



В. П. Шеховцов

**Расчет и проектирование  
схем электроснабжения.  
Методическое пособие  
для курсового проектирования**

Допущено Министерством образования Российской Федерации  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений  
среднего профессионального образования, обучающихся по специальности 1806  
Техническая эксплуатация и обслуживание электрического  
и электромеханического оборудования (по отраслям)

Москва  
ФОРУМ — ИНФРА-М  
2005

Рецензенты:

начальник СКТБ ГНЦ РФ ФЭИ *С.В. Кузиков*;  
преподаватель высшей категории, зам. директора по УВР  
Московского политехнического колледжа *Т.Ю. Симонова*;  
преподаватель спецдисциплин Обнинского политехнического  
техникума *Л.А. Толстошуров*

Шеховцов В.П.

Ш54 **Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования.** — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 214 с., ил. — (Профессиональное образование).

ISBN 5-8199-0092-8 (ФОРУМ)

ISBN 5-16-001526-4 (ИНФРА-М)

В пособии приведены методика выполнения и примеры расчетов практических заданий по дисциплине «Электроснабжение отрасли». Представлено около 30 заданий, что позволяет преподавателю выбрать различные варианты для группы студентов, и приведены подробные примеры решения отдельных из них. Кроме того, в пособии систематизирован и представлен узкоспециальный справочный материал, труднодоступный для широкого круга студентов, позволяющий проводить расчеты без использования дополнительной литературы.

Учебное пособие написано в соответствии с государственным образовательным стандартом и предназначено для студентов техникумов и колледжей.

ББК 31.29-5я723  
УДК 621.31(075.32)

ISBN 5-8199-0092-8 (ФОРУМ)  
ISBN 5-16-001526-4 (ИНФРА-М)

© Шеховцов В.П., 2003  
© ИД «ФОРУМ», 2003

## Введение

Данное методическое пособие предназначено для студентов и преподавателей по специальности 1806 («Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования») и позволяет решить вопросы курсового проектирования по предмету «Электроснабжение отрасли» полностью, опираясь на теоретический курс и не прибегая к дополнительным источникам.

Пособие включает три основные части:

1. Расчетно-практические занятия (РПЗ) по электроснабжению (ЭСН) объектов.
2. Курсовое проектирование по ЭСН (КП ЭСН) объектов.
3. Задания на курсовое проектирование.

*Расчетно-практические занятия* представлены в 14 наименованиях, каждое из которых включает:

- методику расчета;
- пример расчета;
- индивидуальные задания (30 вариантов).

Справочный материал представлен в Приложении А.

Выполнение РПЗ, объем которых определяется преподавателем, является предварительной стадией подготовки к выполнению КП ЭСН, являющимся логическим завершением курса «Электроснабжение отрасли».

*Курсовое проектирование по электроснабжению* объектов включает:

- рекомендации по организации выполнения и защиты согласно Госстандарту;
- порядок оформления пояснительной записки (ПЗ) с бланками и форматами необходимых таблиц. Введенная «Таблица критериев оценки» (не нумеруется) выполненного КП позволяет исполнителю предварительно, а преподавателю — окончательно и быстро оценить работу по пятибалльной системе;
- таблицу «Критерии оценки хода выполнения КП», позволяющую оценить объем выполненной работы в процентах.

*Задания на курсовое проектирование* содержат 26 тем индивидуальных заданий на КП ЭСН, каждая из которых включает:

- краткую характеристику объекта проектирования;
- план расположения ЭО объекта;
- перечень и номинальные данные электроприемников (3 базовых варианта).

*Приложение А* содержит справочный материал по силовым трансформаторам различных классов напряжений, по наиболее современным аппаратам защиты (серии ВА) и распределительным пунктам (ПР 85), структуру условных обозначений и расчетные зависимости.

*Приложения Б, В* содержат пример брошюровки КП ЭСН и фрагменты графических изображений, необходимых при выполнении графической части КП ЭСН.

Такой подход к курсовому проектированию по предмету «Электроснабжение отрасли» отвечает требованиям ЕСКД, ЕСТД и многократно опробован в Обнинском политехникуме. Повышается уровень оперативности преподавателей и самостоятельности работы студентов.

**Область применения.** Пособие может быть использовано в образовательных учреждениях среднего профессионального образования на любых отделениях (дневном, вечернем, заочном) и при дистанционном обучении не только по специальности 1806, но и по другим (в части касающейся).

Оно позволяет студентам самостоятельно и за короткое время разобраться в решаемых вопросах практически без помощи преподавателя.

Преподаватель, варьируя тремя основными вариантами, может обеспечить любое количество индивидуальных заданий на КП ЭСН по темам.

Предусмотрен самоконтроль хода выполнения КП и предварительная самооценка после выполнения.

## 1.6. РПЗ–6. Расчет и выбор компенсирующего устройства

### Методика расчета

- Для выбора компенсирующего устройства (КУ) необходимо знать:
  - расчетную реактивную мощность КУ;
  - тип компенсирующего устройства;
  - напряжение КУ.
- Расчетную реактивную мощность КУ можно определить из соотношения

$$Q_{к.р} = \alpha P_m (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_k),$$

где  $Q_{к.р}$  — расчетная мощность КУ, квар;

$\alpha$  — коэффициент, учитывающий повышение  $\cos \varphi$  естественным способом, принимается  $\alpha = 0,9$ ;

$\operatorname{tg} \varphi$ ,  $\operatorname{tg} \varphi_k$  — коэффициенты реактивной мощности до и после компенсации.

Компенсиацию реактивной мощности по опыту эксплуатации производят до получения значения  $\cos \varphi_k = 0,92 \dots 0,95$ .

Задавшись  $\cos \varphi_k$  из этого промежутка, определяют  $\operatorname{tg} \varphi_k$ .

Значения  $P_m$ ,  $\operatorname{tg} \varphi$  выбираются по результату расчета нагрузок из «Сводной ведомости нагрузок».

- Задавшись типом КУ, зная  $Q_{к.р}$  и напряжение, выбирают стандартную компенсирующую установку, близкую по мощности.

Применяются комплектные конденсаторные установки (ККУ) или конденсаторы, предназначенные для этой цели.

- После выбора стандартного КУ определяется фактическое значение  $\cos \varphi_\phi$

$$\operatorname{tg} \varphi_\phi = \operatorname{tg} \varphi - \frac{Q_{к.ст}}{\alpha P_m},$$

где  $Q_{к.ст}$  — стандартное значение мощности выбранного КУ, квар.

По  $\operatorname{tg} \varphi_\phi$  определяют  $\cos \varphi_\phi$ :

$$\cos \varphi_\phi = \cos(\operatorname{arctg} \varphi_\phi).$$

### Структура условного обозначения компенсирующих устройств





### Пример 1

**Дано:** Исходные данные из РПЗ-5

Параметр	cos φ	tg φ	P <sub>м</sub> , кВт	Q <sub>м</sub> , квар	S <sub>м</sub> , кВ·А
Всего на НН без КУ	0,85	0,63	393,6	210,1	473,1

**Требуется:**

- рассчитать и выбрать КУ;
- выбрать трансформатор с учетом КУ;
- сравнить с трансформатором без учета КУ.

**Решение:**

- Определяется расчетная мощность КУ

$$Q_{к.р} = \alpha P_m (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi_k) = 0,9 \cdot 393,6 \cdot (0,63 - 0,33) = 106,3 \text{ квар.}$$

Принимается  $\cos \varphi_k = 0,95$ , тогда  $\operatorname{tg} \varphi_k = 0,33$ .

- По [5, с. 127] выбирается 2 × УК 2–0,38–50 со ступенчатым регулированием по 25 квар, по одной на секцию.
- Определяются фактические значения  $\operatorname{tg} \varphi_\phi$  и  $\cos \varphi_\phi$  после компенсации реактивной мощности:

$$\operatorname{tg} \varphi_\phi = \operatorname{tg} \varphi - \frac{Q_{к.ст}}{\alpha P_m} = 0,63 - \frac{2 \cdot 50}{0,9 \cdot 393,6} = 0,35; \quad \cos \varphi_\phi = 0,94.$$

Результаты расчетов заносятся в «Сводную ведомость нагрузок» (таблица 1.6.1).

- Определяются расчетная мощность трансформатора с учетом потерь:

$$S_p = 0,7 S_{ВН} = 0,7 \cdot 429,2 = 300,5 \text{ кВ·А;}$$

$$\Delta P_T = 0,02 S_{НН} = 0,02 \cdot 408,7 = 8,2 \text{ кВт;}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 S_{НН} = 0,1 \cdot 408,7 = 40,9 \text{ квар;}$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{8,2^2 + 40,9^2} = 41,7 \text{ кВ·А.}$$

- По [5, с. 110] выбирается трансформатор типа ТМ 400–10/0,4:

$$R_T = 5,6 \text{ мОм;}$$

$$\Delta P_{xx} = 0,95 \text{ кВт;}$$

$$X_T = 14,9 \text{ мОм;}$$

$$\Delta P_{кз} = 5,5 \text{ кВт;}$$

$$Z_T = 15,9 \text{ мОм;}$$

$$u_{кз} = 4,5 \%;$$

$$Z_T^{(1)} = 195 \text{ мОм;}$$

$$i_{xx} = 2,1 \%.$$

- Определяется

$$K_3 = \frac{S_{\text{НН}}}{2S_{\text{T}}} = \frac{408,7}{2 \cdot 400} = 0,51.$$

*Примечание.* При отсутствии пособия [5] можно использовать по этому вопросу любой другой справочный материал.

Таблица 1.6.1. Сводная ведомость нагрузок

Параметр	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$	$P_{\text{м}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{м}}, \text{ квар}$	$S_{\text{м}}, \text{ кВ}\cdot\text{А}$
Всего на НН без КУ	0,85	0,63	393,6	210,1	473,1
КУ				$2 \times 50$	
Всего на НН с КУ	0,94	0,35	393,6	110,1	408,7
Потери			8,2	40,9	41,7
Всего ВН с КУ			401,8	151	429,2

**Ответ:** Выбрано  $2 \times \text{УК } 2-0,38-50$ ;  
 трансформаторы  $2 \times \text{ТМ } 400-10/0,4$ ; для КТП —  $2 \times 400-10/0,4$ .  
 $K_3 = 0,51$ .

## Пример 2

### Расчет точек подключения КУ к ШМА

**Дано:**

Расчетная схема с реактивными нагрузками (рис. 1.6.1)

$Q_{\text{к(ШМА1)}} = 300 \text{ квар}$

$Q_{\text{к(ШМА2)}} = 700 \text{ квар}$  (300 квар и 400 квар)

**Требуется:**

- выбрать точки установки КУ.

**Решение:**

- На ШМА1 устанавливается одно КУ мощностью 300 квар.

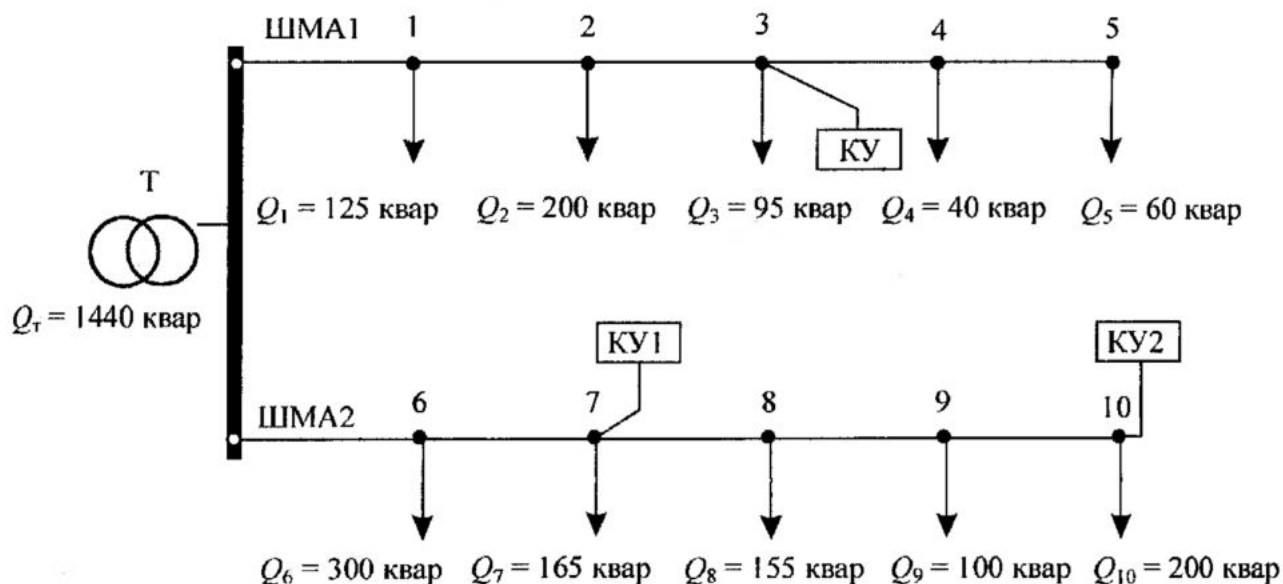


Рис. 1.6.1. Расчетная схема



Проверка выполнения условия  $Q'_1 \geq \frac{Q_{к(ШМА1)}}{2} \geq Q'_2$  в точках подключения нагрузок:

точка 1:  $520 \geq 150 \leq 395$  — условие не выполняется;

точка 2:  $395 \geq 150 \leq 195$  — условие не выполняется;

точка 3:  $195 \geq 150 \geq 100$  — условие выполняется.

Следовательно, на ШМА1 подключается КУ мощностью 300 квар в точке 3.

- На ШМА2 устанавливается два КУ мощностью 300 и 400 квар. Проверяется выполнение условия  $Q'_3 \geq \frac{Q_{2к(ШМА2)}}{2} \geq Q'_4$  для дальнего КУ2 в точках подключения нагрузок:

точка 10:  $720 \geq 200 \geq 0$  — условие выполняется;

точка 9:  $620 \geq 200 \geq 200$  — условие выполняется.

Следовательно,  $Q_{2к} = 400$  квар можно подключить к точке 9 или 10 по конструктивным соображениям.

КУ2 подключается к точке 10.

Проверяется выполнение условий  $Q'_1 - Q_{2к} \geq \frac{Q_{1к(ШМА2)}}{2} \geq Q'_2 - Q_{2к}$  для ближнего КУ1 в

точках подключения нагрузок:

точка 6:  $520 \geq 150 \leq 220$  — условие не выполняется;

точка 7:  $220 \geq 150 \geq 55$  — условие выполняется.

Следовательно,  $Q_{1к} = 300$  квар можно подключить к точке 7.

**Ответ:** Подключить КУ мощностью 300 квар к точке 3; КУ1 мощностью 300 квар к точке 7; КУ2 мощностью 400 квар к точке 10.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	2
<b>Часть 1. РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ОБЪЕКТОВ .....</b>	<b>5</b>
1.1. РПЗ–1. Выбор числа и мощности трансформаторов связи на электростанции .....	5
1.2. РПЗ–2. Расчет ЛЭП и выбор неизолированных проводов .....	10
1.3. РПЗ–3. Расчет и выбор трансформаторов (автотрансформаторов) на узловой распределительной подстанции .....	15
1.4. РПЗ–4. Расчет потерь мощности и электроэнергии в трансформаторе .....	18
1.5. РПЗ–5. Расчет электрических нагрузок цеха. Выбор числа и мощности питающих трансформаторов .....	22
1.6. РПЗ–6. Расчет и выбор компенсирующего устройства .....	33
1.7. РПЗ–7. Определение местоположения подстанции .....	37
1.8. РПЗ–8. Расчет и выбор аппаратов защиты и линий электроснабжения .....	42
1.9. РПЗ–9. Расчет токов короткого замыкания .....	58
1.10. РПЗ–10. Проверка элементов цеховой сети .....	68
1.11. РПЗ–11. Выбор и проверка силовых выключателей ВН .....	75
1.12. РПЗ–12. Расчет и выбор элементов реле защиты цехового трансформатора .....	80
1.13. РПЗ–13. Расчет заземляющего устройства электроустановок .....	88
1.14. РПЗ–14. Расчет молниезащиты .....	97
1.15. Памятка по оформлению расчетно-практического занятия .....	107
<b>Часть 2. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ОБЪЕКТОВ ..</b>	<b>109</b>
2.1. Рекомендации по организации и защите курсового проекта по дисциплине в образовательных учреждениях среднего профессионального образования .....	109
2.2. Оформление пояснительной записки .....	111
2.3. Пояснения к Содержанию пояснительной записки .....	112
<b>Часть 3. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....</b>	<b>114</b>
Тема 1. ЭСН и ЭО ремонтно-механического цеха .....	115
Тема 2. ЭСН и ЭО участка кузнечно-прессового цеха .....	117
Тема 3. ЭСН и ЭО электромеханического цеха .....	119
Тема 4. ЭСН и ЭО автоматизированного цеха .....	121
Тема 5. ЭСН и ЭО механического цеха тяжелого машиностроения .....	124
Тема 6. ЭСН и ЭО цеха обработки корпусных деталей .....	126
Тема 7. ЭСН и ЭО механического цеха серийного производства .....	128
Тема 8. ЭСН и ЭО насосной станции .....	130
Тема 9. ЭСН и ЭО учебных мастерских .....	132
Тема 10. ЭСН и ЭО цеха механической обработки деталей .....	134
Тема 11. ЭСН и ЭО инструментального цеха .....	136
Тема 12. ЭСН и ЭО механического цеха .....	138
Тема 13. ЭСН и ЭО цеха металлоизделий .....	141
Тема 14. ЭСН и ЭО участка механосборочного цеха .....	143
Тема 15. ЭСН и ЭО цеха металлорежущих станков .....	145
Тема 16. ЭСН и ЭО сварочного участка цеха .....	147
Тема 17. ЭСН и ЭО прессового участка цеха .....	150
Тема 18. ЭСН и ЭО участка токарного цеха .....	152

---

Тема 19. ЭСН и ЭО строительной площадки жилого дома .....	154
Тема 20. ЭСН и ЭО узловой распределительной подстанции .....	157
Тема 21. ЭСН и ЭО комплекса томатного сока .....	159
Тема 22. ЭСН и ЭО гранитной мастерской .....	162
Тема 23. ЭСН и ЭО деревообрабатывающего цеха .....	165
Тема 24. ЭСН и ЭО шлифовального цеха .....	168
Тема 25. ЭСН и ЭО комплекса овощных закусочных консервов .....	170
Тема 26. ЭСН и ЭО светонепроницаемой теплицы .....	173
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b> .....	<b>175</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</b> .....	<b>191</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В</b> .....	<b>202</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	<b>211</b>