

Механизация и электрификация сельского хозяйства. Минск: Ураджай, 1976, вып. 19, с. 103—110. 2. Назаренко Л.П. Отбор мощности от высоковольтных линий для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. — В сб.: Механизация и электрификация сельского хозяйства. Минск: Ураджай, 1974, вып. 16, с. 102—119. 3. Юренков В.Д. Применение НДМЕ для электрификации рассредоточенных потребителей небольшой мощности. — Труды ВНИИЭ, вып. 31, 1967, с. 67—71. 4. Федорова И.А., Назаренко Л.П. Оптимальные условия отбора мощности от высоковольтных линий электропередач. — В сб.: Опыт принятия оптимальных решений при проектировании и эксплуатации электрических сетей и систем. — Минск: Вышэйшая школа, 1976, с. 10—14.

УДК 621.311.017

Л.П. ПАДАЛКО, канд.техн.наук,  
А.И. БАРАННИКОВ, инженер (БПИ)

### ТЕКУЩЕЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Планирование развития электрической сети, как известно, осуществляется в два этапа. На первом разрабатывается схема сети на некоторый перспективный период, который в зависимости от назначения сети может составлять 5—10 и более лет. Вторым этапом является текущее планирование, при котором осуществляется разработка годовых планов развития. Необходимость такого планирования обусловлена изменением исходных условий, положенных в основу при разработке перспективного плана (изменение нагрузок, появление новых потребителей и т.д.). По существу, текущее планирование представляет собой корректировку решений, полученных при разработке перспективной схемы, вследствие уточнения исходной информации. Решения, принятые при текущем планировании, подлежат реализации, так как они относятся к той категории мероприятий, задержка в осуществлении которых может привести к весьма негативным последствиям.

Разработка текущего плана осуществляется в условиях неопределенности исходной информации как на планируемый год, так и на перспективу, которую необходимо учитывать при решении динамических задач. Задача состоит в получении наиболее обоснованного решения на плановый год с учетом возможных колебаний параметров исходной информации на перспективный период. Ее решение требует определения области устойчивых решений, принимаемых на текущий год.

В статье рассматриваются особенности планирования распределительной сети напряжением 35—110 кВ. При этом предполагается, что электросетевые объекты, намеченные к сооружению, делятся на две группы. К первой относятся те, которые предназначены для присоединения новых потребителей, ко второй — направленные на повышение экономичности работы сети (разгрузочные подстанции, резервные линии и т.д.) [1]. Могут быть объекты и смешанного назначения.

Существует два возможных подхода к выбору решений в условиях неполной информации. Первый основывается на использовании методов сто-

хастического программирования. При этом предполагается известным закон распределения и его параметры для неопределенных факторов. Однако такая информация при планировании развития сетей 35–110 кВ, как правило, отсутствует.

Второй подход базируется на использовании методов теории игр [2]. В этом случае для исходных величин должен задаваться диапазон их возможных значений. Для рассматриваемой задачи — это величины удельного ущерба от недоотпуска электроэнергии и допустимые погрешности при определении потерь энергии. Для решения задач в игровой постановке применяются различные критерии, в частности минимальный критерий

$$\min \max Z_{ij}, \quad (1)$$

где  $Z_{ij}$  — приведенные затраты при  $i$ -м варианте решения и  $j$ -м состоянии внешних условий.

Использование критерия (1) в динамической постановке практически трудно осуществимо, так как при этом резко возрастает число возможных вариантов внешних условий. Поэтому представляется необходимым поиск возможности решения задачи в статической постановке. Предварительным этапом при этом является обоснование критерия оптимальности.

Как известно, выбор перспективного плана развития сетей осуществляется по условию минимума приведенных затрат с учетом факторов времени [3]. В рамках решения этой задачи определяются сроки и места сооружения электросетевых объектов, а также их параметры. Для объектов второй группы обоснованию подлежат их параметры, схемы привязки к сети и места размещения. Вопрос об экономической целесообразности сооружения таких объектов не ставится. Ввод в строй объектов второй группы должен приводить к повышению эффективности работы сети (повышению надежности, снижению потерь энергии), которая должна быть не меньше нормативной. Это обстоятельство дает возможность заменить динамическую постановку задачи на статическую, включая в годовой план только объекты, эффективность которых выше нормативной. Такой подход требует, чтобы был задан состав объектов и их параметры. Практикой текущего планирования данная постановка несколько видоизменяется. Задача сводится при этом к выбору электросетевых объектов из заданного списка при ограничении по суммарным капиталовложениям. В связи с этим возникает вопрос о согласовании хозрасчетного критерия эффективности с народнохозяйственным, ибо текущий план развития разрабатывается энергосистемой, для которой не безразлично, как изменяются экономические показатели работы при вводе новых электросетевых объектов. Для объектов первой группы хозрасчетный эффект проявляется в увеличении прибыли энергосистемы вследствие увеличения объема реализации энергии. Размер данного эффекта не может служить основанием для решения вопроса о целесообразности сооружения объекта, однако позволяет судить о направлении изменения экономичности работы энергосистем и тем самым осуществлять более обоснованный выбор параметров электросетевых объектов. Для объектов второй группы экономический эффект может быть также выражен увеличением прибыли энергосистем  $\Delta \Delta$  вследствие снижения потерь энергии  $\Delta \Delta$  и увеличения реализации

энергии  $\Delta \mathcal{E}'$  из-за сокращения аварийных перерывов электроснабжения:

$$\Delta D = \Delta \mathcal{E} \beta + \Delta \mathcal{E}' T_{\text{ср}},$$

где  $\beta$  — топливная составляющая себестоимости электроэнергии;  $T_{\text{ср}}$  — средний тариф на электроэнергию. Этот эффект не тождествен народнохозяйственному эффекту, а меньше его, так как определение величины реализации электроэнергии производится по стоимости 1 кВт·ч, значительно меньшей величины удельного ущерба. Кроме того, величина  $\beta$  существенно ниже замыкающей оценки 1 кВт·ч потерь, используемой при определении народнохозяйственной эффективности. Хозрасчетная и народнохозяйственная эффективности будут при этом согласованы, если рассчитанный показатель сравнительной эффективности  $E$  окажется выше нормативного  $E_{\text{н}}$  по вновь вводимым объектам, а хозрасчетный показатель эффективности  $E_1$  превысит действующий в энергосистеме коэффициент рентабельности:

$$E = \frac{\Delta U}{\Delta K} > E_{\text{н}} \quad \text{и} \quad E_1 = \frac{\Delta D}{\Delta K} > K_{\text{рен}},$$

где  $\Delta U$  — народнохозяйственный эффект, выраженный снижением стоимости потерь энергии и уменьшением ущерба из-за аварийного недоотпуска энергии;  $\Delta K$  — дополнительные капиталовложения.

Рассмотрев возможные подходы к формированию критерия оптимальности, перейдем теперь к выявлению конкретных путей учета факторов неопределенности при разработке текущего плана развития сети. Задачу сформулируем следующим образом. При заданном составе электросетевых объектов, намечаемых к вводу в текущем плановом году, следует разработать оптимальный план с учетом ограничений по капиталовложениям, принимая во внимание неопределенность исходной информации. В качестве показателя эффективности для рассматриваемых объектов принимаем коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений. При детерминированной постановке решение задачи сводится к расчету этого коэффициента для каждого объекта, ранжировки объектов в порядке снижения коэффициентов и выборе такой их совокупности, которая укладывалась бы в заданный объем капитальных вложений [1]. Неопределенность исходной информации исключает возможность однозначной оценки коэффициентов эффективности и позволяет определять лишь зоны вероятных значений этого коэффициента с учетом различных сочетаний параметров неопределенных факторов.

Используя в качестве критерия оптимальности коэффициент сравнительной эффективности, составляется платежная матрица для всех намечаемых к вводу объектов. Выбор оптимального варианта осуществляется по максимальному критерию

$$\max \min E_{ij}. \quad (2)$$

В соответствии с критерием (2) выбор минимального значения  $E_{ij}$  из каждой строки платежной матрицы производится для такого сочетания значений неопределенных факторов, которое характеризуется минимальными величинами

нами удельных ущербов и потерь энергии. Данное обстоятельство позволяет рассчитывать не всю матрицу, а только один ее столбец, что дает возможность сократить размерность динамической задачи, если для каждого года оптимизируемого периода выбрать экстремальные значения неопределенных факторов. При этом следует иметь в виду, что для критерия минимума затрат экстремальные значения соответствуют максимальным величинам неопределенных факторов. Выбор оптимального решения должен осуществляться так же, как и для детерминированной постановки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу выбора оптимального текущего плана развития электрической сети/ Л.П. П а д а л к о, А.И. Б а р а н н и к о в, Н.Н. Н и к о л ь с к а я и др. — Изв. вузов СССР. Энергетика, 1977, № 2, с. 121—125. 2. Л а н г е О. Оптимальные решения. — М.: Прогресс (пер. с польского), 1967. — 285 с. 3. Инструкция по определению экономической эффективности капиталовложений в развитие энергетического хозяйства (генерирование, передача и распределение электрической и тепловой энергии). — М.: Энергия, 1973. — 56 с.

УДК 621.316.99.001.24

А.Н. ШУЛЬГА, инженер (БО ЭСП)

### РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАСТЕКАНИЮ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ В НЕОДНОРОДНОЙ ЗЕМЛЕ

В качестве сосредоточенных заземлителей рассмотрим горизонтальный заземлитель, вертикальный заземлитель и прямоугольную пластину, расположенные в неоднородной слоистой земле с удельными сопротивлениями слоев  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_i, \dots, \rho_n$  и их мощностями  $h_1, h_2, \dots, h_i, \dots, h_{n-1}$  ( $h_n = \infty$ ).

Определение сопротивления растеканию заземлителей будем выполнять по методу наведенных потенциалов [1]. При этом для упрощения последующего изложения материала предположим, что заземлители размещены в первом слое земли. Следует заметить, что рассмотрение этого частного случая не влияет на изложение сущности предлагаемого метода расчета. Кроме того, решение поставленной задачи применительно к такому расположению заземлителей имеет важное значение для практических расчетов заземляющих устройств электроустановок, так как горизонтальные заземлители (и пластины) в абсолютном большинстве случаев прокладываются в первом слое земли. Вертикальные заземлители также можно представить расположенными в первом слое земли, если учесть, что с допустимой для практических целей погрешностью пересекаемые ими слои могут быть заменены одним эквивалентным слоем с удельным сопротивлением  $\rho_{1э}$  [2].

Вывод расчетных соотношений для сопротивления растеканию заземлителей по методу наведенных потенциалов выполним на основе выражений для потенциала точечного источника тока, которое в системе координат  $x, y, z$  ( $x, y$  в плоскости поверхности земли) представляется в виде