**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ  
УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ МУЛЬТИЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Д.М. Быков, Д.Н. Ефимов

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия*

Комплексное управление энергетическим режимом энергосистемы подразумевает рассмотрение ее как мультиэнергетической системы – то есть с учетом производства, передачи, распределения и потребления различных энергоресурсов в их взаимосвязи. Управление развитием (планирование и проектирование) и функционированием (эксплуатация) энергосистем такого типа подразумевает обязательную координацию входящих в них одноресурсных подсистем. Расчет распределения потоков энергоресурсов в мультиэнергетической системе имеет как самостоятельное значение – для определения существования и допустимости эксплуатационных режимов, так и как существенная составляющая решения задач оптимизации режимов – обычно в целях обеспечения минимальной стоимости производства, передачи и распределения энергоресурсов. В задачах оптимизации режимов определяется размещение (при управлении развитием) и загрузка (при управлении функционированием) источников энергоресурсов и сетевых элементов.

В основе расчета потокораспределения лежит математическая модель установившегося режима системы. Для любой одноресурсной системы такая модель в самом общем виде включает топологические уравнения (соответствующие законам Кирхгофа) и компонентные уравнения – определяющие взаимосвязь параметров режима по дугам графа схемы системы. При учете двух и более видов энергоресурсов в модель включаются еще и уравнения сопряжения одноресурсных систем – уравнения энергетических хабов. К настоящему времени разработано и продолжает интенсивно разрабатываться большое количество моделей энергохабов разного назначения и детализации – от фиксированных узловых инъекций ресурсов в сопряженных системах до моделирования хаба как комплексной системы, в которой производительность преобразования сложным образом зависит от объема конвертируемого ресурса.

Математическая модель потокораспределения, как правило, нелинейна. Среди методов расчета наиболее универсальным является метод Ньютона-Рафсона. Вместе с тем, для конкретных постановок могут использоваться иные (как правило – неуниверсальные) методы, которые в своих ограниченных областях применимости показывают, однако, бóльшую, чем классический метод Ньютона-Рафсона, эффективность (сходимость к решению, быстродействие).

В задачах оптимизации уравнения модели потокораспределения выступают в роли ограничений-равенств на параметры режима. Можно отследить преемственность постановок и методов решения задач оптимизации режима мультиэнергетической системы с известными задачами определения оптимальной загрузки электростанций (различающихся эффективностью и местоположением), а также оптимальных коэффициентов трансформации в электроэнергетической системе. Основным отличием оптимизации мультиэнергетической системы от названных примеров является определение оптимальной комбинации используемых видов энергоресурсов (поэтому в число оптимизируемых параметров обязательно входят параметры энергохабов).

В статье, на основе анализа публикаций, описывающих результаты исследований в рассматриваемой области, предпринята попытка систематизации математических моделей и методов расчета потокораспределения, постановок и методов решения оптимизационных задач, применяемых в настоящее время для исследования установившихся режимов мультиэнергетических систем.