

УДК 621.3

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТИ

Борисова А.В.

Научный руководитель – ассистент Секацкий Д.А.

В Белорусской энергосистеме на протяжении 30 лет наблюдается снижение электропотребления (Рисунок 1). Помимо этого, происходит увеличение неравномерности суточного графика нагрузки. Этот факт в часы минимальных нагрузок вызывает избыток реактивной мощности. Причина избытка реактивной мощности – её генерация ненагруженными линиями электропередачи (ЛЭП) 220-750кВ, в результате чего происходит повышение напряжения в некоторых узлах энергосистемы. Избыток реактивной мощности требуется компенсировать при помощи регулирующих устройств (автотрансформаторы, вольтодобавочные трансформаторы) и источников реактивной мощности (ИРМ) (синхронные компенсаторы (СК), батареи статических компенсаторов (БСК) и др.). Именно поэтому задача оптимального распределения реактивной мощности является одной из ключевых проблем в электроэнергетических системах (ЭС). Применение современных методов оптимизации позволяет определить оптимальные состав оборудования и напряжения в узлах, генерируемые реактивные мощности и коэффициенты трансформации трансформаторов. Далее в работе будет проведен обзор методов оптимизации, которые применяются исследователями на современном этапе.



Рисунок 1 – График потребления электроэнергии в Белорусской энергосистеме

В отечественной практике для оптимизации электроэнергетических систем осуществлялись: совершенствование алгоритмов программ расчёта, и оптимизация режима электрической сети. Алгоритмы основывались на развитии обобщённого метода приведенного градиента (ОМПГ) [1]. Так же использовались различные вариации метода покоординатного спуска. Это позволяло свести к минимуму суммарное значение потерь активной мощности.

Авторы в работе [2] предложили целочисленный, многофункциональный генетический алгоритм (ГА) (integer-coded genetic algorithm (IGA)) к задаче компенсации реактивной мощности, принимая во внимание режим работы электроэнергетической системы как безаварийный, так и с возможными повреждениями. Многофункциональный ГА предполагает, как оптимизацию места установки КУ, так и предоставление их эксплуатационных характеристик.

Постановка задачи в работе [3] включает в себя как дискретные (коэффициент трансформации), непрерывные (напряжение генератора), так и совмещенные (источники реактивной мощности) переменные. Авторы подробно привели адаптивный ГА (self-adaptive genetic algorithm (SAGA)) оптимизации реактивной мощности в сети с вещественным кодированием.

Авторы в работе [4] показали, что модель оптимизации, основанная на принципе максимизации прибыли, приводит к снижению потерь. С другой стороны – проводимые операции в электрических сетях будут увеличивать снижение надежности систем электроснабжения. Это в свою очередь может привести к недоотпуску электроэнергии. В целом, в работе были исследованы затраты на установку устройств управления реактивной мощностью. Математическая модель минимизации потерь активной мощности была внедрена для того, чтобы свести к минимуму потери энергии в текущем интервале времени.

Для оптимального распределения реактивной мощности в сети в статье [5] предложен вариант оптимизации с использованием методов линейного программирования (ЛП) (linear programming technique (LPT)). Например, усовершенствованный метод эволюционного программирования (ЭП) (evolutionary programming (EP)), и его версия, включающая метод внутренней точки. Чтобы повысить возможность сохранения параметров режима энергосистемы системы в области допустимых ограничений, в работе представлены общие принципы регулирования реактивной мощности. Они заключаются [6] в попеременном присваивании изменённых значений управляющих переменных (коэффициентов трансформации, ступеней регулирования и т.п.).

В работе [7] показано применение метода роя частиц (particle swarm optimization (PSO)) для поиска локального минимума потерь мощности и решения проблемы распределения реактивной мощности при использовании объединённой системы (multi-agent system (MSA)).

В последнее время большую популярность приобрели методы оптимизации, основанные на использовании муравьиного алгоритма [8] (алгоритме муравьиной колонии) (ant colony optimization (ACO)). Этот алгоритм был изначально использован для решения задач комбинаторной оптимизации (combinatorial optimization problems (COP)), представленных для задачи коммивояжёра. В настоящее время большое количество исследований на эту тематику показывают, что результаты работы муравьиного алгоритма превосходят другие эвристические методы оптимизации.

Рассмотрены методы оптимального распределения реактивной мощности в основных электрических сетях, которые применяются в настоящее время. Для уточнения данных и сравнения времени работы требуется разработать и апробировать вышесказанные алгоритмы для электрической сети.

Литература

1. Крумм, Л. А. Методы приведенного градиента при управлении электроэнергетическими системами / Л. А. Крумм.— Новосибирск: Наука, 1977.— 368 с
2. Genetic algorithms for optimal reactive power compensation on the national grid system / Li F, Pilgrim JD, Dabeedin C. [et al] // IEEE Trans Power System 20.— 2005.— P. 493–500.
3. P, Subbaraj. Optimal reactive power dispatch using self-adaptive real coded genetic algorithm / Subbaraj P, Rajnarayanan PN // Electrical Power System Research 79.— 2009.— P. 374–381.
4. Y Zhang. Optimal reactive power dispatch considering costs of adjusting the control devices / Zhang Y, Ren Z // IEEE Trans Power System:20.— 2009.— P. 1349–1356.
5. W, Yan. A novel optimal reactive power dispatch method based on an improved hybrid evolutionary programming technique / Yan W, Lu S, Yu DC // IEEE Trans Power System 19.— 2004.— P. 913–918.
6. Zhao B, Multiagent-based particles warm optimization approach for optimal reactive power dispatch./ Zhao B Guo CX, Cao YJ A // IEEE Trans Power System 20.— 2005.— 1070–1078
7. Dai C, Reactive power dispatch considering voltage stability with seeker optimization algorithm / Dai C, Chen W, Zhu Y, Zhang X // Electrical Power System Research 79.— 2005.— P. 1462–1471.
8. Hou YH, Generalized ant colony optimization for economic dispatch of power systems / Hou YH, Wu YW, Lu LJ, Xiong XY// IEEE Int Conf Power Syst Technol 1.— 2002.— P. 225–229