

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Южно-Российский государственный политехнический  
университет (НПИ)  
имени М.И. Платова»  
Каменский институт (филиал) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова

## **Решение инженерных задач на ЭВМ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Каменск-Шахтинский

2015 г

УДК 519.61(076.5)

Рецензент: к.ф.-м.н. Овчинников О.С.

Печатается по решению кафедры Техники и технологии  
протокол №   3   от   06.10.2015г.  

Состина Елена Викторовна

**Решение инженерных задач на ЭВМ:** Методические указания  
к выполнению лабораторных работ/Южно-Российский  
государственный политехнический университет (НПИ) имени  
М.И. Платова, 2015.– 23 с.

Методические указания предназначены для студентов  
следующих направлений подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика  
и электротехника». В пособии приводятся указания к  
лабораторным работам, методические указания к самостоятельной  
работе студентов

УДК 519.61(076.5)

© Южно-Российский государственный  
политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ:

Введение	4
Методические указания к лабораторным работам	6
Структура и содержание лабораторных работ	6
Лабораторная работа №1	6
Лабораторная работа №2	9
Лабораторная работа №3	11
Лабораторная работа №4	14
Методические указания к самостоятельной работе	16
Литература	17

## Введение

Современное состояние развития науки и техники в отрасли проектирования и эксплуатации СЭС промышленных предприятий можно характеризовать следующими особенностями:

а) в соответствии с общей тенденцией к повышению экономической целесообразности всех энергетических установок существенно изменились и повысились требования к оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий. Это в одинаковой степени относится как к действующим, так и к проектируемым или строящимся предприятиям;

б) постоянное изменение состояния промышленных предприятий ставит под сомнение оптимальность решений, принятых на основе анализа статического состояния системы электроснабжения. В этих условиях необходима более совершенная постановка вопроса об осуществлении динамического проектирования с учетом непрерывного изменения электрических нагрузок;

в) решения задач оптимизации основных параметров и режимов систем промышленного электроснабжения все шире в настоящее время опираются на методы математического моделирования, при которых исследуется математическая модель объекта. Наряду с методами классического анализа в практике технико-экономических расчетов широко используются и такие, как теория вероятностей и математическая статистика, линейное, динамическое и критериальное программирование, теория планирования эксперимента и др;

г) в последние годы появились новые средства для решения больших по объему и сложных по характеру оптимизационных задач. При использовании компьютерной техники появилась возможность рассматривать задачи с большим количеством вариантов и более эффективно выявлять факторы, наиболее существенно влияющие на построение оптимальных систем электроснабжения промышленных предприятий. Эти обстоятельства соответствуют требованиям улучшения технико-экономических обоснований проектных решений, предельно сократить сроки их разработки, значительно повысить их качество. Иными словами, создается перспектива широкого внедрения

системы автоматизированного проектирования электроснабжения промышленных предприятий.

Важнейшими требованиями к проектируемым и существующим системам электроснабжения промышленных предприятий является надежность и экономичность. Это прежде всего означает принятие наиболее совершенных технических решений, обеспечивающих рациональное сочетание капитальных затрат на сооружение систем электроснабжения и ежегодных расходов на их эксплуатацию.

В соответствии с принятой методикой технико-экономических расчетов основным экономическим критерием выбора технического решения при проектировании, эксплуатации и реконструкции систем электроснабжения является уровень приведенных затрат. Таким образом, всякие расчеты по оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий должны, прежде всего, обеспечивать минимум приведенных затрат.

В связи с требованиями экономической целесообразности принимаемых решений особую актуальность приобретают исследования, связанные с нахождением оптимальных параметров. Правильное решение проблемы выбора параметров системы электроснабжения имеет важное значение для дальнейшего успешного развития промышленной электроэнергетики.

Целесообразное построение системы электроснабжения определяется решением следующих главных технико-экономических задач:

а) определение рационального размещения подстанций по территории предприятия с учетом перспективы роста электрических нагрузок;

б) правильный технически и экономически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов на трансформаторных подстанциях;

в) выбор экономически целесообразного режима работы трансформаторов.

г) выбор рациональной, с точки зрения технико-экономических показателей, схемы электроснабжения предприятия;

д) выбор рациональных напряжений и оптимального числа трансформаций с учетом перспектив развития промышленных предприятий;

е) выбор экономически целесообразных сечений проводов и жил кабелей;

ж) выбор мощности и рационального размещения компенсирующих устройств;

з) обеспечение показателей качества электрической энергии.

Особое значение в условиях массового проектирования имеет проведение работ, направленных на разработку и создание инженерных методик проектирования и определения оптимальных параметров систем электроснабжения.

В силу того, что основные параметры, определяющие технико-экономические показатели систем электроснабжения (напряжения и сечения линий электропередачи, количество и мощность трансформаторных подстанций и др.), являются дискретными, ограниченными величинами и их взаимосвязь зачастую не поддается строгому математическому описанию, применение классических методов математического анализа для решения задачи проектирования оптимальной системы электроснабжения представляется затруднительным, а иногда и невозможным.

Методы математического программирования, применяемые для такого рода задач, получили развитие лишь в последние 15-20 лет и в силу этого не нашли широкого распространения в проектной практике, хотя работы по их применению для решения отдельных задач электроснабжения промышленных предприятий известны.

Таким образом, при отсутствии строгих математических методов, проектирование рациональных систем электроснабжения промышленных предприятий чаще всего осуществляется методом повариантного сравнения. Проектировщиком формируется ряд технически приемлемых вариантов систем электроснабжения, из которых выбирается оптимальный вариант с минимальными приведенными затратами. Несмотря на большую, сложность, еще более возрастающую с увеличением количества конкурирующих вариантов, этот метод позволяет получить более или менее приемлемое решение. В то же время метод повариантного сравнения имеет существенные недостатки:

а) среди числа вариантов, принятых для сравнения, наивыгоднейшего варианта может не оказаться;

б) отыскание варианта с наименьшими приведенными затратами связано с большим объемом вычислительной работы, особенно при рассмотрении большого числа конкурирующих вариантов;

в) проведение большого объема вычислений может привести к появлению ошибок, существенно влияющих на принятие проектного решения;

г) при назначении конкурирующих вариантов возможно дублирование проектных ошибок из-за некритического использования инженерного опыта и имеющихся в проектной практике знаний.

Лишь компьютеризация проектирования позволяет успешно использовать этот метод, не меняя его сущность и избегая недостатков, отмеченных выше.

Качественное решение задач оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий сегодня немислимо без применения современных математических методов и компьютерной техники, оснащенные современными пакетами стандартных программ, которые широко используются в проектной практике. Только на этой основе можно говорить и об успешном решении такой важной проблемы, как автоматизация процесса проектирования систем электроснабжения при одновременном повышении экономической эффективности принимаемых проектных решений.

## **Методические указания к лабораторным работам. Структура и содержание лабораторных работ Лабораторная работа № 1**

### **Оптимальное проектирование схемы электроснабжения**

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

### **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.6).

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

Таблица 1

### 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

### Методические указания

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



$$Z_{\text{пр}} = p_{\text{н}} \cdot K + C_{\text{э}}, \text{ руб} \quad (1)$$

где  $p_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент капитальных вложений;  $K$  – капитальные вложения;  $C_{\text{э}}$  – стоимость потерь электроэнергии в проводах ЛЭП.

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

$$K = (a + b \cdot S) \cdot l \quad (2)$$

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

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

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

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:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (4)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление материала провода.

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

$$S = \frac{I}{J_{\text{эк}}} \quad (5)$$

Преобразуя выражение (1) с учетом (2)-(5), получим:

$$Z_{\text{пр}} = a \cdot l + \left( \frac{b}{J_{\text{эк}}} + 3 J_{\text{эк}} \cdot \rho \cdot \text{Ц} \cdot t \right) \cdot I \cdot l \quad (6)$$

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

$$Z_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_1 \cdot l_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n k_2 \cdot l_{ij} \cdot I_{ij} \quad (7)$$

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 (7), 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:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} \cdot P_{ij} \rightarrow \min \quad (8)$$

Требуется найти минимум целевой функции при следующих ограничениях

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

$$\sum_{i=1}^m P_{ij} = P_i, \quad i = 1, 2 \dots m \quad (9)$$

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

$$\sum_{j=1}^n P_{ij} = P_j, \quad j = 1, 2 \dots n \quad (10)$$

3. Величина мощности, передаваемой по линии должна быть положительной

$$P_{ij} \geq 0 \quad (11)$$

Выражения (8)-(11) 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.

## **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

## **Лабораторная работа № 2**

### **Определение оптимального количества трансформаторов цеховых подстанций**

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

### **ЗАДАНИЕ**

От шин 10 кВ главной понизительной подстанции (ГПП) предприятия осуществляется электроснабжение цехов с суммарными расчетными нагрузками  $P_p$  и  $Q_p$ . (рис. 1). Определить оптимальное количество цеховых трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ с заданными номинальной мощностью  $S_{тр}$  и коэффициентом загрузки  $k_3$  при условии, что со стороны питания потребляемая реактивная мощность не должна превышать значения  $Q_c$ . Устройства для компенсации реактивной мощности могут быть установлены как на шинах 10 кВ ГПП  $Q_{10}$ , так и на шинах 0,4 кВ цеховых трансформаторов  $Q_{04}$ .

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 2. Затраты на единицу мощности трансформаторов и компенсирующих устройств обозначены через  $Z$ .

Необходимо составить математическую модель задачи, создать экранную форму и решить задачу в программе MS Excel.

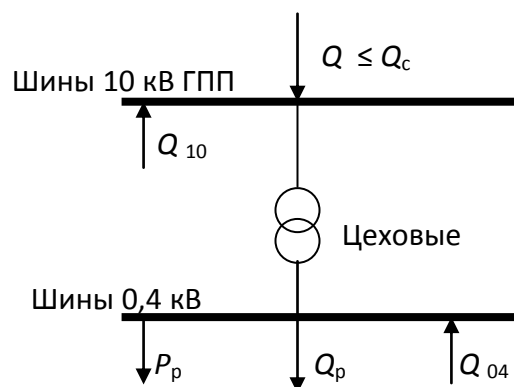


Рис.1.

Таблица 2.

Исходные данные

№ вар	$P_p$ , МВА	$Q_p$ , МВар	$k_3$	$S_{тр}$ , кВА	$Z_{тр}$ , у.е./кВА	$Z_{04}$ , у.е./кВар	$Z_{10}$ , у.е./кВар
1	20	18	0,7	1000	9	10	4
2	25	20	0,75	1600	10	9	4,5
3	30	25	0,8	2500	9	8	4
4	33	29	0,85	1000	10	8,5	5
5	35	30	0,9	1600	9	10	5
6	28	24	0,75	2500	11	9	4,5
7	33	25	0,8	1000	10	8	3,8
8	30	28	0,7	1600	12	9	5
9	32	27	0,75	2500	11	10	4
10	26	22	0,8	630	12	9	3,8
11	28	25	0,7	1000	10	10	5
12	24	20	0,75	630	10	9	4
13	30	25	0,8	1600	9	8	3,5
14	25	20	0,7	630	10	9	5
15	23	19	0,8	1000	9	9	5

### Методические указания

По заданным расчетным активной  $P_p$  и реактивной  $Q_p$  нагрузкам определяется полная расчетная нагрузка

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (1)$$

По величине  $S_p$  и заданному коэффициенту загрузки  $k_3$  определяется максимальное количество цеховых трансформаторов с заданной номинальной мощностью  $S_{тр}$

$$N_{\max} = \frac{S_p}{S_{тр} \cdot k_3} \quad (2)$$

При полной компенсации реактивной мощности на шинах 0,4 кВ ( $Q_p = Q_{04}$ ) количество цеховых трансформаторов будет минимальным

$$N_{\min} = \frac{P_p}{S_{тр} \cdot k_3} \quad (3)$$

Значения  $N_{\max}$  и  $N_{\min}$  округляются до ближайших больших целых чисел.

Оптимальное количество цеховых трансформаторов  $N$ , подлежащее определению, будет лежать в пределах  $N_{\max} \geq N \geq N_{\min}$ .

Величина мощности компенсирующих устройств на шинах 0,4 кВ, позволяющая сократить количество трансформаторов на единицу составит

$$Q_{04}^1 = \frac{Q_p}{N_{\max} - N_{\min}} \quad (4)$$

Для определения оптимального количества трансформаторов необходимо найти минимум целевой функции

$$Z = Z_{тр} \cdot S_{тр} \cdot N + Z_{04} \cdot Q_{04} + Z_{10} \cdot Q_{10} \quad (5)$$

представляющей собой суммарные затраты на цеховые трансформаторы и компенсирующие устройства на 0,4 и 10 кВ.

Минимум целевой функции (5) ищется при следующих ограничениях:

1. Суммарная величина мощности компенсирующих устройств на шинах 0,4 и 10 кВ должна быть равна расчетной реактивной нагрузке (перекомпенсация не допускается)

$$Q_{04} + Q_{10} = Q_p \quad (6)$$

2. Искомое количество трансформаторов, уменьшаемое за счет установки компенсирующих устройств на шинах 0,4 кВ, определится условием

$$N \geq N_{\max} - \frac{Q_{04}}{Q_{04}^I} \quad (7)$$

Решение задачи должно выполняться при граничных условиях

$$N \geq 0, Q_{04} \geq 0, Q_{10} \geq 0. \quad (8)$$

Задача приведена к формализованному виду для решения в MS Excel.

## **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

## **Лабораторная работа № 3**

### **Оптимальное распределение компенсирующих устройств в радиальной схеме электроснабжения**

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

### **ЗАДАНИЕ**

Питание цеховых трансформаторных подстанций промышленного предприятия осуществляется от шин  $U = 10$  кВ главной понизительной подстанции (ГПП) кабельными линиями по радиальной схеме (рис.2).

Значения активных сопротивлений кабельных линий  $R_i$ , реактивные нагрузки цехов  $Q_i$  и суммарная мощность компенсирующих устройств  $Q_k$  приведены в табл.3.

Технические данные нерегулируемых конденсаторных установок, используемых на предприятии, приведены в табл. 4.

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

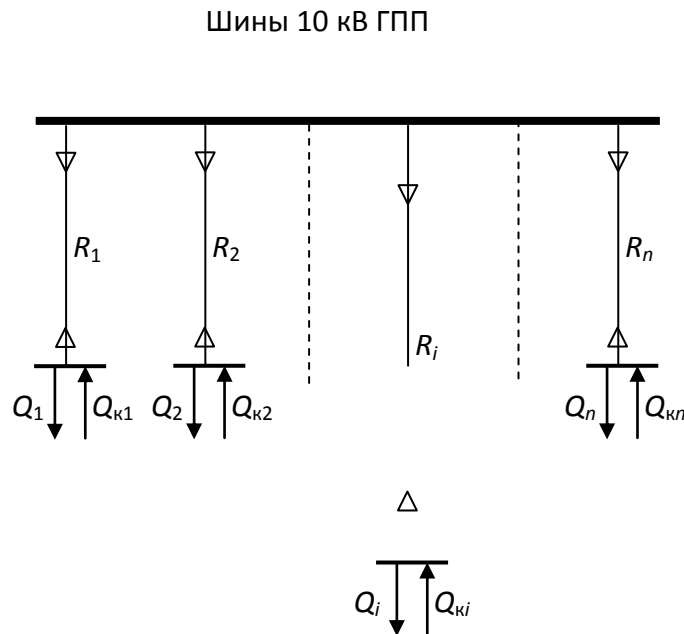


Рис.2.

Таблица 3

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 4

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

**Методические указания**

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

$$\Delta P = \frac{Q^2 \cdot R}{U^2}, \text{ Вт} \quad (1)$$

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

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



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

Выражение (2) является целевой функцией решаемой задачи. Требуется найти минимум целевой функции при следующих ограничениях

1. Мощность устанавливаемых компенсирующих устройств должна быть положительной

$$Q_{ki} \geq 0, i = 1, 2 \dots n \quad (3)$$

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

$$\sum_{i=1}^n Q_{ki} = Q_k \quad (4)$$

Выражения (2)-(4) 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.2, шаг дискретизации составляет 300 кВар.

Для нахождения практического минимума потерь активной мощности в системе электроснабжения требуется формализовать математическую модель, описываемую выражениями (2)-(4), к математической модели с дискретными переменными. В общем

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

## **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

## **Лабораторная работа № 4**

### **Оптимальное распределение компенсирующих устройств в магистральной схеме электроснабжения**

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

### **ЗАДАНИЕ**

Питание группы потребителей промышленного предприятия осуществляется от шин  $U = 10$  кВ главной понизительной подстанции (ГПП) кабельными линиями по магистральной схеме (рис.4).

Значения активных сопротивлений кабельных линий  $R_i$ , реактивные нагрузки потребителей  $Q_i$  и суммарную мощность компенсирующих устройств  $Q_k$  возьмем из условий предыдущей задачи (табл.3).

Технические данные нерегулируемых конденсаторных установок, используемых на предприятии, приведены в таблице 4.

Требуется найти оптимальный вариант распределения компенсирующих устройств заданной суммарной мощности  $Q_k$  между узлами нагрузки по условию минимума потерь активной мощности в линиях. Найти теоретически возможный и

практический минимум потерь активной мощности в системе электроснабжения.

Шины 10 кВ ГПП

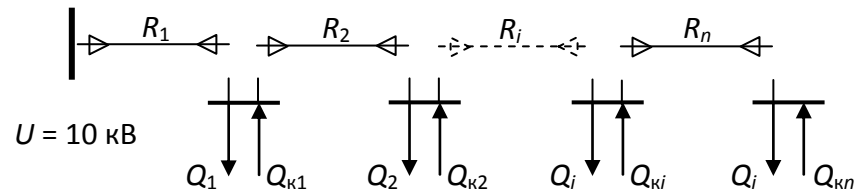


Рис.4. Расчетная схема электроснабжения группы потребителей предприятия

### Методические указания

Суммарные потери активной мощности в магистральной линии при передаче по ней реактивной мощности определяются выражением:

$$\Delta P = \frac{1}{U^2} \left( R_1 \cdot \left( \sum_1^n Q_i - \sum_1^n Q_{ki} \right)^2 + R_2 \cdot \left( \sum_2^n Q_i - \sum_2^n Q_{ki} \right)^2 + \dots + R_i \cdot \left( \sum_i^n Q_i - \sum_i^n Q_{ki} \right)^2 + R_n \cdot (Q_n - Q_{kn})^2 \right), \text{ Вт} \quad (1)$$

где  $Q_i$ ,  $Q_{ki}$  – значения потребляемой и компенсирующей реактивной мощности в узле нагрузки соответственно, кВар;  $R_i$  – активное сопротивление участка линии, Ом;  $U$  – номинальное напряжение, кВ,  $n$  – количество узлов нагрузки.

Выражение (1) представляет собой целевую функцию решаемой задачи. Требуется найти минимум целевой функции при следующих ограничениях

1. Мощность устанавливаемых компенсирующих устройств должна быть положительной

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

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

$$\sum_{i=1}^n Q_{ki} = Q_k \quad (3)$$

Выражения (1)-(3) являются математической моделью решаемой задачи с непрерывными переменными.

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

Последовательно произвольно измените сопротивления участков линий  $R_i$  схемы электроснабжения и значения потребляемой реактивной мощности  $Q_i$  в узлах нагрузки, так чтобы суммарные значения сопротивлений и потребляемой реактивной мощности остались неизменными ( $\sum R_i = \text{const}$ ,  $\sum Q_i = \text{const}$ ). Найдите решения и проанализируйте полученные результаты.

Преобразуйте математическую модель задачи в модель с целочисленными дискретными переменными и найдите ее решение. Проведите анализ полученных результатов.

Сформулируйте условия размещения компенсирующих устройств в магистральных схемах электроснабжения.

## **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 решений
6. Выводы

## **Методические указания к самостоятельной работе**

Самостоятельная работа студентов организуется на основе целей и задач программы курса «Решение инженерных задач на ЭВМ». Во вводной лекции преподаватель доводит до студентов содержание программы курса, указывает, что должны знать и уметь выпускники института (филиала) по данной дисциплине, приводит основную и дополнительную литературу для самостоятельной работы по курсу. Кроме того, преподаватель обращает внимание студентов на изучение литературы при проведении всех видов

занятий, указывая авторов, наименование, издательство и год издания источников, которые необходимо изучить самостоятельно.

Успешное овладение дисциплиной «Решение инженерных задач на ЭВМ», предусмотренное рабочей программой, предполагает выполнение ряда рекомендаций.

1. Следует внимательно изучить материалы, характеризующие курс и определяющие целевую установку, а также рабочую программу дисциплины. Это позволит чётко представлять, во-первых, круг изучаемых проблем, во-вторых, – глубину их постижения.

2. Необходимо иметь подборку литературы, достаточную для изучения данной дисциплины. В методических рекомендациях список основной литературы предлагается.

Необходимо использовать следующую литературу:

учебники, учебные и учебно-методические пособия;

первоисточники по «Решение инженерных задач на ЭВМ».

монографии, сборники научных статей, публикации в журналах, изложенных в журналах и Интернет-ресурсах, приведенных ниже, представляющие эмпирический материал.

справочная литература – энциклопедии, управленческие и экономические словари, тематические, терминологические справочники, раскрывающие категориально понятийный аппарат.

3. Основное содержание той или иной проблемы следует уяснить, изучая учебную литературу. Кроме того, работа с учебником требует постоянного уточнения сущности и содержания дисциплины, ее категорий, посредством обращения к энциклопедическим словарям.

4. Абсолютное большинство проблем рассматриваемых в «Решение инженерных задач на ЭВМ» носит не только теоретический, но прикладной характер. Это предполагает наличие у студента не только знания категорий и понятий, но и умения использовать их в качестве инструментария для непосредственного анализа реальных производственных проблем.

5. Изучение дисциплины «Решение инженерных задач на ЭВМ» предполагает со стороны студентов систематическую работу с периодическими изданиями, особенно статьями из журналов, с целью глубокого понимания современных тенденций развития науки и накопления фактического материала.

Контроль за самостоятельной работой студентов преподаватель осуществляет на лабораторных занятиях, привлекая студентов к решению задач, а также предлагая к выполнению тесты промежуточного и итогового контроля, разработанные по нескольким вариантам.

Учитывая подготовленность того или иного студента, преподаватель может поставить перед ним задачу по более углубленному изучению проблемы и сообщению студентами результатов на занятиях, отведенных под проверку самостоятельной работы студентов по курсу.

### **Основная учебная литература**

1. Губарь Ю.В. Введение в математическое программирование. Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007 г. - 199 с. <http://www.knigafund.ru/books/177085>
2. Грешилов А.А. Прикладные задачи математического программирования.- 2-е изд. Доп.-М: Логос, 2006. – 368 с. <http://www.knigafund.ru/books/178072/>

### **Дополнительная учебная литература**

3. Математические методы [текст] : учебник / Т. Л. Партыка, И. И. Попов ; 2-е изд., испр. и доп. - Рекомендовано УМО. - М. : ИНФРА-М, 2007. - 464 с.
4. Высшая математика: математическое программирование [текст] : учебник / А. В. Кузнецов, Н. И. Холод, В. А. Сакович ; под общ. ред. А.В. Кузнецова. - Мн. : Выш. шк., 2001. - 351 с.
5. Кузнецов А.В. Руководство к решению задач по математическому программированию [текст]: учебное пособие / А. В. Кузнецов, Н. И. Холод, Л. С. Костевич; под общ. ред. А.В. Кузнецова. - Мн.: Выш. шк., 2001. - 448 с.
6. Гольдберг О.Д. Надежность электрических машин [текст]: учебник / О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская; под ред. О.Д. Гольдберга. - М.: Академия, 2010. - 288 с.
7. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования [текст]: учебник (Гриф Минобразования РФ) / И. П. Норенков. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 360 с. - 75-00.

Учебно-методическое издание  
Состина Елена Викторовна  
Решение инженерных задач на ЭМВ

Отв. за вып. Е.Ю. Хаустова

Подписано в печать 06.10.2015г.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл.печ.л. 1,34. Уч.изд.л. 1,44, Заказ 50.

Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) имени М.И. Платова  
346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.  
Каменский институт (филиал) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова  
347800, г. Каменск-Шахтинский, пр.Карла Маркса, 23.  
E-mail: kpi\_mail@mail.ru