

**Метод комплексной оптимизации режима  
электроэнергетической системы**

**Бакановский А.М.**

**Белорусский национальный технический университет**

В настоящей работе рассматривается задача оптимизации режима электроэнергетической системы (ЭЭС) по активной и реактивной мощности электростанций (ЭС) с учетом надежности функционирования. В качестве критерия при реализации задачи комплексной оптимизации принят минимум суммарных издержек в ЭЭС связанных с расходом топлива на ЭС и недоотпуском электроэнергии за рассматриваемый период.

Структурная схема реализации задачи комплексной оптимизации представлена на рис.1.

Реализация задачи оптимизации режима ЭЭС предполагает декомпозицию общей комплексной задачи на следующие подзадачи: оптимизацию режима по активной мощности ЭС, оптимизацию по реактивной мощности ЭС, анализ надежности функционирования ЭЭС, дооптимизацию режима с учетом надежности.

В качестве основного математического метода оптимизации принят метод динамического программирования (МДП). Применение данного метода предоставляет следующие возможности для реализации задачи оптимизации режимов: определение глобального оптимума; использование реальных расходных характеристик энергетического оборудования ЭС; учет всех основных ограничений наложенных на зависимые и независимые параметры режима; строгий учет энергетических характеристик выделенного балансирующего объекта; получение множества оптимальных режимов для исследования по критерию надежности функционирования ЭЭС.

При реализации задачи оптимизации по активной мощности выполняется учет потерь в электрической сети; условия баланса активной мощности, пределов генерации активной мощности, ограничений наложенных на пропускные способности линий электропередач (ЛЭП) и учет характеристик выделенного балансирующего объекта. Учет потерь при применении МДП осуществляется посредством использования элементов



Рис.1. Структурная схема реализации задачи комплексной оптимизации

теории возмущений совместно с методом последовательных приближений (МПП). В качестве характеристик электрической сети, применяемых в данной задаче, используются относительные приросты потерь активной мощности по активным мощностям ЭС и коэффициенты потокораспределения. Задача оптимизации представляет собой итерационный процесс, где на каждой итерации выполняется расчет режима<sup>1</sup> и уточнение значений относительных приростов потерь мощности. В качестве критерия окончания оптимизации принята заданная величина относительного изменения целевой функции (суммарных издержек) на смежных итерациях. По окончании итерационного процесса выполняется учет ограничений на пропускную способность ЛЭП при помощи одновременного применения с вышеназванными методами метода множителей Лагранжа. Результатом выполнения данной подзадачи является вектор оптимальных мощностей ЭС. На его основании для конденсационных электростанций выполняется внутривысостанционная оптимизация (применяется МДП) с целью определения нагрузок энергоблоков и дальнейшего нахождения диапазона регулирования реактивной мощности генераторов (на основании характеристик  $Q(P)$ ) и электростанции в целом<sup>2</sup>. Пределы регулирования реактивной мощности служат исходной информацией для реализации задачи оптимизации по реактивной мощности.

При оптимизации режима по реактивной мощности ЭС осуществляется минимизация потерь в электрической сети. В задаче учитывается условие баланса реактивной мощности в ЭЭС, реализуется учет напряжений в узлах сети и выполнен строгий учет характеристик балансирующего объекта (для случая его выделения). Математический аппарат применяемый для реализации данной подзадачи аналогичен применяемому для оптимизации по активной мощности. Разработанный для данной задачи метод является также итерационным. Здесь после каждой итерации рассчитывается установившийся режим ЭЭС, оценивается относительное изменение потерь активной мощности на

---

<sup>1</sup> Расчет режима выполняется методом Ньютона-Рафсона.

<sup>2</sup> Для теплофикационных электростанций внутривысостанционная оптимизация не выполняется. Пределы регулирования по реактивной мощности считаются известными.

смежных итерациях, уточняются относительные приросты потерь активной мощности.

Алгоритм комплексной оптимизации представляет собой итерационный процесс последовательной реализации задач оптимального распределения активной и реактивной мощности, критерием окончания которого служит заданная величина относительного изменения целевой функции издержек. При окончании итерационного процесса дополнительно выполняется оптимизация по активной мощности (с параметрами соответствующими последней итерации) для формирования множества оптимальных (либо близких к оптимальному) режимов для последующего анализа надежности. В качестве интегрального показателя, характеризующего эксплуатационную надежность ЭЭС, принят недоотпуск электроэнергии за рассматриваемый период. В общем случае множеству оптимальных режимов работы ЭЭС может соответствовать различные значения недоотпуска электроэнергии. При выполнении дооптимизации режима указанный показатель надежности, выраженный в денежном эквиваленте, вводится в целевую функцию издержек. Так как принятый показатель надежности не однозначно определяет показатели надежности отдельных узлов (районов) потребления, то дополнительно введена возможность задания приоритета покрытия нагрузок потребителей (относительные единицы, ущербы).

Согласно изложенной методике разработана программа для комплексной оптимизации режимов ЭЭС. Проведенные многочисленные расчеты показали эффективность соответствующего алгоритма. Программа может использоваться в оперативно-диспетчерском управлении для планирования и исследования краткосрочных режимов работы энергосистем.