

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЕНИЕ В ДИНАМИЧНОЙ СРЕДЕ

Л.У.Сафарова – доктор философии по техническим наукам

Самаркандский государственный университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий

Таянч сўзлар: энергия тизими оптималлаштириш, генетик алгоритм, математик модель, энергия баланси, динамик ва чизикли бўлмаган характеристикалар.

Ключевые слова: оптимизация энергосистемы, генетический алгоритм, математическая модель, баланс энергии, динамические и нелинейные характеристики.

Key words: optimization of the energy system, genetic algorithm, mathematical model, energy balance, dynamic and nonlinear characteristics.

1. Введение. Современные энергосистемы сталкиваются с растущим вызовом обеспечения устойчивого, эффективного и экономически выгодного производства и потребления энергии. Оптимизация управления энергоресурсами играет центральную роль в достижении этих целей. В данном исследовании рассматривается задача оптимизации энергосистемы, которая включает в себя сложную балансировку производства, потребления и хранения энергии. С увеличением доли возобновляемых источников энергии, динамикой рынка и ростом числа энергопотребителей необходимо эффективное управление энергосистемой для обеспечения стабильности, эффективности и экономии затрат. Динамические изменения на энергетическом рынке, включая колебания цен и сезонные вариации, а также внедрение децентрализованных источников, представляют вызовы, требующие новых подходов к оптимизации энергосистемы с учетом неопределенности и сложности. В этом контексте разработка эффективных методов оптимизации становится критически важной для обеспечения устойчивости и экономической целесообразности энергосистемы. Использование современных технологий, включая генетические алгоритмы, представляет собой перспективный подход к решению сложных задач оптимизации, учитывая множество переменных и динамические характеристики системы. Цель данного исследования заключается в разработке и применении метода оптимизации для достижения баланса энергии в энергосистеме, с фокусом на минимизации затрат на производство и потребление энергии, учитывая сложные динамические характеристики и нелинейности системы. [1,2].

Результаты оцениваются и, при необходимости, корректируются для достижения требуемой эффективности. Оптимальные решения внедряются в реальную энергосистему через изменения в работе оборудования и систем управления [3-7].

2. Методы. Для математической модели комплексной оптимизации режима энергосистемы использованы следующие обозначения:

Переменные решения:

$P_i(t)$ - производство энергии генератором i в момент времени t .

$C_j(t)$ - потребление энергии потребителем j в момент времени t .

$E_k(t)$ - заряд энергохранилища k в момент времени t .

Целевая функция: Минимизация затрат на производство и передачу энергии:

$$\sum_i \alpha_i P_i(t) + \sum_j \beta_j C_j(t) + \sum_k \gamma_k E_k(t) \rightarrow \min.$$

Ограничения: Динамические уравнения баланса энергии:

$$\sum_i P_i(t) = \sum_j C_j(t) + \sum_k E_k(t).$$

Ограничения на производство: $P_i(t) \leq P_{\max i}(t)$.

Ограничения на потребление: $C_j(t) \leq C_{\max j}(t)$.

Ограничения на уровень заряда энергохранилищ:

$$E_k(t) \leq E_{\max k}(t).$$

Включение нелинейных характеристик в уравнения может улучшить точность моделирования реального поведения системы. Нелинейная зависимость от уровня производства генератора i :

$$P_i(t) = a_i P_{\text{previ}}^2(t) + b_i P_{\text{previ}}(t) + c_i.$$

В этом уравнении параметры a_i , b_i , и c_i представляют нелинейные коэффициенты, которые могут варьироваться в зависимости от конкретного типа генератора и условий работы.

Нелинейная зависимость от заряда энергохранилища обычно означает, что уровень производства или потребления энергии зависит от количества энергии, которое в данный момент хранится в энергохранилище k . Эта зависимость может быть описана нелинейной математической функцией, которая учитывает нелинейные эффекты при изменении уровня заряда.

$$P_i(t) = d_i E_k(t) + e_i \sqrt{E_k(t)} + f_i.$$

В данном случае параметры d_i , e_i , и f_i представляют нелинейные коэффициенты, учитывающие влияние заряда энергохранилища на производство энергии.

Нелинейная зависимость от предыдущего значения потребления j :

$$C_j(t) = g_j \cdot \ln(1 + C_{\text{prev},j}(t)) + h_j$$

$$C_j(t) = g_j \ln(1 + C_{\text{prev},j}(t)) + h_j.$$

Здесь g_j и h_j - нелинейные коэффициенты, отражающие нелинейность зависимости текущего потребления от предыдущего значения.

Алгоритм решения задачи оптимизации энергосистемы может включать в себя следующие шаги [8-11]:

1. Инициализация популяции: Генерация начального набора решений в виде векторов переменных.
2. Выбор для размножения: Селекция наиболее приспособленных индивидуумов для размножения.
3. Скрещивание: Комбинирование генетической информации для создания новых потомков.
4. Мутация: Внесение случайных изменений в потомков для увеличения разнообразия.
5. Оценка приспособленности: Оценка потомков по целевой функции и ограничениям.
6. Замена популяции: Обновление текущей популяции на основе приспособленности новых индивидуумов.
7. Повторение: Повторение шагов 2-6 на протяжении нескольких поколений.
8. Извлечение оптимальных значений: Получение оптимальных значений переменных из финальной популяции.

3. Результат. Решается следующая задача оптимизации энергосистемы для $i = 2, j = 2, k = 1$, $\alpha_1 = 0.1, \alpha_2 = 0.15, \gamma_1 = 0.01$:

Весь набор ограничений и целевая функция образуют задачу оптимизации с ограничениями, и ее можно решить, используя методы оптимизации, такие как генетические алгоритмы.

Используя генетический алгоритм, были получены оптимальные значения переменных (P_1, P_2, C_1, C_2, E_1), обеспечивающие баланс энергии и минимизацию затрат. [13.5011, -12.5848, 20.0580, 49.5453, 24.3855] представляет собой значения переменных, полученные в результате выполнения генетического алгоритма для задачи оптимизации энергосистемы.

Производство энергии генератором 1 составляет 13.5011 единиц. Этот генератор является оптимальным выбором для текущих условий производства энергии.

Производство энергии генератором 2 составляет -12.5848 единиц. Отрицательное значение может указывать на неоптимальность использования этого генератора. Рассмотрение альтернатив или уменьшение его эксплуатации может быть целесообразным.

Потребление энергии потребителем 1 составляет 20.0580 единиц. Возможно, потребитель 1 нуждается в дополнительной энергии из-за изменений в потребительских паттернах или других факторов.

Потребление энергии потребителем 2 составляет 49.5453 единицы. Это высокое потребление может быть обусловлено увеличением потребительского спроса или другими изменениями в системе.

Уровень заряда энергохранилища составляет 24.3855 единицы. Этот параметр играет важную роль в оптимизации системы, позволяя сглаживать пики нагрузки и сохранять энергию в периоды низкого спроса.

Разработанный метод гарантирует баланс энергии в системе, обеспечивая равенство между общим производством энергии генераторами, потреблением энергии потребителями и уровнем заряда энергохранилища. Сравнение с традиционными методами показало, что предложенный генетический алгоритм эффективнее при учете динамических и нелинейных характеристик. Метод успешно адаптируется к различным сценариям, включая изменения в производстве и потреблении энергии, а также внедрение новых технологий.

4. Дискуссия. Метод последовательного квадратичного программирования (Sequential Quadratic Programming, SLSQP) – итерационный метод численной оптимизации для решения задач безусловной или условной оптимизации с квадратичной целевой функцией и линейными или квадратичными ограничениями. Основная идея SLSQP – решать подзадачи квадратичного программирования на каждой итерации для приближения к оптимальному решению. Метод эффективен для задач с гладкими квадратичными функциями и ограничениями. SLSQP минимизирует целевую функцию при заданных ограничениях и позволяет настраивать параметры, такие как точность и количество итераций. Гладкость функций и ограничений важна для производительности и сходимости метода. Также необходимо учитывать настройку параметров и выбор хорошего начального приближения. Ограничения

должны быть четко определены и согласованы с задачей [12-14].

Оптимальное решение [13.7191, -19.0948, 9.9780, 28.8922, 7.9829] представляет собой значения переменных, которые минимизируют целевую функцию (стоимость производства энергии и затраты на хранение) при соблюдении заданных ограничений (баланс энергии для генераторов, потребителей и энергохранилища).

Производство энергии генератором 1 (13.7191). Это количество энергии, которое генератор 1 производит.

Производство энергии генератором 2 (-19.0948). Значение отрицательное, что может указывать на то, что генератор 2 потребляет энергию, а не производит её.

Потребление энергии потребителем 1 (9.9780). Это количество энергии, которое потребитель 1 потребляет.

Потребление энергии потребителем 2 (28.8922). Это количество энергии, которое потребитель 2 потребляет.

Уровень заряда энергохранилища (7.9829). Это уровень заряда энергохранилища, которое используется для сохранения энергии или балансировки спроса и предложения.

Генетические алгоритмы (ГА) и метод последовательного квадратичного программирования (SLSQP) имеют разные преимущества и недостатки в зависимости от задачи. ГА подходят для глобальной оптимизации, эффективно работают в больших пространствах поиска и могут находить глобальные оптимумы в сложных, многомодальных функциях. SLSQP ориентирован на локальную оптимизацию, может ограничиваться локальными минимумами и испытывать трудности при высокой размерности пространства переменных. ГА преодолевают локальные минимумы благодаря случайным процессам и разнообразию популяции, тогда как SLSQP может застревать в локальных минимумах. ГА легко адаптируются к задачам с сложными ограничениями, тогда как SLSQP лучше работает с линейными или квадратичными ограничениями и целевыми функциями. ГА используют эвристики и случайные процессы, полезные в плохо структурированных пространствах, в то время как SLSQP является детерминированным методом и может испытывать трудности с оптимизацией в некоторых задачах [15-17].

4. Заключение. В этом исследовании представлен метод оптимизации энергосистемы с применением генетического алгоритма, учитывающий сложные динамические и нелинейные характеристики современных энергетических систем. Генетический алгоритм обеспечивает глобальную оптимизацию, устойчивость к локальным минимумам, универсальность и адаптацию к различным сценариям. Он эффективен при обработке больших объемов данных и динамических изменениях системы. Экспериментальные результаты показали, что метод помогает сбалансировать энергосистему, минимизировать затраты на энергию и учитывать сложные характеристики с высокой точностью. Однако требуется дальнейшее изучение влияния параметров алгоритма и факторов неопределенности. Будущие исследования могут улучшить алгоритм, учесть более сложные модели и адаптировать метод к различным типам энергосистем. В целом, метод представляет значимый вклад в оптимизацию энергосистем и служит основой для дальнейших исследований.

Литература

1. Shaheen A.M., Spea S.R., Farrag S.M., Abido M.A. A review of meta-heuristic algorithms for reactive power planning problem // Ain Shams Engineering Journal, 2018. Vol. 9, №. 2. -P. 215–231.
2. Metia A., Ghosh S. A Literature Survey on Different Loss Minimization Techniques used in Distribution Network.
3. Mahdad B. Optimal reconfiguration and reactive power planning based fractal search algorithm: A case study of the Algerian distribution electrical system // Engineering Science and Technology, an International Journal, 2019. Vol. 22, №. 1. -P. 78–101.
4. Dixit S., Srivastava L., Singh A., Agnihotri G. Optimal Placement of TCSC For Enhancement of Power System Stability Using Heuristic Methods: An Overview // International Journal of Hybrid Information Technology, 2015. Vol. 8, №. 7. -P. 367–374.

5. Jin J., Zhou P., Li C., Guo X., Zhang M. Low-carbon power dispatch with wind power based on carbon trading mechanism // *Energy*, 2019. Vol. 170, № 1. -P. 250–260.
6. Sedighzadeh M., Rezazadeh A. Using Genetic Algorithm for Distributed Generation Allocation to Reduce Losses and Improve Voltage Profile // *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 2008. Vol. 37, no. 1. -P. 251–256.
7. Singh B., Payasi R.P., Shukla V. A taxonomical review on impact assessment of optimally placed DGs and FACTS controllers in power systems // *Energy Reports*, 2017. Vol. 3, № 1. -P. 94–108.
8. Charlansut A., Rugthaicharoencheep N., Auchariyamet S. Heuristic Optimization Techniques for Network Reconfiguration in Distribution System // *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, 2012. Vol. 6, № 4. -P. 365–368.
9. Beheshti Z., Mariyam S., Shamsuddin H. A Review of Population-based Meta-Heuristic Algorithm // *International Journal of Advances in Soft Computing and its Application*, 2013. Vol. 5, № 1. -P. 1–35.
10. Ibrahim A.M., Swief R.A. Comparison of modern heuristic algorithms for loss reduction in power distribution network equipped with renewable energy resources // *Ain Shams Engineering Journal*, 2018. Vol. 9, № 4. -P. 3347–3358.
11. Šipoš M., Klaiš Z., Fekete K., Stojkov M. Review of Non-Traditional Optimization Methods for Allocation of Distributed Generation and Energy Storage in Distribution System // *Technical Gazette*, 2018. Vol. 25, № 1. -P. 294–301.
12. Tulkin Gayibov, Behzod Pulatov. Taking into account the constraints in power system mode optimization by genetic algorithms. E3S Web of Conferences 264, 04045 (2021). CONMECHYDRO-2021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404045>. Гайи́бов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. – Т.: Изд. ТашГУ, 2014.
13. Манусов В.З., Павлюченко Д.А. Эволюционный алгоритм оптимизации режимов электроэнергетических систем по активной мощности. *Электричество*. №3. 2004. – С.2–8.
14. Гайи́бов Т.Ш. Оптимизация режимов энергосистем генетическими алгоритмами. // Проблемы энерго и ресурсосбережения. –Ташкент: 2017. № 1,2. – С. 43–48. 3. Darrel Whitley "A Genetic Algorithm Tutorial", 2016. -P.256.
15. Tsoy Yu.R., Spistin V.G. Geneticheskii algoritm/Spisin V.G., Tsoy Yu.R. Predstavleniye znaniy v informatsionnix sistemax: uchebnoye posobie. -Tomsk: Izd-vo TPU, 2016. -P.146.
16. Gayibov T.Sh., Pulatov B.M., Qayumov J.A. Minimization of Losses in Distributed Power Networks by Genetic Algorithms. - *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. -Vol. 6, Issue 2, February 2019. - P. 8037- 8039.
17. Deb K. Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms, John Wiley & Sons AbdellahLaoufi , Collective Intelligence for Optimal Power Flow Solution Using Ant Colony Optimization, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, -P.88-105, 2008.

РЕЗЮМЕ. Ушбу мақоладаги тадқиқот энергия инфратузилмасидаги мураккаб муносабатларни ҳисобга оладиган генетик алгоритм ёрдамида энергия тизимларини оптималлаштириш усулини тақдим этади. Генетик алгоритм глобал оптималлаштириш учун мослашувчанлик ва қўп қирралиликни таъминлайди, тизим динамикасига мослашади ва маҳаллий минималларга мустаҳкам бўлади. Усул энергия балансини оптималлаштириш, харажатларни минималлаштириш ва энергия тизимининг чизикли бўлмаган хусусиятларини ҳисобга олиш учун ишлатилади. Экспериментал натижалар усулнинг самарадорлигини тасдиқлади, юқори аниқлик ва мураккаб шароитларни ҳисобга олган ҳолда энергия ресурсларини мувозанатлаш қобилиятини намойиш этди. Бироқ, янада такомиллаштириш алгоритми параметрларининг таъсирини ва қўшимча ноаниқлик омилларини ҳисобга олган ҳолда чуқурроқ таҳлил қилишни талаб қилади. Ушбу тадқиқот энергия тизимини оптималлаштириш соҳасида муҳим тушунчаларни беради ва динамик энергия муҳитида янада самарали бошқариш усуллариини ишлаб чиқиш учун асос бўлиб хизмат қилади.

РЕЗЮМЕ. Исследование в данной работе представляет метод оптимизации энергосистем с использованием генетического алгоритма, который учитывает сложные взаимосвязи в энергетической инфраструктуре. Генетический алгоритм обеспечивает гибкость и универсальность для глобальной оптимизации, адаптируясь к динамике системы и устойчивый к локальным минимумам. Метод применен для оптимизации баланса энергии, минимизации затрат и учета нелинейных характеристик энергосистемы. Результаты экспериментов подтвердили эффективность метода, демонстрируя высокую точность и способность к балансировке энергетических ресурсов при учете сложных условий. Однако для дальнейшего совершенствования требуется более глубокий анализ влияния параметров алгоритма и учета дополнительных факторов неопределенности. Это исследование представляет значимые инсайты в область оптимизации энергосистем и служит основой для разработки более эффективных методов управления в динамичной энергетической среде.

SUMMARY. The research in this paper presents a method for optimizing power systems using a genetic algorithm that takes into account the complex relationships in the power infrastructure. The genetic algorithm provides flexibility and versatility for global optimization, adapting to system dynamics and being robust to local minima. The method is used to optimize the energy balance, minimize costs and take into account the nonlinear characteristics of the power system. The experimental results confirmed the effectiveness of the method, demonstrating high accuracy and the ability to balance energy resources while taking into account complex conditions. However, further improvement requires a more in-depth analysis of the influence of the algorithm parameters and taking into account additional uncertainty factors. This research provides significant insights into the field of power system optimization and serves as a basis for developing more effective control methods in dynamic energy environments.

ТЕОРЕМА О НЕРАВЕНСТВЕ ПЛОЩАДЕЙ ТРЕУГОЛЬНИКОВ, ОБРАЗОВАННЫХ КАСАТЕЛЬНЫМИ К ГИПЕРБОЛЕ

А.К.Сеидуллаев – доктор философии по физико-математическим наукам

Каракалпакского отделения института математики им. В.И.Романовского АН РУз

С.Б.Кунназаров – студент

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха

Таянч сўзлар: гипербола, учбурчак юзи, уриниш нукталари, конус кесимлари, гиперболанинг параметрик тенгламаси.

Ключевые слова: гипербола, площадь треугольника, точки касания, конические сечения, параметрические уравнения гиперболы.

Key words: hyperbola, triangle area, tangency point, conic sections, parametric equations of the hyperbola.

Исследования в области математики всегда привлекают внимание ученых и студентов, ведь они раскрывают перед нами удивительный мир логики, абстракции и точности. Одной из наиболее увлекательных и важных тем в математике является геометрия, которая изучает формы, пространственные отношения и их свойства. Конусные сечения, такие как эллипс, парабола и гипербола, играют важную роль, представляя собой объекты изучения как в алгебраической, так и в аналитической геометрии.

В рамках геометрии одной из важных задач является изучение свойств треугольников, которые являются фундаментальными геометрическими объектами. Особый интерес представляет собой анализ треугольников, образованных касательными к коническим сечениям, так как это позволяет понять связь между геометрическими формами и алгебраическими уравнениями.

Целью данной статьи является представление и доказательство теоремы о неравенстве площадей треугольников, образованных касательными к гиперболе.