



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 62.1

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

¹ Груздов А. Г., ² Пашковская Е. Е., ³ Сивеев Т. М., ⁴ Цветков А. С.

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия (111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 17, стр. 3), e-mail: ¹ GruzdovAG@mpei.ru, ² PashkovskayaYY@mpei.ru, ³ tichonsiveev@gmail.com, ⁴ sashatsvetkov131202@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема снижения показателей надежности электроснабжения потребителей Российской распределительной сети. Очевидным путем повышения надежности электроснабжения потребителей является предотвращение аварийных ситуаций. Это достигается установкой надежного оборудования и заменой износившихся участков линий электропередачи. К наиболее рациональным способом повышения надежности является, так называемая, децентрализованная автоматизация. Такой подход подразумевает минимизацию последствий аварий с использованием секционирующих устройств нового поколения – реклоузеров. Применение реклоузеров позволяет повысить надежность, качество электроснабжения и снизить ущерб от недоотпуска электрической энергии.

Ключевые слова: Smart Grid, методы оптимизации, генетический алгоритм, реклоузер, надежность, фидер

APPLICATION OF A GENETIC ALGORITHM TO INCREASE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY TO CONSUMERS

¹ Gruzdov A. G., ² Pashkovskaya E. E., ³ Siveev T. M., ⁴ Tsvetkov A. S.

National Research University "MPEI", Moscow, Russia (111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st., 17, building 3), e-mail: ¹ GruzdovAG@mpei.ru, ² PashkovskayaYY@mpei.ru, ³ tichonsiveev@gmail.com, ⁴ sashatsvetkov131202@mail.ru

This article discusses the problem of reducing the reliability of power supply to consumers of the Russian distribution network. The obvious way to increase the reliability of power supply to consumers is to prevent emergencies. This is achieved by installing reliable equipment and replacing worn-out sections of power lines. The most rational way to increase reliability is the so-called decentralized automation. This approach implies minimizing the consequences of accidents using a new generation of partitioning devices – reclosers. The use of reclosers makes it possible to increase the reliability, quality of power supply and reduce damage from under-discharge of electric energy.

Keywords: Smart Grid, optimization methods, genetic algorithm, rumber, reliability, feeder.

Актуальность исследования обусловлена направлением развития электроэнергетического комплекса. В последнее время все большее распространение получают проекты, связанные с реализацией концепции Smart Grid, а внедрение такого оборудования, как реклоузер полностью отвечает основным положениям указанной

концепции. Внедрение реклоузеров в распределительных сетях является не только перспективным, но и технологически оправданным мероприятием. Техничко-экономическое обоснование применения секционирующих устройств была описана в статье [1].

В зависимости от варианта использования реклоузеров и возможных условий их размещения возникает задача определения оптимальных мест их подключения в распределительной сети. Расстановка в электрической сети реклоузеров является одним из средств увеличения надежности электроснабжения потребителей. При этом, при определении места их установки, предусматриваются определенные условия, конфигурация сети и частота аварийных событий на данном участке ВЛ и время их восстановлений.

Решение такой многовариантной оптимизационной задачи зависит от выбранного критерия оптимизации. В качестве критерия могут быть использованы различные параметры, влияющие на надежность и экономичность работы распределительной сети среднего напряжения. В частности, в [2] в качестве интегрального показателя оценки выбран суммарный годовой недоотпуск электроэнергии. В [3] проблема оптимального секционирования рассмотрена с позиции минимизации потерь в электрической сети и уменьшения токов короткого замыкания.

Для выбора места установки оборудования используется показатель надежности SAIDI. Показатель используется для анализа надежности электрических сетей и используется в соответствующей системе стимулирования повышения надежности и качества, позволяющий достичь повышение тарифа на передачу электрической энергии. Мировой практике рекомендует также использовать SAIFI. Так как показатель SAIDI пропорционально коррелируется с SAIFI, то для выбора места установки реклоузеров достаточно использовать показатель SAIFI.

Прямой перебор мест установки реклоузеров в больших схемах занимает длительное время. При увеличении уровня разветвленности сети число участков сети пригодных для установки реклоузеров также будет расти, что может привести к неразрешимости задачи при использовании классических методов оптимизации без подключения больших вычислительных мощностей и огромного количества времени. Например, в статье [4] указывается, что расчёт в сети, граф которой имеет 42 вершины, для 9 аппаратов занимает больше часа, для 10 – почти 4 часа, для 12 – более 29 часов.

Именно поэтому было решено использовать эвристические алгоритмы, которые не способны гарантировать стопроцентную точность, однако имеют быструю сходимость, что подтверждено авторами в статьях [5].

Как уже было упомянуто выше, генетические алгоритмы являются подтипом быстросходящихся, но не гарантирующих стопроцентной точности эвристических алгоритмов. Генетические алгоритмы используются для решения различных оптимизационных задач, путем случайного подбора, вариации и комбинирования входных параметров с использованием сходных с естественным отбором механизмов. Генетический алгоритм является разновидностью другой группы алгоритмов, именуемых «эволюционными вычислениями» или «эволюционными алгоритмами»

Основным фактором эволюции является естественный отбор, принцип которого «выживает сильнейший». Иными словами, основная идея эволюции заключается в том, что особи с более высоким уровнем приспособленности с большей вероятностью выживут и

оставят потомство. Подразумевается, что потомство, оставленное особями с высоким уровнем приспособленности, также будут более приспособленными.

Эволюционное моделирование используется для решения ряда оптимизационных задач и подразумевает математическое моделирование, процессов эволюции. Другими словами, в основе эволюционных алгоритмов лежат принципы биологической эволюции:

- каждая особь представляет собой набор хромосом (некоторые параметры, например, вектор, строка символов или какой-либо фрагмент данных) и определенной фитнес – функции, которая отображает уровень приспособленности той или иной особи, т.е. ее преимущество перед другими особями в решении поставленной задачи;
- улучшение (максимизация или минимизация в зависимости от цели поставленной задачи) фитнес – функции с применением специальных генетических операторов (отбор, мутация, скрещивание);
- уровень приспособленности особи (значение ее фитнес – функции) определяет вероятность того, насколько будет высока приспособленность потомства, оставленного этой особью [6].

Теоретически процесс эволюции является бесконечным. Через некоторое время он может быть приостановлен наблюдателем, при достижении определённых критериев остановки. Ниже перечислены основные алгоритмы, относящиеся к эволюционным:

- генетический алгоритм, наиболее применимой областью применения которого является оптимизация дискретных функций (с особым упором на оператор скрещивания);
- эволюционная стратегия, наиболее применимой областью применения которого является оптимизация непрерывных функций (с использованием операторов скрещивания);
- эволюционное программирование, наиболее применимой областью применения которого является оптимизация непрерывных функций (без использования операторов скрещивания);
- генетическое программирование, наиболее применимой областью применения которого является оптимизация компьютерных программ (используется только оператор скрещивания) [7].

По сравнению с обычными методами оптимизации, эволюционные алгоритмы имеют следующие отличительные черты:

- наличие параллельного поиска решений;
- наличие понятия случайной мутации и скрещивания полученных решений.

Эволюционные алгоритмы хорошо подходят для оптимизации многомерных, плохо определенных функций.

Генетический алгоритм является одним из самых известных подвидов эволюционных алгоритмов. Он объединяет все основные операции, характерные для генетики (отбор, мутация, кроссинговер). Генетические алгоритмы являются результатом математического описания таких свойств природы, как:

- способность живых организмов приспосабливаться к меняющимся условиям окружающей среды;

- процессы наследования детьми лучших свойств от своих родителей, для повышение своей приспособленности к окружающим условиям;
- наличие естественного отбора, обеспечивающего выживание наиболее приспособленных организмов.

Генетические алгоритмы позволяют решать такие задачи, как оптимизация работы нефтяных трубопроводов, улучшение работы поисковых систем, распределение инструментов в металлообрабатывающих цехах, оптимизацию профилей балок в строительстве и т.д. [6]. Одной из наиболее подходящих для генетических алгоритмов сфер задач являются задачи комбинаторной оптимизации, то есть задач с поиском оптимального решения среди конечного множества рацений (зачастую в подобных задачах, невозможен полный перебор вариантов за оптимальное время).

Ниже перечислены основные генетические операторы, применяемы в процессе оптимизации отбор лучших хромосом от наиболее приспособленных родителей для дальнейшего скрещивания; скрещивание полученных в процессе отбора хромосом с целью получения нового более приспособленного поколения; мутация – случайное изменение некоторых генов с целью недопущения заикливающих повторений наборов хромосом в последующих поколениях.

Стоит отметить, что эвристические алгоритмы не могут гарантированно найти наилучшее решение, однако имеют более высокую скорость сходимости к нему, что для некоторых задач гарантирует базисную техническую возможность получения результата.

Авторы работы [8] предлагает методику оптимального определение мест расстановки реклоузеров. Особью представляется комплект ветвей, в которые устанавливаются аппараты. Ген – номер ветви, в которой находится аппарат. Число вероятных номеров генов равно количеству свободных для установки реклоузеров ветвей. Выбранной фитнес-функцией представляется показатель надёжности распределительной сети SAIFI.

Рассмотрим более подробно этапы работы генетического алгоритма. На Рисунке 1 приведена блок – схема работы генетического алгоритма в контексте решаемой задачи.

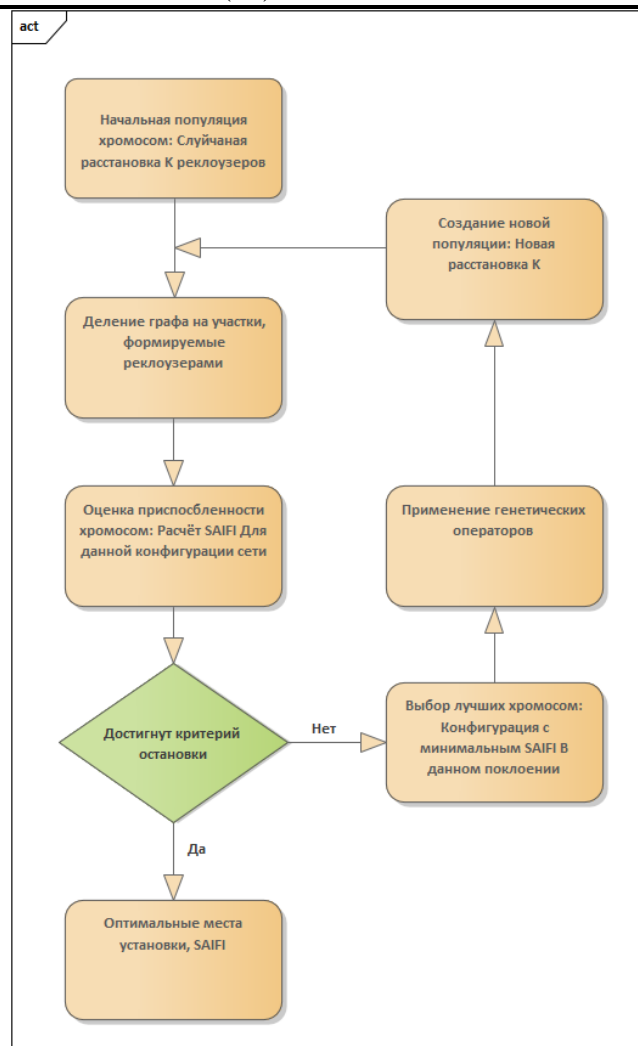


Рисунок 1 – Блок – схема работы генетического алгоритма в контексте решаемой задачи.

На первом этапе алгоритм формирует начальную популяцию хромосом, т.е. создает n хромосом со случайным набором генов (количество которых равно k), где n – размер популяции. Переходя от терминов генетики к терминам электроэнергетики вышесказанное можно переформулировать следующим образом: на первом этапе алгоритм формирует n различных конфигураций схем, в каждой из которой установлено k реклоузеров.

На втором этапе для каждой хромосомы происходит деление графа на участки, формируемые реклоузерами. Каждый реклоузер имеет свою зону действия (участок). Подразумевается, что при возникновении устойчивой аварии в зоне действия реклоузера, будут отключены только потребители, расположенные в узлах, относящихся к данному участку. Этот этап представляет собой моделирование концепции секционирования сети с целью повышения надежности электроснабжения потребителей.

На третьем этапе происходит оценка приспособленности хромосом. Алгоритм, основываясь на рассчитанных для каждой хромосомы значениях фитнес – функции определяет наиболее приспособленные хромосомы. Иными словами, на данном этапе алгоритм отбирает схемы с наименьшим показателем SAIFI.

На четвертом этапе при условии достижения одного из критериев остановки алгоритм завершает свою работу, предоставляя результаты в виде оптимальных мест для установки реклоузеров и соответствующий показатель SAIFI и программа заканчивается. В противном случае происходит переход следующий этап.

Далее алгоритм отбирает лучшие хромосомы, т.е. хромосомы с наименьшим показателем фитнес – функции, в текущей популяции для их дальнейшего участия в формировании новой популяции.

Следующий этап реализация генетических операторов для создания новой популяции: выбор лучшей хромосомы, мутация, скрещивание.

В конце итерации появляется уже сформированная популяция новых хромосом и алгоритм снова переходит на первый этап.

Для реализации данного алгоритма предлагается разработать алгоритм расчёта, используя высокоуровневый язык программирования Python. В процессе решения будет производиться минимизация значения показателя надежности SAIFI для электрической сети с использованием генетического алгоритма.

Предложенный подход может быть использован как на стадии проектирования новых распределительных электрических сетей, так и при модернизации уже существующих.

Список литературы

1. Реклоузер как инструмент повышения надежности / Т. М. Сивеев, А. С. Сорокин, А. Г. Груздов, Д. А. Дегтярев // Стольпинский вестник. – 2022. – Т. 4. – № 5.– С. 12
2. Сазыкин В.Г. Критерии оптимизации места установки реклоузера в распределительной сети 6-10 кВ // Электротехнические системы и комплексы / Кудряков А.Г., Багметов А.А. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2018. – Вып. 1(38). – С. 33-39. 45.
3. Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. Екатеринбург, 10–14 декабря 2018 г. / Отв. Ред.: Гаврилова А. Е., Ерошенко С. А. – Екатеринбург : УрФУ, 2018. - С. 151-154. 46.
4. Андрикеева С.А. Оптимизация использования автоматических пунктов секционирования для повышения надёжности распределительной сети и энергоснабжения потребителей //Электрические станции, №8, 2016. – С. 30–34.
5. Sourabh K. A review on genetic algorithm: past, present and future // Multimedia Tools and Applications / Sumit S. Ch., Vijay K. – Heidelberg, Netherlands: Springer Netherlands, 2021. – Vol. 80. – pp. 8091-8126.
6. Климко Е.Г. Генетический алгоритм как разновидность эволюционного алгоритма // журнал «Российские Исследования» №2, 2002, С. 125 – 128 27.
7. Генетическое программирование URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Генетическое_программирование.

References

1. Siveev T. M., Sorokin A. S., Gruzдов A. G., Degtyarev D. A. Recloser as a tool for improving reliability // Stolypinskiy vestnik. - 2022. - Т. 4. - No. 5. - p. 12
 2. Sazykin V.G. Criteria for optimizing the installation site of a recloser in a 6-10 kV distribution network // Electrical systems and complexes / Kudryakov A.G., Bagmetov A.A. - Magnitogorsk: Publishing House of the Magnitogorsk State Technical University. G.I. Nosova, 2018. - Issue. 1(38). -pp. 33-39. 45.
 3. Energy and resource saving. Energy supply. Non-traditional and renewable energy sources. Nuclear power: materials of the International scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists, dedicated to the memory of Professor Danilov N. I. Ekaterinburg, December 10–14, 2018 / Ed. Ed.: Gavrilova A. E., Eroshenko S. A. - Yekaterinburg: UrFU, 2018. - pp. 151-154. 46.
 4. Andrikeeva S.A. Optimization of the use of automatic sectioning points to improve the reliability of the distribution network and power supply to consumers // Electric Stations, No. 8, 2016. - pp. 30–34.
 5. Sourabh K. A review on genetic algorithm: past, present and future // Multimedia Tools and Applications / Sumit S. Ch., Vijay K. - Heidelberg, Netherlands: Springer Netherlands, 2021. - Vol. 80.-pp. 8091-8126.
 6. Klimko E.G. Genetic algorithm as a kind of evolutionary algorithm // Journal "Russian Research" №2, 2002, pp. 125 – 128 27.
 7. Genetic programming URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Genetic_programming.
 8. Akimov D.A. Optimization of the placement of reclosers in distribution networks. Izvestia of the Scientific and Technical Center of the Unified Energy System / Grunina O.I., Karpov A.I., Shkitina N.O. - M.: Publishing House of the Scientific and Technical Center of the Federal Grid Company of the Unified Energy System, 2017. - Issue. 1(76) - pp. 102-113.
-