

## Занятие 21

### 1.6. Оптимальное проектирование схемы электроснабжения

**Цель работы:** овладение методикой математического моделирования и решения оптимизационных задач электроснабжения.

#### 1.6.1. ЗАДАНИЕ

Производится проектирование схемы электроснабжения сетевого района нефтедобывающей компании. Определены требуемая мощность производственных объектов и располагаемый резерв мощности близлежащих подстанций. Известны также расстояния от производственных объектов до каждой подстанции (табл.1.6).

Требуется определить оптимальную с точки зрения минимума приведенных затрат схему электроснабжения сетевого района.

Таблица 1.6

Исходные данные на проектирование

№ вар		Резерв мощности, МВт	Мощность производственных объектов, МВт					
			Объект 1	Объект 2	Объект 3	Объект 4	Объект 5	Объект 6
			25	40	30	10	20	15
Расстояние от объекта до подстанции, км								
1	П/ст 1	50	15	30	18	42	16	19
	П/ст 2	80	25	12	21	30	20	40
	П/ст 3	40	30	16	25	25	32	42
2	П/ст 1	50	25	25	10	15	15	20
	П/ст 2	50	25	20	25	20	25	20
	П/ст 3	60	25	15	30	35	20	10
3	П/ст 1	50	10	20	25	25	20	15
	П/ст 2	40	30	20	20	25	10	20
	П/ст 3	80	30	25	25	20	15	15
4	П/ст 1	60	10	10	10	20	20	20
	П/ст 2	60	30	30	20	15	15	30
	П/ст 3	40	35	15	35	30	25	20
5	П/ст 1	80	30	20	10	10	20	30
	П/ст 2	60	15	15	35	35	35	15
	П/ст 3	40	20	10	30	30	20	10

#### 1.6.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Приведенные годовые затраты на сооружение и эксплуатацию электрической сети определяются по выражению:

$$Z_{пр} = p_n \cdot K + C_{\text{э}}, \text{ руб} \quad (1.31)$$

где  $p_n$  – нормативный коэффициент капитальных вложений;  $K$  – капитальные вложения;  $C_3$  – стоимость потерь электроэнергии в проводах ЛЭП.

Величина капитальных вложений на сооружение ЛЭП зависит от ее сечения и длины:

$$K = (a + b \cdot S) \cdot l \quad (1.32)$$

где  $a, b$  – расчетные коэффициенты;  $S, l$  – сечение и длина ЛЭП соответственно.

Стоимость потерь электрической энергии в проводах ЛЭП определяется законом Джоуля-Ленца:

$$C_3 = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot \text{Ц} \cdot t \quad (1.33)$$

где  $I, R$  – ток в фазе линии и ее активное сопротивление;  $\text{Ц}$  – отпускная цена кВт·ч электрической энергии;  $t$  – число часов работы линии в год.

Активное сопротивление линии можно определить по выражению:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.34)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление материала провода.

Сечения проводников в сетях высокого напряжения определяются по экономической плотности тока:

$$S = \frac{I}{J_{\text{эк}}} \quad (1.35)$$

Преобразуя выражение (1.31) с учетом (1.32)-(1.35), получим:

$$Z_{\text{пр}} = a \cdot l + \left( \frac{b}{J_{\text{эк}}} + 3 J_{\text{эк}} \cdot \rho \cdot \text{Ц} \cdot t \right) \cdot I \cdot l \quad (1.36)$$

Для  $n$  участков электрической сети суммарные приведенные затраты определяются выражением:

$$Z_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_1 \cdot l_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_2 \cdot l_{ij} \cdot I_{ij} \quad (1.37)$$

где  $I_{ij}$  – ток, потребляемый  $j$ -м потребителем с  $i$ -й подстанции;  $l_{ij}$  – расстояние от  $j$ -го потребителя до  $i$ -й подстанции;  $k_1, k_2$  – постоянные коэффициенты.

Для достижения минимальных приведенных затрат достаточно минимизировать второй член уравнения (1.37), при этом значение коэффициента  $k_2$  можно не учитывать. С учетом того, что ток в линии прямо пропорционален передаваемой по ней мощности, получим выражение целевой функции решаемой задачи:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} \cdot P_{ij} \rightarrow \min \quad (1.38)$$

Требуется найти минимум целевой функции при следующих ограничениях

1. Суммарная мощность, потребляемая всеми потребителями с одной подстанции должна быть равна располагаемой мощности подстанции

$$\sum_{i=1}^m P_{ij} = P_i, \quad i = 1, 2 \dots m \quad (1.39)$$

2. Суммарная мощность, передаваемая всеми подстанциями одному потребителю должна быть равна требуемой мощности этого объекта

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = P_j, \quad j = 1, 2 \dots n \quad (1.40)$$

3. Величина мощности, передаваемой по линии должна быть положительной

$$P_{ij} \geq 0 \quad (1.41)$$

Выражения (1.38)-(1.41) являются математической моделью решаемой задачи.

Перед решением задачи необходимо проверить баланс располагаемой и требуемой мощности и при необходимости привести задачу к сбалансированной.

Разработайте экранную форму математической модели задачи и найдите ее решение средствами MS Excel.

### **1.6.3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Цель и порядок выполнения работы
2. Математическую модель задачи и результаты промежуточных расчетов
3. Краткую характеристику математической модели
4. Результаты расчетов в среде MS Excel
5. Краткий анализ решения
6. Выводы

### **1.6.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дайте определение транспортной задачи линейного программирования
2. Какие основные отличия между сбалансированной и несбалансированной транспортными задачами
3. Какие возможные области применения транспортных задач при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения
4. Особенности транспортной задачи с учетом транзита мощности
5. Назовите разновидности задач линейного программирования

