

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

А. Г. Ус, В. В. Бахмутская

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по одноименному курсу
для студентов специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение (по отраслям)»
заочной формы обучения**

Гомель 2009

УДК 621.311.031:658.26(075.8)
ББК 31.29-5я73
У74

*Рекомендовано научно-методическим советом
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 05.03.2008 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц., зав. каф. «Автоматизированный электропривод»
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. В. Тодарев*

Ус, А. Г.
У74 Электроснабжение промышленных предприятий : метод. указания по одноим. курсу для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» заоч. формы обучения / А. Г. Ус, В. В. Бахмутская. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 71 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены характеристика и содержание разделов курса. По каждому разделу даны вопросы для самопроверки и рекомендуемая литература

Для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» заочной формы обучения.

УДК 621.311.031:658.26(075.8)
ББК 31.29-5я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электроснабжение промышленных предприятий» (ЭПП) является профилирующей по специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение», специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение промышленных предприятий» и завершающей в блоке специальных дисциплин.

Цель изучения данной дисциплины состоит в формировании знаний, позволяющих грамотно и эффективно проектировать и вести эксплуатацию систем электроснабжения промышленных предприятий (СЭПП). Для достижения этой цели рассматриваются вопросы конструктивного устройства и построения СЭПП, функционирования и развития их, методы расчета, проектирования и оптимизации СЭПП.

Курс состоит из двух частей, рассчитан для изучения в двух семестрах (по заочной форме изучения – в трех экзаменационно-установочных сессиях), обеспечен в полном объеме всеми видами учебных занятий – теоретическим (лекционным), практическими и лабораторными занятиями. В конце изучения курса выполняется курсовой проект, предусматривающий проектирование систем внешнего и внутреннего электроснабжения. По заочной форме обучения дополнительно выполняется контрольная работа по первой части курса.

Материал дисциплины непосредственно связан и основывается на изучении таких дисциплин как «Электрические системы и сети» «Электрические станции и подстанции систем электроснабжения» «Переходные процессы в системах электроснабжения», «Электротехнологические установки», «Электрические освещение», «Релейная защита и автоматика» и др.

Такой основополагающий материал курса, как характеристика промышленных потребителей электроэнергии, графики электрических нагрузок и методы определения расчетных нагрузок предусмотрен для изучения в отдельном курсе «Промышленные потребители электроэнергии».

Качество электроснабжения, измерение, учет и экономия электроэнергии, как традиционный материал, рассматриваемый ранее в курсе ЭПП, в настоящее время изучаются в дисциплинах: «Качество и надежность электроснабжения», «Информационно-измерительная техника», «Управление электропотреблением», «Основы энергосбережения».

1. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1.1. Основная учебная литература

1. Ус А.Г., Евминов Л.И. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий: Учебное пособие. –Мн.: НПО «Пион», 2002. – 457 с.

2. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. –М: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.

3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов высших учебных заведений. –М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 672 с.

4. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения: Учебное пособие. –Мн.: НПО «Пион», 2001. – 292 с.

1.2. Дополнительная учебная литература

5. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. –М.: Высшая школа., 1986. – 400 с.

6. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий. –Мн.: Высшая школа, 1988. – 357 с.

7. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. –М: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

8. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. –М: Высшая школа, 1990. – 366 с.

9. Федоров А.А., Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. –М: Энергия, 1981. – 360 с.

10. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. –Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.

11. Постников Н.П., Рубанов Г.М. Электроснабжение промышленных предприятий. –Л.: Стройиздат, 1989. – 352 с.

12. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. –М: Энергия, 1973. – 584 с.

13. Федоров А.А. Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектировании по электроснабжению промышленных предприятий. –М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

14. Гурин Н.А., Янукович Г.И. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. Дипломное проектирование: учебное пособие. –Мн.: Высшая школа, 1990. – 238 с.

15. Федоров А.А. Теоретические основы электроснабжения промышленных предприятий. –М: Энергия, 1976. – 272 с.
16. Волобринский С.Д. Электрические нагрузки и балансы промышленных предприятий. –Л.: Энергия, 1976. – 128 с.
17. Грейсук М.В., Лазарев С.С. Расчеты по электроснабжению промышленных предприятий. –М: Энергия, 1977. – 312 с.
18. Основы построения промышленных электрических сетей. Под общ. ред. Каменева Г.М. –М: Энергия, 1978. – 352 с.

1.3. Нормативно-правовые и справочные материалы

19. Правила устройства электроустановок /Министерство топлива и энергетики РФ. –6-е издание переработанное и допол. –М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. – 608 с.
20. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. Раздел 1, 6, 7. –М.: ЗАО «Энергосервис». 2002, –280 с.
21. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. Раздел 1, 2, 4. –М.: ЗАО «Энергосервис». 2003, –421 с.
22. Электротехнический справочник. В 3 томах. Т. 3: в 2 книгах. Книга 1. Производство и распределение электрической энергии /под общей ред. Орлова И.Н. и др. –М: Энергоатомиздат, 1988. – 880 с.
23. Электротехнический справочник. В 3 томах. Т. 3: в 2 книгах. Книга 2. Использование электрической энергии /под общей ред. Орлова И.Н. и др. –М: Энергоатомиздат, 1988. – 616 с.
24. Некленаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. –М: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
25. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет /Овчаренко А.С. и др. –К: Техніка, 1985. – 279 с.
26. Справочник по проектированию электроснабжения /под ред. Ю.Г. Барыбина, Л.Е. Федорова, М.Г. Зименкова, А.Г. Смирнова. –М.: Энергоатомиздат, 1990. –576с.
27. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования /под ред. Ю.Г. Барыбина, Л.Е. Федорова, М.Г. Зименкова, А.Г. Смирнова. –М.: Энергоатомиздат, 1990. –576с.
28. Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. –М.: ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект», № 7, 8, 1992. РТМ 36.18.32.4-92. –68 с.

29. Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. –М.: ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект», № 2, 1993. РТМ 36.18.32.6-92. –80 с.

30. **ГОСТ 13109-97.** Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, –Мн.: Гостстандарт РБ: Изд-во стандартов, 1998. –30 с.

31. **ГОСТ 14209-97.** Руководство по нагрузке силовых трансформаторов. –Мн.: Гостстандарт РБ: Изд-во стандартов, 1997. –83 с.

32. **ГОСТ 30331.2-95.** Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики. –Мн.: Гостстандарт РБ: Изд-во стандартов, 1995. –48 с.

33. **ГОСТ 30331.15-2001.** Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 52. Электроустановки. –Мн.: Гостстандарт РБ: Изд-во стандартов, 2001. –17 с.

34. **ГОСТ 30331.10-2001.** Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники. –Мн.: Гостстандарт РБ: Изд-во стандартов, 2001. –10 с.

35. **ГОСТ 21.613-88.** Система проектной документации для строительства. Силовое электрооборудование. Рабочие чертежи. –М.: Гостстандарт России: Изд-во стандартов, 1988. –13 с.

36. Электрические комплектные устройства. Каталог «Иносат» – 2004". –Мн.: ЗАО «Юнипак», 2004. –117 с.

37. Оборудование на напряжение 10(6) – 35 кВ. Каталог «Иносат» – 2004". –Мн.: ЗАО «Юнипак», 2004. –57 с.

38. Белорусов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник. –М.: Энергоатомиздат, 1987.

39. Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий: СН 174-74. –М.: Стройиздат, 1976. –56 с.

40. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий: СН 357-77. –М.: Стройиздат, 1977. –96 с.

1.4. Методические разработки

41. № 365. Ус А.Г., Тодорев В.В. Электроснабжение промышленных предприятий: Методические указания к лабораторным занятиям для студентов специальности 03.03 «Электроснабжение». – Гомель, ГПИ, 1983.

42. № 81. Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий: Методические указания к лабораторным занятиям по

разделу «Основы электроснабжения промышленных предприятий» для студентов специальности 03.03 «Электроснабжение». –Гомель, ГПИ, 1984.

43. № 629. В.В. Прокопчик, О.М. Попова. Электроснабжение промышленных предприятий: Методические указания к лабораторным занятиям по разделу «Распределение и учет, экономия электроэнергии» для студентов специальности 03.03 «Электроснабжение». – Гомель, ГПИ, 1985.

44. № 1071. Ус А.Г. Электроснабжение промышленных предприятий: Методические указания по курсовому и дипломному проектированию по теме «Комплексный расчет на ЭВМ систем внутриводского электроснабжения 6-20 кВ» для студентов специальности 03.03 «Электроснабжение». –Гомель, ГПИ, 1989.

45. № 2573. Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий: Практическое руководство «Канализация электрической энергии по территории предприятий» к выполнению лабораторной работы для студентов специальности Т.01.01 «Электроэнергетика». –Гомель, ГГТУ им. П.О. Сухого, 2001.

46. № 2573. Прокопчик В.В., Колесник Ю.Н. Электроснабжение промышленных предприятий: Практическое руководство «Распределение и потребление электрической энергии при напряжении до 1 кВ» к выполнению лабораторной работы для студентов специальности Т.01.01 «Электроэнергетика». –Гомель, ГГТУ им. П.О. Сухого, 2001.

47. № 2168. Ус А.Г., Широков О.Г. Технические сведения об оборудовании. Часть 1. Асинхронные двигатели, источники света, светильники, аппараты и распределительные устройства напряжения до 1 кВ, провода, кабели, шинопроводы, конденсаторные установки, для студентов специальности Т.01.01 «Электроэнергетика». –Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 1997.

48. № 2826. Ус А.Г., Широков О.Г., Алферова Т.В. Технические сведения об оборудовании. Часть 2. –Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 1997. –92 с.

49. № 3141. Ус А.Г., Бахмутская В.В. Электроснабжение промышленных предприятий: Генпланы промышленных предприятий. Практическое руководство и задания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение». –Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2005.

50. № 3499. Ус А.Г., Бахмутская В.В. Электроснабжение промышленных предприятий: Планы цехов. Практикум к курсовому про-

екту для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций». –Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2007.

51. № 2539. Ус А.Г., Алферова Т.В. Расчет электрических нагрузок промышленных предприятий: Практическое пособие для студентов специальности Т.01.01 «Электроэнергетика». –Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2001. –19 с.

2. РАЗДЕЛЫ КУРСА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ИЗУЧЕНИЮ

2.1. Общие сведения о системах электроснабжения. Основные понятия и определения

Общие сведения о системах электроснабжения (СЭС). Основные понятия и определения: электроприемник, потребитель электроэнергии, системы электроснабжения, электроустановка, электрическое хозяйство, электрооборудование, электротехнические устройства.

Классификация промышленных предприятий. Иерархическая схема электроснабжения приемников промышленных предприятий. Требования к системам электроснабжения промышленных предприятий. Принципы построения СЭПП.

Основные задачи, решаемые при проектировании и эксплуатации СЭПП.

Методические указания к изучению раздела 2.1

Необходимо усвоить основные определения и понятия, характеризующие СЭС и связанные с изучением дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий».

Система электроснабжения предназначена для обеспечения электрической энергией электроприемников (потребителей) и должна быть экономичной, надежной, безопасной, удобной в эксплуатации, допускать изменения технологии и рост мощности предприятия, обеспечивать надлежащее качество электроэнергии в нормальных и послеаварийных режимах.

Особенностью СЭПП является то, что с одной стороны это подсистема электроэнергетической системы, с другой – составляющая энергетического хозяйства предприятия.

Работа регламентирована в основном объемами и режимами потребления электроэнергии, техническим и ремонтным ее обслуживанием.

Современный уровень развития СЭПП определяет необходимость при их исследовании и анализе учитывать объективные законы формирования питающих энергосистем и электрического хозяйства предприятия.

Необходимо знать как классифицируются промышленные предприятия, общую иерархическую схему электроснабжения приемников промышленных предприятий, требования к СЭПП и принципы по-

строения их, какие задачи решаются при проектировании и эксплуатации СЭПП.

Повторить и знать следующий материал по дисциплине «Промышленные потребители электроэнергии»:

- графики электрических нагрузок, их физические величины и безразмерные показатели;
- методы определения расчетных нагрузок;
- определение расчетных нагрузок на уровнях системы электроснабжения до и выше 1 кВ;
- потери мощности и энергии в элементах СЭПП;
- определение расхода электроэнергии аналитическим путем.

Литература: [1, с. 11-64]; [4, с. 22-33].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется системой электроснабжения промышленного предприятия и из каких элементов она состоит?

2. Дайте определения понятиям: электроприемник, потребитель электроэнергии, электрическая сеть, электроустановка, электрическое хозяйство, электрооборудование.

3. В чем различие между понятиями «энергосистема», «электрическая система», «система электроснабжения»?

4. Как классифицируются промышленные предприятия?

5. Назовите источники питания промышленных предприятий.

6. Какие требования предъявляются к системам электроснабжения?

7. В чем состоят особенности электроснабжения промышленных предприятий?

8. В чем заключаются принципы построения систем электроснабжения промышленных предприятий?

9. Какие задачи решаются при проектировании СЭПП?

10. Какие задачи решаются при эксплуатации СЭПП?

2.2. Распределение электроэнергии на напряжении до 1 кВ

Род тока и напряжения СЭПП. Требования к электрическим сетям. Схемы электрических сетей. Режим нейтрали электрической сети. Конструктивное выполнение электрических сетей. Элементы цеховых сетей – распределительные устройства, провода, кабели, шинопроводы. Классификация помещений и наружных установок по

окружающей среде. Защита электроустановок от влияния окружающей среды.

Электрические сети для специальных электроприемников. Особенности выполнения электрических сетей в пожароопасных и взрывоопасных зонах.

Расчет токов короткого замыкания в цеховых сетях напряжением до 1 кВ. Защита электрических сетей и установок. Обеспечение селективности токовой защиты. Выбор сечения проводов и кабелей, выбор шинпроводов по допустимому нагреву и допустимой потере напряжения. Расчет троллейных линий.

Методические указания к изучению раздела 2.2

В данном разделе изучается материал, касающийся цехового электроснабжения. При сооружении цеховых сетей напряжением до 1 кВ используются распределительные устройства (щиты, шкафы, коммутационные ящики), провода, кабели, шинпроводы. Конструктивное исполнение электрических сетей зависит от их назначения, условий окружающей среды, особенностей строительных конструкций помещений, расположения и мощности электроприемников. Существуют радиальные, магистральные и смешанные схемы цеховых сетей. При выборе схемы учитывается надежность электроснабжения электроприемников, экономичность и удобство эксплуатации, расположение оборудования на плане помещения, величина и характер электрической нагрузки.

Для защиты сетей и установок напряжением до 1 кВ применяются предохранители и автоматические выключатели, тепловые элементы магнитных пускателей и сами пускатели (от понижения напряжения), а также специальные защитные устройства.

Выбор сечения проводов и кабелей, а также шинпроводов выполняется по условию нагрева и допустимой потери напряжения. Выбранное сечение должно соответствовать току защитного аппарата. Следует уделить внимание особенностям расчета токов короткого замыкания (КЗ) в сетях напряжением до 1 кВ. Иногда в этих сетях токи однофазного КЗ оказываются меньше значений достаточных для срабатывания защиты. Расчет предусматривает определение минимального значения токов КЗ, которое соответствует току замыкания фазы на заземленный корпус или нулевой провод.

Литература: [4, с. 135-181].

Вопросы для самопроверки

1. Какие напряжения цеховых сетей применяется при постоянном и переменном токах?
2. В чем особенность питания силовых и осветительных электроприемников от общих и отдельных трансформаторов?
3. Преимущества применения на предприятиях напряжения 660 В.
4. Какие требования предъявляются к цеховым электрическим сетям?
5. Какие применяются схемы цеховых сетей?
6. Как классифицируются помещения промышленных предприятий по окружающей среде?
7. Каковы особенности конструктивного исполнения цеховых сетей в различных условиях окружающей среды?
8. Какие распределительные устройства, комплектные шинопроводы и наиболее распространенные марки проводов и кабелей применяются для цеховых электрических сетей?
9. Как выполняются сети передвижных токоприемников?
10. Как выполняются многоамперные сети переменного и постоянного тока?
11. Как и для чего рассчитывается ток КЗ в установках до 1 кВ?
12. Как производится выбор уставок автоматов и плавких вставок предохранителей в сетях напряжением до 1 кВ?
13. Как обеспечивается селективность действия защит в силовых сетях напряжением до 1 кВ?
14. Как выбирают сечения проводов, кабелей к шин цеховых электрических сетей?
15. Как проверить выбранный защитный аппарат на успешность срабатывания от однофазных токов КЗ?
16. Как рассчитываются троллейные линии?

2.3. Цеховые трансформаторные и преобразовательные подстанции

Общая классификация подстанций. Характеристика силовых трансформаторов цеховых подстанций (ТП). Перегрузочная способность цеховых трансформаторов. Электрические схемы соединений цеховых ТП. Типовые компоновки цеховых подстанций. Выбор места расположения и типа цеховых ТП. Выбор мощности и числа транс-

форматоров цеховых подстанций. Экономический режим работы силовых трансформаторов.

Преобразовательные подстанции. Электродпечные подстанции.

Методические указания к изучению раздела 2.3

В цеховых ТП применяют трехфазные трансформаторы с первичным напряжением 6-10 кВ, реке 35 кВ и вторичным 0,4 или 0,69 кВ. Необходимо знать конструкцию трансформаторов, схемы их питания, компоновки цеховых ТП. Проектирование современных систем электроснабжения предусматривает применение комплектных трансформаторных подстанций (КТП), обеспечивающих независимый от строительной части индустриальный монтаж, приближение КТП по возможности к центру нагрузки, что обеспечивает максимальную экономию цветного металла и снижение потерь электроэнергии в цеховых сетях. Место расположения КТП должно учитывать условия окружающей среды, динамику технологии. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов осуществляется в зависимости от величины и характера электрических нагрузок с учетом категории потребителей по надежности питания, а также перегрузочной способности трансформаторов и производится на основании технико-экономических сравнений вариантов схем с учетом компенсации реактивной мощности в распределительных электрических сетях. Следует стремиться к однотипности трансформаторов цеховых подстанций. В процессе эксплуатации необходимо предусмотреть целесообразный экономический режим силовых трансформаторов, обеспечивающий минимум приведенных потерь мощности и энергии в трансформаторах.

В качестве преобразовательных подстанций для выпрямления тока и для получения тока отличной от 50 Гц частоты в настоящее время преимущественное применение получили полупроводниковые подстанции.

Литература: [2, с. 148-177-33]; [4, с. 144-148].

Вопросы для самопроверки

1. Какие типы силовых трансформаторов применяются в цеховых ТП?
2. В чем заключается послеаварийная и длительная систематическая перегрузки силовых трансформаторов?

3. Какие схемы коммутации применяются для присоединения трансформатора к распределительной внутризаводской электрической сети, к распределительному устройству до 1 кВ ТП?

4. Какие схемы коммутации применяются для линейных присоединений к распределительному устройству до 1 кВ ТП?

5. Как подразделяются цеховые ТП в зависимости от места их установки?

6. Перечислите факторы, определяющие компоновку цеховых ТП.

7. Из каких основных узлов состоят цеховые комплектные трансформаторные подстанции?

8. Какие электрические аппараты устанавливаются на первичном и вторичном напряжении цеховых ТП разной мощности и при различных схемах?

9. Как осуществляется взаимное резервирование трансформаторов цеховых ТП?

10. Как определяется место расположения ТП?

11. Каким ТП в зависимости от конструктивного исполнения и места их установки отдают предпочтение при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий?

12. Какими факторами определяется мощность и число трансформаторов цеховых ТП?

13. Что понимается под экономическим режимом работы силовых трансформаторов и как он обеспечивается?

14. Какие преобразовательные установки применяются на преобразовательных подстанциях?

15. В чем заключаются особенности выполнения электропечных подстанций?

2.4. Распределение электроэнергии при напряжении выше 1 кВ

Общие вопросы питания промышленных предприятий. Выбор напряжения и технико-экономические расчеты при проектировании сетей напряжением выше 1 кВ. Картограммы электрических нагрузок промышленных предприятий. Определение условного центра нагрузок. Выбор места расположения распределительных пунктов (РП) и понизительных подстанций.

Принципы построения схем распределения электроэнергии на промышленных предприятиях. Схемы внешнего и внутризаводского электроснабжения. Схемы питания электродвигателей на напряжении

выше 1 кВ. Схемы понизительных подстанций со вторичным напряжением 6-35 кВ.

Марки и конструкции кабелей напряжением выше 1 кВ. Кабельные сети. Токопроводы напряжением выше 1 кВ. Расчет электрических сетей напряжением выше 1 кВ.

Конструкции и компоновки РП и главных понизительных подстанций (ГПП). Применение комплектных устройств типа КРУ, КРУН, КСО и т.п.

Методические указания к изучению раздела 2.4

Данная тема предусматривает изучение вопросов построения схем внешнего и внутривозовского электроснабжения промышленных предприятий. Общими тенденциями построения современных систем электроснабжения являются осуществление принципа глубокого ввода, максимальное приближение высокого напряжения к потребителям, расположение ТП и РП 6-10-20-35 кВ в производственных корпусах, применение упрощенных схем распределения электроэнергии и схем понизительных подстанций – отказ от крупных ЦРП, двойной системы шин, выключателей на первичной стороне понизительных подстанций. Так как в большинстве случаев источником питания промышленного предприятия является энергосистема, то вопрос о сооружении собственных ТЭЦ решается в зависимости от потребления предприятием тепла на технологические нужды и наличия вторичных энергетических ресурсов. Схемы, определяемые категорией потребителей, должны отвечать требованиям гибкости при развитии и изменении производства. Рассматриваются вопросы резервирования электропитания.

В результате усвоения материала данной темы необходимо научиться правильно и обоснованно выбирать схемы питания и распределения электроэнергии, способы канализации электроэнергии, трансформаторные, распределительные подстанции и рациональные месторасположения их. Особое внимание необходимо уделить расчету сетей напряжением выше 1 кВ.

Основным критерием при выборе схем и напряжений систем внешнего и внутреннего электроснабжения при условии обеспечения технических требований является экономический фактор, т. е. минимум приведенных затрат, который устанавливается на основании технико-экономических сравнений вариантов.

Литература: [4, с. 211-212].

Вопросы для самопроверки

1. Что является источником питания промышленного предприятия?
2. В каких случаях является целесообразным строительство на предприятии собственной электрической станции?
3. Какие пункты приема электроэнергии от энергосистемы применяются на промышленных предприятиях?
4. Факторы, определяющие выбор рационального напряжения систем электроснабжения.
5. Как определяется величина рационального напряжения систем электроснабжения?
6. Какова цель построения картограммы нагрузок?
7. Как определить условный центр нагрузок предприятия?
8. Как определяется место расположения РП, ГПП?
9. Что относится к системе внешнего (внутреннего) электроснабжения?
10. Какие применяются схемы внешнего (внутризаводского) электроснабжения?
11. Дайте сравнительную характеристику и область применения радиальных, магистральных и смешанных схем распределительных сетей 6-20 кВ.
12. Возможные схемы присоединения электродвигателей напряжением выше 1 кВ.
13. Электрические схемы соединений ГПП, РП.
14. Какие комплектные распределительные устройства применяются во внутризаводской системе электроснабжения?
15. Возможные схемы присоединения силовых трансформаторов ГПП к сборным шинам 6-10 кВ.
16. Перечислите мероприятия по ограничению токов КЗ в системах электроснабжения промышленных предприятий.
17. Как рассчитываются сечения кабелей внешнего (внутризаводского) электроснабжения?
18. Как проводится технико-экономическое сравнение вариантов системы электроснабжения промышленного предприятия?

2.5. Компенсация реактивной мощности

Реактивная мощность и ее компенсация. Потребители реактивной мощности в промышленности. Способы снижения реактивных

нагрузок потребителей. Компенсирующие устройства реактивных нагрузок.

Технико-экономические расчеты по компенсации реактивной мощности. Расчет оптимальных значений реактивной мощности, получаемой из энергосистемы. Выбор и расчет компенсирующих устройств (КУ) в электрических сетях промышленных предприятий. Размещение и схемы присоединения конденсаторных установок в сетях напряжением до и выше 1 кВ. Автоматическое управление режимом реактивной мощности.

Методические указания к изучению раздела 2.5

Прохождение реактивной мощности между источниками питания и электроприемниками сопровождается увеличением тока. Это вызывает дополнительные затраты на увеличение сечений проводников в сети и мощностей трансформаторов, создает дополнительные потери электроэнергии. Кроме того, увеличиваются потери напряжения, что снижает качество электроэнергии в системах электроснабжения.

В связи с этим предусматриваются мероприятия по компенсации реактивной мощности. Они подразделяются на мероприятия не требующие применения дополнительных источников реактивной мощности и мероприятия предусматривающие установку специальных компенсирующих устройств.

Исходными данными для определения мощности компенсирующих устройств в распределительных сетях являются предельные величины реактивной мощности, которые по техническим условиям могут быть переданы потребителю от энергосистемы в режиме наибольших активных нагрузок и в режиме наименьших реактивных нагрузок системы.

Изучение этой темы требует четких знаний мероприятий по снижению потребления реактивных мощностей электроприемниками, изучение средств и способов компенсации реактивной мощности.

Задача выбора оптимального способа компенсации реактивной мощности и распределения КУ в сетях промышленных предприятий должна решаться на основе технико-экономического анализа. Оптимальная мощность КУ определяется по минимуму приведенных затрат на выработку и передачу реактивной мощности в системах электроснабжения. Для обеспечения наиболее экономичных режимов системы электроснабжения, характеризующихся неравномерным графиком суточного потребления реактивной мощности, применяют автоматическое управление компенсацией реактивной мощности. Компенсирую-

щие устройства выбираются с учетом их технико-экономических показателей, режимов работы потребителей электрической энергии, регулирования напряжения, устойчивости нагрузки и т.д.

Литература: [2, с. 289-319]; [4, с. 115-131].

Вопросы для самопроверки

1. Факторы, обуславливающие экономическую эффективность от компенсации реактивной мощности в электрических сетях.
2. В чем заключаются задачи компенсации реактивных нагрузок?
3. Два основных пути снижения реактивных нагрузок сетей и генераторов.
4. Перечислите основные потребители реактивной мощности.
5. Какие применяются мероприятия для снижения потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии?
6. Какие вы знаете источники реактивной мощности?
7. В чем суть методики проектирования средств компенсации реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий?
8. Порядок расчета компенсации реактивной мощности при проектировании систем электроснабжения.
9. Как рассчитываются оптимальные значения реактивной мощности, получаемой из энергосистемы?
10. Критерии расчета мощности компенсирующих конденсаторных установок (ККУ) напряжением до 1 кВ.
11. Как определяется мощность ККУ: по условию выбора оптимального числа цеховых трансформаторов, по критерию снижению мощности цеховых трансформаторов?
12. Что понимается под однотипной группой цеховых трансформаторов?
13. Как определяются дополнительные ККУ по критерию снижения потерь активной мощности и электроэнергии в сетях напряжением до 1 кВ?
14. Как определяется мощность ККУ в радиальных и магистральных сетях напряжением до 1 кВ?
15. Как определяется суммарная мощность ККУ в сетях напряжением выше 1 кВ.
16. Приведите схемы присоединения ККУ напряжением до и выше 1 кВ.

17. Какова цель автоматического регулирования мощности компенсирующих устройств?

18. В чем особенность компенсации реактивной мощности при наличии специфических нагрузок?

2.6. Качество электроснабжения

Общее понятие о качестве электроснабжения. Основные показатели, характеризующие качество электрической энергии в соответствии с ГОСТ 13109-87. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников. Оценка и контроль качества напряжения. Регулирование напряжения в системах электроснабжения. Ограничение колебаний напряжения. Снижение несимметрии и несинусоидальности напряжения.

Надежность электроснабжения. Основные определения, показатели, нормирование. Факторы, определяющие надежность электроснабжения, и их анализ. Оценка ущерба при нарушении электроснабжения. Методы и средства обеспечения надежности. Оптимизация надежности систем электроснабжения.

Методические указания к изучению раздела 2.6

Надежность систем электроснабжения и качества передаваемой электроэнергии обуславливают обобщенный комплексный критерий качества электроснабжения. Необходимо твердо усвоить показатели качества электроэнергии и требования к ним в соответствии с ГОСТ 13109-87. Знать средства регулирования напряжения в сетях промышленных предприятий, мероприятия по ограничению колебаний напряжения при проектировании систем электроснабжения, по ограничению уровня гармоник и несимметрии напряжения в системах электроснабжения. Эффективность применения регулирующих устройств оценивается результатами технико-экономических расчетов. Решение вопросов регулирования напряжения должно рассматриваться в комплексе с компенсацией реактивной мощности в сети. Следует также ознакомиться с устройствами и приборами, осуществляющими контроль качества электроэнергии.

Применительно к системам электроснабжения надежность – это свойство системы обеспечивать потребителей электроэнергией в допустимых пределах ее качества. Надежность системы электроснабжения определяется надежностью составляющих ее элементов, схемой этой системы с учетом оснащения ее релейной защитой и автоматикой и организацией оперативного и ремонтного ее обслуживания. На-

дежность может характеризоваться рядом показателей, таких как параметр потока отказов, среднее время восстановления, вероятность безотказной работы и др. Требуемая надежность систем электроснабжения обеспечивается резервированием, ремонтом и обслуживанием, целенаправленным управлением.

Литература: [1, с. 235-247].

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите показатели качества электроэнергии.
2. Что такое отклонение и колебание напряжения?
3. Какие принципы вызывают отклонение, колебание напряжения, несинусоидальность форм кривой и несимметрию напряжения?
4. Как влияют на экономичность работы электроприемников и сетей отклонения и колебание напряжения, несимметрия и несинусоидальность напряжения?
5. Какие технические средства и способы регулирования напряжения применяются в системах электроснабжения промышленных предприятий?
6. Как выбираются ответвления обмоток у силовых трансформаторов?
7. Какие мероприятия применяются для ограничения колебаний напряжения?
8. Как снижают уровень высших гармоник в сетях промышленных предприятий?
9. Какие мероприятия применяются по снижению несимметрии напряжения?
10. Что такое надежность системы электроснабжения, работоспособность, отказ?
11. Как нормируется надежность электроснабжения?
12. Как определяется параметр потока отказов, среднее время восстановления?
13. Чем определяется эксплуатационная надежность систем электроснабжения?
14. В чем заключается оптимизация эксплуатационной надежности систем электроснабжения?

2.7. Учет и экономия электрической энергии

Расчетный и технический учет электроэнергии на промышленных предприятиях. Технические средства учета и контроля расхода электроэнергии. Система электрических измерений.

Потери мощности и энергии в элементах системы электроснабжения и основные способы их снижения. Пути экономии электроэнергии на предприятиях. Нормирование электропотребления. Электробалансы промышленных предприятий. Регулирование режимов электроснабжения.

Методические указания к изучению раздела 2.7

Потребление электроэнергии на предприятиях может контролироваться по лимитам планового расхода электроэнергии, потребляемой активной мощности в период прохождения максимумов нагрузки в энергосистеме, заданным значением реактивной мощности, по удельным нормам расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции или работы, показателям качества электроэнергии. В связи с этим обратить внимание на организацию расчетного (для расчета с энергосистемой) и технического (контрольного) учета электроэнергии, систему электрических измерений, на применяемые технические средства для этой цели.

Необходимо уяснить сущность путей экономии электроэнергии, основные положения по составлению электробалансов промышленных предприятий, вопросы связанные с разработкой нормативной базы расхода электроэнергии и пути регулирования электрических нагрузок предприятий.

Литература: [2, с. 381-388].

Вопросы для самопроверки

1. Как организуется расчетный и технический учет электроэнергии на промышленном предприятии?
2. Что такое двухставочный и многоставочный тариф оплаты за электроэнергию? В каких случаях их применяют?
3. Что такое одноставочный тариф оплаты за электроэнергию?
4. В чем заключается необходимость контроля электропотребления?
5. Какие приборы учета и измерения электроэнергии устанавливаются в ТП, РП, ГПП?

6. Для чего нужен и как составляется баланс потребления электроэнергии?

7. Как определяются потери электроэнергии в элементах систем электроснабжения?

8. Перечислите основные мероприятия по экономии электроэнергии.

9. Какие бывают и как разрабатываются удельные нормы расхода электроэнергии?

3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Потери мощности и электроэнергии в элементах систем электроснабжения (трансформаторы, ВЛ и КЛ, электродвигатели).

2. Выбор электрооборудования в цеховых электросетях напряжением до 1 кВ.

3. Расчет токов КЗ в цеховых электросетях напряжением до 1 кВ.

4. Определение параметров электропотребления промышленных предприятий.

5. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов. Компонировка ЦТП.

6. Методы определения электрических нагрузок.

7. Определение расчетных нагрузок с учетом однофазных приемников.

8. Выполнение и оформление проектной документации по электроснабжению промышленного предприятия.

9. Канализация электрической энергии по территории предприятия. Выбор сечений проводников линий 6-10 кВ. Схемы распределения электроэнергии на промышленных предприятиях.

10. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов главной понизительной подстанции.

11. Выбор высоковольтных коммутационных и защитных аппаратов.

12. Определение мощности конденсаторных установок и их размещение в сети до 1 кВ.

13. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях 6-10 кВ.

14. Определение реактивной мощности, генерируемой синхронными двигателями.

15. Расчет экономического значения реактивной мощности, потребляемой из сети энергосистемы.

4. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Определение основных физических величин и безразмерных показателей графиков нагрузки.

2. Определение параметров схемы замещения трехобмоточного трансформатора

3. Режимы работы нейтрали в электрических сетях.

4. Определение групп соединения трехфазных трансформаторов.

5. Защита цеховых электрических сетей предохранителями и автоматическими выключателями.

6. Изучение конструкций основных элементов цеховых электрических сетей (шинопроводов, силовых распределительных шкафов, ящиков и щитов, проводов и кабелей).

7. Оперативные переключения в системе электроснабжения промышленного предприятия.

8. Расчет электрических нагрузок по коэффициенту расчетной активной мощности.

9. Составление картограмм электрических нагрузок завода.

10. Исследование влияния отклонений напряжения на работу асинхронного двигателя.

11. Автоматизация учета электроэнергии на промышленном предприятии.

12. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения.

5. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Тема: «Электроснабжение промышленного предприятия».

Примерное содержание курсового проекта:

– расчетно-пояснительная записка

Содержание расчетно-пояснительной записки имеет следующие разделы:

Введение.

1. Характеристика электроприемников цехов по требованиям надежности электроснабжения и среды производственных помещений.

2. Выбор силового исполнительного электрооборудования по заданной установленной мощности электроприемников.

3. Выбор пусковой и защитной аппаратуры электроприемников. Расчет ответвлений к электроприемникам.
 4. Разработка схемы питания электроприемников проектируемого цеха и выбор конструктивного ее исполнения.
 5. Расчет силовых и осветительных нагрузок цеха.
 6. Выбор сетевых электротехнических устройств (ШР, ШРА, ШМА, ВРУ, ТП) и аппаратов защиты в них.
 7. Выбор сечений проводов и кабелей для силовой сети проектируемого цеха.
 8. Определение расчетных электрических нагрузок цехов и завода в целом.
 9. Составление картограммы электрических нагрузок завода.
 10. Технико–экономическое обоснование (по укрупненным показателям) выбора напряжения внешнего электроснабжения.
 11. Выбор единичных мощностей и количества трансформаторов цеховых ТП предприятия.
 12. Компенсация реактивных нагрузок в электрических сетях предприятия.
 13. Разработка схемы электроснабжения завода.
 14. Расчет токов КЗ и выбор основного электрооборудования и электроаппаратуры.
 15. Электрический расчет сетей внешнего и внутривзаводского электроснабжения
- Заключение.
- Список используемой литературы.
- графического материала.

Состав графического материала:

- 1 лист (А1) – план цеха с силовой сетью, расчетная схема силовой сети;
- 2 лист (А2 или А1) – генплан промышленного предприятия с электрической сетью и картограммой нагрузок. Кабельный журнал;
- 3 лист (А1) – полная однолинейная схема электроснабжения предприятия.

6. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

6.1. Задание на контрольную работу № 1

Ремонтно-механический цех (РМЦ) питается от ТП 10/0,4 кВ по схеме, показанной на рис. 6.1.

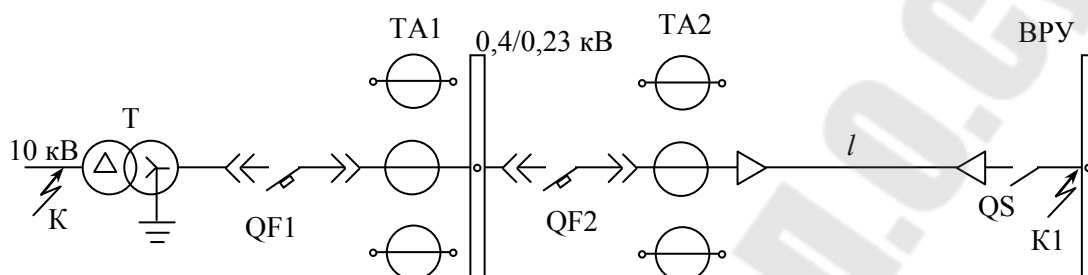


Рис. 6.1. Схема электроснабжения РМЦ

Расстояние от вводно – распределительного устройства (ВРУ) РМЦ до ТП (l) указано в табл. 6.1. В этой же таблице приведены номинальная мощность трансформатора ТП ($S_{\text{ТП}}$), его коэффициент загрузки (β_{T}) и коэффициента мощности нагрузки трансформатора (и коэффициента мощности нагрузки трансформатора ($\cos \varphi_{\text{T}}$), установившийся ток трехфазного короткого замыкания на выводах 10 кВ трансформатора (I_{∞}).

В таблице П.2 приведены размеры РМЦ, строительный модуль его, а также координаты расположения ВРУ. Питание электроприемников РМЦ осуществляется от ВРУ через два силовых пункта (СП) и распределительный шинопровод (ШРА). В табл. П.3 приведены номера

и количество электроприемников, присоединенных к силовым пунктам и шинопроводу. Краткая характеристика потребителей (наименование и установленная мощность) приведены в табл. П.4.

Содержание контрольной работы:

1. Составить план цеха (масштаб 1:100 или 1:200). Отметить место расположения ВРУ. Произвольно разместить силовые пункты, распределительный шинопровод и запитанные от них электроприемники.
2. Выбрать пусковую и защитную аппаратуру для электроприемников.

3. Выбрать сечения и марку проводников для подключения электроприемников.

4. Рассчитать осветительную нагрузку цеха.

5. Определить расчетные нагрузки групп электроприемников и расчетную нагрузку цеха в целом.

6. Выбрать схему цеховой распределительной сети напряжением до 1 кВ и конструктивное ее выполнение. На план цеха нанести силовую распределительную сеть.

7. Выбрать защитные аппараты в СП, ШРА и ВРУ, а также автомат в ячейке ТП, питающей цех. Выбрать тип СП, ШРА и ВРУ.

8. Выбрать сечения и марку проводников для подключения СП, ШРА и ВРУ.

9. Определить величину напряжения на зажимах наиболее удаленного от ВРУ электроприемника цеха.

10. Рассчитать токи трехфазного и однофазного короткого замыкания в точку К1. Проверить на электродинамическую стойкость выбранные панели ВРУ. Выполнить проверку по условию успешного срабатывания при однофазном коротком замыкании автоматического выключателя QF₂.

11. Составить расчетную схему цеховой сети, на которой указать типы выбранных СП, ШРА и ВРУ, защитные аппараты с указанием номинальных параметров, марку и длину проводников.

6.2. Методические указания к выполнению контрольной работы № 1

1. Место расположения ВРУ в ремонтно-механическом цехе отмечено с помощью цифрового и буквенного обозначения осей, соответствующих строительному модулю. По длине цеха оси обозначаются 1, 2, 3 и т. д., по ширине А, Б, В и т. д. Так, например, для А4 – А5 место расположения ВРУ отмечено на рис. 6.2.

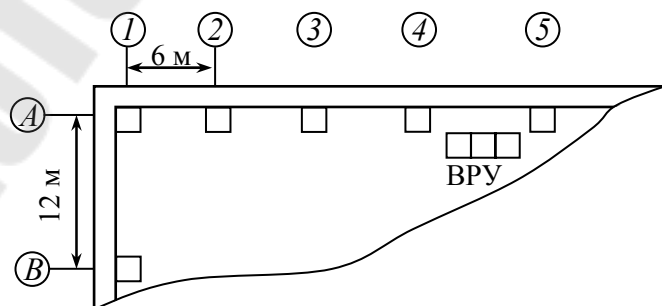


Рис. 6.2

2. Заменяем каждую единицу оборудования эквивалентным двигателем.

Электродвигатели для приводов производственных механизмов выбираются по мощности, напряжению, режиму работы, частоте вращения и условиям окружающей среды.

Электродвигатель необходимо выбирать таким образом, чтобы его номинальная мощность соответствовала мощности приводного механизма.

$$P_{\text{уст}} \leq P_{\text{н.эд}}, \quad (6.1)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

$P_{\text{н.эд}}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Двигатель должен быть выбран в соответствии с напряжением заводской сети.

$$U_{\text{н.эд}} \geq U_{\text{с}}, \quad (6.2)$$

где $U_{\text{н.эдс}}$ – номинальное напряжение электродвигателя, кВ; $U_{\text{с}}$ – номинальное напряжение сети, кВ.

К выбору рекомендуются выбирать асинхронные электродвигатели серии А4 основного исполнения, с синхронной частотой $1500 \div 3000$ об/мин, со степенью защиты IP44.

Технические характеристики асинхронных электродвигателей приведены в табл. 6.1.

Номинальная мощность электродвигателей повторно-кратковременного режима работы (краны, подъемники и т. д.) определяется по формуле:

$$P_{\text{н}} = P_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$$

где ПВ – продолжительность включения в относительных единицах.

Технические характеристики асинхронных крановых электродвигателей приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.1

**Технические данные асинхронных электродвигателей
с короткозамкнутым ротором серии 4А основного исполнения**

Тип двигателя	P_n , кВт	При номинальной нагрузке		$\frac{M_n}{M_n}$	$\frac{I_n}{I_n}$
		r , %	$\cos \varphi$		
3000 об/мин (синхр.)					
4А 71В2У3	1,1	77,5	0,87	2,0	5,5
4А 80А2У3	1,5	81,0	0,85	2,0	6,5
4А 80В2У3	2,2	83,0	0,87	2,0	6,5
4А 90L2У3	3,0	84,5	0,88	2,0	6,5
4А 100S2У3	4,0	86,5	0,89	2,0	7,5
4А 100L2У3	5,5	87,5	0,91	2,0	7,5
4А 112M2У3	7,5	87,5	0,88	2,0	7,5
4А 132M2У3	11,0	88,0	0,90	1,6	7,5
4А 160S2У3	15,0	88,0	0,91	1,4	7,5
4А 160M2У3	18,5	88,5	0,92	1,4	7,5
4А 180S2У3	22,0	88,5	0,91	1,4	7,5
4А 180M2У3	30,0	90,0	0,92	1,4	7,5
4А 200M2У3	37,0	90,0	0,89	1,4	7,5
4А 200L2У3	45,0	91,0	0,90	1,4	7,5
1500 об/мин (синхр.)					
4А 80А4У3	1,1	75,0	0,81	2,0	5,0
4А 80В4У3	1,5	77,0	0,83	2,0	5,0
4А 90L4У3	2,2	80,0	0,83	2,0	6,0
4А 100S4У3	3,0	82,0	0,83	2,0	6,5
4А 100L4У3	4,0	84,0	0,84	2,0	6,5
4А 112M4У3	5,5	85,5	0,85	2,0	7,0
4А 132S4У3	7,5	87,5	0,86	2,0	7,0
4А 160M4У3	11,0	87,5	0,87	1,6	7,0
4А 160S4У3	15,0	88,5	0,88	1,4	7,0
4А 160M4У3	18,5	89,5	0,88	1,4	7,0
4А 180S4У3	22,0	90,0	0,90	1,4	7,0
4А 180M4У3	30,0	90,5	0,9	1,4	7,0
4А 200M4У3	37,0	91,0	0,9	1,4	7,0
4А 200L4У3	45,0	92,0	0,90	1,4	7,0

Таблица 6.2

**Технические данные крановых асинхронных
электродвигателей (ПВ = 40 %)**

Тип двигателя	P_n , кВт	η , %	$\cos \varphi$	I_n , А при 380 В	I_n , А при 380 В
МКТФ 012-6	2,2	67	0,69	7,2	22
МКТФ111-6	3,5	72	0,79	9,4	35
МКТФ 112-6	5,0	74	0,74	13,8	53
МКТФ 211-6	7,5	75,5	0,77	19,5	78
МКТФ 311-6	11	77,5	0,76	28,5	130
МКТФ 312-6	15	81	0,78	36	205
МКТФ411-6	22	82,5	0,79	51	275
МКТФ 412-6	30,0	83,5	0,78	70	380

Для управления электродвигателями рекомендуется применять магнитные пускатели серии ПМЛ или ПМА.

Выбор магнитных пускателей осуществляется из соотношения

$$I_{нэ} \geq I_n$$

где $I_{нэ}$ – номинальный ток нагревательного элемента теплового реле.

Технические характеристики магнитных пускателей приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Технические характеристики магнитных пускателей

Тип в зависимости от степени защиты		Номинальный ток, А при степени защиты	
IP 00	IP54	IP 00	IP54
ПМЛ 110004	ПМЛ 121002	10	10
ПМЛ 210004	ПМЛ 221002	25	22
ПМЛ 310004	ПМЛ 321002	40	36
ПМЛ 410004	ПМЛ 421002	63	60
ПМЛ 510004	ПМЛ 521002	80	80
ПМЛ 610004	ПМЛ 621002	125	100
ПМЛ 710004	ПМЛ 721002	200	160

Защиту электродвигателей целесообразно выполнять предохранителями или автоматическими выключателями серии ВА.

Многие производственные механизмы и установки, например, обрабатывающие станки, мощные электрические печи, выпускаются со встроенной аппаратурой управления и защиты. Поэтому при проектировании электрооборудования выбор такой аппаратуры не осуществляется.

Вентиляционные установки, насосы и грузоподъемные механизмы (кран–балки, подъемники и др.) поставляются без коммутационных и защитных аппаратов. Для этих установок выбор коммутационной и защитной аппаратуры должен осуществляться.

Условия выбора предохранителей:

$$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{р}};$$

$$I_{\text{в}} \geq \frac{I_{\text{п}}}{\alpha},$$

где $I_{\text{п}}$ – пиковый ток линии или ответвления; α – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки, который при легких условиях пуска двигателя принимается равным 2,5, при тяжелых – 1,6÷2,0, для ответственных электроприемников – 1,6.

Технические характеристики предохранителей приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Технические параметры предохранителей на напряжение до 1 кВ

Наименование	Номинальный ток, А		Предельный отключающий ток, кА
	предохранителя	плавкой вставки	
НПН2–60	63	6; 10; 16; 20; 25; 31; 40; 63	10
ПН2–100	100	31,5; 40; 50; 63; 80; 100	100
ПН2–250	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	100
ПН2–400	400	200; 250; 315; 355; 400	40
ПН2–600	630	315; 400; 500; 630	25

Условия выбора автоматических выключателей

$$I_{\text{в}} \geq I_{\text{р}};$$

$$I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{р}};$$

$$I_{\text{ср.р}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{п}}.$$

Номинальные токи уставок автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам защищаемых участков сети.

Расчетный ток трехфазного электродвигателя определяется по выражению:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{ном}}}.$$

Пусковой ток двигателя

$$I_{\text{пуск}} = I_p \cdot \frac{I_{\text{п}}}{I_n}.$$

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя или распейтателя автоматического выключателя, защищающих ответвления к сварочному аппарату, выбирается из соотношения:

$$I_{\text{н.р}} = 1,2 \cdot I_n \cdot \sqrt{\text{ПВ}},$$

где I_n – номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения ПВ.

Технические характеристики автоматических выключателей приведены в табл. 6.5.

3. Сечение жил проводников и кабелей напряжением до 1 кВ по нагреву определяется по таблицам длительно-допустимых токов, составленных для нормальных условий прокладки.

Определение допустимых токов проводников осуществляется по формулам:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{п}}},$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток выбираемого проводника, А;

$K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающих условия прокладки проводов и кабелей (при нормальных условиях прокладки $K_{\text{п}} = 1$).

Таблица 6.5

**Технические данные автоматических выключателей серий ВА51 и ВА52 с
комбинированным расцепителем**

Тип выключа- теля	Номинальный ток, А		Кратность тока отсечки, $I_{отс}$
	выключателя	расцепителя	
Однополюсные			
ВА51-29	63	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63	3; 7; 10
ВА51-31-1	100	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63; 80; 100	
Трехполюсные			
ВА51Г-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	14
ВА51-25	25	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	7; 10
ВА51-31	100	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	7; 10
ВА52-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	3; 7; 10
ВА51-33 ВА52-33	160	80; 100; 125; 160	10
ВА51-35 ВА52-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12
ВА51-37 ВА52-37	400	250; 320; 400	10
ВА51-39 ВА52-39	630	400; 500; 630	10

Выбранные проводники должны согласовываться с защитным аппаратом:

$$I_{доп} \geq \frac{K_3 I_3}{K_{п}}$$

где K_3 – кратность длительно допустимого тока проводника по отношению к номинальному току защитного аппарата (I_3), принимается по табл. 6.6.

Таблица 6.6

Длительно допустимые токовые нагрузки для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение жил, мм ²	Длительно допустимый ток, А для проводов проложенных					
	открыто	в трубе				
		Два од-ножиль-ных	три од-ножиль-ных	четыре од-но-жильных	Одного двухжи-льного	Одного трехжи-льного
2,0	21	19	18	15	17	14
2.5	24	20	19	19	19	16
3,0	27	24	22	21	22	18
4,0	32	28	28	23	25	21
5,0	36	32	30	27	28	24
6,0	39	36	32	30	31	28
8,0	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-

Таблица 6.7

Длительно допустимые токовые нагрузки для кабелей с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение жил, мм ²	Длительно допустимый ток, А				
	Одножильный в воздухе	Двухжильный		Трехжильный	
		в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4,0	31	29	42	27	38
6,0	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385

Таблица 6.8

Поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубе)

Расстояние между кабелями в свету, мм	Коэффициент при количестве кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,0	0,9	0,85	0,8	0,78	0,75
200	1,0	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,0	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Таблица 6.9

Поправочные коэффициенты на токи для проводов и кабелей в зависимости от температуры земли и воздуха

Условная температура среды, °С	Нормированная температура жил, °С	Поправочные коэффициенты на токи при расчетной температуре среды, °С										
		-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40	+45
15	80	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73
25	80	1,24	1,20	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80
25	70	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,74
15	65	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63
25	65	1,32	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71
15	60	1,20	1,15	1,12	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	0,57
25	60	1,36	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,75	0,66
15	55	1,22	1,17	1,12	1,07	1,00	0,93	0,85	0,79	0,71	0,61	0,50
25	55	1,41	1,35	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58
15	50	1,25	1,20	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54	0,37
25	50	1,48	1,41	1,34	1,26	1,10	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63	0,45

Таблица 6.10

**Поправочный коэффициент на допустимый длительный ток для кабелей,
проложенных в земле, в зависимости от удельного
сопротивления земли**

Характеристика земли	Удельное сопротивление, Ом·К/Вт	Поправочный коэффициент
Песок влажностью более 9%, песчано-глинистая почва влажностью более 1%	80	1,05
Нормальная почва и песок влажностью 7÷9, песчано-глинистая почва влажностью 12÷14%	120	1,00
Песок влажностью более 4 и менее 7%, песчано-глинистая почва влажностью 8÷12%	200	0,87
Песок влажностью до 4%, каменистая	300	0,75

Выбранные проводники должны согласовываться с защитным аппаратом:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{K_3 I_3}{K_{\text{п}}},$$

где K_3 – кратность длительно допустимого тока проводника по отношению к номинальному току защитного аппарата (I_3), принимается по табл. 6.11.

Таблица 6.11

Соотношение между допустимыми токами проводов $I_{\text{п}}$ и номинальными токами аппаратов защиты I_3 и значение коэффициента защиты K_3

Помещения, здания	Тип провода при любом способе прокладки	Длительно допустимый ток провода $I_{\text{п}}$ при аппарате защиты		
		Предохранители	Автоматы с обратной зависимой от тока характеристикой	
			Нерегулируемый расцепитель	Регулируемый расцепитель
<i>Сети, не защищаемые от перегрузки</i>				
Всех назначений	Всех типов	$I_{\text{п}} \geq 0,33 \cdot I_3$ $K_3 = 0,33$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3, K_3 = 1$	$I_{\text{п}} \geq 0,8 \cdot I_3$ $K_3 = 1$
<i>Сети, защищаемые от перегрузки</i>				
Производственные	Открыто проложенные, с горючей наружной оболочкой или изоляцией	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3$ $K_3 = 1$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3, K_3 = 1$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3$ $K_3 = 1$ $I_{\text{п}} \geq I_3$ $K_3 = 1$
Общественные и жилые, торговые, служебно-бытовые промышленных предприятий, в том числе для бытовых и переносных электроприемников	С ПВХ, резиновой или аналогичной по тепловым характеристикам изоляцией	$I_{\text{п}} \geq 1,25 \cdot I_3$ $K_3 = 1,25$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3, K_3 = 1$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3$ $K_3 = 1$
Пожароопасные	Всех типов	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3$ $K_3 = 1$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3, K_3 = 1$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3$ $K_3 = 1$
Взрывоопасные	Всех типов	$I_{\text{п}} \geq 1,25 \cdot I_3$ $K_3 = 1,25$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3, K_3 = 1$	$I_{\text{п}} \geq I_3$ $I_{\text{п}} \geq I_3$ $K_3 = 1$

Ответвления к электроприемникам прокладываются в трубах.

Трассы участков трубных прокладок условно делятся на три степени сложности в зависимости от их длины и числа углов.

Характеристика трассы по сложности приведена в табл. 6.12.

Таблица 6.12

Характеристика трассы	Примерная длина участков, м		
	средних	слож-ных	простых
Прямая или слабо искривленная	75	100	50
С одним прямым или двумя тупыми углами	50	75	30
С двумя прямыми углами	30	50	20

Условный проход стальных и пластмассовых труб, в зависимости от числа, марки и сечения проводников приведены в табл. 6.13.

Таблица 6.13

Условный проход стальных и пластмассовых труб, в зависимости от числа, марки и сечения проводников, мм

Сечение, мм ²	Одножильные провода АПВ, ПВ, ПР, АПР при числе проводов, равном							Кабели АВВГ с одножильными жилами при числе жил			
	2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5
1,5	15	15	15	15+	20-	20	20				
2,5	15	15	15+	20-	20	20	20+	25-	25+		
4	15	15	15+	20	20	20+	25-	25+	25+	25+	
6	15	15+	20	20+	20+	25	25+	25+	25+	32-	32+
10	20	20+	25+	32-	32-	32+	32+	32-	32+	32+	40-
16	25	25+	32-	32	32+	40+	40+	32+	32+	40-	40+
25	32-	32	32+	40+	50-	50	50+	40+	50+	50+	70-
35	32	32+	40+	50-	50	50+	70-	50-	50+	70-	70+
50	40-	40+	50	50+	70-	70	70+	50+	70-	70-	80-
75	50	50	70-	70	70+	80-	80+	50+	70+	70+	80+
95	70-	70-	70+					70-	80+	70+	100-
120	70	70	80-								
150	70	70+	80+								
185	80-	80+	100-								

В таблице указаны условные проходы труб для трасс средней сложности; знак (+) обозначает необходимость выбора ближайшего большего условного прохода при сложных трассах; знак (–) обозначает необходимость выбора ближайшего меньшего условного прохода при простых трассах.

4. Определение расчетной осветительной нагрузки выполнить методом коэффициента спроса. Установленная мощность освещения вычисляется методом удельной площади на единицу площади освещаемого помещения.

Удельная мощность освещения представляет собой отношение суммарной мощности всех источников света к площади освещаемого ими.

Расчет данным методом сводится к следующему:

а) по таблице наиболее близко отвечающей заданным условиям принимается величина удельной мощности;

б) определяется установленная мощность источников света в помещении:

$$P = P_{\text{уд}} \cdot S,$$

где S – площадь освещаемого помещения, м^2 .

Удельная мощность для светильников с лампами ДРЛ приведена в табл. 6.14

Таблица 6.14

Удельная мощность для светильников с лампами ДРЛ

Светильники с лампами ДРЛ при освещенности 100 лк			
$S, \text{м}^2$	УПДРЛ	РСП05	СЗ4ДРЛ
50 ... 65	13	7,3	6,7
65 ... 90	11,2	6,8	6,3
90 ... 135	9,4	6,2	5,9
135 ... 250	7,9	5,6	5,3
250 ... 500	6,8	5	4,9
> 500	5,4	4,5	4,3
70 ... 100	15,8	7,9	7,4
100 ... 130	13,1	7,4	6,8
130 ... 200	11,2	6,7	6,2
200 ... 300	9,3	6,1	5,7
300 ... 600	7,8	5,5	5,3
600 ... 1500	6,2	4,8	4,7
> 1500	5,3	4,4	4,2

5. Расчетные нагрузки от силовых электроприемников для каждой группы и цеха определяется методом упорядоченных диаграмм.

Определение расчетной нагрузки производится согласно метода упорядоченных диаграмм.

Расчетная нагрузка для группы электроприемников определяется по выражению

$$P_p = K_p \cdot \sum K_{и} \cdot P_{н} ,$$

где K_p – коэффициент расчетной нагрузки; $K_{и}$ – коэффициент использования группы электроприемников или цеха.

Величина K_p принимается в зависимости от эффективного числа электроприемников группы и группового коэффициента использования

$$K_p = f(K_{и}, n_{э})$$

Групповой коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{и} = \frac{\sum P_{ни} \cdot k_{ни}}{\sum P_{ни}} .$$

Величина $n_{э}$ называется эффективным числом электроприемников, которые обуславливает ту же величину расчетной нагрузки, что и группа электроприемников различных по мощности и режиму, определяется по формуле:

$$n_{э} = \frac{(\sum P_{ни})^2}{\sum P_{ни}^2} ,$$

где $p_{н}$ – номинальная активная нагрузка группы электроприемников или всего цеха, кВт, которая определяется по выражению:

расчетную реактивную нагрузку составит:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{ср.взв.}} = P_p \cdot \frac{\sum_{i=1}^n P_{ни} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i}{P_{\text{уст}}} .$$

Полная расчетная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} .$$

Расчетный ток

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_{н}} , \text{ А.}$$

Пиковый ток группы электроприемников, А

$$I_{\text{п}} = I_{\text{п.маx}} + I_{\text{р}} - I_{\text{н.маx}} \cdot K_{\text{и}}$$

Значение коэффициента расчетной нагрузки для питающих сетей напряжением до 1 кВ приведено в табл.6.15.

Таблица 6.15

Значения коэффициентов расчетной нагрузки $K_{\text{р}}$ для питающих сетей напряжением до 1000 В

	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14	1,0
2	6,22	4,33	3,39	2,45	1,98	1,60	1,33	1,14	1,0
3	4,05	2,89	2,31	1,74	1,45	1,34	1,22	1,14	1,0
4	3,24	2,35	1,91	1,47	1,25	1,21	1,12	1,06	1,0
5	2,84	2,09	1,72	1,35	1,16	1,16	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,11	1,13	1,06	1,01	1,0
7	2,49	1,86	1,54	1,23	1,12	1,10	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,27	1,71	1,43	1,16	1,09	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,07	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,61	1,35	1,1	1,06	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,05	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,99	1,52	1,29	1,06	1,04	1,01	1,0	1,0	1,0
14	1,94	1,49	1,27	1,05	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,89	1,46	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
17	1,81	1,41	1,21	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,39	1,19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,75	1,36	1,17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,72	1,35	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21	1,69	1,33	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
22	1,67	1,31	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	1,64	1,30	1,12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
24	1,62	1,28	1,11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,6	1,27	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,51	1,21	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,44	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	1,3	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица 6.16

Значения коэффициентов расчетной нагрузки K_p на шинах НН цеховых трансформаторов и для магистральных шинопроводов напряжением до 1 кВ

n_3	Коэффициент использования $K_{и}$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
Более 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Таблица 6.17

Значение коэффициента использования и мощности для некоторых механизмов и аппаратов промышленных предприятий

Наименование оборудования	Коэффициенты	
	использования	мощности $\cos\varphi$
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные, расточные)	0,12÷0,14	0,5
То же при крупносерийном производстве	0,16	0,6
Штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные и расточные станки	0,17÷0,25	0,65
Поточные линии, станки с ЧПУ	0,6	0,7
Вентиляторы	0,6÷0,8	0,8
Насосы, компрессора	0,7÷0,8	0,8
Краны, кран–балки с ПВ=25%	0,06	0,5
Краны, кран–балки с ПВ=40% и более	0,1	0,5

Окончание табл. 6.17

Наименование оборудования	Коэффициенты	
	использования	мощности $\cos\varphi$
Стенд испытательный	0,4	0,5
Сварочный трансформатор дуговой сварки	0,25÷0,3	0,35÷0,4
Сварочные дуговые автоматы	0,35	0,5
Печь сопротивления с автоматической загрузкой, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75÷0,8	0,95
Моечные машины	0,6	0,8

Шкафы и распределительные шинопроводы выбираются по номинальному току и количеству присоединений.

$$I_{\text{ш}} \geq I_{\text{р}}, \quad N_{\text{ш}} \geq N_{\text{эп}}.$$

Если распределительный шинопровод подключается не в начале, то он выбирается по расчетному току наиболее нагруженного плеча от точки присоединения питающей линии до конца шинопровода. Для этого предварительно вычисляется ток нагрузки на 1 м шинопровода по выражению:

$$i_{\text{ш}} = \frac{S_{\text{рш}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}} \cdot l_{\text{ш}}},$$

где $S_{\text{рш}}$ – полная мощность расчетной группы электроприемников, питающихся от шинопровода; $l_{\text{ш}}$ – длина распределительного шинопровода.

Расчетный ток плеча шинопровода, имеющий длину l определяется как $I_{\text{р}} = i_{\text{рш}} \cdot l_{\text{р}}$.

При присоединении питающей линии в начале шинопровода $l_{\text{р}} = l_{\text{ш}}$.

Технические характеристики шинопроводов приведены в табл. 6.18.

Таблица 6.18

**Основные технические характеристики шинопроводов
ШРА 73 и ШРА 5**

Показатели	Для шинопровода на номинальный ток, А		
	250	400	630
Электродинамическая стойкость, кА	15	25	35
Размеры шин, мм	35×5	50×5	80×5
Сопротивление на фазу, Ом/км			
Активное	0,21	0,15	0,10
Индуктивное	0,21	0,17	0,13
Сопротивление петли фаза-нуль (полное), Ом/км	0,55	0,49	0,29
Линейная потеря напряжения на длине 100 м при равномерно распределенной нагрузке и $\cos \varphi = 0,8$	8,5	7,5	8,5

Таблица 6.19

Номенклатура прямых секций шинопроводов

Наименование	Тип шинопровода		Кол-во от- ветвлений
	ШРА 5	ШРА 73	
Номинальный ток 250 А			
Секция прямая 1000 мм	У 5020	У 2020	2
Секция прямая 3000 мм	У 5018	У 2018	2
Секция прямая 3000 мм	У 5022	У 2022	4
Номинальный ток 400 А			
Секция прямая 1000 мм	У 5040	У 2040	2
Секция прямая 3000 мм	У 5054	У 2054	2
Секция прямая 3000 мм	У 5042	У 2042	4
Номинальный ток 630 А			
Секция прямая 1000 мм	У 5060	У 2060	2
Секция прямая 3000 мм	У 5074	У 2074	2
Секция прямая 3000 мм	У 5062	У 2062	4

Таблица 6.20

Номенклатура ответвительных коробок

Тип	Наименование	Номинальная сила тока защитного аппарата, А	Номинальная сила тока шинпровода, А
У 2031 У 5031	Коробка ответвительная с предохранителями ПН 2–100	100	250 400
У 2032 У 5032	Коробка ответвительная с разъединителем на 160А	–	630
У 2033 У 5033	Коробка ответвительная с разъединителем на 250А	–	400 630
У 2038 У 5038	Коробка ответвительная с автоматическим выключателем	100	250 400
У 2039 У 5039	Коробка ответвительная с автоматическим выключателем	160	630
У 2051 У 5051	Коробка ответвительная с автоматическим выключателем	250	400 630

Технические характеристики распределительных пунктов приведены в табл. 6.21.

Таблица 6.21

Основные параметры и характеристики ПР 85–Ин1 и ПР 88–Ин1

Наименование показателя	Значение	
	ПР 85	ПР 88
Номинальное напряжение, В	380	380
Номинальная частота, Гц	50	50
Номинальный ток ввода, А, не более	630	250
Номинальный ток аппарата распределения, А, не более	250	63
Номинальный ударный ток к.з. на шинах, кА при I_n шкафа до 250А при I_n шкафа до 630А	10 40	
Номинальный режим работы	продолжительный	
Исполнение по способу установки	(1) утопленные (3) навесные	
	7 напольные	–
Степень защиты	IP 21. IP 54	

Таблица 6.22

Техническая характеристика ПР 85–Ин1

Номер схемы			I_H шкафа, А	Автоматические выключатели, I_H , А							
Исполнение				Ввод			Распределение				
Утоп- ленное	навес- ное	наполь- ное		160, 250	400	630	1пол.	3-х полюсные			
			до 63				до 63	до 100	до 200		
001	001		225/2 00					6			
002	002		360/ 320				12	8			
004	004						18	6			
003	003						24	4			
005	005							4	2	2	
006	006							4	4		
007	007							6	4		
008	008			550/ 500				6	4		
009	009							6			
010	010							8			
011	011							12			
012	012								2	2	
013	013								2	4	
014	014								4	2	
015	015								4	4	
016	016								6	2	
017	017								8	2	
018	018							12	6		
100	100		225/ 200	1			6	4			
101	101				1			12	6		
	102	102			1			12	8		
103	103				1				6	1	
104	104								8		
200	200					1		12	6		
	201	201				1		12	8		
	202	202				1			4	2	2
203	203					1			4	4	

Окончание табл. 6.22

Номер схемы			I_n шкафа, А	Автоматические выключатели, I_n , А							
Исполнение				Ввод			Распределение				
Утоп- ленное	навес- ное	наполь- ное		160, 250	400	630	1пол. до 63	3-х полюсные			
							до 63	до 63	до 100	до 200	
	204	204	360/ 320		1			6	4		
205	205				1			12			
206					1				2	2	
	207	207			1				2	4	
	208				1				4	2	
	209	209			1				4	4	
	210				1				6	2	
211	211				1				8		
	212	212			1				8	2	
	213	213			1				10		
	214				1					6	
	300	300		550/ 500			1	18	6		
	301	301						1	24	4	
302	302						1		8		
	303	303					1		12		
	304						1			2	
	305						1			4	
306	306						1			6	
	307	307					1			8	
	308	308					1			12	
	309	309					1			6	

Таблица 6.23

Техническая характеристика ПР 88–Ин1

Номер схемы	I_n шкафа, А	Аппараты учета		ТТ, 3 шт, А	УЗО, А	Автоматические выключатели, I_n , А		
		сч-к одно- фаз.	сч-к трех- фаз			ввод	распределение	
							1 пол 10÷63 А	3-х по- люсные 10÷63 А
001	250	+	+	300/5	250	250	8	4
002	200			200/5		200		
003	160			200/5		160		
004	125			200/5		125		
005	100			100/5	100	100		
006	80			100/5		80		
007	63			75/5		63		
008	50			75/5		50		
009	250			300/5		-		
010	200	200/5	200					
011	160	200/5	160					
012	125	200/5	125					
013	100	100/5	100					
014	80	100/5	80					
015	63	75/5	63					
016	50	75/5	50					
017	250	-	+	300/5	250		250	-
018	200			200/5		200		
019	160			200/5		160		
020	125			200/5		125		
021	100			100/5	100	100		
022	80			100/5		80		
023	63			75/5		63		
024	50			75/5		50		
025	63			-		63		
026	50			-		50		
027	63			-		63		
028	50			-		50		

Окончание табл. 6.23

Номер схемы	I_n шкафа, А	Аппараты учета		ТТ, 3 шт, А	УЗО, А	Автоматические выключатели, I_n , А		
		сч-к одно- фаз.	сч-к трех- фаз			ввод	распределение	
							1 пол 10÷63 А	3-х по- люсные 10÷63 А
029	250	–	+	300/5	–	250	–	8
030	200	–	+	200/5		200		
031	160	–	+	200/5		160		
032	125	–	+	200/5		125		
033	100	–	+	100/5		100		
034	80	–	+	100/5		80		
035	63	–	+	75/5		63		
036	50	–	+	75/5		50		
037	63	–	+	–	–	63	–	6
038	50	–	+	–	–	50		
039	63	+	–	–	–	63	18	–
040	50	+	–	–	–	50		
	63	+	+	–	100	63	8	4
	50	+	+	–		50		
	63	+	+	–	–	63	8	4
	50	+	+	–	–	50		

Технические характеристики ящиков

Тип ящика	Номинальный ток ящика, А	Номинальный ток расцепителя авт. выключателя, А
Я 5110	0,6	1,6
Я5111	1	1,6
Я 5410	1,6	2,0
Я5411	2,5	3,15
Я5141	4	5,0
Я5441	6	8,0
	8	10,0
	10	12,5
	12,5	16,0
	16	20,0
	25	31,5
	32	40,0
	40	50,0
	50	63,0
	63	80,0
	80	100,0
	100	125,0
	125	160,0
	160	160,0

9. Электрические сети напряжением до 1 кВ рассчитываются на нагрев и проверяются на потерю напряжения.

В нормальном режиме на зажимах электроприемников величина напряжения должна быть в диапазоне $95 \div 105 \% U_{\text{н}}$.

Величина напряжения на зажимах наиболее удаленного от ТП электроприемника определяется по выражению

$$U_{\text{э}} = U_{\text{ип}} - \sum_{i=1}^m \Delta U_i,$$

где $U_{\text{ип}}$ – напряжение на шинах до 1 кВ ТП; ΔU_i – потери напряжения на i -м участке сети; m – число участков на пути от шин вторичного напряжения ТП до точки, в которой определяется $U_{\text{э}}$.

Напряжение на шинах ИП вычисляется по формуле:

$$U_{\text{ип}} = U_{\text{х}} - \Delta U_{\text{т}},$$

где U_x – потери холостого хода трансформатора и составляют 105 %.

Потери напряжения в трансформаторе можно определить:

$$\Delta U_T = \beta(U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi), \quad (6.3)$$

где β – коэффициент загрузки трансформатора; U_a и U_p – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора, которые определяются следующими выражениями:

$$U_a = \frac{P_k}{P_{\text{ном}}} \cdot 100; \quad (6.4)$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2}, \quad (6.5)$$

где P_k – потери короткого замыкания, кВт;

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

U_k – напряжение короткого замыкания, %.

Потери напряжения в линии электропередачи в процентах вычисляется по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot \sum_{i=1}^n I_{pi} \cdot l_i}{U_H} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi),$$

где I_p и l – расчетный ток и длина линии; r_0 и x_0 – удельное активное и индуктивное сопротивление линии; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки линии.

Для распределительных шинопроводов с равномерной нагрузкой потеря напряжения не должна превышать 2,0-2,5 %. При ее определении равномерно распределенная нагрузка заменяется сосредоточенной нагрузкой той же величины, приложенной в середине расчетного участка. В этом случае

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot I_p \cdot l_{\text{ш}}}{U_H} (r_{\text{ош}} \cos \varphi + x_{\text{ош}} \sin \varphi),$$

где I_p и l – расчетный ток и длина наиболее нагруженного плеча шинопровода.

Значение сопротивлений линий и шинопроводов приведены в табл. 6.24.

Сопротивление проводов и кабелей

Сечение жилы, мм ²	Активное сопротивление жилы, Ом/км		Индуктивное сопротивление, Ом/км			
			Кабеля напряжением, кВ			Провода
	алюминиевой	медной	1	6	10	
1,5		12,3				0,126
2,0		9,2				0,121
2,5	15,5	7,4	0,104			0,116
3,0	10,4	6,13	0,095			0,113
4	7,81	4,63				0,107
5	6,24	3,68				0,103
6	5,21	3,09	0,9			0,1
10	3,12	1,84	0,073	0,11		0,099
16	1,95	1,16	0,0675	0,102	0,113	0,095
25	1,25	0,74	0,0662	0,091	0,099	0,091
35	0,894	0,53	0,0637	0,087	0,095	0,088
50	0,625	0,37	0,0625	0,083	0,09	0,085
70	0,447	0,265	0,0612	0,08	0,086	0,082
95	0,329	0,195	0,0602	0,078	0,083	0,081
120	0,261	0,154	0,0602	0,076	0,081	0,08
150	0,208	0,124	0,0596	0,074	0,079	0,079
185	0,169	0,1	0,0596	0,073	0,077	0,078
240	0,13	0,077	0,0587	0,071	0,075	0,077

10. При электроснабжении энергосистемы от энергосистемы через понижающий трансформатор начальное действующее значение периодической составляющей трехфазного тока КЗ в килоамперах без учета подпитки от электродвигателей рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{U_{\text{ср.нн}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{1\Sigma}^2 + x_{1\Sigma}^2}},$$

где $U_{\text{ср.нн}}$ – среднее номинальное напряжение сети, в которой произошло короткое замыкание, В; $r_{1\Sigma}$, $x_{1\Sigma}$ – соответственно суммарное активное и суммарное индуктивное сопротивление прямой последовательности цепи КЗ, мОм.

Эти сопротивления равны:

$$r_{1\Sigma} = r_T + r_{Ta} + r_{KB} + r_{Ш} + r_K + r_L + r_D,$$

$$x_{1\Sigma} = x_C + x_T + x_{Ta} + x_{KB} + x_{Ш} + x_L.$$

Начальное значение периодической составляющей тока однофазного КЗ от системы в килоамперах рассчитывают по формуле:

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.НН}}}{\sqrt{(2r_{1\Sigma} + r_{0\Sigma})^2 + (2x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma})^2}}.$$

Для расчета токов КЗ в электроустановках, получающих питание непосредственно от сети энергосистемы, допускается считать, что понижающие трансформаторы подключены к источнику неизменного по амплитуде напряжения через эквивалентное сопротивление системы. Значение этого сопротивления, приведенного к ступени низшего напряжения сети, рассчитывается по формуле:

$$X_c = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{кз.НН}} \cdot U_{\text{ср.ВН}}} = \frac{U_{\text{ср.НН}}^2}{S_K} \cdot 10^{-3},$$

где $U_{\text{ср.НН}}$ – среднее номинальное напряжение сети, подключенной к обмотке низшего напряжения трансформатора, В; $U_{\text{ср.ВН}}$ – среднее номинальное напряжение сети, к которой подключена обмотка высшего напряжения трансформатора, В; $I_{\text{к.НН}}$ – действующее значение периодической составляющей тока при трехфазном КЗ у выводов обмотки высшего напряжения трансформатора, кА. Активное и индуктивное сопротивление прямой последовательности понижающих трансформаторов (r_T, x_T) в миллиомах, приведенные к ступени низшего напряжения сети, рассчитывают по формулам:

$$r_T = \frac{P_{\text{к.НОМ}} \cdot U_{\text{НН.НОМ}}^2}{S_{\text{Т.НОМ}}^2} \cdot 10^6,$$

$$X_T = \sqrt{U_K^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{\text{к.НОМ}}}{S_{\text{Т.НОМ}}^2}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НН.НОМ}}^2}{S_{\text{Т.НОМ}}} \cdot 10^4$$

Сопротивление остальных элементов приведены в таблицах 6.26-6.31.

Таблица 6.26

**Сопротивление проводников с алюминиевыми жилами
в непроводящей оболочке**

Сечение кабеля, мм ²	Сопротивление проводника, мОм/м	
	<i>r</i>	<i>x</i>
5×4	9,61	0,098
5×6	6,41	0,094
5×10	3,84	0,088
5×16	2,4	0,084
5×25	1,54	0,072
3×35+2×16	1,1	0,068
3×50+2×25	0,769	0,066
3×70+2×35	0,549	0,035
3×95+2×50	0,405	0,064
3×120+2×50	0,32	0,064
3×150+2×70	0,256	0,063

Таблица 6.27

Сопротивления контактных соединений кабелей

Сечение алю- миниевого кабеля, мм ²	16	25	35	50	70	95	120	150	240
Сопротивле- ние, мОм	0,085	0,064	0,056	0,043	0,029	0,027	0,024	0,021	0,012

Таблица 6.28

Сопротивление контактных сопротивлений шинопроводов

Номинальный ток, А	250	400	630	1600	2500	4000
Серия шинопроводов	ШРА– 73	ШРА– 73	ШРА– 73	ШМА– 73	ШМА– 68Н	ШМА– 68Н
Сопротивление контактных соединений, мОм	0,009	0,006	0,004	0,003	0,002	0,001

Таблица 6.29

**Приближенные значения сопротивлений разъемных контактов
коммутационных аппаратов напряжением до 1 кВ**

Номинальный ток аппарата, А	Активное сопротивление, мОм, разъемных соединений		
	автоматического выключателя	рубильника	разъединителя
50	1,3		
70	1		
100	0,75	0,5	
150	0,65		
200	0,6	0,4	
400	0,4	0,2	0,2
600	0,25	0,15	0,15
1000	0,12	0,08	0,08
3000			

Таблица 6.30

Сопротивления первичных обмоток многовитковых трансформаторов тока

Коэффициент трансформации трансформатора тока	Сопротивление первичной обмотки многовиткового трансформатора, мОм, класса точности			
	1		2	
	<i>X</i>	<i>R</i>	<i>X</i>	<i>R</i>
20/5	67	42	17	19
30/5	30	20	8	8,2
40/5	17	11	4,2	4,8
50/5	11	7	2,8	3
75/5	4,8	3	1,2	1,3
100/5	2,7	1,7	0,7	0,75
150/5	1,2	0,75	0,3	0,33
200/5	0,67	0,42	0,17	0,19
300/5	0,3	0,2	0,08	0,088
400/5	0,17	0,11	0,04	0,05
500/5	0,07	0,05	0,02	0,02

Таблица 6.31

Сопротивления катушек и контактов автоматических выключателей

Номинальный ток выключателя, А	Сопротивление катушки и контакта, мОм	
	R_{KB}	X_{KB}
50	7	4,5
70	3,5	2
100	2,15	1,2
140	1,3	0,7
200	1,1	0,5
400	0,65	0,17
600	0,41	0,13
1000	0,25	0,1
1600	0,14	0,08
2500	0,13	0,07
4000	0,1	0,05

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.1

Исходные данные по питающей сети

Вариант	$I_{кз}$, кА	$S_{нт}$, кВ·А	β	$\cos\phi$	L , м	Вариант	$I_{кз}$, кА	$S_{нт}$, кВ·А	β	$\cos\phi$	L , м
1	14,6	400	0,7	0,85	120	56	28,1	1000	0,75	0,91	90
2	22,5	630	0,8	0,75	80	57	8,7	630	0,8	0,76	120
3	43,5	1000	0,9	0,91	60	58	16,7	400	0,85	0,85	150
4	8,7	1000	0,75	0,88	95	59	12,1	630	0,9	0,75	120
5	9,2	1600	0,85	0,74	110	60	24,6	1000	0,9	0,91	80
6	28,8	2500	0,9	0,88	80	61	11,9	1000	0,88	0,88	60
7	12,9	400	0,7	0,91	45	62	10,6	1600	0,76	0,74	95
8	17,8	1600	0,75	0,76	60	63	16	2500	0,92	0,88	110
9	34,2	2500	0,8	0,83	75	64	18,4	400	0,81	0,91	80
10	55,1	1000	0,85	0,94	70	65	12,5	1600	0,7	0,76	45
11	46,8	630	0,9	0,8	80	66	28,6	2500	0,8	0,83	60
12	47,1	400	0,9	0,86	85	67	23,1	1000	0,9	0,94	75
13	54,6	630	0,88	0,9	90	68	8,7	630	0,75	0,8	70
14	9,7	1000	0,76	0,94	120	69	9,2	400	0,85	0,86	80
15	16,8	1000	0,92	0,88	150	70	28,8	630	0,9	0,9	85
26	30,1	1600	0,81	0,74	80	71	12,9	1000	0,7	0,94	90
17	28,1	2500	0,7	0,88	260	72	17,8	1000	0,75	0,88	120
18	8,7	400	0,8	0,91	410	73	34,2	1600	0,8	0,74	150
19	16,7	1600	0,9	0,76	280	74	55,1	2500	0,85	0,88	80
20	12,1	2500	0,75	0,85	60	75	46,8	400	0,9	0,91	260
21	24,6	1000	0,85	0,75	80	76	47,1	1600	0,9	0,76	410
22	11,9	630	0,9	0,91	90	77	54,6	2500	0,88	0,85	280
23	10,6	400	0,7	0,88	120	78	9,7	1000	0,76	0,75	60
24	21,5	630	0,75	0,74	170	79	16,8	630	0,92	0,91	80
25	26,7	1000	0,8	0,88	120	80	30,1	400	0,81	0,88	90
26	18,3	1000	0,85	0,91	80	81	28,1	630	0,7	0,74	120

Вариант	$I_{кз}, \text{кА}$	$S_{HT}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	β	$\cos\varphi$	$L, \text{м}$	Вариант	$I_{кз}, \text{кА}$	$S_{HT}, \text{кВ}\cdot\text{А}$	β	$\cos\varphi$	$L, \text{м}$
27	13,4	1600	0,9	0,76	60	82	8,7	1000	0,8	0,88	170
28	14,9	2500	0,9	0,83	95	83	16,7	1000	0,9	0,91	120
29	8,1	400	0,88	0,94	110	84	12,1	1600	0,75	0,76	80
30	19,4	1600	0,76	0,8	80	85	24,6	2500	0,85	0,83	60
31	9,6	2500	0,92	0,86	45	86	11,9	400	0,7	0,94	95
32	17,2	1000	0,81	0,9	60	87	10,6	1600	0,8	0,8	110
33	14,3	630	0,7	0,94	75	88	28,1	2500	0,9	0,86	80
34	25,6	400	0,8	0,88	70	89	8,7	1000	0,75	0,9	45
35	8,7	630	0,9	0,74	80	90	16,7	630	0,85	0,94	60
36	9,2	1000	0,75	0,88	85	91	12,1	400	0,9	0,88	75
37	28,8	1000	0,85	0,91	90	92	24,6	630	0,7	0,74	70
38	12,9	1600	0,9	0,76	120	93	11,9	1000	0,75	0,88	80
39	17,8	2500	0,7	0,85	150	94	10,6	1000	0,8	0,91	85
40	34,2	400	0,75	0,75	80	95	15,4	1600	0,85	0,76	90
41	55,1	1600	0,8	0,91	260	96	17,8	2500	0,9	0,85	120
42	46,8	2500	0,85	0,88	410	97	12,6	400	0,9	0,75	150
43	47,1	1000	0,9	0,74	280	98	8,7	1600	0,88	0,91	80
44	54,6	630	0,9	0,88	60	99	9,2	2500	0,76	0,88	260
45	9,7	400	0,88	0,91	80	100	28,8	1000	0,92	0,74	410
46	16,8	630	0,76	0,76	90	101	12,9	630	0,81	0,88	280
47	30,1	1000	0,92	0,83	120	102	17,8	400	0,7	0,91	60
48	28,1	1000	0,81	0,94	170	103	34,2	630	0,8	0,76	80
49	8,7	1600	0,7	0,8	120	104	55,1	1000	0,9	0,83	90
50	16,7	2500	0,8	0,86	80	105	46,8	1000	0,75	0,94	120
51	12,1	400	0,9	0,9	60	106	47,1	1600	0,85	0,8	170
52	24,6	1600	0,75	0,94	95	107	54,6	2500	0,76	0,86	60
53	11,9	2500	0,85	0,88	110	108	9,7	400	0,9	0,9	75
54	10,6	1000	0,9	0,74	80	109	16,8	1600	0,85	0,94	70
55	14,8	630	0,7	0,88	45	110	30,1	2500	0,78	0,88	80

Исходные данные по месторасположению ВРУ в цеху

Вариант	Длина цеха	Ширина цеха	Место расположения ВРУ	Вариант	Длина цеха	Ширина цеха	Место расположения ВРУ
1	60	36	A3-A4	56	60	60	C3-C4
2	48	48	B1-B2	57	84	36	C2-C3
3	72	60	A1-A2	58	96	48	A1-A2
4	84	24	A3-A5	59	96	60	B4-B3
5	96	36	B5-B6	60	48	36	A2-A3
6	60	48	B1- B2	61	60	60	A3-A4
7	48	24	B4-B3	62	48	36	B3-B4
8	72	36	C2-C3	63	72	48	A1-A2
9	60	36	A4-A5	64	84	60	A3-A5
10	48	60	A2-A3	65	96	24	B5-B6
11	96	24	B6-B7	66	60	36	B1- B2
12	84	36	B3-B4	67	48	48	B4-B3
13	60	48	C3-C4	68	72	60	C2-C3
14	84	36	C2-C3	69	60	36	A4-A5
15	60	24	A1-A2	70	48	36	A2-A3
16	60	36	B4-B3	71	96	60	B6-B7
17	48	96	A3-A4	72	84	24	B3-B4
18	96	24	B3-B4	73	60	36	C3-C4
19	96	60	A1-A2	74	84	48	C2-C3
20	48	36	A3-A5	75	60	36	A1-A2
21	60	48	B5-B6	76	60	24	B4-B3
22	48	60	B1- B2	77	48	36	A3-A4
23	72	36	B4-B3	78	96	96	B3-B4
24	84	60	C2-C3	79	96	24	A1-A2
25	96	36	A4-A5	80	48	60	A3-A5
26	60	48	A2-A3	81	60	36	B5-B6
27	48	60	B6-B7	82	48	48	B1- B2

Вариант	Длина цеха	Ширина цеха	Место расположения ВРУ	Вариант	Длина цеха	Ширина цеха	Место расположения ВРУ
28	72	24	B3-B4	83	72	60	B4-B3
29	60	36	C3-C4	84	84	36	C2-C3
30	48	48	C2-C3	85	96	60	A4-A5
31	96	60	A1-A2	86	60	36	A2-A3
32	84	36	B4-B3	87	48	48	B6-B7
33	60	36	A3-A4	88	72	60	B3-B4
34	84	60	B3-B4	89	60	24	C3-C4
35	60	24	A1-A2	90	48	36	C2-C3
36	60	36	A3-A5	91	96	48	A1-A2
37	48	48	B5-B6	92	84	60	B4-B3
38	96	36	B1- B2	93	60	36	A3-A4
39	96	24	B4-B3	94	84	36	B3-B4
40	48	36	C2-C3	95	60	60	A1-A2
41	60	96	A4-A5	96	60	24	A3-A5
42	48	24	A2-A3	97	48	36	B5-B6
43	72	60	B6-B7	98	96	48	B1- B2
44	84	36	B3-B4	99	96	36	B4-B3
45	96	48	C3-C4	100	48	24	C2-C3
46	60	60	C2-C3	101	60	36	A4-A5
47	48	36	A1-A2	102	48	96	A2-A3
48	72	60	B4-B3	103	72	24	B6-B7
49	60	36	A3-A4	104	84	60	B3-B4
50	48	48	B3-B4	105	96	36	C3-C4
51	96	60	A1-A2	106	60	48	C2-C3
52	84	24	A3-A5	107	48	60	A1-A2
53	60	36	B5-B6	108	72	36	B4-B3
54	84	48	B1- B2	109	60	72	C2-C3
55	60	72	B4-B3	110	48	72	A4-A5

Таблица П.3

Исходные данные по потребителям цеха

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
1	1- 2 шт	10-3 шт	6-6 шт	56	11-1 шт	21-2 шт	21- 4 шт
	2- 2 шт	12-2 шт	9-4 шт		5-2шт	2-4 шт	14- 8 шт
	25-1шт	27 -1шт	10-4 шт		7-4шт	8-2 шт	15-8 шт
	9- 1 шт	21-1шт			26 - 1шт	27 -1шт	
2	3- 1шт	12-4 шт	8- 5 шт	57	21-2шт	9-4 шт	6-6 шт
	4 - 3 шт	2-1 шт	7-4 шт		13-4 шт	3-1 шт	14-8 шт
	28 - 1шт	21-1 шт	7-3шт		28 - 1шт	21-2шт	6-2шт
	27 - 1 шт	26 - 1 шт			26 - 1шт		
3	10-1 шт	14-2шт	10-8 шт	58	13-2 шт	6-1шт	10-8 шт
	12-3шт	23-2 шт			25-4 шт	8- 5 шт	24- 4шт
	27 - 1 шт	1 - 1шт	12-4 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	4 - 3 шт
4	23-2 шт	9-2 шт	5-4 шт	59	12-4 шт	12-4 шт	12-5шт
	2-1 шт	25-1шт	12-4 шт		13-1 шт	26 - 1шт	15 - 2 шт
	7 - 1 шт	6-2 шт	10-3 шт		21-2 шт	14 - 1 шт	4-11шт
	26-1 шт	2-1 шт	12 - 4 шт		27 - 1 шт	25-2 шт	7-4 шт
5	25-2 шт	12-1 шт	6-2 шт	60	14-3 шт	25-4 шт	12-5 шт
	17 - 1 шт	14-2 шт	12-5 шт		21-4 шт	27 - 1 шт	21-12 шт
	12-1 шт	18-1 шт	6-6 шт		28 - 1шт	12-1 шт	2 - 3 шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт			25-1шт	19- 1 шт	
6	21-2 шт	3- 1 шт	14-5шт	61	5-1 шт	21-2 шт	7-4 шт
	25-1шт	4 - 3 шт	16-2шт		12-4 шт	25-4 шт	2-4 шт
	28 - 1шт	11 - 2 шт	10-5 шт		6-1 шт	28 - 1шт	6-2 шт
	9 - 1 шт	27 - 1 шт			27 - 1 шт	6-1 шт	

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
7	8- 1 шт	24-1 шт	8- 4 шт	62	8- 4 шт	8- 1 шт	2-11шт
	5-2 шт	11-2 шт	12 - 5шт		4 - 3 шт	25-4 шт	8-4 шт
	6-2 шт	21-2 шт	10-2 шт		27 - 1 шт	28 - 1шт	21-4 шт
	25-1шт	28 - 1шт			26 - 1шт	1 - 1шт	
8	4- 1 шт	2-1 шт	5-4 шт	63	3 - 1 шт	21-4 шт	8-12 шт
	12-2 шт	21-2 шт	6-6 шт		10-2 шт	3- 1 шт	12-4 шт
	28 - 1шт	12-1 шт	12-5 шт		12-4 шт	21-2 шт	6-2 шт
	25-2 шт	27 - 1 шт			25-1шт	28 - 1шт	
9	7- 1 шт	23-2 шт	19- 8 шт	64	23-2 шт	25-2 шт	11-4 шт
	10-2 шт	2-2 шт	21-2 шт		2-4 шт	7- 1шт	17-4шт
	12-2 шт	21-2 шт	20-4 шт		28 - 1шт	8- 1 шт	23-2 шт
	27 - 1 шт	25-1шт			27 - 1 шт	26 - 1шт	
10	1- 2 шт	17-1 шт	2-4 шт	65	25-4 шт	10-3 шт	24-4 шт
	6-1 шт	15-3 шт	6-6 шт		12-1 шт	12-2шт	26-8 шт
	27 - 1 шт	7-1 шт	21-2 шт		28 - 1шт	25-1шт	20 - 1шт
	25-1шт	28 - 1шт	14-5 шт		27 - 1 шт	1- 1шт	
11	25-4 шт	5-2 шт	13-8 шт	66	21-2 шт	28 - 1шт	21-2 шт
	28 - 1шт	26-1 шт	6-4шт		16-4 шт	7 - 1 шт	16-6 шт
	27 - 1 шт	21-2 шт	15-3 шт		27 - 1 шт	6-2 шт	8 - 3 шт
	12-1шт				25-1шт	26 - 1шт	
12	5-1 шт	25-1 шт	16-2 шт	67	26 - 1шт	10-4 шт	7-3 шт
	4- 2 шт	27 - 1 шт	7-8 шт		21-2 шт	12-2 шт	8- 7 шт
	28 - 1шт	12-2 шт	14-5 шт		25-2 шт	21-2 шт	18-4 шт
	12-2 шт				27 - 1 шт	28 - 1шт	
13	2-1 шт	10-2 шт	5-4 шт	68	25-1шт	26 - 1шт	22-4 шт
	5-2 шт	12-1 шт	16-2 шт		4- 1шт	27 - 1 шт	12-5 шт

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
	6-2 шт	26 - 1шт	2-4 шт		28 - 1шт	12-2 шт	14-5 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт					
14	6-1шт	6-1 шт	15-2 шт	69	2-4 шт	5-2 шт	24-8 шт
	8- 1 шт	12-1 шт	14- 8 шт		14- 1 шт	6-2 шт	15-12шт
	25-1шт	26 - 1шт	12-5 шт		6-1 шт	27 - 1 шт	
	28 - 1шт	27 - 1 шт			28 - 1шт	26 - 1шт	
15	14- 1 шт	27 - 1 шт	2-4 шт	70	5-2 шт	26 - 1шт	8-4 шт
	12-3 шт	21-2 шт	10-6 шт		16-4 шт	12-1 шт	17- 8 шт
	26 - 1шт	28 - 1шт	12-4 шт		27 - 1 шт	21-2 шт	
	2-2 шт	25-1 шт			28 - 1шт		
16	12-2 шт	12-3 шт	24-4 шт	71	1- 2 шт	21-2 шт	12-8 шт
	26 - 1шт	21-2 шт	6-8 шт		2- 4 шт	2-4 шт	22-5шт
	27 - 1 шт	25-1шт	17-2 шт		28 - 1шт	8-2шт	
	21-3 шт	28 - 1шт			9- 1 шт	27 - 1 шт	
17	12-1 шт	25-1шт	10-8 шт	72	3- 3 шт	26 - 1шт	6-12 шт
	26 - 1шт	3- 2шт	21-2 шт		4 - 3 шт	27 - 1 шт	12-5 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт	6 - 6 шт		28 - 1шт	21-4 шт	24- 4 шт
	21-4 шт	4 - 3 шт			25-1шт		
18	21-2 шт	21-2 шт	7-3 шт	73	10-1 шт	26 - 1шт	21-12 шт
	25-2 шт	2-4 шт	8- 11шт		12-4 шт	8- 2 шт	14-4 шт
	28 - 1шт	26 - 1шт	18-3шт		23-2 шт	28 - 1шт	2-4 шт
		27 - 1 шт			27 - 1 шт	12-4 шт	
19	8- 1 шт	26 - 1шт	22-2 шт	74	2-4 шт	21-2 шт	6-12 шт
	3- 3 шт	27 - 1 шт	12-5 шт		12-3шт	26-2 шт	18-4 шт
	4 - 3 шт	21-4 шт	14-6 шт		25-1шт	27 - 1 шт	
	28 - 1шт				28 - 1шт		

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
20	4 - 2 шт	26 - 1шт	24-8 шт	75	25-1шт	26 - 1шт	21-8 шт
	10-1 шт	8- 1 шт	16-9 шт		21-1 шт	27 - 1 шт	12-4 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт	15-2 шт		14-4 шт	28 - 1шт	
	12-4 шт	12-4 шт				8- 1 шт	
21	23-2 шт	21-2 шт	15-4 шт	76	23-2 шт	5-2 шт	6-12 шт
	2-4 шт	25-2 шт	18-4 шт		28 - 1шт	6-2 шт	12-5шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт	17-4шт		26 - 1шт	25-1шт	22-4 шт
	11-2 шт	4 - 3 шт			27 - 1 шт	27 - 1 шт	
22	26 - 1шт	25-1шт	21- 4 шт	77	2-4 шт	12-2 шт	19-4 шт
	17-2 шт	10-3 шт	14- 8 шт		21-2 шт	25-4 шт	6-12 шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт	15-6 шт		26 - 1шт	28 - 1шт	12-5 шт
	24-2 шт	12-2 шт			27 - 1 шт	27 - 1 шт	
23	12-4 шт	23-2 шт	6-2 шт	78	25-1шт	10-2 шт	24- 6 шт
	23-3 шт	2-4 шт	14-8 шт		8- 1 шт	12-4 шт	21-2 шт
	15-3 шт	14-1 шт	16-21шт		3- 5 шт	26 - 1шт	15-4 шт
	26 - 1шт	28 - 1шт			28 - 1шт	27 - 1 шт	
24	15-1 шт	26 - 1шт	10-8 шт	79	4 - 3 шт	6-2 шт	2-4 шт
	25-1шт	12-3 шт	9- 4шт		25-1шт	21-2 шт	6-12 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт	12-8шт		28 - 1шт	25-4 шт	14-5 шт
	6-2 шт	21-2 шт			10-3шт	27 - 1 шт	
25	25-1шт	26 - 1шт	12 - 6 шт	80	25-1шт	26 - 1шт	13-14 шт
	12-1 шт	21-2 шт	13 - 4 шт		23-2 шт	12-2 шт	15- 8 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт	6-8 шт		2-4 шт	27 - 1 шт	
	2-1 шт	16-4 шт			28 - 1шт	15-4 шт	
26	25-1шт		12-5 шт	81	11-4 шт	14- 2 шт	16-9 шт
	28 - 1шт	21-2 шт	14- 4 шт		12-1 шт	26 - 1шт	14-5 шт

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
	3- 1 шт	27 - 1 шт	21-6 шт		17-2 шт	28 - 1шт	
	4 - 3 шт	26 - 1шт				27 - 1 шт	
27	11 - 2 шт	25-4 шт	25-4 шт	82	24-2 шт	12-2 шт	15-4 шт
	5-2 шт	21-2 шт	2-4 шт		12-4 шт	2-4 шт	16-9 шт
	28 - 1шт	16-4 шт	6-12 шт		27 - 1 шт	28 - 1шт	21-4 шт
	27 - 1 шт				26 - 1шт		
28	6-2 шт	12-1 шт	22-5шт	83	15-3 шт	3- 2 шт	17-4 шт
	18-1шт	21-4 шт	12-11шт		18-1 шт	4 - 3 шт	14- 4 шт
	8- 2 шт	27 - 1 шт	15-4 шт		27 - 1 шт	26 - 1шт	12-5 шт
		28 - 1шт			28-3 шт	27 - 1 шт	
29	21-2 шт	21-2 шт	6-12 шт	84	6-2 шт	10-1 шт	2-4 шт
	25-4 шт	2-2 шт	12-5 шт		21-2 шт	5-2 шт	10-8 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт	14- 4 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	12-4 шт
		26 - 1шт	21-8 шт		25-1 шт	6-2 шт	
30	12-2 шт	8- 1 шт	21-12 шт	85	27 - 1 шт	16-1шт	20- 4 шт
	9-1 шт	3- 1 шт	15-4 шт		8- 2 шт	8- 2 шт	14- 8 шт
	10-3 шт	27 - 1 шт	2-8 шт		28 - 1шт	21-2 шт	15-8 шт
	28 - 1шт	4 - 3 шт			3- 3 шт		
31	11-3 шт	28 - 1шт	6-12 шт	86	4 - 3 шт	25-4 шт	6-12 шт
	27 - 1 шт	10-1 шт	10-6шт		27 - 1 шт	26 - 1шт	14-8 шт
	26 - 1шт	12-4 шт	21-4 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	16-2шт
	10-3 шт				10-2 шт	12-2 шт	
32	26 - 1шт	23-2 шт	21-8 шт	87	12-4 шт	9-1 шт	10-8 шт
	12-1шт	2-4 шт	20-4 шт		23-2 шт	10-2 шт	17- 4шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт	12-4 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	12-5шт
	2-2 шт	21-1 шт			2-1 шт	11-3 шт	

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
33	26 - 1шт	25-1шт	6-12 шт	88	11-4 шт	12-2 шт	20-5шт
	3- 2 шт	17-2 шт	12 -2шт		27 - 1 шт	10-3 шт	15-4 шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт	9-4 шт		28 - 1шт	21-2 шт	6-12 шт
	4 - 3 шт	24-2 шт			17-2 шт		
34	24 - 2 шт	12-4 шт	23-4 шт	89	24-3 шт	26 - 1шт	12-5 шт
	10-1 шт	13-1 шт	6-12 шт		13-2 шт	27 - 1 шт	14- 4 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт	12-5 шт		28 - 1шт	8- 2 шт	21-12 шт
	5-2 шт	15-1 шт					
35	6-2 шт	15-2 шт	9- 14 шт	90	15-3 шт	5-2 шт	23-4 шт
	26 - 1шт	25-1шт	21-2 шт		28-3 шт	6-2 шт	2-4 шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт	22-4 шт		2-4 шт	27 - 1 шт	6-12 шт
	8- 6 шт	6-6 шт				25-1шт	
36	21-2 шт	1- 2 шт	2-4 шт	91	6-2 шт	12-1 шт	6-2 шт
	25-1 шт	2- 4 шт	6-12 шт		27 - 1 шт	21-4 шт	15-4 шт
	28 - 1шт	9- 1 шт	14-5 шт		28 - 1шт	2-1 шт	10-8 шт
	15-3 шт	27 - 1 шт			25-4 шт	26 - 1шт	
37	12-2 шт	3- 1 шт	13-4шт	92	27 - 1 шт	10-1 шт	8- 5 шт
	9-1 шт	4 - 3 шт	6-1шт		8- 1 шт	12-4 шт	7-2 шт
	10-2 шт	26 - 1шт	15-13 шт		26 - 1шт	28 - 1шт	17-8 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт			3- 2 шт	14- 1 шт	
38	11-3 шт	10-2 шт	16-9 шт	93	4 - 3 шт	6-1 шт	10-8 шт
	27 - 1 шт	12-2 шт	7-8 шт		28 - 1шт	21-2 шт	12-4 шт
	10-2 шт	26 - 1шт	14-5 шт		25-1шт	26-2 шт	21-4 шт
	28 - 1шт	23-2 шт			10-3 шт	27 - 1 шт	
39	12-4 шт	2-1 шт	15-4 шт	94	12-4 шт	15-1шт	12-4 шт
	28 - 1шт	26 - 1шт	16-2 шт		2-4 шт	12-2 шт	10-8 шт

Вариант	СП-1	СП-2	ШПА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШПА1
	21-1 шт	27 - 1 шт	18-8 шт		27 - 1 шт	28 - 1шт	6-12 шт
		21-2 шт			25-2 шт		
40	14-3 шт	2-4 шт	21-4 шт	95	14-4 шт	27 - 1 шт	12-5 шт
	23-2 шт	8-1 шт	14- 14 шт		28 - 1шт	12-3 шт	15-3 шт
	19-2шт	26 - 1шт	12-5 шт		17-2 шт	26 - 1шт	6-12 шт
	28 - 1шт	27 - 1 шт				21-2 шт	
41	26-4 шт	25-1шт	2-4 шт	96	28 - 1шт	25-4 шт	14-8 шт
	2-4 шт	21-4 шт	10-8 шт		12-4 шт	27 - 1 шт	10-8 шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт	12-4 шт		13-3 шт	12-2 шт	
42	12-4 шт	8- 3 шт	6-12 шт	97	15-3 шт	26 - 1шт	10- 4 шт
	2-2 шт	12-2 шт	13-2 шт		17-1 шт	10-2 шт	12-5шт
	26 - 1шт	28 - 1шт	10-8 шт		28-1 шт	27 - 1 шт	22-11шт
	27 - 1 шт	21-2 шт			9-1 шт	11-3 шт	
43	3- 4 шт	25-2 шт	8- 11 шт	98	6-2 шт	26 - 1шт	21-4 шт
	4 - 3 шт	15-2шт	7-2 шт		4 - 3 шт	10-3 шт	6-12 шт
	25-1шт	27 - 1 шт	17-8 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	12-5 шт
	28 - 1шт	12-1 шт					
44	10-1 шт	21-2 шт	10-8 шт	99	10-3 шт	12-4 шт	24- 4 шт
	5-2 шт	25-1шт	12-4 шт		23-2 шт	2-4 шт	21-12 шт
	6-2 шт	1-2 шт	22-4 шт		27 - 1 шт	28 - 1шт	16-4 шт
	28 - 1шт					26 - 1шт	
45	26 - 1шт	18-4 шт	12-4 шт	100	2-4 шт	3- 2 шт	21- 4 шт
	8- 1 шт	28 - 1шт	10-8 шт		21-2 шт	4 - 3 шт	14- 8 шт
	21-2 шт	8- 1 шт	6-12 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	15-8 шт
	27 - 1 шт						
46	25-2 шт	3- 3 шт	12-5 шт	101	17-2 шт	10-3 шт	6-6 шт

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
	28 - 1шт	4 - 3 шт	15-3 шт		24-3шт	5-2 шт	14-8 шт
	12-2 шт	26 - 1шт	6-12 шт		12-4 шт	27 - 1 шт	10-2шт
		27 - 1 шт			28 - 1шт	6-2 шт	
47	9-1 шт	10-3 шт	14-8 шт	102	28 - 1шт	26 - 1шт	10-8 шт
	11-3 шт	12-2 шт	1-8 шт		25-1 шт	8- 2 шт	24- 4шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт			15-3 шт	27 - 1 шт	12-6шт
	11-3 шт	23-2 шт				21-2 шт	
48	22-3 шт	2-4 шт	24- 4 шт	103	28-3 шт	25-4 шт	3-5шт
	10-3 шт	3-2 шт	6-12 шт		6-1 шт	27 - 1 шт	5-4 шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт	15-4 шт		21-2 шт	21-2 шт	6-7 шт
	26 - 1шт	12-1 шт					
49	5-4шт	17-2 шт	10-8 шт	104	25-4 шт	26 - 1шт	12-5 шт
	11-1шт	24-3 шт	8- 11 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	21-12 шт
	21-2 шт	28 - 1шт	7-4 шт		12-1 шт	8- 2 шт	
	27 - 1 шт	12-2 шт					
50	245-4 шт	27 - 1 шт	7-8 шт	105	9-1 шт	3-2 шт	21-4 шт
	13-4 шт	15-3 шт	10-8 шт		10-1 шт	4 - 3 шт	2-6 шт
	28 - 1шт	5-1 шт	12-1 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	6-12 шт
	3-2 шт				11-3 шт	26 - 1шт	
51	25-4 шт	27 - 1 шт	12-4 шт	106	28 - 1шт	10-3 шт	13-14 шт
	12-4 шт	6-1 шт	10-8 шт		10-5 шт	12-2 шт	15-8 шт
	28 - 1шт	21-2 шт			25-1шт	23-2 шт	
52	21-2 шт	25-4 шт	16-12 шт	107	12-1 шт	2-4 шт	16-9 шт
	6-2 шт	26 - 1шт	12-5 шт		2-4 шт	21-1 шт	17-2 шт
	11-2 шт	8- 1 шт	15-3 шт		28 - 1шт	27 - 1 шт	14-5 шт
	27 - 1 шт	28 - 1шт					

Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1	Вариант	СП-1	СП-2	ШРА1
53	25-4 шт	5-2 шт	6-12 шт	108	3- 5шт	17-4 шт	15-4 шт
	28 - 1шт	6-2 шт	14-8 шт		4 - 3 шт	24-2 шт	8-14 шт
	12-2 шт	26 - 1шт			28 - 1шт	27 - 1 шт	
		27 - 1 шт				12-1 шт	
54	25-2 шт	12-4 шт	10-8 шт	109	10-1 шт	13-3 шт	
	28 - 1шт	26 - 1шт	23 -4 шт		5-2 шт	15-3 шт	24- 6 шт
	12-2 шт	27 - 1 шт	12 -5шт		6-2 шт	27 - 1 шт	12-5 шт
					28 - 1шт		
55	28 - 1шт	10-1шт	22-4 шт	110	28 - 1шт	27 - 1 шт	2-4 шт
	8- 2 шт	12-4 шт	2-4 шт		8- 2 шт	6-2 шт	10-8 шт
	3-5 шт	26 - 1шт	6-2 шт		21-2 шт	21- 2 шт	12-4 шт
		27 - 1 шт				26 - 1шт	

Таблица П.4

Перечень оборудования

№ по плану	Наименование оборудования	$P_{уст}$, кВт									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Токарно-винторезный станок	4,8	6,4	1,8	9,6	8,1	4,6	9,6	4,8	6,1	9
2	Горизонтально-фрезерный станок	6,2	7,4	2,6	2,4	3,2	5,3	8,6	2,9	9,7	4,6
3	Шлицефрезерный станок	4,8	2,6	4,7	3,2	9,6	6,8	2,6	8,4	3,2	4,6
4	Вертикально-сверлильный станок	9,2	2,2	6,6	8,8	6,2	9,1	7,5	4,4	2,6	5,7
5	Вертикально-фрезерный станок	6,8	6,4	8,4	4,6	3,8	5,3	8,6	2,9	9,7	4,6
6	Обработывающий центр	4,9	8,6	6,4	6,1	4,8	4,7	3,2	5,1	3,6	2,9
7	Вертикально-сверлильный станок с ЧПУ	14,2	12,6	16,8	15,2	9,8	9,2	2,2	6,6	8,8	6,2
8	Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ	16,8	11,8	9,5	11,5	12,8	10,5	6,2	8	11	9
9	Токарный станок с ЧПУ	11,6	7,6	14,8	18,6	14,6	14,2	12,6	16,8	15,2	9,8
10	Агрегатный станок	12,7	13,1	17,1	10	12,7	4,6	2,2	2,2	6,4	7
11	Продольно-фрезерный станок	7,2	6,4	10,4	2,8	4,8	4,6	2,2	2,2	6,4	7
12	Алмазно-расточной станок	6,8	2,6	8,4	3,2	4,6	6,2	7,4	2,6	2,4	3,2
13	Радиально-сверлильный	2,9	3,6	8,8	7,1	8,4	3,6	2,8	4,7	4,4	2,5
14	Вертикаль-протяжной станок	5,3	8,6	2,9	9,7	4,6	4,9	8,6	6,4	6,1	4,8
15	Токарно-револьверный станок	9,1	7,5	4,4	2,6	5,7	12,7	13,1	17,1	10	12,7
16	Пресс гидравлический	10,5	6,2	8	11	9	9,2	2,2	6,6	8,8	6,2

№ по плану	Наименование оборудования	$P_{уст}, \text{ кВт}$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Токарно-револьверный станок с ЧПУ	14,7	10,5	8,4	16,6	12	10,5	6,2	8	11	9
18	Токарно-горизонтальный полу-автомат	12,5	12,6	7,6	16,5	20,8	6,8	6,4	8,4	4,6	3,8
19	Круглошлифовальный станок	4,6	9,6	4,8	6,1	9	5,3	8,6	2,9	9,7	4,6
20	Плоскошлифовальный станок	4,7	3,2	5,1	3,6	2,9	9,1	7,5	4,4	2,6	5,7
21	Стенд испытательный	4,6	2,2	2,2	6,4	7	4,8	2,6	4,7	3,2	9,6
22	Фрезерный станок	4,1	4,6	2,5	1,9	8,4	5,3	8,6	2,9	9,7	4,6
23	Токарно-винторезный станок	3,6	2,8	4,7	4,4	2,5	6,2	7,4	2,6	2,4	3,2
24	Алмазно-заточной станок	7,6	3,8	2,6	9	5,7	4,7	3,2	5,1	3,6	2,9
25	Печь камерная (кВА)	20	18	48	36	30	55	24	48	18	32
26	Сварочный выпрямитель	32	22	18	22	12	18	22	32	20	18
27	Вентилятор	4,2	7,5	3,6	4,2	3,7	7,5	5,6	4,8	4,6	3,2
28	Кран-балка	3,2	4,1	7,5	3,5	4,5	2,2	3,2	4	4,2	5

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Информационно-методическое обеспечение.....	4
1.1. Основная учебная литература	4
1.2. Дополнительная учебная литература.....	4
1.3. Нормативно-правовые и справочные материалы	5
1.4. Методические разработки.....	6
2. Разделы курса и методические указания к их изучению	9
2.1. Общие сведения о системах электроснабжения. Основные понятия и определения	9
2.2. Распределение электроэнергии на напряжении до 1 кВ	10
2.3. Цеховые трансформаторные и преобразовательные подстанции.....	12
2.4. Распределение электроэнергии при напряжении выше 1 кВ....	14
2.5. Компенсация реактивной мощности.....	16
2.6. Качество электроснабжения	19
2.7. Учет и экономия электрической энергии	21
3. Примерный перечень тем практических занятий.....	22
4. Примерный перечень тем лабораторных занятий	23
5. Курсовой проект.....	23
6. Контрольная работа № 1	25
6.1. Задание на контрольную работу № 1	25
6.2. Методические указания к выполнению контрольной работы №1	26
ПРИЛОЖЕНИЕ	56

**Ус Анатолий Георгиевич
Бахмутская Валентина Владимировна**

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Методические указания
по одноименному курсу
для студентов специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение (по отраслям)»
заочной формы обучения**

Подписано в печать 09.09.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,09.

Изд. № 39.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.