

## ЭВОЛЮЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИТЕМ ПО АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Хацкевич С.В.

Научный руководитель – д.т.н., проф. Фурсанов М.И.

Одной из основных задач оптимального управления энергосистемой в условиях нормальной эксплуатации является наивыгоднейшее распределение электрической нагрузки потребителей между электростанциями системы [2-4]. Обычно задачи оптимизации режима электроэнергетической системы по активной мощности решается как самостоятельная важная подзадача оптимизации режима. Оптимальным считается режим, обеспечивающий минимум суммарных издержек на топливо [2,4]:

$$F = \sum_{i=1}^n И_i(P_{Гi}) = \sum_{i=1}^n Ц_i B_i(P_{Гi}) \rightarrow \min,$$

Задача заключается в нахождении активных мощностей генерации тепловых электростанций, отвечающих минимуму функции. Для реализации приведенной выше математической модели наибольшее распространение получил метод, использующий оптимизационный препарат множителей Лагранжа [2,3]. В качестве недостатка метода следует отметить, что он позволяет решать задачу лишь при ограничениях в форме равенств. Также он не гарантирует нахождения глобального минимума целевой функции и, как любой итерационный метод, требует хорошего начального приближения. Использование при формировании целевой функции зависимостей расхода топлива от генерируемой активной мощности накладывает дополнительные требования к форме этих зависимостей [3]. Наличие этой совокупности недостатков обуславливает применение и исследование новых нетрадиционных методов оптимизации, которые свободны от большинства этих недостатков. Поэтому в настоящее время рассматриваются вопросы решения сугубо технических задач с помощью методов искусственного интеллекта, например, эволюционных алгоритмов.

В общем виде эволюционный алгоритм – это оптимизационный метод, базирующийся на эволюции некоторой популяции особей. Наибольшее распространение получил генетический алгоритм, предназначенный для оптимизации функций дискретных переменных. Несмотря на биологическую терминологию, генетические алгоритмы являются универсальным вычислительным средством для решения серьезных математических задач. К основным понятиям генетического подхода относятся [5]: ген – параметр оптимизируемого объекта; хромосома – последовательность из генов; индивидуум – набор хромосом = вариант решения задачи; популяция – набор индивидуумов; кроссовер – операция, при которой две хромосомы обмениваются частями; мутация – случайное изменение значения одного или нескольких генов в хромосоме; инверсия – изменение порядка следования части генов в хромосоме на обратный; приспособленность индивидуума – значение целевой функции для индивидуума.

С математической точки зрения – генетические алгоритмы – это разновидность методов оптимизации, объединяющая черты вероятностных и детерминированных оптимизационных алгоритмов. Поиск оптимального решения с помощью ГА начинается с представления параметров решения в виде вектора – «генетического кода» или «хромосомы». Далее определяется набор операций, позволяющих получать новые решения из совокупности существующих. Продолжая аналогию с генетическими механизмами реального мира, «дочернее» решение может порождаться одним или двумя «родителями», наследуя черты обоих вследствие операции скрещивания. Однако новые поколения

копируют свойства предшественников неточно. Присутствует специальный механизм мутации, привносящий случайные искажения [1].

В основу алгоритма оптимального распределения активной мощности между тепловыми станциями энергосистемы положен достаточно простой генетический алгоритм. Он представлен следующим образом [5,6]:

Шаг 1 – формирование начальной популяции. Производится методом случайной генерации в диапазоне допустимых значений переменной. Хромосома, определяющая решение задачи, представляет собой совокупность вещественных переменных, соответствующих активной мощности генерации электростанций.

Шаг 2 – вычисление значения приспособленности для хромосом начальной популяции, которое равно значению целевой функции, т. е. суммарному расходу топлива на теплоэлектростанциях. При этом на каждом поколении производится расчет установившегося режима электрической сети для проверки ограничений.

Шаг 3 – жизненный цикл популяции реализован в виде набора генетических операторов:

- 1) Выбор родительской пары; производится выбор хромосом, участвующих в формировании новой популяции;
- 2) Скрещивание выбранных хромосом с целью получения новых решений;
- 3) Мутация одного случайно выбранного гена в каждой хромосоме с заданной вероятностью  $P_{mut}$  в соответствии с оператором равномерной мутации;
- 4) Расчет целевой функции для хромосом новой популяции и формирование популяции следующего поколения с помощью отбора хромосом с минимальным значением целевой функции.

Шаг 4 – проверка условия окончания цикла (максимальное число поколений); при выполнении условия работа алгоритма завершена, иначе – возвращение на шаг 2.

Рассмотренная методика управления режимами электроэнергетических систем на основе генетических алгоритмов позволяет избежать ряд традиционных допущений и упрощений математической модели, а также определять глобальный экстремум целевой функции. Однако следует отметить необходимость дальнейшего исследования данной области. При этом окончательные выводы можно будет сделать только на основе решения реальной промышленной задачи с учетом множества связей между элементами и накладываемых ограничений.

#### Литература

1. Веников В. А., Идельчик В. И. Электрические станции, сети и системы. Методы оптимизации управления планированием больших систем энергетики. – М.: Высшая школа, 1974.
2. Методы оптимизации режимов энергосистем / Под ред. В. М. Горнштейна. – М.: Энергия, 1981.
3. Электрические системы. Т. 1. Математические задачи электроэнергетики/ Под. Ред. В. А. Веникова. – М.: Высшая школа, 1981.
4. Веников В. А., Журавлев В. Г., Филиппова Т. А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем: Учебник для вузов. - М.: Энергоиздат, 1981.
5. Goldberg D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. – MA: Addison-Wesley, 1989.
6. Батищев Д. И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1995.