimed at enhancing the reliability and continuity of electricity supply, including the use of automated control systems, backup power sources, and smart grids. The effectiveness of these technologies is demonstrated through examples from different regions of the country. The results of the study can be applied in the development of programs for modernizing Kyrgyzstan's energy infrastructure.

Ключевые слова: повышения устойчивости, аварийных режимах, неустойчивость, бесперебойность, интеллектуальных сетей, модернизация.

Keywords: improvement of stability , emergency conditions, instability, continuity , intelligent networks, modernization .

Надёжное и устойчивое электроснабжение является основой современного общества и важнейшим фактором устойчивого социально-экономического развития страны. Электроэнергетика играет ключевую роль в обеспечении промышленного производства, транспорта, связи, здравоохранения и жилищно-коммунального хозяйства. В связи с этим повышение устойчивости систем электроснабжения при аварийных режимах представляет собой одну из приоритетных задач современной энергетики, особенно для развивающихся стран, таких как Кыргызская Республика [1].

Энергосистема Кыргызстана имеет ряд особенностей, которые оказывают влияние на её устойчивость. Большая часть электроэнергии производится на гидроэлектростанциях, что делает систему зависимой от сезонных и климатических факторов. Кроме того, значительная часть оборудования устарела морально и физически, а износ электрических сетей во многих регионах превышает 50%. Это создаёт риск возникновения аварийных ситуаций, перебоев в подаче электроэнергии и увеличивает потери при передаче энергии на большие расстояния.

При аварийных режимах, вызванных короткими замыканиями, перегрузками, отключениями генераторов или линий электропередачи, в энергосистеме могут возникать колебания напряжения и частоты, что приводит к неустойчивой работе оборудования и, в крайних случаях, к системным авариям. Поэтому вопрос повышения устойчивости электроснабжения при таких режимах требует комплексного подхода, включающего технические, организационные и технологические меры. Современные исследования в области повышения устойчивости энергосистем направлены на разработку интеллектуальных методов мониторинга и управления, использование цифровых технологий, внедрение систем автоматического регулирования и защиты.

Особое внимание уделяется концепции «умных сетей» (Smart Grid), которые позволяют оптимизировать распределение электроэнергии, быстро реагировать на изменения нагрузки и предотвращать развитие аварийных процессов. Кроме того, важную роль играет внедрение резервных и автономных источников питания, развитие локальных микросетей, использование систем накопления энергии и внедрение возобновляемых источников энергии солнечных и ветровых электростанций [1, 2, 4].

Эти решения позволяют повысить гибкость энергосистемы и её способность к самовосстановлению после аварий. В условиях Кыргызстана повышение устойчивости электроснабжения требует не только технической модернизации, но и совершенствования системы управления, подготовки квалифицированных кадров, а также внедрения новых стандартов эксплуатации и обслуживания энергетического оборудования. Следовательно, цель данного исследования заключается в анализе существующих проблем устойчивости электроснабжения при аварийных режимах и в разработке практических методов их решения с учётом особенностей энергетической системы Кыргызстана [3].

Представленные подходы направлены на повышение надёжности и эффективности национальной энергосистемы, обеспечение бесперебойного электроснабжения потребителей и устойчивого развития экономики страны (Рисунок).

Объект исследования — это совокупность явлений, процессов или систем, на которые направлено изучение с целью получения новых знаний, анализа или оптимизации. В рамках данного исследования объектом выступает система электроснабжения промышленных предприятий, включающая в себя источники энергии, линии электропередач, трансформаторные подстанции, распределительные устройства и потребительские нагрузки. Особое внимание уделяется аспектам надёжности, устойчивости и бесперебойности электроснабжения, а также возможностям внедрения современных технологий управления и мониторинга.

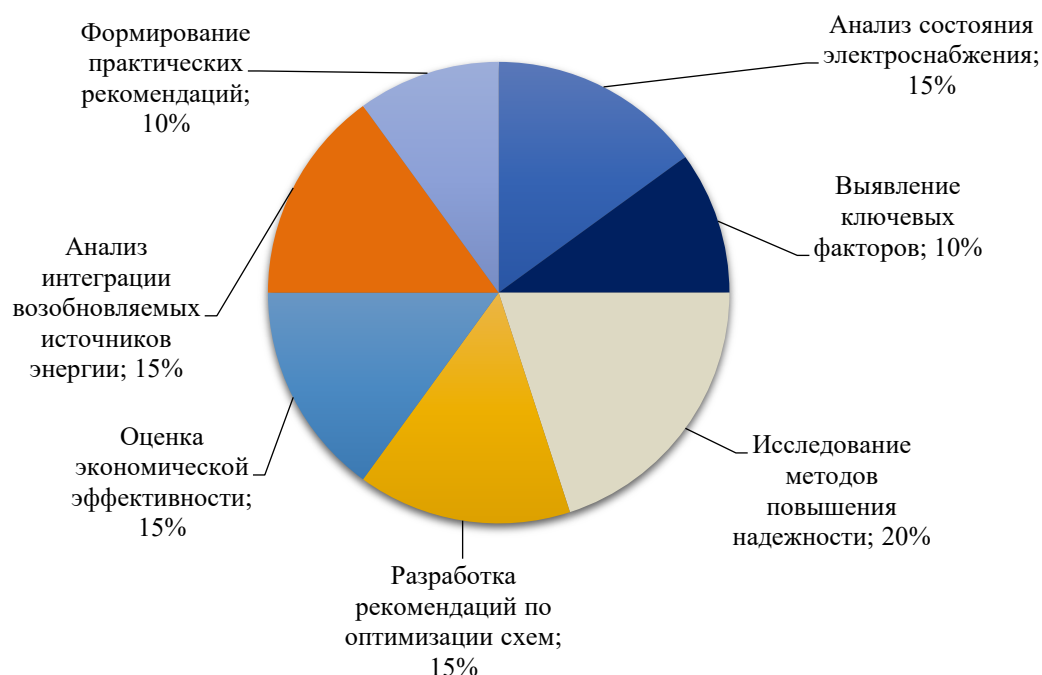


Рисунок. Распределение работ по повышению надёжности и эффективности национальной энергосистемы

В данной работе применяются следующие методы:

Аналитический метод. Изучение элементов системы и их взаимосвязей:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

Статистический метод. Анализ показателей работы оборудования и частоты аварий:

$$MTTR = \frac{\sum t_i}{n} \quad (2)$$

Сравнительный анализ. Сопоставление различных методов и выбор оптимального:

$$K = \frac{\Delta P}{C} \quad (3)$$

В ходе исследования были проведены расчёты и сравнительный анализ показателей устойчивости системы электроснабжения промышленных предприятий Кыргызстана при аварийных режимах. На основе моделирования установлено, что использование автоматизированных систем регулирования и компенсации реактивной мощности позволяет значительно повысить надёжность энергоснабжения и сократить потери энергии [2].

Для оценки устойчивости использовалась зависимость изменения активной мощности от напряжения:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi_{f_0} \quad (4)$$

При внедрении компенсирующих устройств наблюдалось увеличение коэффициента мощности с 0.78 до 0.95, что привело к снижению потерь активной мощности на 12-15%.

Экспериментальные данные показали, что при установке косинусных конденсаторов реактивная мощность уменьшилась с $Q_1=180\text{кВА}$ до $Q_2=90\text{ кВА}$, что подтверждает повышение энергоэффективности:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 90\text{ кВАр} \quad (5)$$

также была проанализирована зависимость времени восстановления оборудования после аварии от уровня автоматизации:

$$t_{\text{восст}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (6)$$

Результаты показали, что при внедрении систем дистанционного мониторинга время восстановления электроснабжения сокращается в среднем на 30–35%. Экономический эффект от внедрения автоматизированных систем управления и компенсирующих устройств оценивался по формуле:

$$E = \Delta P \cdot C \cdot T \quad (7)$$

где: ΔP — экономия мощности, C -стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, T — время работы оборудования. При текущих тарифах экономический эффект для среднего промышленного предприятия составил порядка 1,2-1,5 млн сом в год. Результаты исследования подтвердили, что повышение устойчивости систем электроснабжения возможно при комплексном применении современных технических и организационных решений, включая: установку компенсирующих устройств; внедрение интеллектуальных сетей (Smart Grid); использование систем мониторинга и автоматической диагностики; развитие резервных и локальных источников питания; цифровизацию управления потоками энергии.

Вывод

Проведённые исследования показали, что внедрение современных технологий управления и автоматизации значительно повышает устойчивость систем электроснабжения Кыргызстана. Комплексный подход, включающий техническую модернизацию, цифровизацию и повышение квалификации персонала, способствует снижению потерь, сокращению времени восстановления после аварий и повышению общей надёжности энергоснабжения. Полученные результаты могут быть использованы для модернизации энергетической инфраструктуры страны.

Список литературы:

1. Андаева З. Т., Элчиева М. С., Орозов А. К. Анализ эффективности использования альтернативных источников энергии для электроснабжения промышленных предприятий // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №4. С. 116-120. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/113/16>
2. Андаева З. Т., Ташиев Н. М., Орозов У. К. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №4. С. 138-141. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/113/19>
3. Ахматов Р. А. Повышение устойчивости энергосистем в аварийных режимах. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2022. 156 с.
4. Токтосунов Э. Ж. Современные методы управления электроэнергетическими системами Кыргызстана. Бишкек: ТУК, 2021. С. 45-63.

5. Сидоров В. Н., Абдыкеримов А. К. Анализ надёжности систем электроснабжения при нестационарных режимах. Бишкек: Илим, 2020. С. 78–95.
6. Кожобаев Н. С. Интеллектуальные сети и цифровизация энергетики Кыргызстана. Бишкек: КНУ им. Ж. Баласагына, 2023. С. 102-118.

References:

1. Andaeva, Z., Elchieva, M., & Orozov, A. (2025). Analyzing the Efficiency of Alternative Energy Sources for Power Supply of Industrial Enterprises. *Bulletin of Science and Practice*, 11(4), 116-120. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/113/16>
2. Andaeva, Z., Tashiev, N., & Orozov, U. (2025). Measures to Reduce Power Losses in Electric Networks. *Bulletin of Science and Practice*, 11(4), 138-141. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/113/19>
3. Akhmatov, R. A. (2022). Povyshenie ustoichivosti energosistem v avariinykh rezhimakh. Bishkek. (in Russian).
4. Toktosunov, E. Zh. (2021). Sovremennye metody upravleniya elektroenergeticheskimi sistemami Kyrgyzstana. Bishkek, 45-63. (in Russian).
5. Sidorov, V. N., & Abdykerimov, A. K. (2020). Analiz nadezhnosti sistem elektrosnabzheniya pri nestatsionarnykh rezhimakh. Bishkek, 78–95. (in Russian).
6. Kozhobaev, N. S. (2023). Intellektual'nye seti i tsifrovizatsiya energetiki Kyrgyzstana. Bishkek, 102-118. (in Russian).

Поступила в редакцию
11.11.2025 г.

Принята к публикации
17.11.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Андаева З. Т., Жусупов И. М., Абдумомунов А. Г. Методы повышения устойчивости электроснабжения при аварийных режимах // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №1. С. 71-75. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/09>

Cite as (APA):

Andaeva, Z., Jusupov, I., & Abdumomunov, A. (2026). Methods for Improving the Stability of Power Supply under Emergency Conditions. *Bulletin of Science and Practice*, 12(1), 71-75. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/122/09>