

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ГЕНЕРАЦИИ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ И УЛУЧШЕНИЯ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ

РАШТЧИЗАДЕ А. **, ГАШИМОВ А.М. *, РАХМАНОВ Н.Р., АХМЕДОВА С.Т.

*Азербайджанский Научно-Исследовательский и Проектно-Изыскательский
Институт Энергетики*

**Институт Физики НАН Азербайджана*

***Азербайджанский Центр Энергетических Исследований и Образования,
Тебриз-ИРИ*

Аннотация

Дается методика для оптимального размещения и выбора мощности распределительной генерации в энергосистеме. В качестве критериев оптимальности принимаются минимум величин потерь мощности и отклонений напряжений в узлах электрической сети. В основе предлагаемой методики используется генетический алгоритм, с помощью которого осуществляется “естественный отбор” приемлемых режимов из всей совокупности возможных установившихся режимов. Для расчета установившихся режимов в процессе использования ГА применяется пакет “программа MATpower”. С помощью программного комплекса ETAP проводится оценка корректности результатов.

Предложенные методика и модели были использованы при выборе мест оптимального размещения РГ в Азербайджанской энергосистеме.

Ключевые слова: генетический алгоритм, оптимальное размещение, распределённая генерация, уровень напряжения, потери.

1. Введение

Проектирование ЭС с наличием РГ требует определения некоторых факторов, таких как: использование лучших технологий, количество и мощность установок, наилучшее место размещения, тип связи с сетью и т.д. Требуется также рассчитать влияние РГ на рабочие характеристики системы, таких, как потери, уровень напряжения, устойчивость и надежность. Задача размещения РГ с учетом мощности установок является очень важной. Размещение РГ в неоптимальных местах может привести к увеличению потерь в системе, увеличению расходов и в конечном счете к отрицательному эффекту. В этой связи использование оптимизационного метода, способного указать наилучшее решение для данной распределительной сети, может быть полезным при решении проблемы развития энергосистемы с помощью РГ. Выбор наилучших мест установок и величины их мощностей в больших распределительных системах является комплексной комбинаторной проблемой оптимизации. Одним из важных целей оптимального размещения и выбора мощности генерирующих установок в распределительной сети является минимизация суммарных активных потерь. В существующей практике выбора места и мощности РГ считается оптимальным с точки зрения улучшения технико-экономических показателей электрической сети: включение РГ должно привести к уменьшению суммарных потерь электроэнергии [1-3] и падения напряжения [4,5] в узлах электрической сети.

В данной работе с целью развития методологии оптимизации РГ разработано алгоритмически – программное средство на базе применения генетического алгоритма. Приводятся результаты применения разработки для части электрической сети Азербайджанской энергосистемы, подтверждающие высокую эффективность предложенной методики по сравнению с существующими.

2. Определение РГ

В настоящее время в качестве распределенной генерации принято считать источники энергии малой мощности, устанавливаемые в определенных местах распределительной электрической сети с целью покрытия потребности в электрической энергии в локальных местах [1,2].

Установки РГ отличаются малой инерционностью, низким коэффициентом риска инвестиций, поскольку выполняются в виде модулей. Малые физические размеры самих модулей позволяют их установку в центрах потребления и не связаны с необходимостью выделения больших территорий, а также наличием широкого диапазона технологий РГ. По этим причинам первые возможные признаки технологических изменений на международном рынке могут привести в будущем к энергоустановкам малых или средних размеров, непосредственно подключенных к распределительной сети с хорошими характеристиками эффективности и малыми выбросами. Это предопределяет новые задачи и возможно приведет к необходимости создания новых программ и способов управления этими системами.

3. Применение генетического алгоритма для оптимального размещения РГ

Генетический алгоритм (ГА) реализует принцип механизма генетики и эволюции, которые имеют место в природе и живых организмах. В основе этого принципа используется сохранение популяции решений в виде генотипов [1]. В общем случае ГА включает три различные фазы поиска: фаза 1- создание первичной популяции, фаза 2 – оценка коэффициента функции пригодности, фаза 3 – получение новой популяции. Генетический поиск начинается со случайной генерации первичной популяции, внутри которой каждый индивидуум оценивается функцией пригодности. Индивидуум в этой и последующих генерациях копируется или исключается соответственно их коэффициентам пригодности. Дальнейшие генерации создаются путем применения операторов ГА. В конечном итоге это приводит к генерации индивидуума высокого качества. Обычно в типичном генетическом алгоритме имеется 3 оператора [1]: первый оператор – это оператор воспроизводства, который делает одну или несколько копий любого индивидуума обладающего высоким коэффициентом пригодности, в противном случае индивидуум исключается из множества решений; второй оператор – это оператор рекомбинации (также известен как перекрестный оператор). Этот оператор выбирает два индивидуума внутри генерации и область скрещивания и проводит операции замен цепочки битов на правую сторону от области скрещивания обоих индивидуумов. Операции скрещивания синтезируют биты от одной пары родителей, которые имеют лучшее качество. Таким образом, вероятность получения лучшего потомка сильно увеличивается. Третий оператор - это оператор мутации, который моделирует случайные факторы, ухудшающие воспроизводство популяции. Ввиду этого частое использование этого оператора может привести к совершенно случайному поиску, поэтому для его активации применяют очень низкий коэффициент вероятности.

Основная цель предложенного метода это определение наилучших мест для установок новых РГ, при которых в электрической сети достигается уменьшение

потерь и улучшение уровня напряжения. Главные ограничения в процессе оптимизации в предложенной методике:

1. величина суммарных потерь в электрической сети системы после установки РГ должны быть меньше, чем величина потерь до установки РГ.
2. величины напряжения в узлах сети должны находиться в заданных пределах
 $V_{\text{узла min}} \leq V_{\text{узла}} \leq V_{\text{узла max}}$

Целевая функция представляет собой сложное выражение, в котором первая составляющая представляет собой величину отклонения в контролируемых узлах сети, а вторая составляющая - это величина суммарных потерь в сети при наличии и отсутствии РГ.

Расчет и анализ составляющих целевой функции по потерям и величинам напряжений в узлах сети может быть проведен на основе расчетов потокораспределения для многих комбинаций заданных параметров сети и режима.

Ниже показан алгоритм расчета потокораспределения.

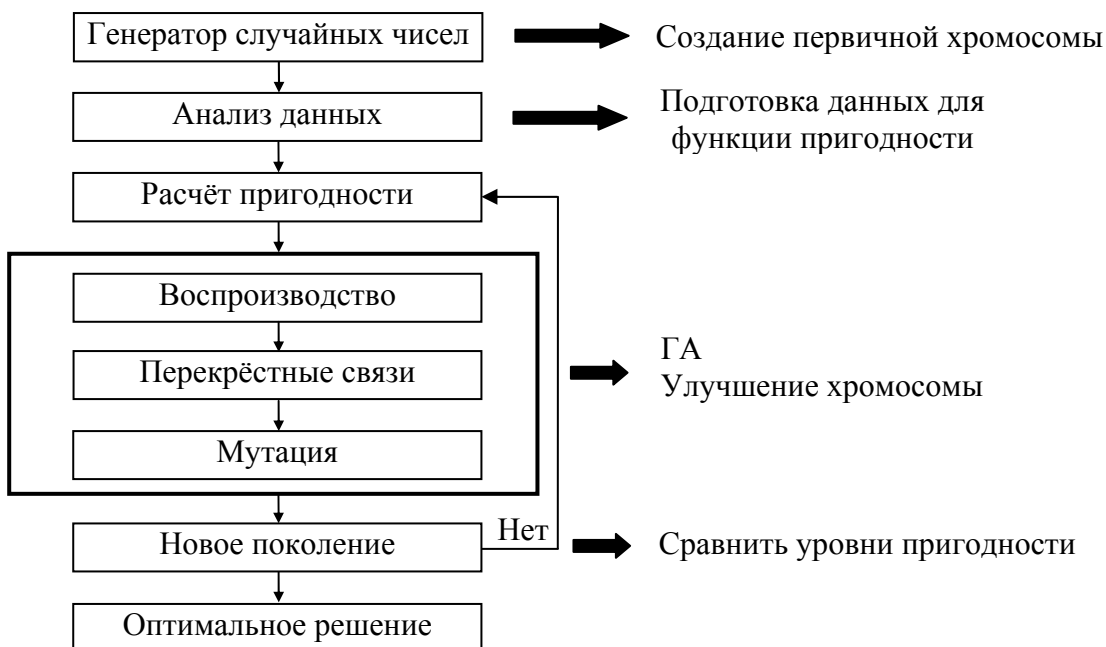


Рис.1 Алгоритм расчета потокораспределения

4. Результаты и их анализ

Апробация предложенных методики и алгоритма для оптимального размещения РГ с помощью ГА проведена на примере электрической сети с 37 узлами (Рис.2)

Ниже приводятся результаты работы программы потокораспределения без учета РГ. Максимальная ошибка вычисления мощности $6.69194e-008$. Число итераций 3.

Табл.1 Расчет потокораспределения без учета РГ

	MW	MVA _r
Общие потери	0.969	0.041

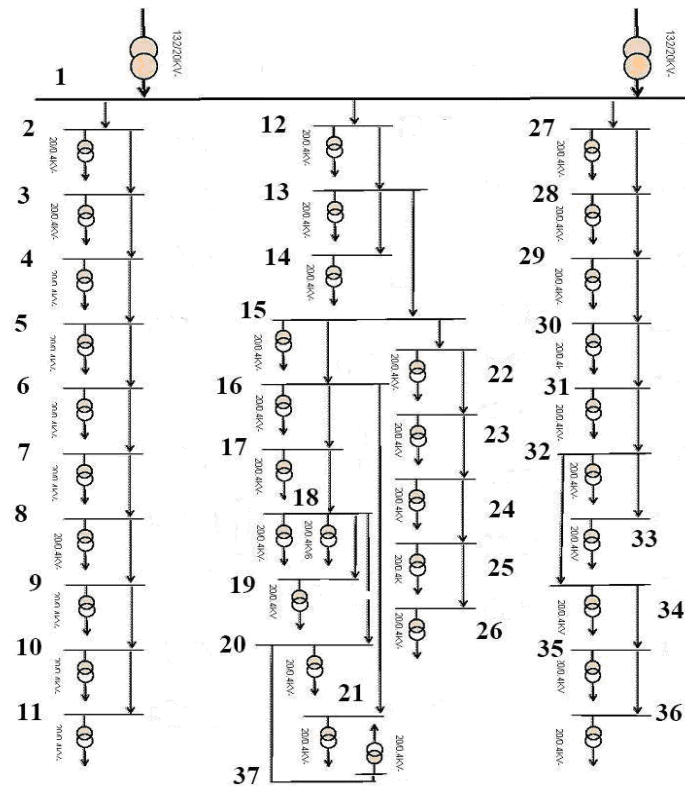


Рис.2 Фрагмент схемы электрической сети

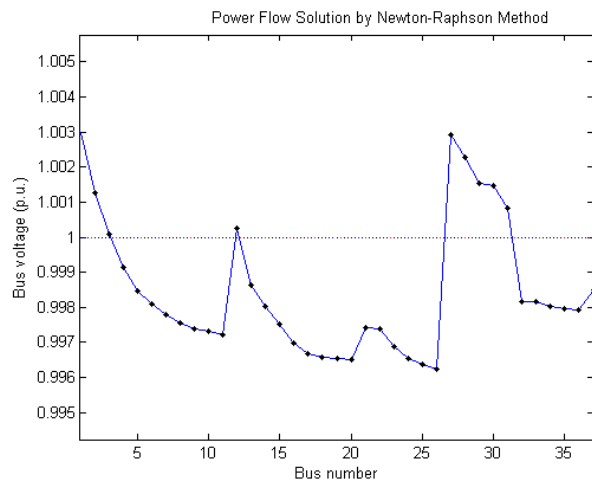


Рис. 3 Уровень напряжения при отсутствии РГ

Результаты работы программы потокораспределения с учетом РГ

DG rate: 0.75

EPOCH: 50

Максимальная ошибка вычисления мощности: 6.69193e-0.008

Число итераций: 3

Место нахождения РГ: 17-26

Табл.2 Расчет потокораспределения с учетом 2-ух РГ

	МВт	МВар
Общие потери	0.632	0.029

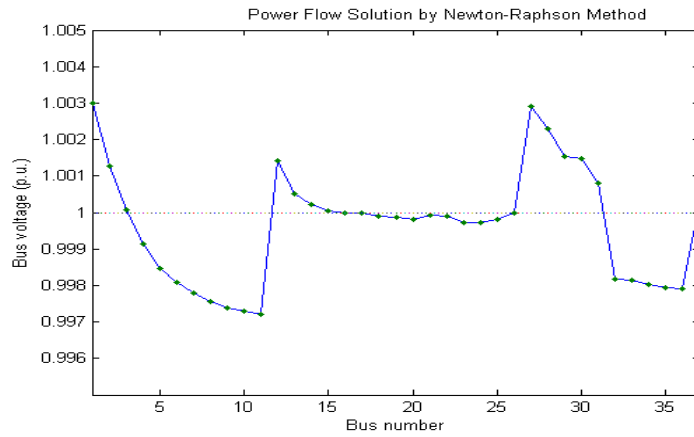


Рис 4. Уровень напряжения при 2-ух РГ

Результаты работы программы потокораспределения с учетом 4-ех РГ

DG rate: 0.75

Epoch: 50

Максимальная ошибка вычисления мощности: 6.69194e-008

Число итераций: 3

Места размещения РГ: 9-16-20-25

Табл.3 Расчет потокораспределения с учетом 4-ех РГ

	МВт	Мвар
Общие потери	0.619	0.020

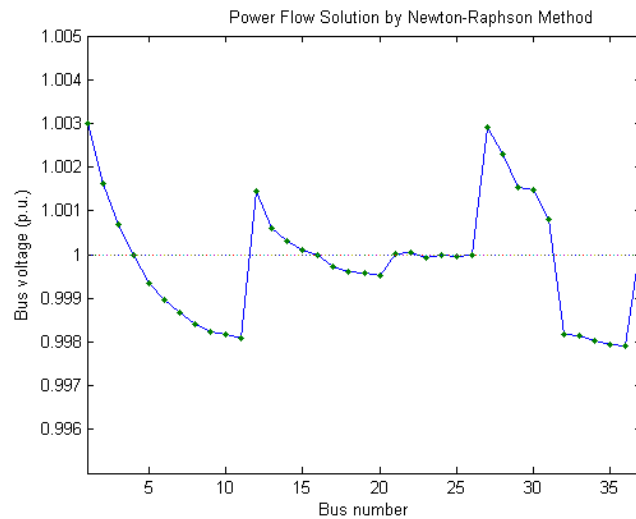


Рис 5. Уровень напряжения при 4-ех РГ

Результаты работы программы потокораспределения с учетом 6-ти РГ:

DG rate: 0.75

Epoch: 50

Максимальная ошибка вычисления мощности: 6.69194e-008

Число итераций: 3

Места размещения РГ: 7-10-19-19-20-24

Табл.4 Расчет потокораспределения с учетом 6-ти РГ

	МВт	Мвар
Общие потери	0.616	0.018

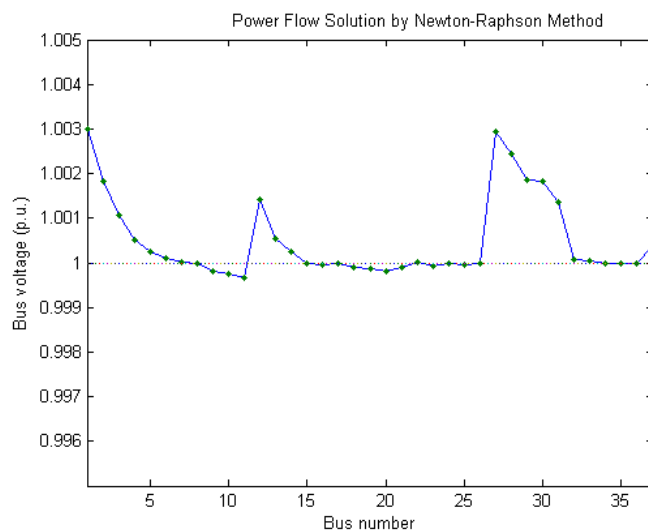


Рис 6. Уровень напряжения при 6 установках РГ

Результаты работы программы потокораспределения с учетом 3-ех РГ:

DG rate: 0.75

EPOCH: 50

Максимальная ошибка вычисления мощности: 6.69194e-008

Число итераций: 3

Места размещения РГ: 9-19-26

Табл.5 Расчет потокораспределения с учетом 3-ех РГ

	МВт	Мвар
Общие потери	0.624	0.023

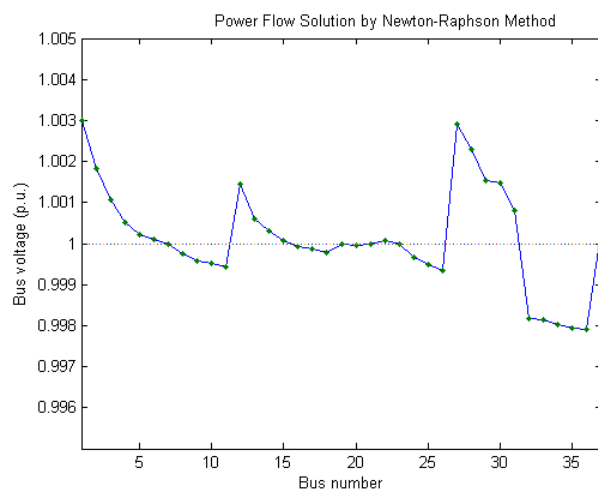


Рис 7. Уровень напряжения при 3 установках РГ

5. Сравнение всех методов и мест размещения

Таблица 6. Результаты применения ГА для 37узловой сети с 2-мя установками РГ

Номер узла	Мощность генерации	Потери до установки РГ (МВт)	Потери после установки РГ (МВт)	Потери в % отношении к потерям в системе
17	0.75	0.969	0.632	34.77
26	0.75			

Таблица 7. Результаты применения ГА для 37узловой схемы с 4-мя установками РГ

Номер узла	Мощность генерации	Потери до установки РГ (МВт)	Потери после установки РГ (МВт)	Потери в % отношении к потерям в системе
9	0.75	0.969	0.619	36.12
16	0.75			
20	0.75			
25	0.75			

Таблица 8. Результаты применения ГА для 37узловой схемы с 6-тью установками РГ

Номер узла	Мощность генерации	Потери до установки РГ (МВт)	Потери после установки РГ (МВт)	Потери в % отношении к потерям в системе
7	0.75	0.969	0.616	36.42
10	0.75			
19	0.75			
19	0.75			
20	0.75			
24	0.75			

Таблица 9. Результаты применения ГА для 37-узловой схемы с 3-мя установками РГ

Номер узла	Мощность генерации	Потери до установки РГ (МВт)	Потери после установки РГ (МВт)	Потери в % отношении к потерям в системе
9	0.75	0.969	0.624	35.60
19	0.75			
26	0.75			

Таблица 10. Окончательное решение и сравнение

Вариант	Потери /Генерируемая мощность
1	23.18
2	12.04
3	8.09
4	15.8

Заклучение

В статье представлен метод размещения РГ установки для достижения максимального соотношения прибыль/стоимость, где прибыль измеряют уменьшением электрических потерь, а стоимость зависит от инвестиций и стоимости установки. Приводятся результаты применения ГА для оптимального размещения РГ в распределительной сети. Предложенный алгоритм был реализован на примере схемы с 37 узлами. Установлено (таблица 10), что отношение процента потерь к общей мощности РГ в четырех случаях является наибольшим в первом случае, т.е. тогда когда использованы две РГ размещенные в узлах 17,26. поэтому случай 1 наиболее экономичный и мы считаем его наилучшим из четырех вариантов.

1. *M. Gandomkar, M. Vakilian, M. Ehsan.* A combination of genetic algorithm and simulated annealing for optimal DG allocation in distribution networks. CCECE/CCGEI, Saskatoon, May 2005 IEEE, PP.645-648.
2. Distributed generation: a definition; Thomas Ackermann, Göran Anderson, Len art Söder; Electric Power Systems Research 57 (2001) 195–204; December 2000.
3. *L.J. Fogel (1966).* Intelligence through Simulated Evolution: Forty years of Evolutionary programming, John Wiley & Sons, New York.
4. *A. Keane, and M. O'Malley.* Optimal allocation of embedded Generation on distribution networks. IEEE Trans. Power Systems, vol. 20, pp. 1640-1646, Aug. 2005

İTKİLƏRİN AZALDILMASI VƏ GƏRGİNLİK SƏVİYYƏSİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI MƏQSƏDİ İLƏ GENERASIYA MƏNBƏLƏRİNİN OPTİMAL PAYLANMASININ GENETİK ALQORİTMİNİN TƏTBİQİ

RƏŞTÇİZADƏ A., HƏŞİMOV A.M., RƏHMANOV N.R., ƏHMƏDOVA S.T.

Enerjisistemdə paylanmış generasiyanın optimal yerləşdirilməsi və gücünün seçilməsi üçün metodika verilib. Optimallığın kriterisi qismində elektrik şəbəkəsinin düyün nöqtələrində güc itkilərinin və gərginlik dəyişməsinin minimum qiymətləri qəbul edilir. Təklif edilən metodikanın əsasında genetik alqoritmədən istifadə olunur, hansının ki köməyi ilə, mümkün olan bütün qərarlaşmış rejimlər toplumundan, münasib rejimlərin “təbii seçməsi” həyata keçirilir. QA-dan istifadə edilməsi prosesində qərarlaşmış rejimlərin hesablanması üçün “MAT power” proqramı paketi tətbiq edilir. ETAP proqramı kompleksinin köməyi ilə nəticələrin dürüstlüyü qiymətləndirilir.

Təklif olunan metodika və modellər Azərbaycan enerjisitemində PG-nin optimal yerləşdirilməsi üçün yerlərin seçilməsində istifadə edilib.

GENETIC ALGORITHM FOR OPTIMAL DISTRIBUTED GENERATION SITTING AND SIZING TO REDUCE POWER LOSSES AND IMPROVE VOLTAGE PROFILE

RASHTCHIZADEH A., HASHIMOV A.M., RAHMANOV N.R., AHMEDOVA S.T

A method for the optimal allocation and sizing of Distributed Generation (DG) is presented. Minimum values of power losses and voltage deviation in nodes of energy system are accepted as optimum criterion. Suggested method is using Genetic Algorithm (GA), which could select a good solution by a finite steps of evolution performed on a finite set of possible steady state solutions. We apply MATPOWER package for load flow algorithm and compose it with GA. ETAP software was applied for evaluating of results correctness. The method used and modeling was used for optimal allocation of DG in Azerbaijan Energy System.