

УДК 620.9.001.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ ПОМОЩИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА С ВНЕДРЕНИЕМ АКТИВНО-АДАПТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.П. Кубарьков, Я.В. Макаров, К.А. Голубева

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Электроснабжение большей части потребителей осуществляется с использованием радиальных электрических сетей, в которых основным недостатком является наличие одного источника питания. Одной из мер разгрузки наиболее загруженных элементов сети является уменьшение потребляемой мощности путем локальной выработки электроэнергии при помощи применения распределенной генерации. Такие меры приводят к внедрению активно-адаптивных элементов. Процесс использования активно-адаптивных элементов можно осуществлять с помощью различных методов оптимизации (алгоритмов). В данной работе рассматривается применение эволюционного алгоритма, а именно пример оптимизации радиальной распределительной сети с помощью одного из самых развитых классов эволюционного алгоритма – генетического алгоритма.

Ключевые слова: *методы оптимизации, генетические алгоритмы, потери мощности, распределенная генерация, уровни напряжения.*

Введение

Электроснабжение большей части потребителей осуществляется с использованием радиальных электрических сетей. Главным недостатком таких сетей является наличие одного источника питания. Наиболее загруженными элементами сети являются линии электропередачи (ЛЭП), расположенные вблизи главной понизительной подстанции [1].

Одним из способов разгрузки ЛЭП и повышения их пропускной способности является уменьшение потребляемой мощности путем локальной выработки электроэнергии. Это дает толчок к внедрению активно-адаптивных элементов (ААЭ) в распределительные сети, которые играют важную роль в энергетической системе. Использование распределенной генерации (РГ) в пассивной распределительной сети делает ее активной распределительной сетью [2].

Распределенные источники помогут эффективно снизить потери мощности в сети и улучшить стабилизацию уровней напряжения на шинах потребителей в радиальных распределительных сетях (РРС).

Эффективность применения ААЭ можно контролировать при помощи различных методов оптимизации.

Многие алгоритмы строятся на базе генетических алгоритмов (ГА), эволюционной стратегии, эволюционного программирования, алгоритмов дифференциальной эволюции и генетического программирования.

Такие технологии дополняют друг друга и применяются в разных комбинациях или самостоятельно при оценке режимов работы интеллектуальных систем.

*Юрий Петрович Кубарьков (д.т.н.), профессор кафедры «Электрические станции».
Ярослав Викторович Макаров, ассистент кафедры «Электрические станции».
Кристина Анатольевна Голубева, аспирант.*

Актуальность и цель применения генетических алгоритмов

Под генетическим алгоритмом подразумевается простая модель природной эволюции, которая реализуется как компьютерная программа. В ГА используются как аналоги механизма генетического наследования, так и аналоги естественного отбора.

Надо заметить, что, соответствуя определению приспособленности, главной целью такой искусственной эволюции будет именно создание лучших решений.

Сначала функция ГА воспроизводит определенное число возможных решений. Назначается функция оптимальности $f(x)$, которая определяет эффективность каждого из найденных решений, а для того чтобы полученные решения не выходили из области допустимых значений, в функцию допустимо включать штрафные функции. Ввиду того, что качество решения, как правило, оценивается некоторой оценочной функцией, ГА в свою очередь называют методами оптимизации многоэкстремальных функций.

Достоинства и недостатки генетических алгоритмов

Генетический алгоритм является часто используемым, но не единственным возможным методом решения задач оптимизации. Уже долгое время существуют два главных пути решения такого рода задач – локально-градиентный и переборный. Такие методы имеют как достоинства, так и недостатки.

Если комбинировать переборный и градиентный методы, то можно рассчитывать на получение хотя бы приближенного решения, точность которого будет увеличиваться при увеличении времени расчета.

ГА представляет собой именно такой комбинированный метод. Механизмы постепенного приближения в каком-то смысле реализуют переборную часть метода, а отбор лучших решений – градиентный спуск.

Исследования и расчеты

Для оптимизации радиальной распределительной сети (рис. 1) номинальным напряжением 35 кВ был произведен анализ использования источников распределенной генерации на шинах потребителей для покрытия собственных нужд подстанций без выдачи мощности на ближайшие соседние подстанции при помощи генетического алгоритма. Такие меры в первую очередь связаны с сохранением существующего потокораспределения в электрической сети, что не приводит к изменению уставок в комплектах релейной защиты на подстанциях собственного потребителя при сохранении архитектуры всей сети.

В состав распределительной сети входят: 11 подстанций (п/ст) с собственной нагрузкой S_n , 10 ЛЭП (W1-W10), источник питания E1, трансформаторы (T1–T10).

Характеристики ЛЭП и нагрузок сведены в таблицу.

Для оптимизации электрической сети использовался генетический алгоритм, производимый путем перебора узлов установки источников РГ.

Ввиду того, что нагрузка на каждой подстанции отличается, а источники распределенной генерации покрывают только собственные нужды подстанции, положительный эффект от внедрения источников будет зависеть от величины нагрузки и топологии сети.

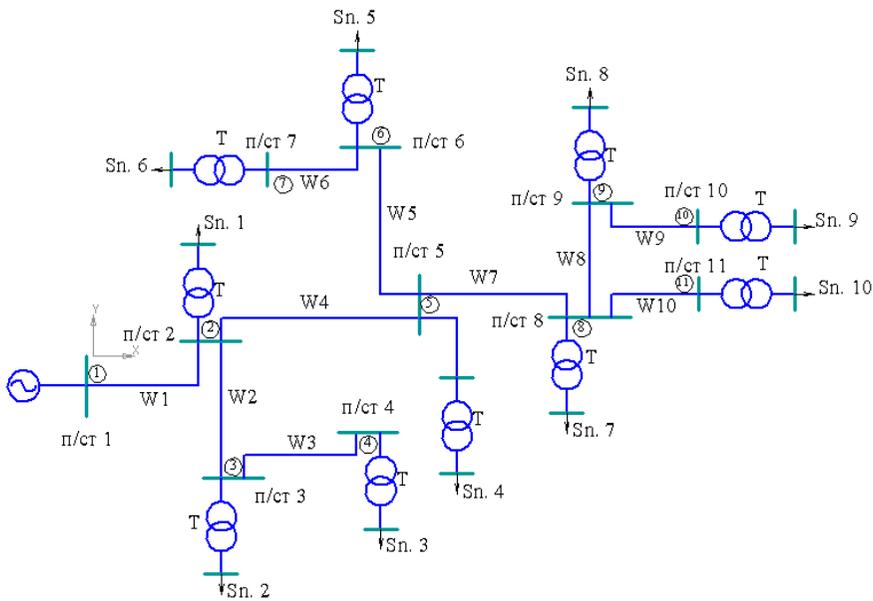


Рис. 1. Схема электрической сети

Характеристики ЛЭП и нагрузок

| Характеристики ЛЭП | | | Характеристики нагрузок | | |
|--------------------|-----------|---------------|-------------------------|--------|---------|
| Наименование | Длина, км | Марка провода | № п/ст | P, кВт | Q, квар |
| W1 | 9 | АС-150/11 | 2 | 1500 | 720 |
| W2 | 4 | АС-120/11 | 3 | 700 | 340 |
| W3 | 4 | АС-120/11 | 4 | 500 | 240 |
| W4 | 9 | АС-150/11 | 5 | 1000 | 480 |
| W5 | 4 | АС-120/11 | 6 | 500 | 240 |
| W6 | 3 | АС-120/11 | 7 | 400 | 190 |
| W7 | 7,5 | АС-120/11 | 8 | 1000 | 480 |
| W8 | 4 | АС-120/11 | 9 | 800 | 380 |
| W9 | 3 | АС-120/11 | 10 | 500 | 240 |
| W10 | 4 | АС-120/11 | 11 | 700 | 340 |

Для оптимизации электрической сети использовался генетический алгоритм, производимый путем перебора узлов установки источников РГ.

Ввиду того, что нагрузка на каждой подстанции отличается, а источники распределенной генерации покрывают только собственные нужды подстанции, положительный эффект от внедрения источников будет зависеть от величины нагрузки и топологии сети.

Анализ включения РГ показал, что наилучший эффект по показателю уровня напряжения на шинах подстанций достигается при установке РГ в узле 9 (рис. 2).

На рис. 3 представлен график потерь активной и реактивной мощности для нормального режима и режимов при установке РГ в указанные узлы.

Потери активной и реактивной мощности при установке распределенного источника в узле 9 имеют наименьшие значения.

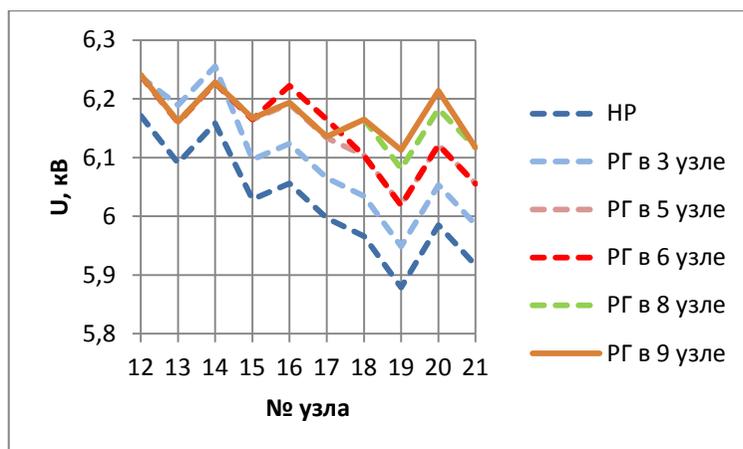


Рис. 2. Изменения напряжений при установке РГ в узлы и в нормальном режиме (НР)

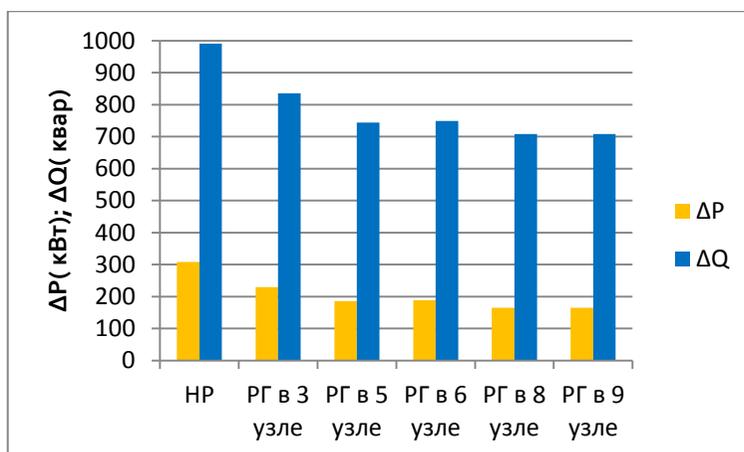


Рис. 3. Потери активной (P) и реактивной (Q) мощности при установке РГ в узлы и в нормальном режиме (НР)

Выводы

Установка источников распределенной генерации приводит к увеличению уровня напряжения на шинах потребителей, при этом эффект от внедрения будет зависеть от топологии сети и нагрузки ближайших потребителей. Кроме этого наблюдается сокращение потерь мощности в элементах сети.

Для более эффективного сокращения потерь мощности в рассматриваемой сети возможна установка батарей статических конденсаторов на шинах потребителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кубарьков Ю.П., Голубева К.А. Управление уровнем напряжения и потерь в электрических сетях с активно-адаптивными элементами // Электроэнергетика глазами молодежи: труды VI международной научно-технической конференции, 9–13 ноября 2015, Иваново. – В 2 т.
2. Dolan M.J., Davidson E.M., Kockar I., Ault G.W., McArthur, and S.D.J. Distribution Power Flow Management Utilizing an Online Optimal Power Flow Technique. IEEE Transactions on Power Systems, vol. 27, no. 2, pp. 790-799, May 2012.

Статья поступила в редакцию 1 февраля 2017 г.

OPTIMIZATION OF OPERATION MODE OF DISTRIBUTION NETWORKS WITH OIL INDUSTRY ACTIVE-ADAPTIVE ELEMENTS

Y.P. Kubarkov, Y.V. Makarov, K.A. Golubeva

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Power supply most of the consumers is done by the use of the radial electric networks in which the main drawback is the presence of a single power supply. One of the unloading measures of the busiest network elements is to reduce the power consumption by the local power generation by means of the use of distributed generation. Such measures lead to the introduction of active-adaptive elements. The process of using active-adaptive elements can be carried out through a variety of optimization (algorithms) methods. In this paper the use of the evolutionary algorithm is considered namely, the example of the optimization of radial distribution network with one of the most advanced classes of evolutionary algorithm the genetic algorithm.

Keywords: optimization methods, genetic algorithms, loss of power, distributed generation, voltage levels.

*Yury P. Kubarkov (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Yaroslav V. Makarov, Postgraduate Student.
Kristina A. Golubeva, Postgraduate Student.*