

**ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Я.Ю. Малькова, Р.А. Уфа, А.А. Суворов

Научный руководитель - доцент Уфа Р.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Развитие технологий в сфере деятельности по производству, передаче и распределению электрической энергии, рост мирового спроса на электроэнергию (на 4 % в 2019 году) [3], а также ухудшение экологической обстановки стимулируют распространение распределенной генерации (РГ).

Концепция РГ включает в себя организацию местных источников энергии, в частности, электростанций, основанных на возобновляемых (солнечная и ветровая энергия) и невозобновляемых источниках энергии (дизель и газ), устройствах накопления энергии, различных инструментах и методах контроля и регулирования потребления энергии на стороне потребителя [2], например, вблизи станций перекачки нефти и нефтепродуктов [1].

Проведем анализ влияния внедрения объектов РГ вблизи центров нагрузок на параметры режима ЭЭС, в частности, уровень напряжения и потери мощности.

На рис. 1 представлена схема замещения исследуемой модели ЭЭС с РГ в программном комплексе MATLAB/Simulink.

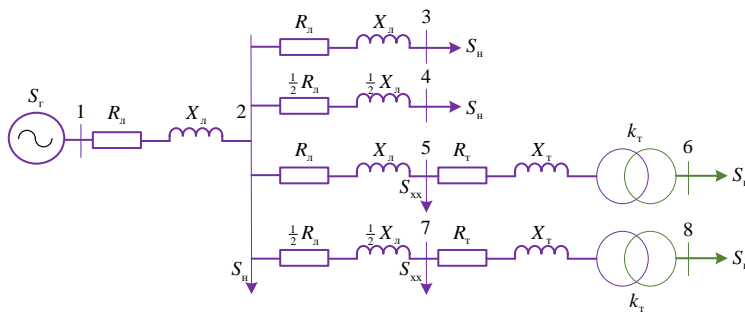


Рис 1. Схема замещения исследуемой ЭЭС с РГ

Объекты РГ поочередно размещались в узлах 2-4, 6 и 8, установленная мощность варьировалась в диапазоне от 10 % до 200 % от номинальной мощности нагрузки. Для исследуемой схемы в качестве местных источников энергии были применены объекты РГ 1-го и 4-го типов: 1-ый тип характеризуется способностью инжектировать в сеть только активную мощность (например, фотоэлектрические панели, являющиеся основным структурным элементом солнечных электростанций); 4-ый тип способен выдавать активную мощность и регулировать (выдавать и потреблять) реактивную мощность [8]. К РГ 4-го типа относятся индукционные генераторы, используемые при сооружении ветровых электростанций.

Полученные зависимости суммарных потерь исследуемой схемы от размера и места установки РГ 1-го и 4-го типов представлены на рис. 2а и рис. 2б соответственно.

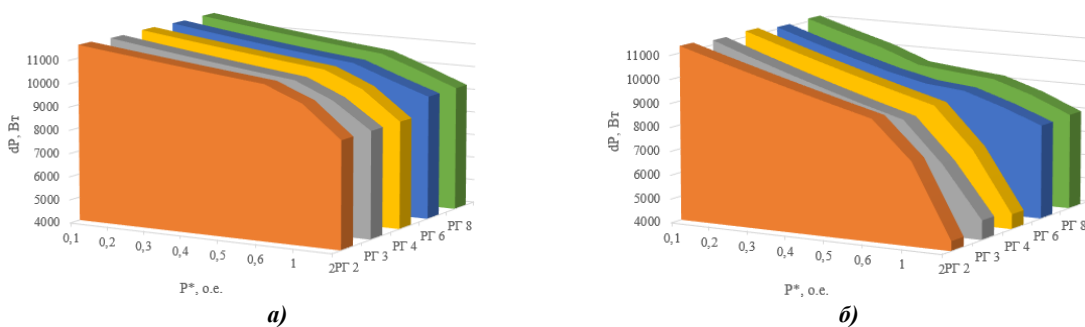


Рис. 2. Зависимость суммарных потерь от мощности и места установки: а) РГ 1-го типа, б) РГ 4-го типа

Согласно рис. 2, установка объекта РГ 4-го типа оказывает большее влияние на снижение суммарных потерь мощности в сравнении с РГ 1-го типа вне зависимости от узла его подключения и мощности. При этом, наиболее оптимальным местом установки РГ, характеризующимся меньшим числом потерь активной мощности, является узел 3. Зависимость относительного уровня напряжения узла 3 от размера и типа объекта РГ, установленного в данном узле, представлена на рис. 3. Установка РГ 4-го типа также оказывает большее влияние на повышение относительного уровня напряжения.

Значения суммарных потерь мощности в сети и относительного уровня напряжения в узлах являются переменными целевой функции (ЦФ), минимальное значение которой, в частности, позволяет определить оптимальное место установки и мощность объекта РГ в ЭЭС [4, 5]. Каждая из переменных имеет свой весовой коэффициент, отражающий вклад в значение ЦФ, сумма весовых коэффициентов всех переменных тождественно равна единице.

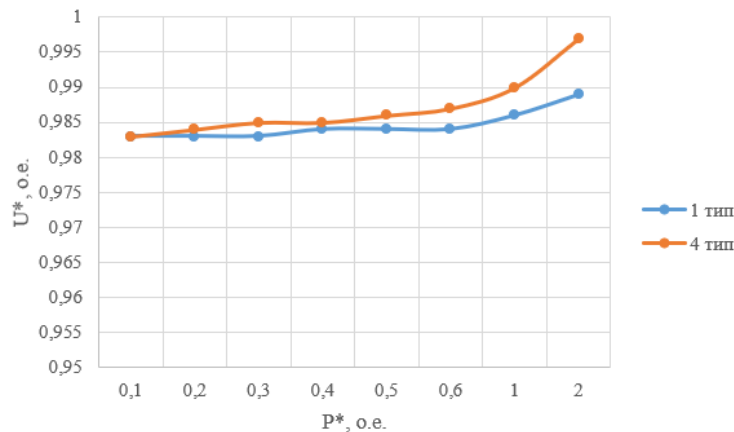


Рис. 3. Зависимость уровня напряжения узла 3 от мощности РГ

ЦФ для каждого из вариантов установки объекта РГ в исследуемой ЭЭС можно определить эмпирическим путем, однако более рационально применить один из существующих оптимизационных алгоритмов, среди которых выделяют: численные, аналитические и эвристические [11]. Решение поставленной задачи, как правило, осуществляют с применением эвристических методов, в частности, метода роя частиц [6, 10] и генетического алгоритма [7, 9], в соответствии с характером величин, определяющих режим исследуемой ЭЭС.

На основании проведенного исследования схемы ЭЭС, приведенной на рис. 1, в программном комплексе MATLAB/Simulink можно сделать вывод, что влияние РГ 4-го типа, вырабатывающего активную и регулирующего реактивную мощность, на снижение суммарных потерь активной мощности в сети более выражено, чем при установке РГ 1-го типа. Кроме того, РГ 4-го типа оказывает большее положительное влияние на относительный уровень напряжения. Внедрение объекта РГ в ЭЭС, с учетом выбора его оптимального размера и места установки, обеспечивает выполнение основных требований к ЭЭС, а также приводит к улучшению режима: снижению потерь мощности в сети и повышению уровня напряжения в узлах. Значение ЦФ является критерием оптимальности установки РГ, для упрощения процедуры его определения используют оптимизационные алгоритмы, в частности, эвристические. Дальнейшая работа по программному применению эвристических алгоритмов позволит оптимизировать процесс выбора типа, размера и места установки РГ в ЭЭС различных топологий.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, грант №МК2150.2019.9.

Литература

1. Федотов А.И. Влияние малой распределенной генерации на уровень остаточного напряжения при коротких замыканиях / А.И. Федотов, К.Р. Бахтеев, А.В. Леонов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – Казань, 2016. – № 3-4. – С. 45-49.
2. Chapman A.C. Dynamic distributed energy resource allocation for load-side emergency reserve provision / A.C. Chapman, and G. Verbic // Proceedings of IEEE Innovative Smart Grid Technologies. – Australia, 28 Nov. – 1 Dec. 2016. – Pp. 1-6.
3. International Energy Agency. Global Energy and CO2 Status Report 2018. April 2019, IEA. All Rights Reserved.
4. Kansal S. Optimal placement of distributed generation in distribution networks / S. Kansal, B.B.R. Sai, B. Tyagi, and V. Kumar // International Journal of Engineering, Science and Technology. – Nigeria, 2011. – Vol. 3, No. 3. – Pp. 47-55.
5. Kaur N. Multi-Objective Optimization Approach for Placement of Multiple DGs for Voltage Sensitive Loads / N. Kaur, and S.K. Jain // Energies. – Switzerland, 2017. – Vol. 10, No. 11. – Pp. 1733-1750.
6. Mohammad M. PSO Based Multiobjective Approach for Optimal Sizing and Placement of Distributed Generation / M. Mohammad, and M.A. Nasab // Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. – United Kingdom, 2011. – Vol. 2, No. 8. – Pp. 832-837.
7. Movahed M.P. Placement of Distributed Generation Unit and Capacitor Allocation in Distribution Networks in order to Reduce Losses and Develop Voltage Profile Using Genetic Algorithm / M.P. Movahed, and S. Boyerahmadi // Journal of Basic and Applied Scientific Research. – Egypt, 2012. – Vol. 2, No. 12. – Pp. 12714-12721.
8. Payasi R.P. Planning of different types of distributed generation with seasonal mixed load models / R.P. Payasi, Asheesh K. Singh, and D. Singh // International Journal of Engineering, Science and Technology. – Nigeria, 2012. – Vol. 4, No. 1. – Pp. 112-124.
9. Reddy S. Chandrashekhar. Power Quality Improvement of Distribution System by Optimal Placement and Power Generation of DGs using GA and NN / S. Chandrashekhar Reddy, P.V.N. Prasad, and A. Jaya Laxmi // European Journal of Scientific Research. – Seychelles, 2012. – Vol. 69, No. 3. – Pp. 326-336.
10. Varesi K. Optimal Allocation of DG Units for Power Loss Reduction and Voltage Profile Improvement of Distribution Networks using PSO Algorithm // World Academy of Science, Engineering and Technology. – Turkey, 2011. – Vol. 60. – Pp. 1938-1942.
11. Ziari I. Optimal allocation and sizing of capacitors to minimize the transmission line loss and to improve the voltage profile / I. Ziari, G. Ledwich, A. Ghosh, D. Cornforth, and M. Wishart // Computers and Mathematics with Applications. – Netherlands, 2010. – Vol. 60. – Pp. 1003-1013.