

Занятие 19

1.4. Оптимальное распределение компенсирующих устройств в радиальной схеме электроснабжения

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

1.4.1. ЗАДАНИЕ

Питание цеховых трансформаторных подстанций промышленного предприятия осуществляется от шин $U = 10$ кВ главной понизительной подстанции (ГПП) кабельными линиями по радиальной схеме (рис.1.18).

Значения активных сопротивлений кабельных линий R_i , реактивные нагрузки цехов Q_i и суммарная мощность компенсирующих устройств Q_k приведены в табл.1.4.

Технические данные нерегулируемых конденсаторных установок, используемых на предприятии, приведены в таблице 1.5.

Требуется найти оптимальный вариант распределения компенсирующих устройств заданной суммарной мощности Q_k между цеховыми подстанциями по условию минимума потерь активной мощности в линиях. Найти теоретически возможный и практический минимум потерь активной мощности в системе электроснабжения.

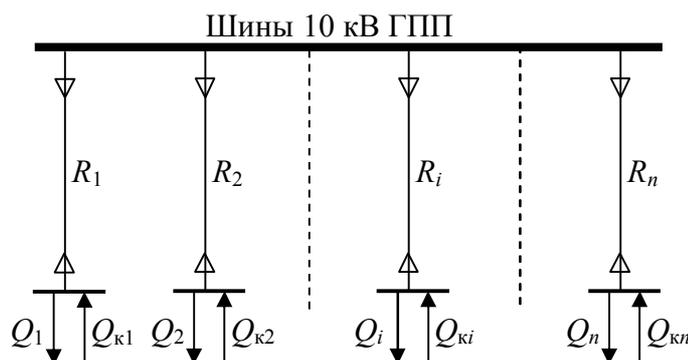


Рис.1.18 Расчетная схема электроснабжения предприятия

Таблица 1.4

Исходные данные

№ вар	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R_3 , Ом	R_4 , Ом	Q_1 , кВар	Q_2 , кВар	Q_3 , кВар	Q_4 , кВар	Q_k , кВар
1	0,1	0,2	0,3	0,4	4000	3000	1000	2000	7500
2	0,15	0,1	0,3	0,25	1000	2000	3000	4000	7500
3	0,35	0,25	0,2	0,1	2500	3500	1000	2000	6000
4	0,4	0,3	0,25	0,2	1000	2000	2500	3500	6000

5	0,25	0,25	0,1	0,1	1500	3500	3500	1500	7500
6	0,1	0,1	0,25	0,25	2500	2000	2000	2500	6600
7	0,25	0,1	0,25	0,1	3000	1500	1500	3000	6600
8	0,15	0,25	0,15	0,25	1500	2500	2500	2500	6000
9	0,2	0,4	0,3	0,1	2500	2500	2500	2500	7500
10	0,4	0,3	0,2	0,1	1500	1500	3000	3000	6600
11	0,4	0,4	0,2	0,15	1000	2000	3000	4000	7500
12	0,25	0,15	0,1	0,4	2000	3000	2500	2500	7500
13	0,25	0,25	0,4	0,1	1500	3000	3000	1500	6600
14	0,2	0,3	0,35	0,25	2000	2500	2000	2500	6600
15	0,35	0,45	0,2	0,25	1000	4000	1500	2500	6000

Таблица 1.5

Технические данные нерегулируемых конденсаторных установок

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Шкала номинальных мощностей, кВар
УК-10-Q УЗ	10,5	300, 600, 900, 1200, 1500, 1800

1.4.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Потери активной мощности в линии при передаче по ней реактивной мощности определяются выражением:

$$\Delta P = \frac{Q^2 \cdot R}{U^2}, \text{ Вт} \quad (1.24)$$

где Q – значение передаваемой по линии реактивной мощности, кВар; R – активное сопротивление линии, Ом; U – номинальное напряжение, кВ.

Суммарные потери активной мощности в радиальной схеме электроснабжения от реактивных нагрузок Q_i при установке у каждой нагрузки компенсирующего устройства мощностью Q_{ki} можно определить по выражению

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i - Q_{ki})^2 \cdot R_i}{U^2} \quad (1.25)$$

где n – количество узлов нагрузки (цеховых трансформаторных подстанций).

Выражение (1.25) является целевой функцией решаемой задачи. Требуется найти минимум целевой функции при следующих ограничениях

1. Мощность устанавливаемых компенсирующих устройств должна быть положительной

$$Q_{ki} \geq 0, i = 1, 2 \dots n \quad (1.26)$$

2. Суммарная мощность устанавливаемых компенсирующих устройств должна быть равна заданной Q_k

$$\sum_{i=1}^n Q_{ki} = Q_k \quad (1.27)$$

Выражения (1.25)-(1.27) являются математической моделью решаемой задачи с непрерывными переменными. Решение данной задачи позволяет определить теоретически возможный минимум потерь активной мощности в системе электроснабжения, достижение которого возможно только при использовании в каждом узле нагрузки регулируемых источников реактивной мощности, например синхронных компенсаторов. Однако такое решение требует значительных капитальных затрат, поэтому на практике для компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях обычно используют нерегулируемые статические конденсаторные батареи. В этом случае мощность компенсирующих устройств может изменяться только с дискретным шагом, величина которого зависит от типа и технических характеристик используемых конденсаторных установок.

Для конденсаторных батарей, технические характеристики которых приведены в табл. 1.5, шаг дискретизации составляет 300 кВар.

Для нахождения практического минимума потерь активной мощности в системе электроснабжения требуется формализовать математическую модель, описываемую выражениями (1.25)-(1.27), к математической модели с дискретными переменными. В общем случае, способы формализации

математических уравнений могут быть различными, выбор же конкретного варианта определяется исследователем самостоятельно.

1.4.3. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

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

1.4.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается различие решения задач линейного и нелинейного программирования в среде MS Excel
2. Каковы особенности математических моделей дискретной оптимизации
3. В чем заключается различие задач условной и безусловной оптимизации
4. Каким образом в MS Excel задачи математического программирования приводятся к целочисленным
5. Поясните общий порядок работы с формой «Поиск решения»
6. Назовите разновидности задач линейного программирования