

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Маланичева Наталья Николаевна

Должность: директор филиала

Дата подписания: 05.12.2024 17:00:20

Уникальный программный ключ:

94732c3d953a82d495dccc315545c573883fedd49

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное учреждение
дополнительного профессионального образования

«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»

Филиал ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте» в г. Ростове-на-Дону

МДК 02.01

Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА по теме «Устройство и техническое обслуживание электрической трансформаторной подстанции объекта»

специальность **13.02.07**

Электроснабжение (по отраслям)

*базовая подготовка среднего
профессионального образования*

2022

Методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании Учебно-методической комиссии по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) федерального учебно-методического объединения в системе среднего профессионального образования по укрупненным группам профессий, специальностей 23.00.00 Техника и технологии наземного транспорта.

Председатель УМК *В. В. Аблаев*
Протокол № 22-Э от 16 декабря 2020 г.

Автор — *О. Ф. Стоянова*, преподаватель филиала ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» в г. Нижнем Новгороде

Эксперт — *А. А. Терева*, преподаватель филиала ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» в г. Петрозаводске

Предложения и замечания просим направлять в филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Ростове-на-Дону по адресу: 344019, г. Ростов-на-Дону, ул. 9-я линия, д. 10; тел.: 8(863)253-51-65; e-mail: umc-don@mail.ru

© Стоянова О. Ф., 2022

© ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2022

ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие по выполнению курсового проекта разработано в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования (ФГОС СПО) по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) (утв. Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.12.2017 № 1216) и примерной основной образовательной программой (ПООП).

Целью данного методического пособия является оказание помощи обучающимся в выполнении курсового проекта на тему «Устройство и техническое обслуживание электрической трансформаторной подстанции объекта» при изучении МДК 02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций профессионального модуля ПМ 02 Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей.

На проведение курсового проектирования в соответствии с ПООП примерной рабочей программой МДК 02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций отводится 30 часов.

Выполнение курсового проекта после изучения профессионального модуля ПМ 02 способствует закреплению знаний, освоению необходимых умений и способов деятельности, а также формированию общих и профессиональных компетенций, предусмотренных ФГОС СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям):

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках;

ПК 2.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей;

ПК 2.4. Выполнять основные виды работ по обслуживанию воздушных и кабельных линий электроснабжения;

ПК 2.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию.

В результате изучения МДК 02.01 Устройство и техническое обслуживание электрических подстанций обучающийся должен:

уметь:

- разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств;
- обеспечивать выполнение работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;
- обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование;
- оформлять отчеты о проделанной работе;

знать:

- устройство оборудования электроустановок;
- условные графические обозначения элементов электрических схем;
- логику построения схем, типовые схемные решения;
- принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;
- виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей;
- виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств;
- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;
- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.

В данном методическом пособии приводятся рекомендации по выполнению курсового проекта по теме «Устройство и техническое обслуживание электрической трансформаторной подстанции объекта», требования к его содержанию и оформлению, примеры расчетов, а также перечень рекомендуемых источников.

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Структура и содержание курсового проекта определяются образовательной организацией и, как правило, включают в себя пояснительную записку и графическую часть.

Содержание пояснительной записки

Титульный лист

Задание на курсовой проект

Содержание

Введение

Основная часть

Составление однолинейной схемы электрических соединений трансформаторной подстанции, описание однолинейной схемы электрических соединений трансформаторной подстанции, схемы внешнего энергопотребления.

Определение мощности районных потребителей.

Выбор главных понижающих трансформаторов, определение мощности подстанции.

Расчет токов короткого замыкания.

Расчет максимальных рабочих токов.

Выбор основного оборудования.

Расчет защитного заземляющего устройства.

Выбор аккумуляторной батареи.

Заключение

Перечень рекомендуемых источников

Приложения

Содержание включает наименование следующих структурных частей пояснительной записки: обозначения и сокращения, введение, заключение, перечень рекомендуемых источников, а также разделы и подразделы основной части, имеющие заголовки, и приложения с указанием номера страницы, на которой размещается начало материала. Во *введении* отражается состояние рассматриваемых в курсовом проекте вопросов на современном этапе и задачи проектирования каждого раздела, отражается актуальность темы. Введение занимает один-два листа.

Содержание *основной части* пояснительной записки должно соответствовать заданию на курсовой проект, обеспечивать его выпол-

нение и включает в себя составление необходимых схем, проведение соответствующих расчетов и вычислений, определение искомых параметров и выбор оборудования, необходимого для выполнения проектного задания.

Заключение должно содержать конкретные выводы по работе над проектом. В заключении должны быть сформулированы основные результаты, приведены выводы по всем разделам курсового проекта. Заключение в курсовом проекте занимает один-два листа.

Перечень рекомендуемых источников должен содержать сведения об источниках, использованных при выполнении проекта (работы). Сведения располагают в порядке появления ссылок на источники в тексте пояснительной записки, пункты нумеруются арабскими цифрами без точки и записывают их с абзацного отступа.

Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018 [4].

Содержание графической части

Графическая часть курсового проекта состоит из одного листа формата А1, по ГОСТ 2.301-68 (594×841) [5]: «Однолинейная схема» (Приложение 2, рис. 26).

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Материал курсового проекта является учебным документом и разрабатывается обучающимися в соответствии с темой на основании задания и исходных данных.

Курсовой проект должен быть оформлен в соответствии с требованиями государственных стандартов, регламентирующих обязательные правила оформления проекта, которые предусматривают единый порядок изложения и размещения текста пояснительной записки, иллюстраций к тексту, графиков, таблиц, чертежей.

Графическая часть проекта должна соответствовать требованиям стандартов ЕСКД, ЕСТД и СПДС.

Материал курсового проекта представляется в виде:

- учебной документации (графический и текстовый материалы);
- иллюстративного материала (плакаты, фотографии и другие материалы, необходимые для показа и пояснений в процессе защиты проекта).

Обозначение учебной документации курсового проекта производится в соответствии с ГОСТ 2.102-2013 [6], электрические схемы обозначаются в соответствии с ГОСТ 2.701-2008 [7], листы чертежей всех форматов после защиты проекта складываются в соответствии с ГОСТ 2.501-2013 [8].

Графический материал (чертежи, схемы) выполняется как карандашом на чертежной бумаге, так и может быть выполнен в электронной форме как электронные чертежи. Вид документа и его наименование при этом сохраняются.

Конструкторские графические документы снабжаются основной надписью в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 [9].

Форматы листов, определяемые размерами внешней рамки, должны соответствовать ГОСТ 2.301-68 [5].

Надписи и обозначения на чертежах и схемах выполняются чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 [10]. В части масштабов, изображения линий, материалов, изделий и т. п. графический материал должен соответствовать стандартам ЕСКД, ЕСТД и СПДС.

Общие требования к схемам, представленным в курсовом проекте, определяются ГОСТ 2.701-2008 [7]. Схемы выполняют без соблюдения масштаба. Действительное пространственное расположение

частей изделия может быть учтено приближенно или не учтено совсем.

Пояснительная записка (ПЗ) выполняется на листах белой бумаги формата А4. Первый или заглавный лист составляется по форме 5 ГОСТ 2.106-2006 [11] с основной надписью по форме 2 ГОСТ 2.104-2006 [9]. Последующие листы составляются по форме 5а ГОСТ 2.106-2006 [11] с основной надписью по форме 2а ГОСТ 2.104-2006 [9]. Дополнительные графы при составлении учебных текстовых документов допускается не выполнять.

Пояснительная записка выполняется с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа с интервалом — 1,5. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков — не менее 1,8 мм (кегель не менее 12).

Расстояние от боковой внутренней рамки до границ текста в начале и в конце строк — не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней внутренней рамки документа должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинаются отступом, равным 15–17 мм.

Титульный лист является первым листом пояснительной записки. Титульный лист ПЗ к проекту (работе) заполняется по форме, приведенной в Приложении 3.

Задание на выполнение проекта оформляется на бланке образовательной организации (Приложение 3, образец бланка задания на курсовой проект). В задании содержится: информация об обучающемся (специальность, группа), формулировка темы курсового проекта, срок сдачи оформленной работы для проверки руководителем, исходные данные к проекту, содержание, перечень графического и/или иллюстративного материала, информационные источники, дата выдачи задания. Тема курсового проекта, указанная в задании, должна совпадать с темой, указанной на титульном листе и в соответствующем приказе. Срок сдачи оформленной работы утверждается приказом директора образовательной организации.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Исходные данные для выполнения курсового проекта представлены в таблицах 1–4, на рисунке 1 и в Приложениях 1 и 2 (рис. 26).

Таблица 1

Параметры схемы питания и нагрузки тяговых подстанций

| Наименование | | Варианты | | | | | | | | | |
|--|---|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|-------------|------------|------------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Номер тяговой подстанции | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 |
| Мощность короткого замыкания на шинах вторичного напряжения 110 кВ районной подстанции | РП № 1 $S_{кз}$, тыс. кВ·А | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 |
| | РП № 2 $S_{кз}$, тыс. кВ·А | 2500 | 2450 | 2400 | 2350 | 2300 | 2250 | 2200 | 2150 | 2100 | 2050 |
| Длина воздушной линии 110 кВ, км | l_1 | 25 | 40 | 20 | 35 | 30 | 25 | 40 | 55 | 40 | 30 |
| | l_2 | 25 | 30 | 15 | 25 | 35 | 20 | 50 | 65 | 40 | 40 |
| | l_3 | 35 | — | — | — | — | — | — | — | 60 | — |
| | l_4 | 35 | 55 | 40 | 45 | 40 | 40 | 45 | 55 | 25 | 45 |
| | l_5 | 45 | 50 | 35 | 50 | 55 | 40 | 50 | 60 | 45 | 40 |
| | l_6 | 40 | 50 | 35 | 45 | 55 | 45 | 45 | 60 | 30 | 40 |
| | l_7 | 45 | 45 | 40 | 50 | 50 | 35 | 50 | 55 | 40 | 55 |
| | l_8 | — | — | — | — | — | — | 40 | 50 | — | — |
| | l_9 | — | — | — | — | — | — | — | 50 | — | — |
| Тяговая нагрузка подстанции по фазам | $I_{эА}$, А | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 300 |
| | $I_{эВ}$, А | 550 | 300 | 300 | 400 | 300 | 350 | 650 | 300 | 550 | 650 |
| Районные потребители, питающиеся от тяговой подстанции | | 16, 17, 21 | 1, 3, 10, 11 | 19, 20, 21 | 2, 4, 6, 9 | 3, 8, 11, 12 | 18, 19, 20 | 1, 5, 7, 13 | 16, 18, 21 | 18, 20, 21 | 5, 6, 11 |
| Продольное электроснабжение 27,5 кВ (ДПР) | У с т а - н о в - л е н н а я м о щ - н о с т ь, P_{γ} , кВт | 550 | 500 | 600 | 850 | 900 | 650 | 750 | 600 | 650 | 800 |

| Наименование | | Варианты | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Номер тяговой подстанции | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 |
| | Коэффициент спроса, K_c | 0,6 | 0,65 | 0,65 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,55 | 0,45 | 0,4 | 0,65 |
| | Коэффициент мощности, $\cos\varphi$ | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,92 |
| Мощность трансформатора собственных нужд, S_n , кВ·А | | 250 | 400 | 250 | 400 | 400 | 400 | 250 | 250 | 400 | 250 |
| Число питающих линий контактной сети | | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 |

Таблица 2

Параметры схемы питания и нагрузки тяговых подстанций

| Наименование | | Варианты | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Номер тяговой подстанции | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Мощность короткого замыкания на шинах вторичного напряжения 110 кВ районной подстанции | РП №1 $S_{кз}$, тыс. кВ·А | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 |
| | РП №2 $S_{кз}$, тыс. кВ·А | 2000 | 1950 | 1900 | 1850 | 1800 | 1750 | 1700 | 1650 | 1600 | 1550 |
| Длина воздушной линии 110 кВ, км | l_1 | 10 | 25 | 30 | 25 | 50 | 25 | 25 | 30 | 20 | 15 |
| | l_2 | 25 | 15 | 05 | 20 | 45 | 25 | 25 | 50 | 15 | 25 |
| | l_3 | — | — | — | — | — | — | 35 | — | — | — |
| | l_4 | 50 | 35 | 20 | 40 | 40 | 25 | 35 | 35 | 20 | 45 |
| | l_5 | 65 | 70 | 50 | 40 | 40 | 60 | 45 | 40 | 25 | 30 |

| Наименование | | Варианты | | | | | | | | | |
|--|--|------------|----------|------------|----------|----------|------------|------------|---------|------------|----------|
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Номер тяговой подстанции | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | l_6 | 45 | 55 | 50 | 15 | 25 | 60 | 40 | 60 | 40 | 40 |
| | l_7 | 60 | 55 | 70 | 35 | 30 | 25 | 45 | 40 | 45 | 30 |
| | l_8 | — | — | — | — | 20 | 40 | — | — | — | — |
| | l_9 | — | — | — | — | — | 40 | — | — | — | — |
| Тяговая нагрузка подстанции по фазам | I_{3A}, A | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 300 | 350 |
| | I_{3B}, A | 500 | 550 | 400 | 350 | 300 | 600 | 300 | 350 | 450 | 500 |
| Районные потребители, питающиеся от тяговой подстанции | | 17, 19, 20 | 2, 8, 11 | 17, 18, 21 | 2, 6, 14 | 3, 9, 10 | 16, 20, 21 | 16, 17, 19 | 2, 3, 4 | 17, 20, 21 | 4, 9, 11 |
| Продольное электроснабжение 27,5 кВ (ДПР) | У с т а н о в л е н н а я м о щ н о с т ь, P_y , кВт | 850 | 500 | 650 | 900 | 550 | 600 | 800 | 650 | 600 | 750 |
| | К о э ф ф и ц и е н т с п р о с а, K_c | 0,4 | 0,6 | 0,45 | 0,65 | 0,4 | 0,65 | 0,7 | 0,55 | 0,6 | 0,55 |
| | К о э ф ф и ц и е н т м о щ н о с т и, $\cos\varphi$ | 0,95 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,93 | 0,93 | 0,92 |
| Мощность трансформатора собственных нужд, S_n , кВ·А | | 400 | 250 | 400 | 250 | 400 | 400 | 400 | 250 | 250 | 400 |
| Число питающих линий контактной сети | | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |

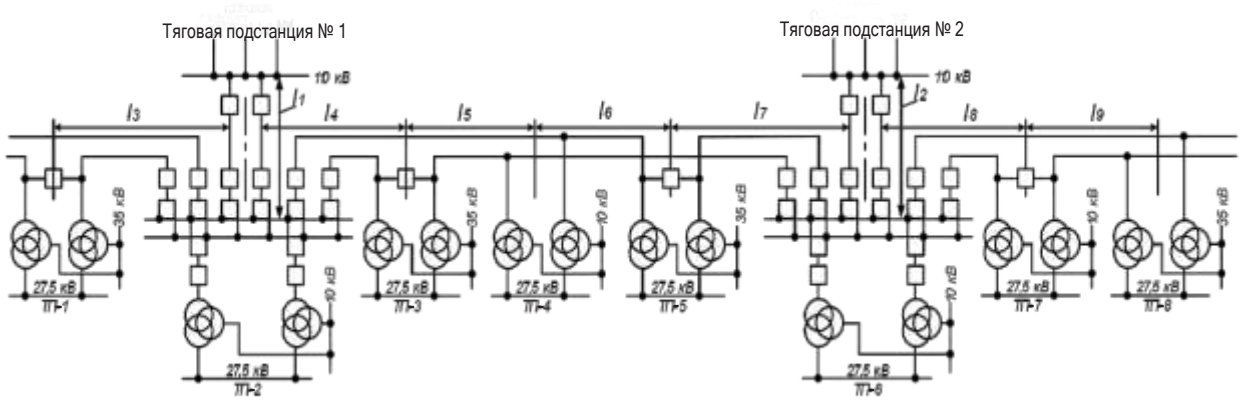


Рис. 1. Схема внешнего электроснабжения

Таблица 3

Параметры схемы питания и нагрузки тяговых подстанций

| Наименование | | Варианты | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------|----------|----------|------------|------------|----------|------------|-----------|------------|----------|
| | | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Номер тяговой подстанции | | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Мощность короткого замыкания на шинах вторичного напряжения 110 кВ районной подстанции | РП №1 $S_{кз}$, тыс. кВ·А | 1500 | 1550 | 1600 | 1650 | 1700 | 1750 | 1800 | 1850 | 1900 | 1950 |
| | РП №2 $S_{кз}$, тыс. кВ·А | 1500 | 1450 | 1400 | 1350 | 1300 | 1250 | 1200 | 1150 | 1100 | 1050 |
| Длина воздушной линии 110 кВ, км | l_1 | 20 | 15 | 15 | 55 | 45 | 30 | 10 | 25 | 20 | 45 |
| | l_2 | 25 | 30 | 40 | 65 | 15 | 40 | 35 | 35 | 40 | 40 |
| | l_3 | — | — | — | — | 46 | — | — | — | — | — |
| | l_4 | 10 | 30 | 35 | 55 | 30 | 45 | 30 | 35 | 30 | 20 |
| | l_5 | 65 | 30 | 45 | 60 | 40 | 55 | 55 | 55 | 25 | 30 |
| | l_6 | 50 | 35 | 40 | 60 | 25 | 60 | 45 | 25 | 50 | 35 |
| | l_7 | 40 | 45 | 55 | 55 | 35 | 25 | 20 | 55 | 40 | 45 |
| | l_8 | — | — | 35 | 50 | — | — | — | — | — | — |
| | l_9 | — | — | — | 50 | — | — | — | — | — | — |
| Тяговая нагрузка подстанции по фазам | $I_{эА}$, А | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 300 | 350 | 400 |
| | $I_{эВ}$, А | 300 | 300 | 450 | 350 | 550 | 300 | 650 | 550 | 500 | 550 |
| Районные потребители, питающиеся от тяговой подстанции | | 16,18, 20 | 2,12, 14 | 2, 5, 11 | 18, 19, 20 | 17, 18, 21 | 4, 5, 14 | 16, 17, 20 | 2, 10, 13 | 17, 19, 21 | 1, 5, 12 |
| Продольное электроснабжение 27,5 кВ (ДПР) | Установка мощность, P_y , кВт | 900 | 850 | 650 | 650 | 500 | 800 | 600 | 600 | 550 | 750 |
| | Коэффициент спроса, K_c | 0,7 | 0,65 | 0,45 | 0,55 | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,5 | 0,65 | 0,4 |

| Наименование | | Варианты | | | | | | | | | |
|--|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Номер тяговой подстанции | | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | Коэф - фициент мощно - сти, $\cos\varphi$ | 0,94 | 0,95 | 0,92 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,92 | 0,92 | 0,95 |
| Мощность трансформатора собственных нужд, S_n , кВ·А | | 250 | 250 | 400 | 250 | 250 | 250 | 400 | 400 | 250 | 400 |
| Число питающих линий контактной сети | | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |

Таблица 4

Потребители, получающие питание от заданной подстанции

| Наименование потребителя | Установленная мощность, кВт | Категория потребителя | Коэффициент | | Напряжение, при котором питается потребитель, кВ |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|--|
| | | | спроса, K_c | мощности, $\cos\varphi$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Железнодорожный узел | 2000 | 1 | 0,5 | 0,92 | 10 |
| 2. Вагоноремонтное депо | 950 | 2 | 0,4 | 0,92 | 10 |
| 3. Локомотивное депо | 1400 | 1 | 0,45 | 0,92 | 10 |
| 4. Освещение и бытовая нагрузка | 2800 | 2 | 0,6 | 0,96 | 10 |
| 5. Завод строительных материалов | 3700 | 2 | 0,55 | 0,93 | 10 |
| 6. Дорожные ремонтные мастерские | 1800 | 2 | 0,52 | 0,92 | 10 |
| 7. Насосная станция водоснабжения | 2500 | 1 | 0,5 | 0,94 | 10 |
| 8. Пищевая промышленность | 4000 | 1 | 0,58 | 0,92 | 10 |
| 9. Мебельная фабрика | 2200 | 2 | 0,36 | 0,92 | 10 |

Окончание табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------|---|------|------|----|
| 10. Текстильная фабрика | 4500 | 1 | 0,63 | 0,92 | 10 |
| 11. Сельскохозяйственные потребители | 3400 | 2 | 0,6 | 0,93 | 10 |
| 12. Городская нагрузка | 5000 | 2 | 0,65 | 0,94 | 10 |
| 13. Фабрика по переработке сельскохозяйственных продуктов | 1400 | 2 | 0,5 | 0,92 | 10 |
| 14. Завод сельскохозяйственных машин | 4000 | 1 | 0,38 | 0,93 | 10 |
| 15. Цементная промышленность | 6000 | 2 | 0,48 | 0,93 | 10 |
| 16. Машиностроительный завод | 6500 | 1 | 0,52 | 0,93 | 35 |
| 17. Металлургический завод | 12000 | 1 | 0,63 | 0,93 | 35 |
| 18. Рудники | 14000 | 1 | 0,46 | 0,92 | 35 |
| 19. Шахты угольные | 20000 | 1 | 0,45 | 0,92 | 35 |
| 20. Химический завод | 7500 | 1 | 0,56 | 0,93 | 35 |
| 21. Домостроительный комбинат | 5000 | 2 | 0,45 | 0,92 | 35 |

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Пример исходных данных для выполнения курсового проекта

Исходные данные для выполнения курсового проекта приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

Характеристика схемы внешнего электроснабжения

| Наименование | Данные для расчета | |
|--|-------------------------------------|------|
| Номер тяговой подстанции | 4 | |
| Мощность короткого замыкания на шинах вторичного напряжения 110 кВ районной подстанции | РП № 1 $S_{ка}$, тыс. кВ·А | 500 |
| | РП № 2 $S_{ка}$, тыс. кВ·А | 1000 |
| Длина воздушной линии 110 кВ, км | l_1 | 35 |
| | l_2 | 25 |
| | l_3 | — |
| | l_4 | 45 |
| | l_5 | 50 |
| | l_6 | 45 |
| | l_7 | 50 |
| | l_8 | — |
| | l_9 | — |
| Тяговая нагрузка подстанции по фазам | $I_{эЛ}$, А | 450 |
| | $I_{эВ}$, А | 450 |
| Районные потребители, питающиеся от тяговой подстанции | 2, 4, 6, 9 | |
| Продольное электроснабжение 27,5 кВ (ДПР) | Установленная мощность, P_y , кВт | 650 |
| | Коэффициент спроса, K_c | 0,4 |
| | Коэффициент мощности, $\cos\varphi$ | 0,93 |

| Наименование | Данные для расчета |
|--|--------------------|
| Номер тяговой подстанции | 4 |
| Мощность трансформатора собственных нужд, S_3 , кВ·А | 250 |
| Число питающих линий контактной сети | 5 |

Таблица 6

Характеристика потребителей

| Наименование потребителя | Установленная мощность, кВт | Категория потребителя | Коэффициент | | Напряжение, при котором питается потребитель, кВ |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------|----------|--|
| | | | спроса | мощности | |
| 1. Вагоноремонтное депо | 950 | 2 | 0,4 | 0,92 | 10 |
| 2. Освещение и бытовая нагрузка | 2800 | 2 | 0,6 | 0,96 | 10 |
| 3. Дорожные ремонтные мастерские | 1800 | 2 | 0,52 | 0,92 | 10 |
| 4. Мебельная фабрика | 2200 | 2 | 0,36 | 0,92 | 10 |

Перечень вопросов, подлежащих разработке

В пояснительной записке изложение материала должно быть кратким, четким и последовательным. Для уменьшения объема расчетно-пояснительной записки вычисления токов короткого замыкания, выбор и проверку оборудования целесообразно выполнять в виде таблиц.

Перечень вопросов, необходимых для разработки

Введение

1. Составление однолинейной схемы электрических соединений электрической (трансформаторной) подстанции. Описание однолинейной схемы электрических соединений трансформаторной подстанции, схемы внешнего энергопотребления.

2. Определение мощности районных потребителей.
 3. Выбор понижающих трансформаторов, определение мощности подстанции.
 4. Расчет токов короткого замыкания.
 5. Расчет максимальных рабочих токов.
 6. Выбор основного оборудования.
 7. Расчет защитного заземляющего устройства.
 8. Выбор аккумуляторной батареи.
- Заключение

Введение

Во введении следует: отметить преимущества электрической тяги, достоинства системы однофазного переменного тока промышленной частоты; указать, в чем состоит назначение тяговых подстанций переменного тока; отметить их роль в развитии народного хозяйства за счет бесперебойного обеспечения его электроэнергией.

Пример:

Назначение тяговых подстанций переменного тока состоит в преобразовании подводимого к ним от энергоснабжающей системы напряжения 110 или 220 кВ до 27,5 кВ и распределении энергии по зонам питания тяговой сети.

Электрификация железных дорог на переменном токе промышленной частоты является в настоящее время основной вследствие ее простоты и значительной экономичности по сравнению с другими видами тяги.

Одним из преимуществ системы однофазного переменного тока промышленной частоты является упрощение тяговых подстанций, которые мало чем отличаются от районных или промышленных трансформаторных подстанций.

Эксплуатируемые, строящиеся и проектируемые в России тяговые подстанции переменного тока присоединяются к электрическим сетям 110 или 220 кВ энергосистем так, чтобы обеспечивалась бесперебойность их питания от внешнего энергоснабжения.

Тяговые подстанции переменного тока обеспечивают электроэнергией не только электрическую тягу, но и железнодорожные нетяговые потребители.

Одновременно большинство тяговых подстанций на железных дорогах России питает прилегающие промышленные, коммунальные и сель-

скохозыятвенные нагрузки, осуществляя тем самым функции районных подстанций и способствуя развитию народного хозяйства.

1. Составление однолинейной схемы электрических соединений электрической (трансформаторной) подстанции. Описание однолинейной схемы электрических соединений трансформаторной подстанции, схемы внешнего энергопотребления

Однолинейная схема электрических соединений определяет основные качества электрической части спроектированной электрической подстанции.

От этой схемы зависят:

- надежность электроснабжения и безопасность персонала;
- рациональность размещения электрооборудования;
- гибкость и автоматичность коммутации при восстановлении функционирования после аварий.

Простота и наглядность однолинейной схемы во многом определяют безошибочность работы оперативного и оперативно-ремонтного персонала.

Составление однолинейной схемы электрических соединений трансформаторной подстанции (Приложение 2, рис. 26) осуществляется в два этапа:

- 1) составление структурной схемы;
- 2) выбор схем электрических соединений распределительных устройств (РУ) всех уровней напряжений.

В ходе составления структурной схемы определяются: тип подстанции, необходимые РУ высшего, среднего и низшего напряжений; количество главных понижающих трансформаторов, через которые осуществляется связь РУ между собой; количество линий потребителей, получающих питание от электрической подстанции; привязка трансформаторов собственных нужд к РУ.

Возможные и допустимые варианты структурной схемы формируются в соответствии с рекомендациями на проектирование.

Затем для составленной структурной схемы выбираются возможные допустимые варианты схем РУ всех имеющихся напряжений.

Для этого используются соответствующие нормативные указания в отношении принципиальных схем РУ и рекомендации по их компоновке, приведенные в учебной литературе.

1.1. Схема внешнего электроснабжения (рис. 2)

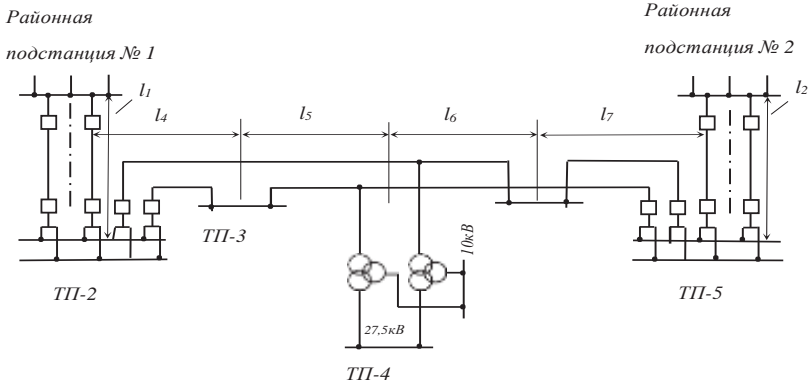


Рис. 2. Схема электроснабжения

2. Определение мощности районных потребителей

2.1. Определение активной мощности районных потребителей

Максимальную активную мощность для каждого потребителя определяют по формуле (кВт):

$$P_{\max} = P_y \cdot K_c, \quad (1)$$

где P_y — установленная мощность потребителя электроэнергии, кВт; (табл. 6);

K_c — коэффициент спроса, учитывающий режим работы, загрузку и к.п.д. оборудования (табл. 6).

Вагоноремонтное депо:

$$P_{\max} = 950 \cdot 0,4 = 380 \text{ (кВт)}.$$

Освещение и бытовая нагрузка:

$$P_{\max} = 2800 \cdot 0,6 = 1680 \text{ (кВт)}.$$

Дорожные ремонтные мастерские:

$$P_{\max} = 1800 \cdot 0,52 = 936 \text{ (кВт)}.$$

Мебельная фабрика:

$$P_{\max} = 2200 \cdot 0,36 = 792 \text{ (кВт)}.$$

Активную мощность для каждого часа суточного графика работы каждого потребителя определяют по формуле (кВт):

$$P = \frac{P(\%) \cdot P_{\max}}{100}. \quad (2)$$

Вагонное депо:

$$P = \frac{45 \cdot 380}{100} = 171 \text{ (кВт)}.$$

Активная мощность для каждого часа суточного графика работы каждого потребителя (сведена в табл. 7) определяется по формуле:

$$\sum_{i=1}^n P_{\max} = P_{\max 1} + P_{\max 2} + P_{\max 3} + P_{\max 4}; \quad (3)$$

$$\sum P_{\max} = 380 + 1680 + 936 + 792 = 3586,16 \text{ (кВт)}.$$

Таким образом, максимальная активная мощность в 19 часов равна: $P = 3586,16$ (кВт).

Таблица 7

Активная нагрузка для каждого часа суток

| Потребитель, часы | Вагонное депо | | Освещение и бытовая нагрузка | | Ремонтно-механические предприятия | | Участок автоблокировки | | Суммарная мощность |
|-------------------|---------------|--------|------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|------------------------|--------|--------------------|
| | P, % | P, кВт | P, % | P, кВт | P, % | P, кВт | P, % | P, кВт | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 45 | 171 | 49 | 823,2 | 34 | 318,24 | 31 | 245,52 | 1557,96 |
| 1 | 50 | 190 | 24 | 403,2 | 34 | 318,24 | 19 | 150,48 | 1061,92 |
| 2 | 45 | 171 | 24 | 403,2 | 34 | 318,24 | 10 | 79,2 | 971,64 |

Продолжение табл. 7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|-----|-------|----|-------|-----|--------|-----|--------|---------|
| 3 | 50 | 190 | 24 | 403,2 | 34 | 318,24 | 20 | 158,4 | 1069,84 |
| 4 | 52 | 197,6 | 24 | 403,2 | 34 | 318,24 | 20 | 158,4 | 1077,44 |
| 5 | 55 | 209 | 24 | 403,2 | 34 | 318,24 | 24 | 190,08 | 1120,52 |
| 6 | 58 | 220,4 | 40 | 672 | 34 | 318,24 | 37 | 293,04 | 1503,68 |
| 7 | 76 | 288,8 | 55 | 924 | 75 | 702 | 55 | 435,6 | 2350,4 |
| 8 | 96 | 364,8 | 55 | 924 | 100 | 936 | 78 | 617,76 | 2842,56 |
| 9 | 88 | 334,4 | 45 | 756 | 100 | 936 | 65 | 514,8 | 2541,2 |
| 10 | 85 | 323 | 45 | 756 | 94 | 879,84 | 52 | 411,84 | 2370,68 |
| 11 | 100 | 380 | 38 | 638,4 | 80 | 748,8 | 83 | 657,36 | 2842,56 |
| 12 | 54 | 205,2 | 38 | 638,4 | 50 | 468 | 65 | 514,8 | 1826,4 |
| 13 | 75 | 285 | 38 | 638,4 | 55 | 514,8 | 100 | 792 | 2230,2 |

Окончание табл. 7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|-------|-----|------|-----|--------|----|--------|---------|
| 14 | 96 | 364,8 | 45 | 756 | 90 | 842,4 | 65 | 514,8 | 2478 |
| 15 | 88 | 334,4 | 60 | 1008 | 84 | 786,24 | 57 | 451,44 | 2580,08 |
| 16 | 89 | 338,2 | 95 | 1596 | 75 | 702 | 70 | 554,4 | 3190,6 |
| 17 | 58 | 220,4 | 100 | 1680 | 80 | 748,8 | 80 | 633,6 | 3282,8 |
| 18 | 67 | 254,6 | 100 | 1680 | 90 | 842,4 | 65 | 514,8 | 3291,8 |
| 19 | 88 | 334,4 | 100 | 1680 | 85 | 795,6 | 98 | 776,16 | 3586,16 |
| 20 | 82 | 311,6 | 100 | 1680 | 100 | 936 | 57 | 451,44 | 3379,04 |
| 21 | 76 | 288,8 | 95 | 1596 | 94 | 879,84 | 70 | 554,4 | 3319,04 |
| 22 | 64 | 243,2 | 80 | 1344 | 65 | 608,4 | 42 | 332,64 | 2528,24 |
| 23 | 60 | 228 | 50 | 840 | 55 | 514,8 | 30 | 237,6 | 1820,4 |

По произведенным расчетам строятся графики суточной нагрузки (рис. 3–7).

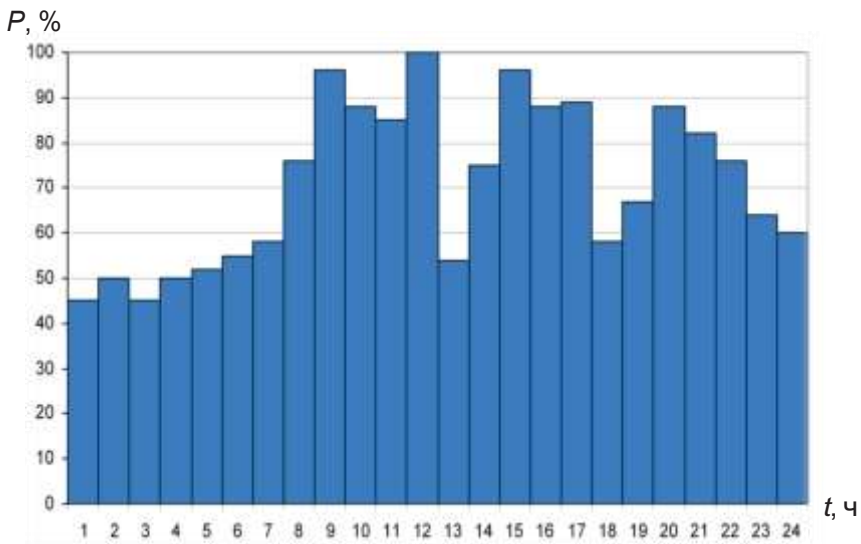


Рис. 3. График суточной нагрузки вагонного депо

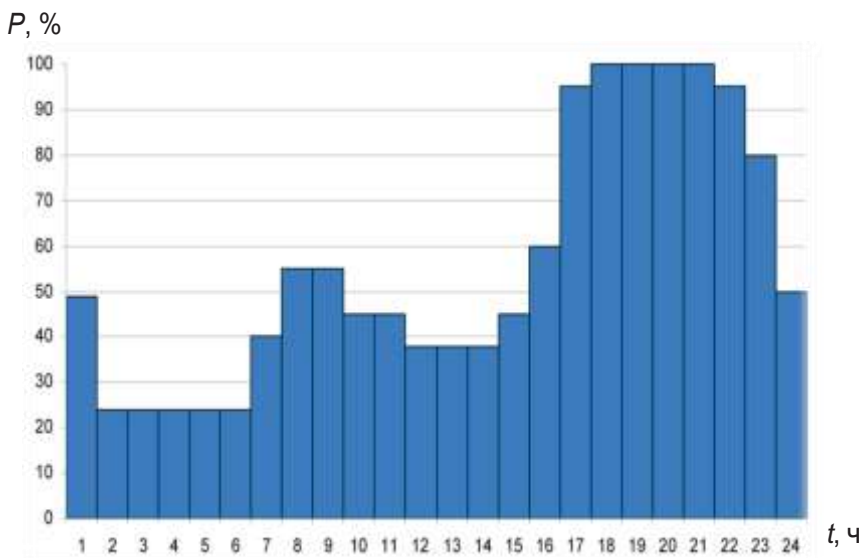


Рис. 4. График суточной нагрузки освещения и бытовой нагрузки

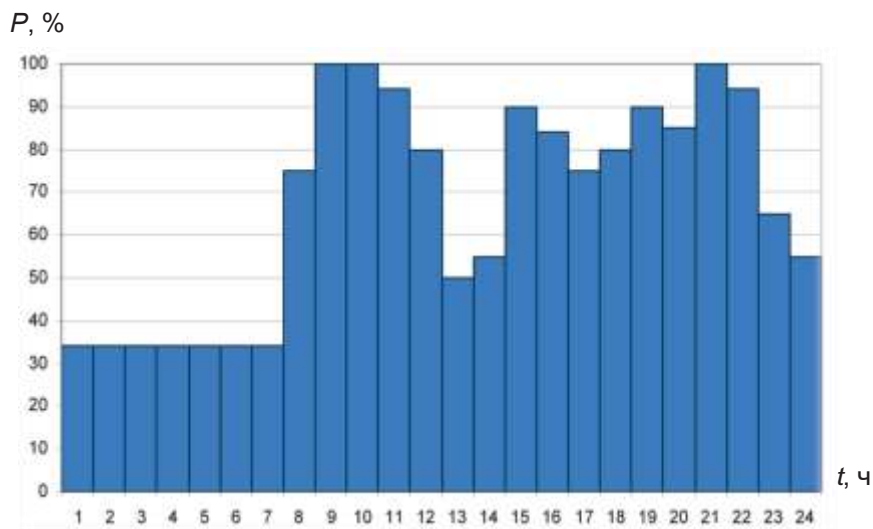


Рис. 5. График суточной нагрузки ремонтно-механических предприятий

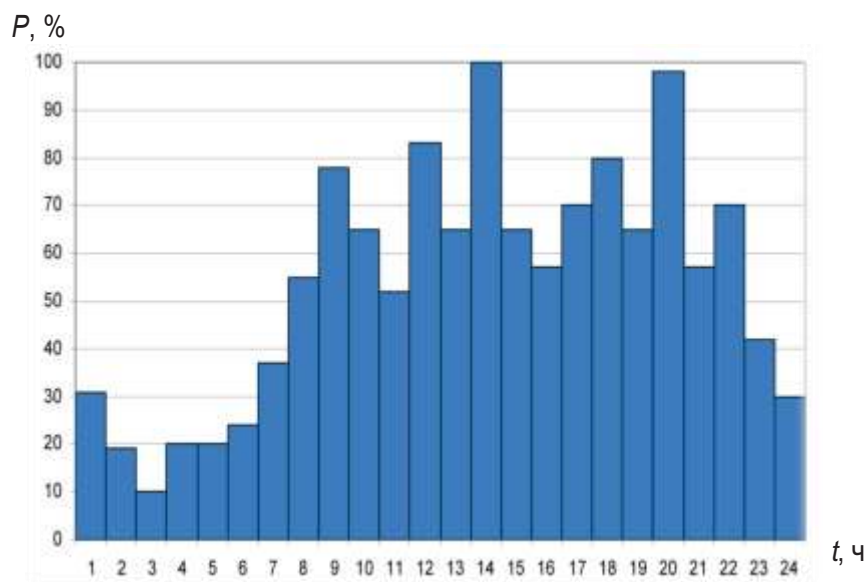


Рис. 6. График суточной нагрузки участка автоблокировки

P , кВт

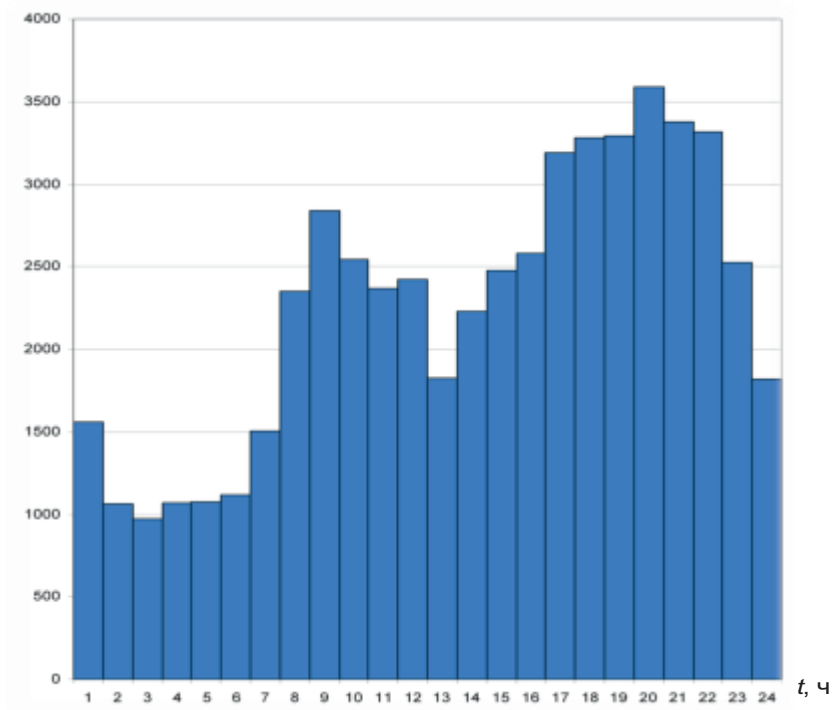


Рис. 7. Суммарный график нагрузок

2.2. Определение реактивной мощности районных потребителей

Реактивная мощность каждого из потребителей в часы максимума определяется по формулам:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (4)$$

где P — активная мощность каждого потребителя в часы максимума;

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - (\cos \varphi)^2}}{\cos \varphi}, \quad (5)$$

где $\cos \varphi$ — коэффициент мощности (табл. 6).

Вагонное депо:

$$Q_1 = 334,4 = 142,6 \text{ (кВАр)}.$$

Освещение и бытовая нагрузка:

$$Q_2 = 1680 = 490 \text{ (кВАр)}.$$

Ремонтно-механические предприятия:

$$Q_3 = 795,6 = 338,9 \text{ (кВАр)}.$$

Участок автоблокировки:

$$Q_4 = 776,6 = 330,6 \text{ (кВАр)}.$$

Суммарная реактивная мощность определяется по формуле (кВАр):

$$\Sigma Q_{\max} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4; \quad (6)$$

$$\Sigma Q_{\max} = 142,6 + 490 + 338,9 + 330,6 = 1302,1 \text{ (кВАр)}.$$

2.3. Определение полной мощности районных потребителей

Максимальная мощность всех потребителей с учетом потерь определяется по формуле (кВт):

$$S_{\max} = \left(1 + \frac{P_{\text{пост}} + P_{\text{пер}}}{100} \right) \cdot \sqrt{(\Sigma P)_{\max}^2 + (\Sigma Q)_{\max}^2}, \quad (7)$$

где $P_{\text{пост}}$ и $P_{\text{пер}}$ — постоянные потери в стали трансформаторов и переменные потери в сетях и трансформаторах, принимаемые соответственно равными 2% и 8%;

ΣP_{\max} — максимальное значение суммарной нагрузки, кВт [14, с. 11];

ΣQ_{\max} — сумма реактивных мощностей всех n потребителей в час максимума [14, с. 11];

$$S_{\max} = \left(1 + \frac{2\% + 8\%}{100} \right) \cdot \sqrt{(3586,16)^2 + (1302,1)^2} = 4196,753 \text{ (кВт)}.$$

3. Выбор понижающих трансформаторов, определение мощности подстанции

3.1. Определение мощности на стороне 27,5 кВ

Необходимая мощность на стороне 27,5 кВ определяется по формуле (кВА):

$$S_{\max \text{ СН}} = (S_{\text{T}} + S_{\max \text{ ДПР}} + S_{\text{ТСН}}) \cdot k_p, \quad (8)$$

где S_T — мощность, расходуемая на тягу поездов, кВА;

$S_{\max \text{ДПР}}$ — максимальная мощность ДПР, кВА;

$S_{\text{ТСН}}$ — номинальная мощность ТСН, кВА.

3.2. Определение мощности тяговой нагрузки

Мощность тяговой нагрузки определяется по формуле (кВА):

$$S_T = U_{\text{ш}}(2I_{\text{д}} + 0,65I_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \cdot k_{\text{к}} \cdot k_{\text{м}} \quad (9)$$

где $U_{\text{ш}}$ — напряжение на шинах подстанции, кВ;

$I_{\text{д}}$ — действующие значения тока, А;

$k_{\text{р}}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки фаз трансформатора, равный 0,9 [14, с. 10];

$k_{\text{к}}$ — коэффициент, учитывающий влияние компенсации реактивной мощности, равный 0,93 [14, с. 10];

$k_{\text{м}}$ — коэффициент, учитывающий влияние внутрисуточной неравномерности движения на износ изоляции обмоток трансформатора, равный 1,14 [14, с. 10];

$$S_T = 27,5 \cdot (2 \cdot 450 + 0,65 \cdot 450) \cdot 0,9 \cdot 0,93 \cdot 1,14 = 39800,14 \text{ (кВА)}.$$

3.3. Определение мощности ДПР

Максимальная мощность ДПР определяется по формуле (кВА):

$$S_{\max \text{ДПР}} = \frac{P_{\text{у}} \cdot k_{\text{с}}}{\cos \varphi} \quad (10)$$

где $P_{\text{у}}$ — установленная мощность, кВт;

$k_{\text{с}}$ — коэффициент спроса;

$$S_{\max \text{ДПР}} = \frac{6500 \cdot 0,4}{0,93} = 2795,6 \text{ (кВА)}.$$

3.4. Определение мощности ТСН

Мощность трансформатора ТСН (кВА):

$$S_{\text{ТСН}} = 250 \text{ (кВА)}.$$

Вычислим мощность потребителей, присоединенных к шинам тягового электроснабжения:

$$S_{\max \text{T}} = 39800 + 2795,6 + 250 = 42845,6 \text{ (кВА)}.$$

3.5. Определение мощности на стороне 10 кВ

Максимальная мощность на стороне 10 кВ тяговой подстанции определяется по формуле (кВА):

$$S_{\max \text{PH}} = S_{\max 10}; \quad (11)$$

$$S_{\max 10} = 4196,753 \text{ (кВА)}.$$

3.6. Определение мощности на стороне 110 кВ

Максимальная мощность на стороне 110 кВ тяговой подстанции определяется по формуле (МВА):

$$S_{\max \text{BH}} = (S_{\max \text{T}} + S_{\max \text{PH}}) \cdot k_p, \quad (12)$$

где $S_{\max \text{T}}$ — мощность потребителей, присоединенных к шинам тягового электроснабжения, кВА [12, с. 10];

$S_{\max \text{PH}}$ — максимальная полная мощность всех нетяговых потребителей с учетом потерь в сетях и трансформаторах, кВА [12, с. 10];

k_p — коэффициент разновременности максимальных нагрузок тяговых и нетяговых потребителей, равный 0,95 [12, с. 10].

Вычислим мощность на стороне 110 кВ:

$$S_{\max \text{BH}} = (42845,6 + 4196,75) \cdot 0,95 = 44690,23 \text{ (кВА)}.$$

3.7. Определение мощности трансформатора

На подстанции установим два трансформатора. Необходимая мощность каждого из двух понижающих трансформаторов составляет:

$$S_{\text{H}} \geq \frac{S_{\max \text{BH}}}{k_{\text{AB}} \cdot (n-1)}, \quad (13)$$

где $S_{\max \text{BH}}$ — суммарная максимальная нагрузка первичной обмотки трансформатора, кВА;

k_{AB} — коэффициент допустимой перегрузки трансформатора по отношению к его номинальной мощности в аварийном режиме, равный 1,4 [14, с. 15];

n — количество трансформаторов;

$$S_{\text{HTP}} \geq \frac{44690,23}{1,4 \cdot (2-1)};$$

$$S_{\text{НТР}} \geq 31921,6 \text{ (кВА)}.$$

По справочнику подберем понижающий трансформатор типа ТДТНЭ — 40000/110:

— номинальная мощность: $S_{\text{НТР}} = 40 \text{ МВА}$;

— номинальное напряжение обмоток: $U_{\text{В}} = 115 \text{ кВ}$, $U_{\text{С}} = 27,5 \text{ кВ}$,
 $U_{\text{Н}} = 11 \text{ кВ}$;

— потери холостого хода: $\Delta P_{\text{хх}} = 63 \text{ кВт}$;

— потери короткого замыкания: $\Delta P_{\text{кз}} = 200 \text{ кВт}$;

— ток холостого хода: $I_{\text{хх}} = 0,9\%$;

— напряжение короткого замыкания: $U_{\text{к в-с}} = 10,5$, $U_{\text{к в-н}} = 17,0\%$,
 $U_{\text{к с-н}} = 6\%$;

— схема и группа соединения обмоток: $Y^*-\Delta-\Delta-11-11$.

3.8. Определение мощности подстанции

Полная мощность подстанции зависит от схемы внешнего электроснабжения, определяющей ее тип (опорная, транзитная, на отпайках, тупиковая, трансформаторная, получающая питание от шин другой подстанции), и от количества и мощности главных понижающих трансформаторов.

Мощность опорной 110 (220) кВ и промежуточной транзитной подстанций определяется по формуле (кВА):

$$S_{\text{тп}} = (n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{н.тр}} + \sum S_{\text{транз}}) \cdot K'_{\text{р}}, \quad (14)$$

где $\sum S_{\text{транз}}$ — сумма мощностей подстанций, питающихся через шины проектируемой подстанции;

$K'_{\text{р}}$ — коэффициент одновременности максимальных нагрузок проектируемой и соседних подстанций; для тяговых подстанций при однопутных участках $K'_{\text{р}} = 0,6-0,7$, а при двухпутных — $K'_{\text{р}} = 0,7-0,8$; для трансформаторных подстанций $K'_{\text{р}} = 0,75$.

Мощность тупиковой и отпаечной тяговой подстанций переменного тока определяется по формуле:

$$S_{\text{тп}} = n_{\text{тп}} \cdot S_{\text{н.тр}}, \quad (15)$$

где $S_{\text{н.тр}}$ — номинальная мощность трансформатора, МВА;

$n_{\text{тп}}$ — количество главных понижающих трансформаторов [1, с. 16];

$$S_{\text{ш}} = 2 \cdot 40 = 80 \text{ (МВА)}.$$

4. Расчет токов короткого замыкания

4.1. Расчет токов короткого замыкания для максимального режима

Сопротивления отдельных элементов в относительных единицах, приведенные к единым базисным условиям, рассчитываются по формулам, приведенным в таблице 8.

Сопротивление в расчетных формулах обозначается $x_{*б}$, где:

— индекс * указывает, что величина выражена в относительных единицах (размерность отсутствует);

— индекс «б» указывает, что расчет ведется при базисных условиях.

За индексом «б» ставится индекс того элемента, для которого рассчитывается сопротивление (в формулах), а при расчете сопротивлений схем замещения — порядковый номер сопротивления.

Таблица 8

Расчетные выражения для определения значений относительных сопротивлений

| Элемент электроустановки | Исходные параметры | Расчетная формула | Номера сопротивлений на схемах замещения |
|--------------------------|---|--|--|
| Электрическая система | $S_{\text{кг}}$ | $x_{*б.с} = \frac{S_б}{S_к}$ | $x_{*б8}$ |
| Генератор | $S_{\text{н}}$ $x''_{\text{д}}$ | $x_{*б.г} = x''_{\text{д}} \frac{S}{S_{\text{нг}}}$ | $x_{*б1}, x_{*б2}$ |
| Реактор | $U_{\text{нр}}$ $I_{\text{нр}}$ $x_{\text{нр}}$ | $x_{*бр} = \frac{x_{\text{нр}}}{100} \cdot \frac{S_б}{\sqrt{3} U_{\text{нр}} I_{\text{нр}}}$ | Отсутствует |
| Линия электропередачи | $U_{\text{ср}}$ L x_0 | $x_{*бл\text{ЭП}} = x_0 L \frac{S_б}{U_{\text{ср}}^2}$ значения x_0 приведены в таблице 9 | $x_{*б9} - x_{*б14}$ $x_{*б21}, x_{*б22}, x_{*б25}$ |

| Элемент электроустановки | Исходные параметры | Расчетная формула | Номера сопротивлений на схемах замещения |
|--------------------------------|---------------------|--|--|
| Трансформатор (двухобмоточный) | $S_{н.тр}$ U_k | $x_{*б.тр} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{н.тр}}$ | $x_{*63}, x_{*67}, x_{*623}, x_{*621}$ |

Трехобмоточные трансформаторы в схему замещения вводятся тремя сопротивлениями.

Для трехобмоточных трансформаторов задаются в паспорте напряжения короткого замыкания пар обмоток, %:

- высшего-среднего напряжения $U_{к\ в-с}$;
- высшего-низшего напряжения $U_{к\ в-н}$;
- среднего-низшего напряжения $U_{к\ с-н}$.

Для того чтобы определить сопротивление каждой обмотки трехобмоточного трансформатора, необходимо в начале определить их напряжение короткого замыкания (%) по следующим формулам:

$$u_{к.в} = 0,5 (u_{к\ в-с} + u_{к\ в-н} + u_{к\ с-н}); \quad (16)$$

$$u_{к.с} = 0,5 (u_{к\ в-с} + u_{к\ с-н} + u_{к\ в-н}); \quad (17)$$

$$u_{к.н} = 0,5 (u_{к\ в-н} + u_{к\ с-н} + u_{к\ в-с}), \quad (18)$$

а затем по формулам для двухобмоточного трансформатора определить значения относительных сопротивлений каждой обмотки:

$$x_{*б.тр.в} = \frac{u_{к.в}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{н.тр}} \quad (\text{соответствует } x_{*615}; x_{*618});$$

$$x_{*б.тр.с} = \frac{u_{к.с}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{н.тр}} \quad (\text{соответствует } x_{*617}; x_{*620});$$

$$x_{*б.тр.н} = \frac{u_{к.н}}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{н.тр}} \quad (\text{соответствует } x_{*616}; x_{*619}).$$

В формуле таблицы 9 все мощности подставляются в МВА, напряжение в кВ, ток в кА, длина ЛЭП в км, удельное индуктивное сопротивление ЛЭП x_0 в Ом/км, напряжение короткого замыкания трансформаторов в %, индуктивное сопротивление реактора $x_{н.р}$ в %.

**Средние удельные индуктивные сопротивления
линий электропередач**

| Линия электропередачи | x_0 , Ом/км |
|--|------------------------------|
| Одноцепные воздушные линии: – 6–220 кВ; – 220–330 кВ (при расщеплении фазы на два провода); – 330–500 кВ (при расщеплении фазы на три провода); – 750–1150 кВ (при расщеплении фазы на четыре провода) | 0,40 0,32 0,30 0,28 |
| Трехжильный кабель: – 6–10 кВ; – 35 кВ Одножильный маслонаполненный кабель: – 110–220 кВ | 0,08 0,12 0,16 |

После того как схема замещения составлена и определены сопротивления всех элементов, она преобразуется к наиболее простому виду (рис. 8).

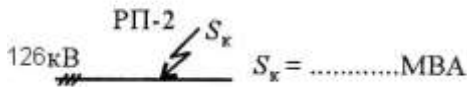


Рис. 8. Результирующая схема замещения до расчетной точки короткого замыкания

Преобразование (свертывание) схемы выполняется в направлении от источника питания к месту короткого замыкания.

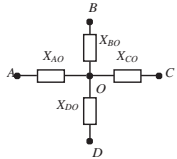
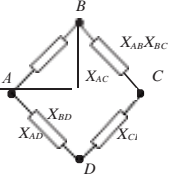
При этом используются известные правила последовательного и параллельного сложения сопротивлений, преобразование звезды сопротивлений в треугольник и обратно, многоугольника в многолучевую звезду и т. п.

Эти правила представлены в таблице 10.

Таблица 10

Основные формулы преобразования схем замещения

| Выполняемые преобразования | Схема | | Формулы для определения результирующих сопротивлений после преобразования |
|--------------------------------------|-------------------|----------------------|---|
| | до преобразования | после преобразования | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Последовательное соединение | | | $x_{рез} = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$ |
| Параллельное соединение | | | $\frac{1}{x_{рез}} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} + \dots + \frac{1}{x_n}$ <p>При двух ветвях:</p> $x_{рез} = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 + x_2}$ <p>При трех ветвях:</p> $x_{рез} = \frac{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3}{x_1 \cdot x_2 + x_1 \cdot x_3 + x_2 \cdot x_3}$ |
| Преобразование треугольника в звезду | | | $x_{AO} = \frac{x_{AB} \cdot x_{AC}}{x_{AB} + x_{AC} + x_{BC}}$ $x_{BO} = \frac{x_{AB} \cdot x_{BC}}{x_{AB} + x_{AC} + x_{BC}}$ $x_{CO} = \frac{x_{AC} \cdot x_{BC}}{x_{AB} + x_{AC} + x_{BC}}$ |
| Преобразование звезды в треугольник | | | $x_{AB} = x_{AO} + x_{BO} + \frac{x_{AO} \cdot x_{BO}}{x_{CO}}$ $x_{AC} = x_{AO} + x_{CO} + \frac{x_{AO} \cdot x_{CO}}{x_{BO}}$ $x_{BC} = x_{BO} + x_{CO} + \frac{x_{BO} \cdot x_{CO}}{x_{AO}}$ |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|
| Преобразование четырехлучевой звезды в многоугольник с диагоналями |  |  | $X_{AB} = X_{AO} \cdot X_{BO} \cdot \sum Z ;$ $X_{BC} = X_{BO} \cdot X_{CO} \cdot \sum Z ;$ $X_{AD} = X_{AO} \cdot X_{DO} \cdot \sum Z$ И Т. Д., ГДЕ $\sum Z = \frac{1}{X_{AO}} + \frac{1}{X_{BO}} + \frac{1}{X_{CO}} + \frac{1}{X_{DO}}$ |

При преобразовании схем замещения при наличии нескольких источников питания их необходимо объединять, а отходящие от них сопротивления считать включенными параллельно, как показано на рисунке 9.

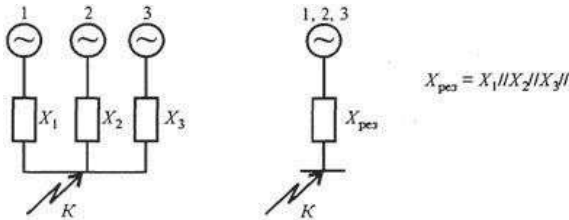


Рис. 9. Объединение разделенных цепей

Если в процессе расчета потребуется определять распределение тока по ветвям, то это осуществляется определением коэффициентов распределения по следующим формулам:

$$C_1 = \frac{X_{pec}}{X_1}; \tag{19}$$

$$C_2 = \frac{X_{pec}}{X_2}; \tag{20}$$

$$C_3 = \frac{X_{pec}}{X_3}. \tag{21}$$

Следует рассчитать относительные сопротивления схем замещения для максимального и минимального режимов и вписать эти значения в схемы в знаменатели номеров сопротивлений.

Определим относительное сопротивление энергосистем до шин опорных подстанций по расчетной схеме (рис. 10) и схеме замещения (рис. 11):

$$x_{*6C} = \frac{S_6}{S_{кC}}, \quad (22)$$

где S_6 — базисная мощность, 1000 кВА;

$S_{кC}$ — мощность короткого замыкания на шинах опорных подстанций, кВА;

$$x_{*61} = \frac{1000}{500} = 2;$$

$$x_{*62} = \frac{1000}{1000} = 1.$$

Определим расчетные значения U_k обмоток трансформаторов T_{p1} и T_{p2} , через которые протекают токи КЗ [2, с. 172], по следующим формулам:

$$U_{кВ} = 0,5 (U_{кВ-с} + U_{кВ-н} - U_{кC-н}); \quad (23)$$

$$U_{кC} = 0,5 (U_{кВ-с} + U_{кC-н} - U_{кВ-н}); \quad (24)$$

$$U_{кн} = 0,5 (U_{кВ-н} + U_{кC-н} - U_{кВ-с}), \quad (25)$$

где $U_{кВ-с}$, $U_{кВ-н}$, $U_{кC-н}$ — напряжение короткого замыкания для пары обмоток (высокого и среднего, высокого и низкого, среднего и низкого напряжений) [2, с. 172];

$$U_{кВ} = 0,5 (10,5 + 17 - 6) = 10,75 (\%);$$

$$U_{кC} = 0,5 (10,5 + 6 - 17) = 0,25 (\%);$$

$$U_{кн} = 0,5 (17 + 6 - 10,5) = 6,25 (\%).$$

Определим относительные сопротивления обмоток трансформаторов T_{p1} и T_{p2} [2, с. 173] по формуле:

$$x_{*6TP} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{HTP}}, \quad (26)$$

где U_K — напряжение короткого замыкания для каждой обмотки [2, с. 173];

S_6 — базисная мощность;

$S_{\text{НТР}}$ — номинальная мощность трансформатора, МВА.

$$x_{*610} = x_{*613} = \frac{10,75}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 2,68;$$

$$x_{*611} = x_{*614} = \frac{0,25}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 0,0625;$$

$$x_{*612} = x_{*615} = \frac{6,25}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 1,56.$$

Относительное сопротивление линий определяется по формуле:

$$x_{*6\text{Л}} = x_0 \cdot l_{\text{Л}} \frac{S_6}{U_{\text{СР}}^2}, \quad (27)$$

где S_6 — базисная мощность, 1000 МВА;

$l_{\text{Л}}$ — длина линии;

x_0 — индуктивное сопротивление 1 км линии, равное 0,4 Ом/км;

$U_{\text{СР}}$ — среднее расчетное напряжение линии, кВ;

$$x_{*63} = x_{*64} = 0,4 \cdot 35 \cdot \frac{1000}{(115)^2} = 1,058;$$

$$x_{*65} = x_{*66} = 0,4 \cdot 25 \cdot \frac{1000}{(115)^2} = 0,756;$$

$$x_{*67} = 0,4 \cdot (45 + 50 + 45 + 50) \cdot \frac{1000}{(115)^2} = 5,672;$$

$$x_{*68} = 0,4 \cdot (45 + 50) \cdot \frac{1000}{(115)^2} = 2,872;$$

$$x_{*69} = 0,4 \cdot (45 + 50) \cdot \frac{1000}{(115)^2} = 2,872.$$

По схеме (рис. 12) определяем:

$$x_{*616} = \frac{x_{*63}}{2} = \frac{1,058}{2} = 0,529;$$

$$x_{*617} = \frac{x_{*65}}{2} = \frac{0,756}{2} = 0,378.$$

Преобразуем сопротивления x_{*67} , x_{*68} , x_{*69} , соединенные треугольником, в сопротивления x_{*618} , x_{*619} и x_{*620} , соединенные звездой:

$$x_{*618} = \frac{x_{*67} \cdot x_{*68}}{x_{*67} + x_{*68} + x_{*69}} = \frac{5,672 \cdot 2,872}{5,672 + 2,872 + 2,8} = 1,436;$$

$$x_{*619} = \frac{x_{*67} \cdot x_{*69}}{x_{*67} + x_{*68} + x_{*69}} = \frac{5,672 \cdot 2,8}{5,672 + 2,872 + 2,8} = 1,436;$$

$$x_{*620} = \frac{x_{*68} \cdot x_{*69}}{x_{*67} + x_{*68} + x_{*69}} = \frac{2,872 \cdot 2,8}{5,672 + 2,872 + 2,8} = 0,7.$$

По схеме (рис. 13) определим:

$$x_{*621} = x_{*61} + x_{*616} + x_{*618} = 2 + 0,529 + 1,436 = 3,965;$$

$$x_{*622} = x_{*62} + x_{*617} + x_{*619} = 1 + 0,378 + 1,436 = 2,814.$$

По схеме (рис. 14) определим относительное сопротивление до точки К1:

$$x_{*K1} = x_{*623} = \frac{x_{*621} \cdot x_{*622}}{x_{*621} + x_{*622}} + x_{*620} = \frac{3,965 \cdot 2,814}{3,965 + 2,814} + 0,7 = 2,33.$$

По схеме (рис. 15) определим относительное сопротивление:

$$x_{*624} = x_{*625} = x_{*610} + x_{*611} = 2,68 + 0,0625 = 2,743.$$

По схеме (рис. 15) определим относительное сопротивление до точки К2:

$$x_{*K2} = x_{*626} = \frac{x_{*624} \cdot x_{*625}}{x_{*624} + x_{*625}} + x_{*623} = \frac{2,743}{2} + 2,33 = 2,97.$$

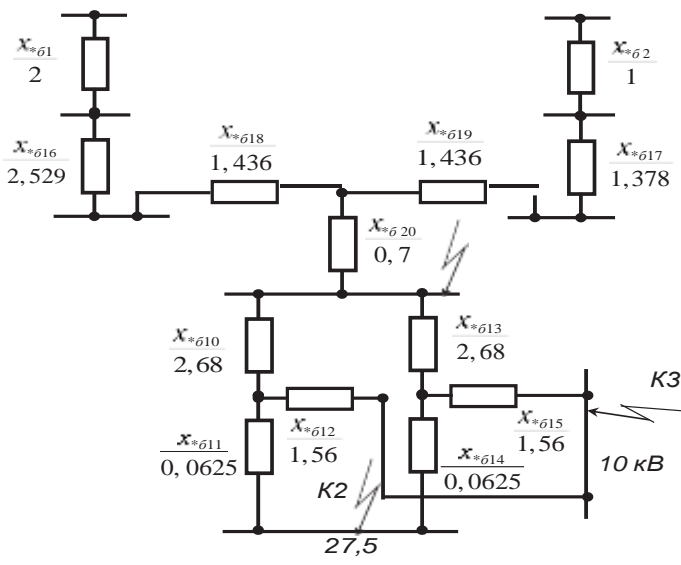


Рис. 12. Эквивалентная схема замещения № 1

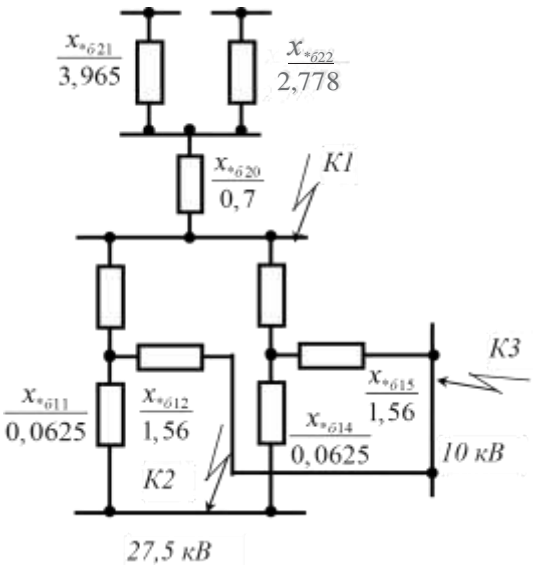


Рис. 13. Эквивалентная схема замещения № 2

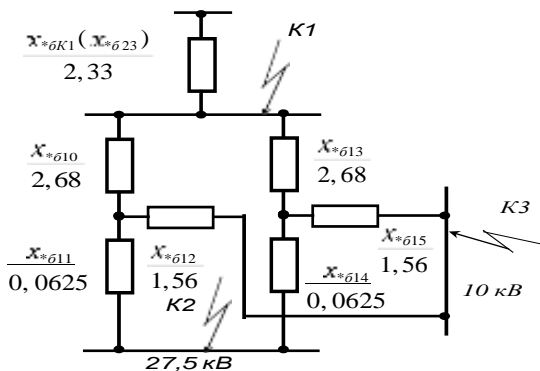


Рис. 14. Определение относительного сопротивления до точки K1

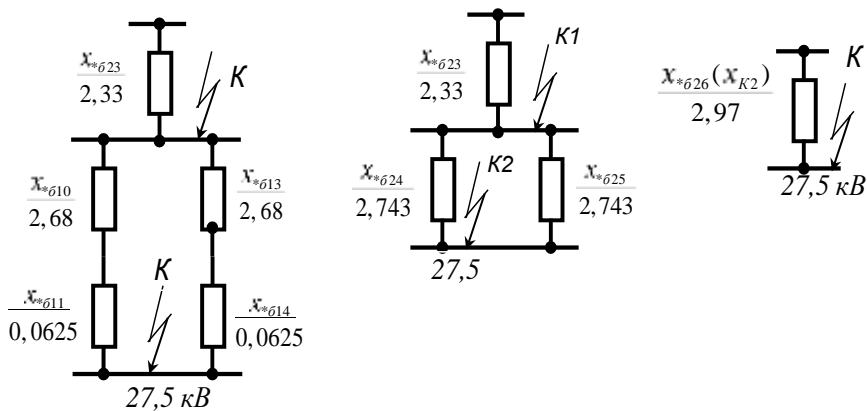


Рис. 15. Определение относительного сопротивления до точки K2

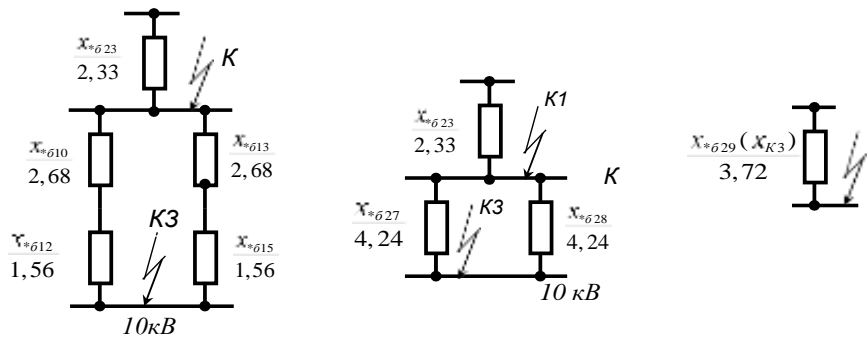


Рис. 16. Определение относительного сопротивления до точки K3

4.2. Определение токов и мощностей короткого замыкания

Вычисление токов и мощностей короткого замыкания в точке К1

Базисный ток определяется по формуле (кА):

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{CP1}}, \quad (28)$$

где S_6 — базисная мощность, МВА;

U_{CP} — среднее расчетное напряжение на данном участке, кВ;

$$I_{61} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5,02 \text{ (кА)}.$$

Ток короткого замыкания определяется по формуле (кА):

$$I_{K1} = \frac{I_{61}}{x_{*6K1}}, \quad (29)$$

где I_{61} — базисный ток на первом участке;

x_{*6K1} — относительное сопротивление до точки К1;

$$I_{K1} = \frac{5,02}{2,33} = 2,15 \text{ (кА)}.$$

Действующее значение тока установившегося режима определяется по формуле (кА):

$$I_{\infty 1} = I_{K1}; \quad (30)$$

$$I_{\infty 1} = 2,15 \text{ (кА)}.$$

Ударный ток определяется по формуле:

$$i_{y1} = 2,55 \cdot I_{K1}; \quad (31)$$

$$i_{y1} = 2,55 \cdot 2,15 = 5,48 \text{ (кА)}.$$

Действующее значение тока короткого замыкания определяется по формуле (кА):

$$I_{y1} = 1,52 \cdot I_{K1}; \quad (32)$$

$$I_{y1} = 1,52 \cdot 2,15 = 3,268 \text{ (кА)}.$$

Мощность короткого замыкания определяется по формуле (МВА):

$$S_{K1} = \frac{S_6}{x_{*6K1}}; \quad (33)$$

$$S_{K1} = \frac{1000}{2,33} = 429 \text{ (МВА)}.$$

Тепловой импульс определяется по формуле (кА²·с):

$$B_K = I_{K1}^2 \cdot (t_{откл} + T_a); \quad (34)$$

$$B_K = 2,15^2 \cdot (0,64 + 0,03) = 3 \text{ (кА}^2\text{·с)}.$$

Вычисление токов и мощностей короткого замыкания в точке К2

Базисный ток определяется по формуле (кА):

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{CP2}}; \quad (35)$$

$$I_{62} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 26,2} = 22 \text{ (кА)}.$$

Ток короткого замыкания определяется по формуле (кА):

$$I_{K2} = \frac{I_{62}}{x_{*6K2}}; \quad (36)$$

$$I_{K2} = \frac{22}{2,97} = 7,4 \text{ (кА)}.$$

Действующее значение тока установившегося режима определяется по формуле (кА):

$$I_{\infty 2} = I_{K2}; \quad (37)$$

$$I_{\infty 2} = 7,4 \text{ (кА)}.$$

Ударный ток определяется по формуле (кА):

$$i_{y2} = 2,55 \cdot I_{K2}; \quad (38)$$

$$i_{y2} = 2,55 \cdot 7,4 = 18,87 \text{ (кА)}.$$

Действующее значение тока короткого замыкания определяется по формуле (кА):

$$I_{y2} = 1,52 \cdot I_{K2}; \quad (39)$$

$$I_{y2} = 1,52 \cdot 7,4 = 11,24 \text{ (кА)}.$$

Мощность короткого замыкания определяется по формуле (МВА):

$$S_{K2} = \frac{S_6}{x_{*BK2}}; \quad (40)$$

$$S_{K2} = \frac{1000}{2,97} = 336 \text{ (МВА)}.$$

Тепловой импульс определяется по формуле (кА²·с):

$$B_K = I_{K2} \cdot (t_{откл} + T_a); \quad (41)$$

$$B_K = 7,4^2 \cdot (1,35 + 0,07) = 77 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$$

Вычисление токов и мощностей короткого замыкания в точке К3

Базисный ток определяется по формуле (кА):

$$I_{63} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{CP3}}; \quad (42)$$

$$I_{63} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 56 \text{ (кА)}.$$

Ток короткого замыкания определяется по формуле (кА):

$$I_{K3} = \frac{I_{63}}{x_{*BK3}}; \quad (43)$$

$$I_{K3} = \frac{56}{3,72} = 15 \text{ (кА)}.$$

Действующее значение тока установившегося режима определяется по формуле (кА):

$$I_{\infty3} = I_{K3}; \quad (44)$$

$$I_{\infty3} = 15 \text{ (кА)}.$$

Ударный ток определяется по формуле (кА):

$$i_{y3} = 2,55 \cdot I_{K3}; \quad (45)$$

$$i_{y3} = 2,55 \cdot 15 = 22,8 \text{ (кА)}.$$

Действующее значение тока короткого замыкания определяется по формуле (кА):

$$I_{y3} = 1,52 \cdot I_{K3}; \quad (46)$$

$$I_{y3} = 1,52 \cdot 15 = 22,8 \text{ (кА)}.$$

Мощность короткого замыкания определяется по формуле (МВА):

$$S_{K3} = \frac{S_6}{x_{*6K3}}; \quad (47)$$

$$S_{K3} = \frac{1000}{3,72} = 268,8 \text{ (МВА)}.$$

Тепловой импульс определяется по формуле (кА²·с):

$$B_K = I_{K3}^2 \cdot (t_{откл} + T_a); \quad (48)$$

$$B_K = 15^2 \cdot (1,95 + 0,07) = 454,5 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)};$$

$$B'_K = 15^2 \cdot (0,75 + 0,07) = 184 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

4.3. Расчет токов короткого замыкания для минимального режима (рис. 17, 18)

Определение относительного сопротивления до точек короткого замыкания

По схеме (рис. 19) определим относительное сопротивление:

$$x_{*631} = x_{*61} + x_{*63} + x_{*618} = 2 + 1,058 + 2,872 = 5,93;$$

$$x_{*632} = x_{*62} + x_{*66} + x_{*619} = 1 + 0,756 + 2,872 = 4,628.$$

По схеме (рис. 20) определим относительное сопротивление до точки К1:

$$x_{*6K1} = x_{*633} = \frac{x_{*631} \cdot x_{*632}}{x_{*631} + x_{*632}} = \frac{5,93 \cdot 4,628}{5,93 + 4,628} = 2,6.$$

По схеме (рис. 21) определим относительное сопротивление до точки К2:

$$x_{*6K2} = x_{*634} = x_{*633} + x_{*610} + x_{*611} = 2,6 + 2,68 + 0,0625 = 5,342.$$

По схеме (рис. 22) определим относительное сопротивление до точки К3:

$$x_{*6K3} = x_{*635} = x_{*633} + x_{*613} + x_{*615} = 5,28 + 2,68 + 1,56 = 6,84.$$

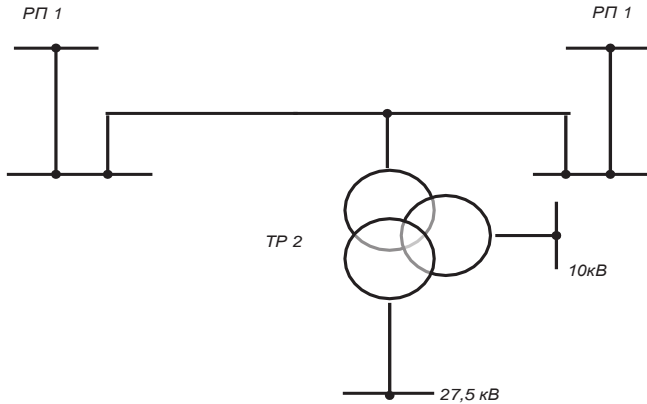


Рис. 17. Расчетная схема минимального режима

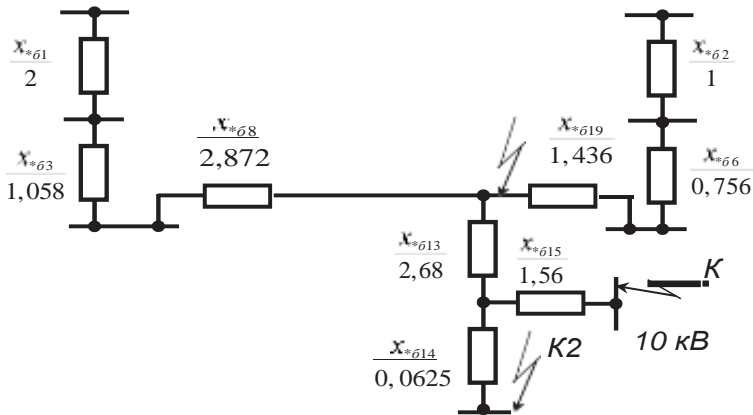


Рис. 18. Схема замещения для минимального режима

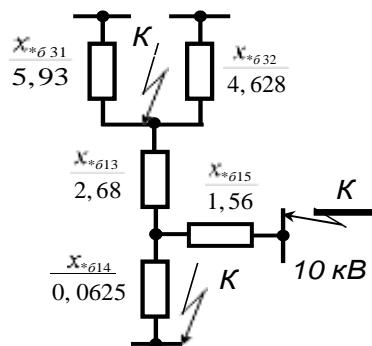


Рис. 19. Эквивалентная схема № 1

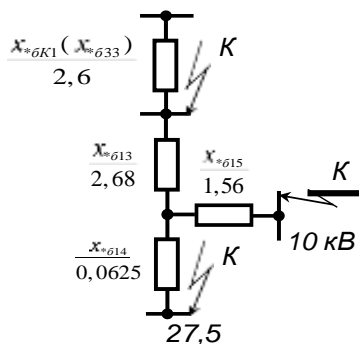


Рис. 20. Определение относительного сопротивления до точки K1

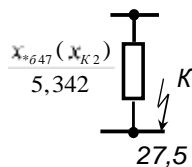


Рис. 21. Определение относительного сопротивления до точки K2

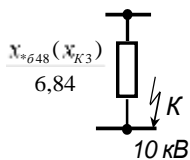


Рис. 22. Определение относительного сопротивления до точки K3

4.4. Определение токов короткого замыкания

Вычисление тока короткого замыкания в точке К1 по формуле (кА):

$$I_{K1} = \frac{I_{61}}{x_{*6K1}}; \quad (49)$$
$$I_{K1} = \frac{2,15}{2,6} = 0,82 \text{ (кА)}.$$

Вычисление тока короткого замыкания в точке К2 по формуле (кА):

$$I_{K2} = \frac{I_{62}}{x_{*6K2}}; \quad (50)$$
$$I_{K2} = \frac{22}{5,342} = 4 \text{ (кА)}.$$

Вычисление тока короткого замыкания в точке К3 по формуле (кА):

$$I_{K3} = \frac{I_{63}}{x_{*6K3}}; \quad (51)$$
$$I_{K3} = \frac{56}{6,84} = 8 \text{ (кА)}.$$

5. Расчет максимальных рабочих токов

Расчет максимальных рабочих токов следует выполнять в виде таблиц 11 и 12. Токоведущие части и электрическое оборудование подстанции выбирают по условию их длительной работы при номинальной и повышенной нагрузке, не превышающей максимальной рабочей.

Для этих целей необходимо рассчитать максимальные рабочие токи $I_{p \max}$ сборных шин и всех присоединений к ним.

Эти значения тока необходимы для определения допустимых токов токоведущих частей номинальных токов электрического оборудования подстанции.

При расчете наибольших (максимальных) рабочих токов сборных шин и присоединений учитывается запас на перспективу развития подстанции, принимаемый равным 30% расчетной мощности, возможные аварийные перегрузки до 40%, увеличение значений токов

параллельно включенных трансформаторов и линий в случае отключения одного из трансформаторов или одной линии. Вводы опорных, транзитных подстанций и подстанций, получающих питание от шин других подстанций, определяются по формуле (А):

$$I_{p.\max} = \frac{K_{np} \cdot S_{пт}}{\sqrt{3} \cdot U_{н1}}, \quad (52)$$

где $S_{пт}$ — полная мощность подстанции, кВА;

K_{np} — коэффициент перспективного развития подстанции, увеличивающий рабочий максимальный потребляемый ток на 30%, равный 1,3;

$U_{н1}$ — номинальное напряжение первичной обмотки главного понижающего трансформатора проектируемой подстанции, кВ.

Вводы тупиковых подстанций и подстанций на отпайках определяются по формуле (А):

$$I_{p.\max} = \frac{K_{ав} \cdot \sum_1^n S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{н1}}, \quad (53)$$

где $K_{ав}$ — коэффициент аварийной перегрузки трансформатора, учитывающий его возможную перегрузку до 40%, равный 1,4;

$\sum_1^n S_{н.тр}$ — суммарная мощность главных понижающих трансформаторов проектируемой подстанции, кВА;

$U_{н1}$ — номинальное напряжение первичной обмотки главного понижающего трансформатора проектируемой подстанции, кВ.

Сборные шины первичного напряжения опорных подстанций и перемычки промежуточных подстанций определяются по формуле:

$$I_{p.\max} = \frac{K_{np} \cdot K_{р.н} \cdot S_{тп}}{\sqrt{3} \cdot U_{н1}}, \quad (54)$$

где K_{np} — коэффициент перспективы;

$K_{р.н}$ — коэффициент распределения нагрузки на сборных шинах первичного напряжения.

Первичные обмотки высшего напряжения силовых трансформаторов определяются по формуле (А):

$$I_{\text{р.маx}} = \frac{K_{\text{ав}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н1}}}, \quad (55)$$

где $S_{\text{н.тр}}$ — номинальная мощность силового трансформатора (главные понижающие трансформаторы, трансформаторы собственных нужд, тяговые трансформаторы), кВА.

Вторичные обмотки среднего и низшего напряжения двухобмоточных силовых трансформаторов определяются по формуле (А):

$$I_{\text{р.маx}} = \frac{K_{\text{ав}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н2}}}, \quad (56)$$

где $U_{\text{н2}}$ — номинальное напряжение вторичной обмотки (низшего напряжения) силового трансформатора, кВ.

Вторичные обмотки среднего и низшего напряжения трехобмоточных силовых трансформаторов определяются по формуле (А):

$$I_{\text{р.маx}} = \frac{K_{\text{ав}} \cdot S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н2(3)}}}, \quad (57)$$

где $U_{\text{н2}}$ — номинальное напряжение вторичной обмотки среднего напряжения трансформатора, кВ;

$U_{\text{н3}}$ — номинальное напряжение вторичной обмотки низшего напряжения трансформатора, кВ.

Сборные шины вторичного напряжения главных понижающих трансформаторов определяются по формуле (А):

$$I_{\text{р.маx}} = \frac{K_{\text{р.н}} \cdot \sum_1^n S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н2(3)}}}, \quad (58)$$

где $K_{\text{р.н}}$ — коэффициент распределения нагрузки на шинах вторичного напряжения распределительного устройства, равный:

- 0,5 — при пяти и более находящихся в работе присоединений к шинам;
- 0,7 — при находящихся в работе присоединений к шинам менее пяти.

Рабочий максимальный ток на сборных шинах вторичного напряжения можно рассчитать по формуле (А):

$$I_{p.\max} = \frac{S_{10(35)}}{\sqrt{3} \cdot U_{н2(3)}}. \quad (59)$$

Формулой 59 можно воспользоваться, если рассчитывались полные мощности на сборных шинах 10 или 35 кВ вторичного напряжения главных понижающих трансформаторов.

Линии, питающие потребители, определяются по формуле (А):

$$I_{p.\max} = \frac{K_{np} \cdot P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{н2(3)} \cdot \cos\phi}, \quad (60)$$

где P_{\max} — максимальная активная мощность потребителя, которая определяется по выражению: $P_{\max} = P_y \cdot K_c$;
 $\cos\phi$ — коэффициент мощности потребителей (см. исходные данные);
 $U_{н2(3)}$ — номинальное напряжение на сборных шинах, от которых питается потребитель.

Расчет рабочих максимальных токов представлен в таблице 11, а расчет рабочих максимальных токов районных потребителей — в таблице 12.

Таблица 11

Расчет рабочих максимальных токов

| Наименование присоединений и сборных шин | Формула для расчета $I_{p.\max}$ | Значение $I_{p.\max}$, А |
|--|---|--|
| Вводы № 1 и № 2 и перемычка между вводами | $\frac{K_{ДПР} \cdot S_{ТП}}{\sqrt{3} \cdot U_H}$ | $\frac{1,3 \cdot 80000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 545,9$ |
| Первичная обмотка понижающего трансформатора | $\frac{K_{пер} \cdot S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1}}$ | $\frac{1,5 \cdot 40000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 314,9$ |
| Питающая линия (фидер) контактной сети | По заданию | 450 |
| Ввод РУ-27,5 кВ | $\frac{S_{\max Т}}{\sqrt{3} \cdot U_{H2}}$ | $\frac{42845,6}{\sqrt{3} \cdot 27,5} = 899,55$ |
| Сборные шины РУ-27,5 кВ | $\frac{K_{рн} \cdot \sum S_{в.р}}{\sqrt{3} \cdot U_{н2}}$ | $\frac{0,6 \cdot 2 \cdot 40000}{\sqrt{3} \cdot 27,5} = 1000$ |
| Питающая линия ДПР | $\frac{K_{ДПР} \cdot S_{\max ДПР}}{\sqrt{3} \cdot U_H}$ | $\frac{1,3 \cdot 2795,6}{\sqrt{3} \cdot 27,5} = 76,3$ |

| Наименование присоединений и сборных шин | Формула для расчета $I_{p. \max}$ | Значение $I_{p. \max}$, А |
|--|--|--|
| Первичная обмотка ТСН | $\frac{K_{\text{пер}} \cdot S_{\text{счн}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н1}}}$ | $\frac{1,5 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 27,5} = 7,8$ |
| Ввод РУ-10 кВ | $\frac{K_{\text{ГР}} \cdot S_{\text{max РН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н3}}}$ | $\frac{1,3 \cdot 4196,753}{\sqrt{3} \cdot 10} = 314,9$ |
| Сборные шины РУ-10 кВ | $\frac{K_{\text{ГР}} \cdot K_{\text{РН}} \cdot S_{\text{max РН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н3}}}$ | $\frac{1,3 \cdot 0,6 \cdot 4196,753}{\sqrt{3} \cdot 10} = 188,9$ |

Таблица 12

Расчет рабочих максимальных токов районных потребителей

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| Вагонное депо | $\frac{K_{\text{ГР}} \cdot P_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}} \cdot \cos \varphi}$ | $\frac{1,3 \cdot 334,4}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,92} = 27,31$ |
| Освещение и бытовая нагрузка | | $\frac{1,3 \cdot 1680}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 131,5$ |
| Дорожные ремонтные мастерские | | $\frac{1,3 \cdot 795,6}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,92} = 64,9$ |
| Участок автоблокировки | | $\frac{1,3 \cdot 776,16}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,92} = 63,39$ |

Примечание:

$S_{\text{ТП}}$ — максимальная полная мощность подстанции (номинальная);

$S_{\text{н.тр}}$ — номинальная мощность трансформатора;

$U_{\text{Н}}$ — номинальное напряжение на вводе подстанции;

$K_{\text{пер}}$ — коэффициент допустимой перегрузки трансформаторов, равный 1,5;

$K_{\text{ГР}}$ — коэффициент перспективы развития потребителей, равный 1,5;

$K_{\text{РН}}$ — коэффициент распределения нагрузки по шинам первичного напряжения, равный 0,6;

$U_{\text{Н1}}$ — номинальное напряжение первичной обмотки ВН трансформатора;

$U_{\text{Н2}}$ — номинальное напряжение вторичной обмотки СН трансформатора;

$U_{\text{нз}}$ — номинальное напряжение вторичной обмотки НН трансформатора;

$S_{\text{max РН}}$ — максимальная полная мощность на шинах районной нагрузки;

$S_{\text{max}}, P_{\text{max}}$ — полная и активная мощности потребителя;

$\cos\phi$ — коэффициент мощности нагрузки.

6. Выбор основного оборудования

6.1. Проверка токоведущих частей на термическую стойкость

Сборные шины и ответвления от них, выполненные из гибких и жестких проводов, выбираем из условия [3, с. 49]:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р. max}}, \quad (61)$$

где $I_{\text{доп}}$ — длительно допускаемый ток для выбранной токоведущей части, А;

$I_{\text{р. max}}$ — максимальный рабочий ток той цепи, где производится выбор токоведущей части, А.

Выбор токоведущих частей отображен в таблице 13.

Таблица 13

Выбор токоведущих частей

| Наименование присоединений и сборных шин | Максимальный рабочий ток, А | Экономически целесообразное сечение, мм | Тип токоведущих частей | Допустимый ток, А |
|--|-----------------------------|---|------------------------|------------------------|
| Вводы и перемычка РУ-110 кВ | 545,9 | — | АС-240 | 610 |
| Сборные шины РУ-27,5 кВ | 1000 | — | 2АС-300 | 1200 |
| Сборные шины РУ-10 кВ | 188,9 | — | А-50 · 5 | $665 \cdot 0,95 = 631$ |
| Районные потребители | 315 | $\frac{315}{1,4} = 225$ | ААБ – 3 · 240-10 | 460 |

Проверка токоведущих частей на термическую стойкость заключается в определении минимально необходимого сечения токоведущей части на расчетном участке цепи по режиму короткого замыкания при нагревании его до максимально допустимой температуры, мм²:

$$q_{\text{в}} \geq q_{\text{min}}, \quad (62)$$

где q_b — выбранное сечение токоведущей части, мм₂;

q_{\min} — минимально допустимое сечение токоведущей части по режиму короткого замыкания.

Минимально допустимое сечение токоведущей части определяется по формуле:

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k} \cdot 10^3}{C}, \quad (63)$$

где B_k — тепловой импульс тока короткого замыкания для расчетной точки подстанции, кА²с;

C — коэффициент, учитывающий соотношение максимально допустимой температуры токоведущей части и температуры при нормальном режиме работы, равный для алюминиевых шин и проводов — $C = 88$.

Проверка токоведущих частей на термическую стойкость выполняется в виде таблицы 14. Токоведущие части напряжением 35 кВ и выше проверяем на отсутствие коронирования по условию:

$$E_0 \geq 1,07E, \quad (64)$$

где E_0 — максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля, при которой возникает коронный разряд, кВ/см;

E — напряженность электрического поля около поверхности провода, кВ/см.

Таблица 14

Проверка токоведущих частей на термическую стойкость

| Наименование присоединений и сборных шин | Сечение токоведущих частей, мм | Тепловой импульс, кА ² с | Коэффициент, C , А · с ^{1/2} /мм ² | Минимальное допустимое сечение, мм ² |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Вводы и перемычка РУ-110 кВ | 240 | 3 | 88 | 19 |
| Сборные шины РУ-27,5 кВ | 600 | 77 | 88 | 99 |
| Сборные шины РУ-10 кВ | 250 | 454,5 | 88 | 243 |
| Районные потребители | 240 | 184 | 85 | 240 |

Максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля, при которой возникает коронный разряд определяется по формуле:

$$E_0 = 30,3 \cdot m \left[1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_{\text{пр}}}} \right], \quad (65)$$

где m — коэффициент, учитывающий негладкость поверхности провода, принимаемый для многопроволочных проводов, равный 0,82;

$r_{\text{пр}}$ — радиус провода, см.

Напряженность электрического поля около поверхности провода определяется по формуле:

$$E = \frac{0,354U}{r_p \frac{Lg}{D_{\text{cp}}}}, \quad (66)$$

где U — линейное напряжение, кВ;

D_{cp} — среднее геометрическое расстояние между проводами фаз, см.

Проверяем гибкие шины РУ-110 кВ по условию коронирования:

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{0,94}} \right) = 32,7 \text{ (кВ/см)};$$

$$E = \frac{0,354 \cdot 110}{1,4 \cdot \lg \left(\frac{1,26 \cdot 240}{0,94} \right)} = 10,9 \text{ (кВ/см)}.$$

Т. к. $32,7 \text{ кВ/см} > 1,07 \cdot 10,9 = 12,25 \text{ кВ/см}$, условие проверки выполняется.

Жесткие сборные шины РУ-10 кВ проверяем на электродинамическую стойкость. Момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию усилия (при расположении шины плашмя), определяется по формуле (м^3):

$$W = \frac{bh^2}{6}, \quad (67)$$

где b — узкая сторона шины, м;

h — широкая сторона шины, м;

$$W = \frac{0,005 \cdot (0,05)^2}{6} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^3\text{)}.$$

Механическое напряжение от взаимодействия шин разноименных фаз определяется по формуле (МПа):

$$\sigma = \frac{i^2 \cdot l^2 \cdot K}{\phi \cdot 1,2b \cdot W \cdot 10^8}, \quad (68)$$

где i_y — ударный ток короткого замыкания, кА;

l_n — расстояние между прокладками, м;

b — расстояние между полосами жестких шин, м;

K_ϕ — коэффициент формы, равный 0,08;

$$\sigma = \frac{(38,2)^2 \cdot 1}{0,08 \cdot 1,2 \cdot 0,25 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8} = 19,45 \text{ (МПа)}.$$

В данном случае шины будут электродинамически устойчивы, т. к. для алюминия: $[\sigma] = 40$ МПа.

6.2. Выбор изоляторов

Выбор подвесных изоляторов

Гибкие шины открытых РУ подстанции крепят на гирляндах подвесных изоляторов. Количество подвесных изоляторов в гирлянде принимается в зависимости от их типов и напряжения установки.

Выбор подвесных изоляторов для РУ-110 кВ и РУ-27,5 кВ проводим по условию:

$$U_n \geq U_p, \quad (69)$$

где U_n — номинальное напряжение изолятора, кВ;

U_p — рабочее напряжение РУ, кВ.

Для РУ-110 кВ применим гирлянду из девяти, а для РУ-27,5 кВ — из трех изоляторов типа ПС-70.

Выбор опорных изоляторов

Жесткие шины РУ-10 кВ крепят на опорных изоляторах. Количество и типы опорных изоляторов принимаются в зависимости от их типов, напряжения и силы, действующей на изолятор. Выбор опорных изоляторов для РУ-10 кВ проводим по условиям:

$$U_n \geq U_p; \quad (70)$$

$$F \leq 0,6F_{\text{разр}}, \quad (71)$$

где $F_{\text{разр}}$ — разрушающая нагрузка на изгиб изолятора по каталогу, Н;

F — сила, действующая на изолятор при к.з. (Н), определяется по формуле:

$$F = \frac{0,176 \cdot i_y^2 l}{a}, \quad (72)$$

где l — расстояние между соседними опорными изоляторами, м;

a — расстояние между осями шин соседних фаз, м;

i_y — ударный ток к.з., кА;

$$F = \frac{0,176 \cdot 38,2^2 \cdot 1}{0,25} = 1027 \text{ (Н)}.$$

Принимаются опорные изоляторы типа ИОР-10-375, $U_n = 10$ кВ, $F_{\text{разр}} = 3750$ Н. Выбранные изоляторы удовлетворяют расчетным условиям, т. к.:

$$F = 1027 \text{ Н} < 0,6 F_{\text{разр}} = 2250 \text{ Н}.$$

6.3. Выбор высоковольтных выключателей

При выборе выключателя его паспортные характеристики сравнивают с расчетными условиями работы на подстанции. По номинальному напряжению выключатель выбирают по условию:

$$U_n \geq U_p, \quad (73)$$

где U_n — номинальное напряжение выключателя, кВ;

U_p — рабочее напряжение на шинах подстанции, кВ.

По номинальному длительному току выключатель выбирают по условию:

$$I_n \geq I_{p\text{max}}, \quad (74)$$

где I_n — номинальный ток выключателя, А;

$I_{p\text{max}}$ — максимальный рабочий ток, А.

По наибольшему току отключения выключатель выбирают по условию:

$$I_{\text{н.откл}} \geq K \cdot I_k, \quad (75)$$

где $I_{н.откл}$ — наибольший отключаемый ток выключателем, кА;
 $I_{к}$ — установившийся ток к.з. на шинах выпрямленного напряжения подстанции, Ка;

K — коэффициент, учитывающий токоограничивающий эффект выключателя, т. к. ток к.з. отключается раньше, чем он достигнет установившегося значения, $K = 0,6$.

По электродинамической стойкости выключатель выбирают по условию:

$$i_{пр.с} \geq i_y, \quad (76)$$

где $i_{пр.с}$ — амплитудное значение предельного сквозного тока к.з. по каталогу, кА;

i_y — ударный ток к.з. по расчету, кА.

По термической стойкости выключатель выбирают по условию:

$$I_T^2 t_T \geq B_k, \quad (77)$$

где I_T — предельный ток термической стойкости по каталогу, кА;

t_T — время прохождения тока термической стойкости по каталогу, с;

B_k — тепловой импульс тока к.з. по расчету, $кА^2 \cdot с$.

Выбор высоковольтных выключателей выполняем в виде таблицы 15.

Таблица 15

Выбор высоковольтных выключателей

| Наименование присоединения | Тип выключателя | Тип привода | Соотношение паспортной и расчетной величин | | | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|
| | | | $\frac{U_{н}}{U_p}$, кВ | $\frac{I_{н}}{I_{p\max}}$, А | $\frac{I_{н.откл}}{I_K}$, кА | $\frac{i_{пр.с}}{i_y}$, кА | $\frac{I^2 \cdot t}{B_k}$, кА ² ·с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Вводы 110 кВ трансформатора | ЯЭ-110Л-23У4 | — | $\frac{110}{126}$ | $\frac{1250}{545,9}$ | $\frac{40}{2,15}$ | $\frac{50}{5,48}$ | $\frac{25000 \cdot 3}{5,38}$ |
| Вводы 27,5 кВ | ВВН-СЭЩ-35-25/1000 | Эл. магн. | $\frac{35}{29,0}$ | $\frac{1000}{899,55}$ | $\frac{25}{7,4}$ | $\frac{63}{18,87}$ | $\frac{1875}{55}$ |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|--------------------|--------------|-------------------|---------------------|------------------|--------------------|----------------------|
| Питающая линия контактной сети и запасной выключатель | ВВН-СЭЩ-35-25/1000 | Эл. магн. | $\frac{35}{29,0}$ | $\frac{1000}{450}$ | $\frac{25}{7,4}$ | $\frac{63}{18,87}$ | $\frac{1875}{55}$ |
| Питающая линия ДПР | ВВН-СЭЩ-35-25/1000 | Эл. магн. | $\frac{35}{29,0}$ | $\frac{1000}{76,3}$ | $\frac{25}{7,4}$ | $\frac{63}{18,87}$ | $\frac{1875}{55}$ |
| ТСН | ВВН-СЭЩ-35-25/1000 | Эл. магн. | $\frac{35}{29,0}$ | $\frac{1000}{7,8}$ | $\frac{25}{7,4}$ | $\frac{63}{18,87}$ | $\frac{1875}{55}$ |
| Сборные шины 10 кВ | ВВЭ-10-20/630У3 | Эл. магн. | $\frac{10}{12}$ | $\frac{630}{188,9}$ | $\frac{20}{15}$ | $\frac{52}{22,8}$ | $\frac{1200}{225,8}$ |
| Ввод РУ-10 кВ | ВВЭ-10-20/630У3 | Эл. магн. | $\frac{10}{12}$ | $\frac{630}{314,9}$ | $\frac{20}{15}$ | $\frac{52}{22,8}$ | $\frac{1200}{225,8}$ |
| Районные потребители 10 кВ | ВВЭ-10-20/630У3 | Эл. магн. | $\frac{10}{12}$ | $\frac{630}{314,9}$ | $\frac{20}{15}$ | $\frac{52}{22,8}$ | $\frac{1200}{225,8}$ |

6.4. Выбор разъединителей

При выборе разъединителей по конструкции учитывается: место расположения разъединителя, количество и расположение заземляющих ножей. По номинальному напряжению разъединители выбирают по условию:

$$U_n \geq U_p, \quad (78)$$

где U_n — номинальное напряжение разъединителя, кВ;

U_p — рабочее напряжение на шинах подстанции, кВ.

По номинальному длительному току разъединитель выбирают по условию:

$$I_n \geq I_{p_{\max}}, \quad (79)$$

где I_n — номинальный ток разъединителя, А;

$I_{p_{\max}}$ — максимальный рабочий ток, А.

По электродинамической стойкости разъединители выбирают по условию:

$$i_{\text{пр.с}} \geq i_y, \quad (80)$$

где $i_{\text{пр.с}}$ — амплитудное значение предельного сквозного тока к.з. по каталогу, кА;

i_y — ударный ток к.з. по расчету, кА.

По термической стойкости разъединители выбирают по условию:

$$I_T^2 t_T \geq B_k, \quad (81)$$

где I_T — предельный ток термической стойкости по каталогу, кА;

t_T — время прохождения тока термической стойкости по каталогу, с;

B_k — тепловой импульс тока к.з. по расчету, кА²·с.

Выбор разъединителей представлен в виде таблицы 16.

Таблица 16

Выбор разъединителей

| Наименование присоединения | Тип выключателя | Тип привода | Соотношение паспортной и расчетной величин | | | |
|--|----------------------|---------------|--|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| | | | $\frac{U_n}{U_p}$, кВ | $\frac{I_n}{I_{p \max}}$, А | $\frac{i_{\text{пр.с}}}{i_y}$, кА | $\frac{I^2 \cdot t}{B_k}$, кА ² ·с |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Вводы 110 кВ | РГП-110/1000 УХЛ1 | ПРГ-6 УХЛ1 | $\frac{110}{110}$ | $\frac{1000}{545,9}$ | $\frac{80}{5,48}$ | $\frac{2976}{3}$ |
| Ремонтная перемычка между вводами 110 кВ | РГП-110/1000 УХЛ1 | ПРГ-6 УХЛ1 | $\frac{110}{110}$ | $\frac{110}{110}$ | $\frac{80}{5,48}$ | $\frac{2976}{3}$ |
| Первичная обмотка понижающего трансформатора | РГП-110/1000 УХЛ1 | ПРГ-6 УХЛ1 | $\frac{110}{110}$ | $\frac{110}{110}$ | $\frac{80}{5,48}$ | $\frac{2976}{3}$ |
| Вводы 27,5 кВ | РГП-35/1000 | ПРГ-6 УХЛ1 | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{1000}{899,55}$ | $\frac{80}{18,87}$ | $\frac{2976}{77}$ |
| Шины РУ-27,5 кВ | РГП-35/1000 | ПРГ-6 УХЛ1 | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{1000}{1000}$ | $\frac{80}{18,87}$ | $\frac{2976}{77}$ |
| Питающая линия контактной сети | РГП-СЭЩ-35 | ПР-СЭЩ | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{630}{450}$ | $\frac{64}{18,87}$ | $\frac{1600}{77}$ |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|------------|------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| Питающая линия ДПР | РГП-СЭЩ-35 | ПР- СЭЩ | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{630}{76}$ | $\frac{64}{18,87}$ | $\frac{1600}{77}$ |
| ТСН | РГП-СЭЩ-35 | ПР- СЭЩ | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{630}{78}$ | $\frac{64}{18,87}$ | $\frac{1600}{77}$ |
| Трансформатор напряжения | РГП-СЭЩ-35 | ПР- СЭЩ | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{630}{-}$ | $\frac{64}{18,87}$ | $\frac{1600}{77}$ |
| <i>Примечание:</i> РУ-10 кВ комплектуются в шкафах КРУН, в которых разъединители отсутствуют | | | | | | |

6.5. Выбор измерительных трансформаторов тока

Трансформаторы тока выбираем по условиям, которые приведены в таблице 17:

Таблица 17

Условия выбора трансформатора тока

| Характеристика условий выбора трансформаторов тока | Формула |
|--|----------------------------------|
| По номинальному напряжению | $U_n \geq U_p$ |
| По номинальному току | $I_n \geq I_{p \max}$ |
| По электродинамической стойкости | $\sqrt{2} I_n K_d \geq i_y$ |
| По термической стойкости | $(I_1 \cdot K_T)^2 t_T \geq B_k$ |
| По нагрузке вторичных цепей | $z_{2H} \geq z_2$ |
| <i>Примечание:</i> $I_{p \max}$ — максимальный рабочий ток присоединения, где устанавливается трансформатор тока, А; I_n — номинальный ток первичной обмотки трансформатора тока, А; K_d — кратность электродинамической стойкости по каталогу; i_y — ударный ток к.з. в месте установки трансформатора тока по расчету, кА; K_T — кратность термической стойкости по каталогу; t_T — время прохождения тока термической стойкости по каталогу, с; B_k — тепловой импульс тока к.з. по расчету, кА ² ·с. | |

| Характеристика условий выбора трансформаторов тока | Формула |
|--|---------|
| $z_{2н}$ — номинальная допустимая нагрузка проверяемой обмотки трансформатора тока в выбранном классе точности по каталогу, Ом; z_2 — вторичная нагрузка, присоединенная к проверяемой обмотке трансформатора тока по расчету, Ом | |

Выбор измерительных трансформаторов тока по приведенным условиям выполняется в виде таблицы 18.

Таблица 18

Выбор трансформатора тока

| Наименование присоединения | Тип трансформатора | Соотношение паспортных и расчетных параметров | | Номинальная нагрузка трансформатора при классе точности 0,5 | Коэффициенты стойкости, допустимое время | | Проверка на стойкость | | |
|--|--------------------|---|---------------------------------|---|--|----|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| | | $\frac{U_p}{U_r}$ кВ | $\frac{I_{1н}}{I_{p\max}}$ А | | Ом | КТ | КД | термическую | динамическую |
| | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Первичная обмотка понижающего трансформатора | ТВТ-110 | $\frac{110}{110}$ | $\frac{400}{315}$ | — | — | — | — | — | |
| Ввод РУ-27,5 кВ | ТФЗМ-35Б | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{1000}{1000}$ | 1,2 | $\frac{65}{1}$ | 50 | $(1 \cdot 65)^2 \cdot 1 = 4225 > 77$ | $2 \cdot 1 \cdot 50 = 70,5 > 18,87$ | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--|----------|-------------------|---|-----|----------------|-----|--|---|
| Фидер КС | ТФ3М-35А | $\frac{35}{27,5}$ | — | — | — | — | — | — |
| Фидер ДПР | ТФ3М-35А | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{100}{76,3}$ | 2 | $\frac{65}{1}$ | 150 | $(0,1 \cdot 65)^2 \cdot 1 = 42,25 > 77$ | $\sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 150 = 21 > 18,87$ |
| ТСН | ТФ3М-35А | $\frac{35}{27,5}$ | $\frac{100}{7,8}$ | 2 | $\frac{65}{1}$ | 50 | $(0,1 \cdot 65)^2 \cdot 1 = 42,25 > 77$ | $\sqrt{2} \cdot 0,1 \cdot 150 = 21 > 18,87$ |
| Ввод РУ-10 кВ | ТЛМ-10 | $\frac{10}{10}$ | $\frac{400}{314}$ | 0,4 | $\frac{40}{4}$ | 250 | $(0,4 \cdot 40)^2 \cdot 4 = 1024 > 454,5$ | $\sqrt{2} \cdot 0,4 \cdot 250 = 141 > 38,2$ |
| Секционный выключатель | ТЛМ-10 | $\frac{10}{10}$ | $\frac{300}{189}$ | 0,4 | $\frac{53}{4}$ | 330 | $(0,3 \cdot 53)^2 \cdot 4 = 1011 > 454,5$ | $\sqrt{2} \cdot 0,3 \cdot 330 = 140 > 38,2$ |
| Районные потребители 10 кВ: — вагонное депо; — освещение и бытовая нагрузка; — дорожные ремонтные мастерские; — участок автоблокировки | ТЛМ-10 | $\frac{10}{10}$ | $\frac{150}{27,3}$ $\frac{150}{131}$ $\frac{150}{64,9}$ $\frac{150}{63,4}$ | 0,4 | $\frac{45}{4}$ | 350 | $(0,15 \cdot 45)^2 \cdot 4 = 182 \sim 184$ | $\sqrt{2} \cdot 0,15 \cdot 350 = 74 > 38,2$ |

Проверка трансформатора тока на соответствие классу точности выполняется для обмотки с классом точности 0,5 одного из присоединений районных потребителей 10 кВ согласно расчетной схеме (рис. 23).

Сопротивление соединительных проводов с алюминиевыми жилами длиной 5 м, сечением $4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$:

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{q_{\text{пр}}} = \frac{2,83 \cdot 10^{-8} \cdot \sqrt{3} \cdot 5}{4 \cdot 10^{-6}} = 0,06 \text{ (Ом)}.$$

Нагрузка, присоединенная к вторичной обмотке трансформатора тока класса 0,5:

$$r_2 = r_{\text{пр}} + r_a + r_{\text{сч.а}} + r_{\text{сч.р}} + r_{\text{конт}} = 0,06 + 0,02 + 0,1 + 0,1 + 0,05 = 0,33 \text{ (Ом)}.$$

Условие проверки удовлетворяется, т. к.: $z_{\text{н}2} = 0,4 \text{ Ом} > z_2 = 0,33 \text{ Ом}$.

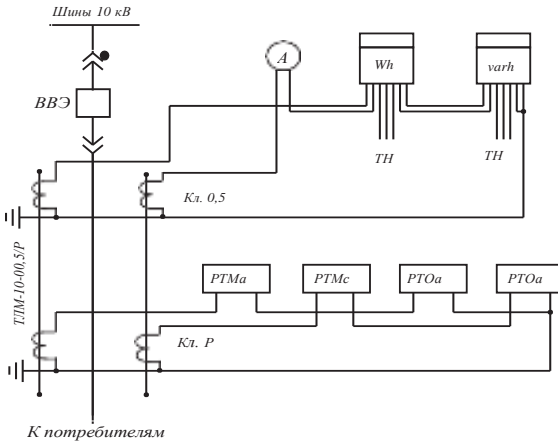


Рис. 23. Расчетная схема для проверки трансформаторов тока по классу точности

6.6. Выбор измерительных трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбирают по условиям, которые приведены в таблице 19.

Таблица 19

Условия выбора трансформатора напряжения

| Характеристика условий выбора трансформаторов напряжения (измерительных) | Формула |
|--|----------------------------------|
| По конструкции и схеме соединения обмоток | — |
| По номинальному напряжению | $U_{\text{н}} \geq U_{\text{р}}$ |
| По классу точности | — |
| По нагрузке вторичных цепей | $S_{2\text{н}} \geq S_2$ |

Для РУ-10 кВ выбирают трансформатор напряжения типа НТМИ-10, а для РУ-27,5 кВ — трансформатор типа ЗНОМ-35.

Проверку выбранных трансформаторов напряжения на соответствие классу точности проводят по расчетным схемам (рис. 24 и 25).

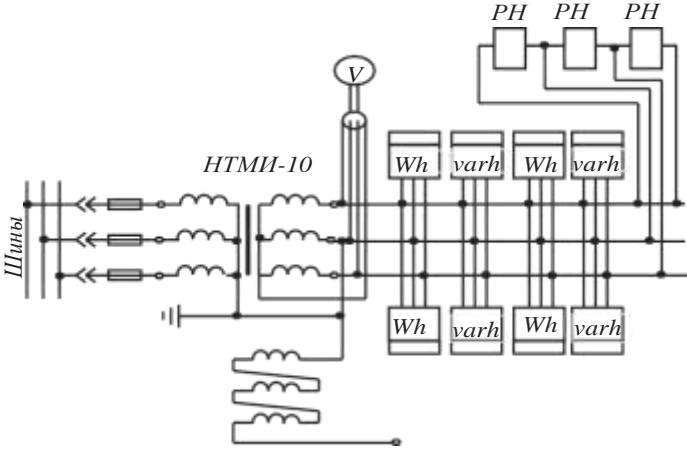


Рис. 24. Расчетная схема для проверки трансформатора напряжения НТМИ-10 по классу точности

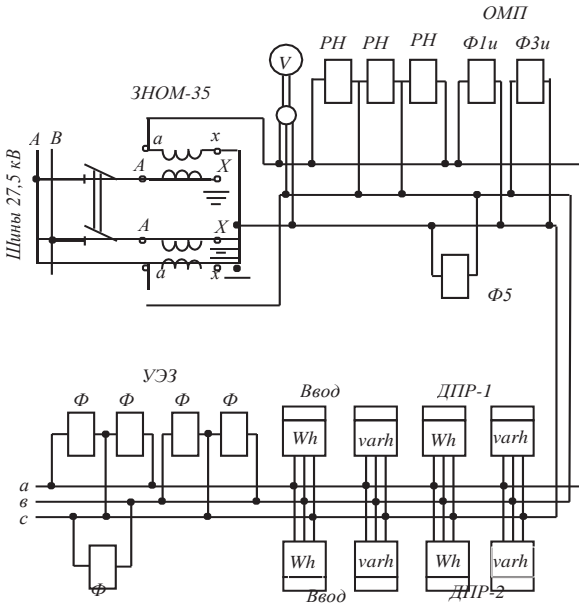


Рис. 25. Расчетная схема для проверки трансформатора напряжения ЗНОМ-35 по классу точности

Учет электроэнергии на вводах отпаечной тяговой подстанции переменного тока предусмотрен лишь на вводах РУ-27,5 кВ. К трансформатору напряжения РУ-27,5 кВ присоединены также вольтметр, счетчики электрической энергии линии ДПР, реле напряжения, электронные реле защиты фидеров контактной сети и определители места к.з. на контактной сети. От ТН РУ-10 кВ питаются: вольтметр, реле напряжения и счетчики электрической энергии каждого присоединения нетяговых потребителей.

К трансформатору напряжения НТМИ-10 присоединены: счетчик активной энергии типа СА3У (4 шт.), счетчик реактивной энергии СР4У (4 шт.), вольтметр ЭЗ78 (1 шт.), реле напряжения РН-54 (3 шт.). Полная мощность, подключаемая к трансформатору напряжения НТМИ-10, вычисляется:

$$S_2 = \sqrt{51,35^2 + 113,45^2} = 124 \text{ (ВА)}.$$

Результат является удовлетворительным, т. к.:

$$S_{2н} = 120 \text{ В} < S_2 = 124 \text{ ВА}.$$

К трансформатору напряжения ЗНОМ-35 присоединены: счетчик активной энергии СА3У (4 шт.), счетчик реактивной энергии СР4У (4 шт.), вольтметр ЭЗ78 (1 шт.), электронное реле защиты фидера 27,5 кВ УЭЗФ (5 шт.), определитель места к.з. на контактной сети ОМП-71 (3 шт.).

Полная мощность, подключаемая к двум однофазным трансформаторам ЗНОМ-35, включенным по схеме открытого треугольника, вычисляется:

$$S_2 = \sqrt{87,35^2 + 113,45^2} = 143 \text{ (ВА)}.$$

Условия проверки удовлетворяются, т. к.:

$$S_{2н} = 2S_{н} = 2 \cdot 150 = 300 \text{ ВА} > S_2 = 143 \text{ ВА}.$$

7. Расчет защитного заземляющего устройства

7.1. Определение периметра защищаемой зоны и примерного числа вертикальных заземлителей

Т.к. площадь контура заземления превышает 1000 м², по всей площади на глубине 0,7 м прокладываются горизонтальные полосы сечением 40×4 мм, образуя сетку с размером ячеек 6×6 м. При необходимости, дополнительно должны быть размещены вертикальные заземлители.

Общая длина горизонтальных заземлителей вычисляется:

$$L_r = 2 \cdot 16 \cdot 90 = 2880 \text{ (м)}.$$

Число вертикальных заземлителей определяется по формуле:

$$n = \frac{L_n}{a}, \quad (82)$$

где L_n — периметр защищаемой зоны, м;

a — расстояние между вертикальными заземлителями, м;

$$n = \frac{360}{2,5} = 124.$$

Таким образом, приблизительное число заземлителей $n_b = 144$.

7.2. Определение расчетного удельного сопротивления грунта

Расчетное удельное сопротивление грунта определяется по формуле:

$$\rho_{\text{расч}} = k_c \rho, \quad (83)$$

где ρ — удельное сопротивление грунта, принимаемое для сухоглинка 100 Ом·м;

k_c — коэффициент сезонности, учитывающий просыхание и промерзание грунта, в средних климатических районах для вертикальных электродов 1,45–1,75, для горизонтальных электродов 2,0–4,5;

$$\rho_{\text{расч}} = 100 \cdot 3 = 300 \text{ (Ом·м)}.$$

7.3. Расчет сопротивления горизонтальных заземлителей

Сопротивление горизонтальных заземлителей определяется по формуле (Ом):

$$R_r = \frac{0,37 \rho_{\text{расч}}}{L_r \cdot \eta_r} \lg \frac{2L_r^2}{bh}, \quad (84)$$

где L_r — длина горизонтальных заземлителей, м;

b — ширина полосы, м;

h — глубина заложения полосы, м;

η_r — коэффициент экранирования горизонтальных заземлителей, равный 0,26;

$$R_r = \frac{0,37 \cdot 300}{2280 \cdot 0,26} \lg \frac{2 \cdot 2280^2}{0,04 \cdot 0,7} = 1,25 \text{ (Ом)}.$$

7.4. Определение необходимого сопротивления вертикальных заземлителей

Необходимое сопротивление вертикальных заземлителей определяется по формуле:

$$R_{\text{в}} \leq \frac{R_{\text{т}} \cdot R_{\text{з}}}{R_{\text{т}} - R_{\text{з}}}, \quad (85)$$

где $R_{\text{з}}$ — требуемое по норме значение сопротивления заземляющего устройства, Ом;

$$R_{\text{в}} \leq \frac{1,25 \cdot 0,5}{1,25 - 0,5} = 0,83 \text{ (Ом)}.$$

Сопротивление одного стержневого заземлителя диаметром 12 мм и длиной 5 м определяется по формуле:

$$R_{\text{з.ст}} = 0,226 \rho_{\text{расч}}; \quad (86)$$
$$R_{\text{з.ст}} = 0,226 \cdot 1,6 \cdot 100 = 36,15 \text{ (Ом)}.$$

7.5. Определение уточненного количества заземлителей

Уточненное количество вертикальных заземлителей определяется по формуле:

$$n_{\text{в}} = \frac{R_{\text{з.ст}}}{R_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}}}, \quad (87)$$

где $\eta_{\text{в}}$ принято для $\frac{a}{l_{\text{в}}} = 1,2$ и $n_{\text{в}} = 120$;

$$n_{\text{в}} = \frac{36,15}{0,83 \cdot 0,35} = 124.$$

8. Выбор аккумулятора

8.1. Характеристика потребителей, питающихся от аккумуляторной батареи, и определение тока длительного разряда

Ток длительного разряда в аварийном режиме определяется по формуле:

$$I_{\text{дл. разр}} = I_{\text{пост}} + I_{\text{ав}}, \quad (88)$$

где $I_{\text{пост}}$ — ток постоянной нагрузки рабочего режима, А;

$I_{\text{ав}}$ — ток временной аварийной нагрузки, А;

$$I_{\text{дл. разр}} = 16,6 + 11,4 = 28 \text{ (А)}.$$

**Характеристика потребителей, питающихся
от аккумуляторной батареи**

| Потребители постоянного тока | Число одновременно работающих потребителей | Ток одного потребителя, А | Нагрузка батареи, А | |
|--|---|------------------------------|------------------------|-----------------|
| | | | длительная | кратковременная |
| Постоянно присоединенные приемники | | | | |
| Лампы положения выключателей | 25 | 0,065 | 1,6 | — |
| Устройства управле- ния и защиты | — | — | 15 | — |
| Приемники, присоединенные при аварийном режиме | | | | |
| Устройства телеуправ- ления и связи | — | — | 1,4 | — |
| Аварийное освещение | — | — | 10 | — |
| Привод ШПЭ-33 вы- ключателя МКП-110 | — | — | — | 244 |
| Суммарная нагрузка | | | 28 | 244 |

Ток кратковременного разряда в аварийном режиме определяется по формуле:

$$I_{\text{кр. разр}} = I_{\text{дл. разр}} + I_{\text{вкл}}, \quad (89)$$

где $I_{\text{вкл}}$ — ток, потребляемый наиболее мощным приводом выключателя, А;

$$I_{\text{кр. разр}} = 28 + 244 = 272 \text{ (А)}.$$

8.2. Определение необходимой емкости батареи

Необходимая емкость батареи (А·ч) определяется по формуле:

$$Q_{\text{расч}} = I_{\text{дл. разр}} \cdot t_{\text{ав}}, \quad (90)$$

где $t_{\text{ав}}$ — длительность разряда при аварии, принимаемая для тяговых подстанций, равная 2 ч;

$$Q_{\text{расч}} = 28 \cdot 2 = 56 \text{ (А·ч)}.$$

8.3. Выбор номера батареи по требуемой емкости и по току кратковременного разряда

Выбор батареи по требуемой емкости определяется по формуле:

$$N \geq \frac{1,1 \cdot Q_{\text{расч}}}{Q_{N=1}}, \quad (91)$$

где $Q_{N=1}$ — емкость аккумулятора СК-1; при длительности разряда $t_{\text{ав}} = 2$ ч, $Q_{N=1} = 22$ А·ч;

$$N \geq \frac{1,1 \cdot 56}{22} = 2,8, \text{ принимаем } N = 3.$$

Выбор батареи по току кратковременного разряда определяется по формуле:

$$N \geq \frac{I_{\text{сп.разр}}}{46}, \quad (92)$$

где 46 — кратковременно допускаемый разрядный ток аккумулятора СК-1, А;

$$N \geq \frac{272}{46} = 5,9.$$

Окончательно принимаем батарею СК-6.

8.4. Определение количества элементов батареи

Полное число последовательно включенных элементов батареи определяется по формуле:

$$n = \frac{U_{\text{шв}}}{U_{\text{пз}}}, \quad (93)$$

где $U_{\text{шв}}$ — напряжение на шинах включения, принимаемое 258 В;
 $U_{\text{пз}}$ — напряжение аккумуляторного элемента при подзарядке, равное 2,15 В;

$$n = \frac{258}{2,15} = 120.$$

8.5. Выбор зарядно-подзарядного устройства

Выбор ЗПУ выполняют по необходимым значениям напряжения, тока и мощности ЗПУ, которые определяют исходя из формовочного заряда батареи.

Расчетная мощность ЗПУ определяется по формуле (кВт):

$$P_{\text{расч. зпу}} = U_{\text{зар}} (I_{\text{зар}} + I_{\text{пост}}), \quad (94)$$

где $U_{\text{зар}}$ — напряжение заряда ЗПУ, В;

$I_{\text{зар}}$ — зарядный ток батареи, А.

Напряжение заряда ЗПУ определяется по формуле (В):

$$U_{\text{зар}} = n \cdot 2,15 + (2-3), \quad (95)$$

где n — полное число элементов батареи;

$$U_{\text{зар}} = 120 \cdot 2,15 + (2-3) = 260 \text{ (В)}.$$

Зарядный ток батареи определяется по формуле (А):

$$I_{\text{зар}} = 3,75N; \quad (96)$$

$$I_{\text{зар}} = 3,75 \cdot 6 = 22,5 \text{ (А)}.$$

Расчетная мощность ЗПУ вычисляется (кВт):

$$P_{\text{расч. зпу}} = 260(22,5 + 16,6) = 10,2 \text{ (кВт)}.$$

Принимаем зарядно-подзарядный агрегат типа ВАЗП-380/260-40/80, технические данные которого удовлетворяют условиям выбора:

$$I_{\text{ном зпу}} = 80 \text{ А} > I_{\text{зар}} + I_{\text{пост}} = 39,1 \text{ А};$$

$$U_{\text{ном зпу}} = U_{\text{зар}} = 260 \text{ В};$$

$$P_{\text{ном зпу}} = 20,8 \text{ кВт} > P_{\text{расч. зпу}} = 10,2 \text{ кВт}.$$

Заключение

Пример:

В данном курсовом проекте рассмотрены основные положения по расчету мощности как тяговых, так и нетяговых потребителей, определению мощности подстанции и выбору трансформаторов, а также выбор основного оборудования тяговой подстанции переменного тока: токоведущих частей, изоляторов, высоковольтных выключателей, разъединителей, измерительных трансформаторов тока и напряжения. Кроме выбора основного оборудования произведен расчет защитного заземления и выбор аккумуляторной батареи с зарядно-подзарядным устройством.

Методика выполнения графической части курсового проекта

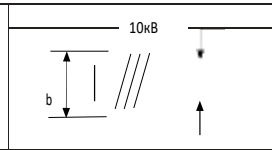

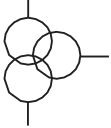
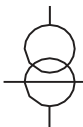

Графическая часть курсового проекта состоит из одного листа формата А1, ГОСТ 2.301-68 (594×841) [8]: «Однолинейная схема» (Приложение 2, рис. 26).


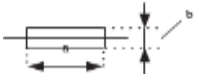
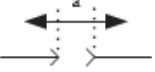
Графическую часть проекта следует выполнять в соответствии с вышеупомянутыми требованиями ГОСТов на форматы, линии, шрифты, условные графические и буквенные обозначения электрических аппаратов и приборов.

В таблице 21 приведены условные графические обозначения основного оборудования однолинейной схемы электрических подстанций с указанием размеров, применительно к формату А1.

Таблица 21

Условные графические обозначения основного оборудования однолинейной схемы электрических подстанций

| Наименование оборудования | Условные обозначения | Размеры, мм |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Сборные шины трехфазного переменного тока (в однофазном исполнении) |  | $a = 5;$ $b = 12;$ угол 60° |
| Двухобмоточный силовой главный трансформатор (внутри окружности ставится значок соединения обмоток в зависимости от уровня напряжения) |  | $\varnothing 10; 20$ |
| Силовой трансформатор трехобмоточный |  | $\varnothing 10; 20$ |
| Силовой трансформатор с регулировкой напряжения под нагрузкой |  | $\varnothing 10; 20;$ стрелка под углом 45° |
| Трансформатор собственных нужд |  | $\varnothing 10$ |

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|-----------------------------|
| Ограничитель перенапряжения |  | $a = 10;$ $b = 6$ |
| Предохранитель плавкий |  | $a \cdot b = 10 \cdot 4$ |
| Штепсельный разъем комплектной камеры с выкатным выключателем для создания видимого разрыва цепи |  | $a = 2;$ угол 90° |
| <p><i>Примечание:</i> подвижные части разъединителей изображаются на основании следующего: сила, действующая на подвижный контакт для его замыкания, должна иметь направление на схеме сверху вниз при горизонтальном изображении цепей контакта и слева направо — при вертикальном изображении</p> | | |

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники

1. Конюхова, Е. А. Электроснабжение объектов : учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е. А. Конюхова. — 9-е изд., испр. — Москва : ИЦ «Академия», 2013. — 320 с.

2. Почаевец, В. С. Электрические подстанции : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / В. С. Почаевец. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2012. — 491 с.

3. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л. Д. Рожкова, Л. Д. Карнева, Т. В. Чиркова. — 10-е изд., стер. — Москва : ИЦ «Академия», 2013. — 448 с.

Дополнительные источники

4. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления : Межгосударственный стандарт от 25.11.2033 № 332-ст.

5. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы : Межгосударственный стандарт от 01.01.1971 : в редакции от 07.11.2012.

6. ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов : Межгосударственный стандарт от 01.06. 2014.

7. ГОСТ 2.701-2008. Единая система конструкторской документации. Схемы : Межгосударственный стандарт от 01.07.2009 : в редакции от 01.01.2021.

8. ГОСТ 2.501-2013. Единая система конструкторской документации. Правила учета и хранения : Межгосударственный стандарт от 01.06.2014 : в редакции от 01.01.2021.

9. ГОСТ 2.104-2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи : Межгосударственный стандарт от 01.09.2006 : в редакции от 01.01.2021.

10. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные : Межгосударственный стандарт от 01.01.1982 : в редакции от 01.01.2021.

11. ГОСТ 2.106-2006. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы : Межгосударственный стандарт от 01.02.2020 : в редакции от 01.01.2021.

12. Гринберг-Басин, М. М. Тяговые подстанции : пособие по дипломному проектированию; учебное пособие для техникумов ж.-д. трансп. / М. М. Гринберг-Басин. — Москва : Издательство «Транспорт», 1986. — 168 с.

13. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения : справочник : учебное пособие / Г. Н. Ополева. — Москва : Форум: Инфра-М, 2008. — 480 с.

14. Петров, Е. Б. Электрические подстанции : пособие по дипломному и курсовому проектированию; учебное пособие для техникумов ж.-д. трансп. / Е. Б. Петров. — Москва : Издательство «Маршрут», 2004. — 245 с.

Электронные ресурсы

15. Почаевец, В. С. Электрические подстанции : учебник для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. / В. С. Почаевец. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2012. — 491 с. — URL : <http://umc.zdt.ru/books/41/225975>.

16. Руководство по эксплуатации выключателя вакуумного типа ВВН-СЭЩ-Э-35 / ОАО «Электрощит». — URL : https://www.electroshield.ru/upload/iblock/4fc/re_vvn_e_256.050_08_electroshield.ru.pdf.

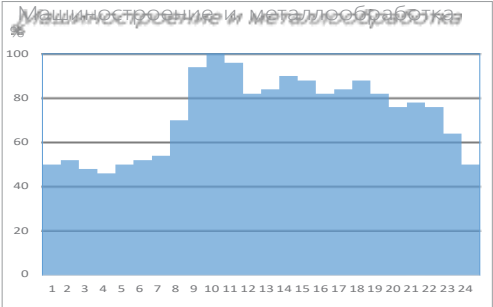
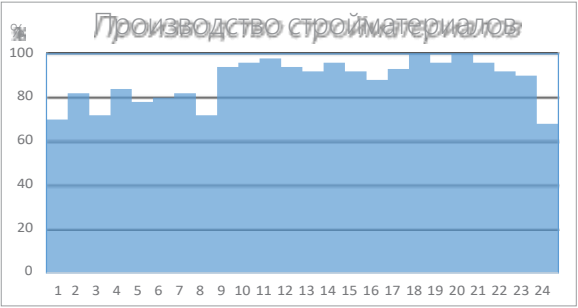
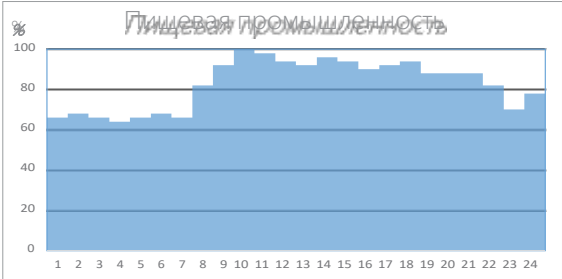
17. Руководство по эксплуатации разъединителей серии РГП на напряжение 110 кВ. — URL : <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/127/000000087/attfile/rukovodstvo-po-ekspluatatsii-razedinitelej-serii-rgp-na-napryazhenie-110-kv.pdf>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 22

Типовые суточные графики нагрузки предприятий

| Предприятие | График | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----|--------------|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Машиностроение и металлообработка |  <p>Машиностроение и металлообработка</p> <table border="1"> <caption>Данные для графика: Машиностроение и металлообработка</caption> <thead> <tr> <th>Час</th> <th>Нагрузка (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>48</td></tr> <tr><td>2</td><td>50</td></tr> <tr><td>3</td><td>48</td></tr> <tr><td>4</td><td>45</td></tr> <tr><td>5</td><td>48</td></tr> <tr><td>6</td><td>50</td></tr> <tr><td>7</td><td>52</td></tr> <tr><td>8</td><td>68</td></tr> <tr><td>9</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>98</td></tr> <tr><td>11</td><td>95</td></tr> <tr><td>12</td><td>82</td></tr> <tr><td>13</td><td>85</td></tr> <tr><td>14</td><td>88</td></tr> <tr><td>15</td><td>85</td></tr> <tr><td>16</td><td>82</td></tr> <tr><td>17</td><td>85</td></tr> <tr><td>18</td><td>88</td></tr> <tr><td>19</td><td>82</td></tr> <tr><td>20</td><td>78</td></tr> <tr><td>21</td><td>75</td></tr> <tr><td>22</td><td>78</td></tr> <tr><td>23</td><td>65</td></tr> <tr><td>24</td><td>48</td></tr> </tbody> </table> | Час | Нагрузка (%) | 1 | 48 | 2 | 50 | 3 | 48 | 4 | 45 | 5 | 48 | 6 | 50 | 7 | 52 | 8 | 68 | 9 | 92 | 10 | 98 | 11 | 95 | 12 | 82 | 13 | 85 | 14 | 88 | 15 | 85 | 16 | 82 | 17 | 85 | 18 | 88 | 19 | 82 | 20 | 78 | 21 | 75 | 22 | 78 | 23 | 65 | 24 | 48 |
| Час | Нагрузка (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Производство стройматериалов |  <p>Производство стройматериалов</p> <table border="1"> <caption>Данные для графика: Производство стройматериалов</caption> <thead> <tr> <th>Час</th> <th>Нагрузка (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>70</td></tr> <tr><td>2</td><td>80</td></tr> <tr><td>3</td><td>75</td></tr> <tr><td>4</td><td>82</td></tr> <tr><td>5</td><td>78</td></tr> <tr><td>6</td><td>75</td></tr> <tr><td>7</td><td>80</td></tr> <tr><td>8</td><td>75</td></tr> <tr><td>9</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>11</td><td>98</td></tr> <tr><td>12</td><td>95</td></tr> <tr><td>13</td><td>92</td></tr> <tr><td>14</td><td>95</td></tr> <tr><td>15</td><td>92</td></tr> <tr><td>16</td><td>88</td></tr> <tr><td>17</td><td>92</td></tr> <tr><td>18</td><td>98</td></tr> <tr><td>19</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>98</td></tr> <tr><td>21</td><td>95</td></tr> <tr><td>22</td><td>92</td></tr> <tr><td>23</td><td>88</td></tr> <tr><td>24</td><td>68</td></tr> </tbody> </table> | Час | Нагрузка (%) | 1 | 70 | 2 | 80 | 3 | 75 | 4 | 82 | 5 | 78 | 6 | 75 | 7 | 80 | 8 | 75 | 9 | 92 | 10 | 95 | 11 | 98 | 12 | 95 | 13 | 92 | 14 | 95 | 15 | 92 | 16 | 88 | 17 | 92 | 18 | 98 | 19 | 95 | 20 | 98 | 21 | 95 | 22 | 92 | 23 | 88 | 24 | 68 |
| Час | Нагрузка (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Пищевая промышленность |  <p>Пищевая промышленность</p> <table border="1"> <caption>Данные для графика: Пищевая промышленность</caption> <thead> <tr> <th>Час</th> <th>Нагрузка (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>65</td></tr> <tr><td>2</td><td>68</td></tr> <tr><td>3</td><td>65</td></tr> <tr><td>4</td><td>62</td></tr> <tr><td>5</td><td>65</td></tr> <tr><td>6</td><td>68</td></tr> <tr><td>7</td><td>65</td></tr> <tr><td>8</td><td>78</td></tr> <tr><td>9</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>98</td></tr> <tr><td>11</td><td>95</td></tr> <tr><td>12</td><td>92</td></tr> <tr><td>13</td><td>95</td></tr> <tr><td>14</td><td>92</td></tr> <tr><td>15</td><td>95</td></tr> <tr><td>16</td><td>92</td></tr> <tr><td>17</td><td>95</td></tr> <tr><td>18</td><td>92</td></tr> <tr><td>19</td><td>88</td></tr> <tr><td>20</td><td>85</td></tr> <tr><td>21</td><td>82</td></tr> <tr><td>22</td><td>85</td></tr> <tr><td>23</td><td>78</td></tr> <tr><td>24</td><td>75</td></tr> </tbody> </table> | Час | Нагрузка (%) | 1 | 65 | 2 | 68 | 3 | 65 | 4 | 62 | 5 | 65 | 6 | 68 | 7 | 65 | 8 | 78 | 9 | 92 | 10 | 98 | 11 | 95 | 12 | 92 | 13 | 95 | 14 | 92 | 15 | 95 | 16 | 92 | 17 | 95 | 18 | 92 | 19 | 88 | 20 | 85 | 21 | 82 | 22 | 85 | 23 | 78 | 24 | 75 |
| Час | Нагрузка (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|-------|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|-----|---|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| <p>Деревообрабатывающая промышленность</p> | <p>Деревообрабатывающая промышленность</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for Wood Processing Industry (%)</caption> <thead> <tr><th>Month</th><th>Value</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>45</td></tr><tr><td>2</td><td>42</td></tr><tr><td>3</td><td>40</td></tr><tr><td>4</td><td>38</td></tr><tr><td>5</td><td>30</td></tr><tr><td>6</td><td>32</td></tr><tr><td>7</td><td>35</td></tr><tr><td>8</td><td>60</td></tr><tr><td>9</td><td>95</td></tr><tr><td>10</td><td>100</td></tr><tr><td>11</td><td>90</td></tr><tr><td>12</td><td>70</td></tr><tr><td>13</td><td>75</td></tr><tr><td>14</td><td>90</td></tr><tr><td>15</td><td>85</td></tr><tr><td>16</td><td>75</td></tr><tr><td>17</td><td>70</td></tr><tr><td>18</td><td>80</td></tr><tr><td>19</td><td>75</td></tr><tr><td>20</td><td>70</td></tr><tr><td>21</td><td>75</td></tr><tr><td>22</td><td>70</td></tr><tr><td>23</td><td>55</td></tr><tr><td>24</td><td>40</td></tr> </tbody> </table> | Month | Value | 1 | 45 | 2 | 42 | 3 | 40 | 4 | 38 | 5 | 30 | 6 | 32 | 7 | 35 | 8 | 60 | 9 | 95 | 10 | 100 | 11 | 90 | 12 | 70 | 13 | 75 | 14 | 90 | 15 | 85 | 16 | 75 | 17 | 70 | 18 | 80 | 19 | 75 | 20 | 70 | 21 | 75 | 22 | 70 | 23 | 55 | 24 | 40 |
| Month | Value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Сельскохозяйственная нагрузка</p> | <p>Сельскохозяйственная нагрузка</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for Agricultural Load (%)</caption> <thead> <tr><th>Month</th><th>Value</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>25</td></tr><tr><td>2</td><td>20</td></tr><tr><td>3</td><td>20</td></tr><tr><td>4</td><td>20</td></tr><tr><td>5</td><td>20</td></tr><tr><td>6</td><td>85</td></tr><tr><td>7</td><td>90</td></tr><tr><td>8</td><td>100</td></tr><tr><td>9</td><td>100</td></tr><tr><td>10</td><td>65</td></tr><tr><td>11</td><td>40</td></tr><tr><td>12</td><td>60</td></tr><tr><td>13</td><td>80</td></tr><tr><td>14</td><td>95</td></tr><tr><td>15</td><td>85</td></tr><tr><td>16</td><td>25</td></tr><tr><td>17</td><td>35</td></tr><tr><td>18</td><td>35</td></tr><tr><td>19</td><td>40</td></tr><tr><td>20</td><td>45</td></tr><tr><td>21</td><td>35</td></tr><tr><td>22</td><td>30</td></tr><tr><td>23</td><td>25</td></tr><tr><td>24</td><td>25</td></tr> </tbody> </table> | Month | Value | 1 | 25 | 2 | 20 | 3 | 20 | 4 | 20 | 5 | 20 | 6 | 85 | 7 | 90 | 8 | 100 | 9 | 100 | 10 | 65 | 11 | 40 | 12 | 60 | 13 | 80 | 14 | 95 | 15 | 85 | 16 | 25 | 17 | 35 | 18 | 35 | 19 | 40 | 20 | 45 | 21 | 35 | 22 | 30 | 23 | 25 | 24 | 25 |
| Month | Value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Ремонтно-механические предприятия</p> | <p>Ремонтно-механические предприятия</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for Repair-Mechanical Enterprises (%)</caption> <thead> <tr><th>Month</th><th>Value</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>30</td></tr><tr><td>2</td><td>30</td></tr><tr><td>3</td><td>30</td></tr><tr><td>4</td><td>30</td></tr><tr><td>5</td><td>30</td></tr><tr><td>6</td><td>30</td></tr><tr><td>7</td><td>70</td></tr><tr><td>8</td><td>95</td></tr><tr><td>9</td><td>100</td></tr><tr><td>10</td><td>100</td></tr><tr><td>11</td><td>95</td></tr><tr><td>12</td><td>30</td></tr><tr><td>13</td><td>70</td></tr><tr><td>14</td><td>85</td></tr><tr><td>15</td><td>90</td></tr><tr><td>16</td><td>80</td></tr><tr><td>17</td><td>75</td></tr><tr><td>18</td><td>75</td></tr><tr><td>19</td><td>85</td></tr><tr><td>20</td><td>90</td></tr><tr><td>21</td><td>100</td></tr><tr><td>22</td><td>95</td></tr><tr><td>23</td><td>60</td></tr><tr><td>24</td><td>55</td></tr> </tbody> </table> | Month | Value | 1 | 30 | 2 | 30 | 3 | 30 | 4 | 30 | 5 | 30 | 6 | 30 | 7 | 70 | 8 | 95 | 9 | 100 | 10 | 100 | 11 | 95 | 12 | 30 | 13 | 70 | 14 | 85 | 15 | 90 | 16 | 80 | 17 | 75 | 18 | 75 | 19 | 85 | 20 | 90 | 21 | 100 | 22 | 95 | 23 | 60 | 24 | 55 |
| Month | Value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Локомотиворемонтный завод</p> | <p>Локомотиворемонтный завод</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for Locomotive Repair Plant (%)</caption> <thead> <tr><th>Month</th><th>Value</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>45</td></tr><tr><td>2</td><td>45</td></tr><tr><td>3</td><td>35</td></tr><tr><td>4</td><td>30</td></tr><tr><td>5</td><td>30</td></tr><tr><td>6</td><td>30</td></tr><tr><td>7</td><td>35</td></tr><tr><td>8</td><td>40</td></tr><tr><td>9</td><td>75</td></tr><tr><td>10</td><td>95</td></tr><tr><td>11</td><td>100</td></tr><tr><td>12</td><td>85</td></tr><tr><td>13</td><td>65</td></tr><tr><td>14</td><td>70</td></tr><tr><td>15</td><td>85</td></tr><tr><td>16</td><td>80</td></tr><tr><td>17</td><td>60</td></tr><tr><td>18</td><td>60</td></tr><tr><td>19</td><td>65</td></tr><tr><td>20</td><td>55</td></tr><tr><td>21</td><td>60</td></tr><tr><td>22</td><td>80</td></tr><tr><td>23</td><td>75</td></tr><tr><td>24</td><td>65</td></tr> </tbody> </table> | Month | Value | 1 | 45 | 2 | 45 | 3 | 35 | 4 | 30 | 5 | 30 | 6 | 30 | 7 | 35 | 8 | 40 | 9 | 75 | 10 | 95 | 11 | 100 | 12 | 85 | 13 | 65 | 14 | 70 | 15 | 85 | 16 | 80 | 17 | 60 | 18 | 60 | 19 | 65 | 20 | 55 | 21 | 60 | 22 | 80 | 23 | 75 | 24 | 65 |
| Month | Value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|-------|----------------|---|----|---|----|---|----|---|----|---|-----|---|----|---|----|---|----|---|----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Вагоноремонтный завод | <p>Вагоноремонтный завод</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>40</td></tr> <tr><td>2</td><td>35</td></tr> <tr><td>3</td><td>35</td></tr> <tr><td>4</td><td>35</td></tr> <tr><td>5</td><td>35</td></tr> <tr><td>6</td><td>35</td></tr> <tr><td>7</td><td>35</td></tr> <tr><td>8</td><td>35</td></tr> <tr><td>9</td><td>65</td></tr> <tr><td>10</td><td>70</td></tr> <tr><td>11</td><td>100</td></tr> <tr><td>12</td><td>65</td></tr> <tr><td>13</td><td>65</td></tr> <tr><td>14</td><td>75</td></tr> <tr><td>15</td><td>70</td></tr> <tr><td>16</td><td>65</td></tr> <tr><td>17</td><td>75</td></tr> <tr><td>18</td><td>85</td></tr> <tr><td>19</td><td>75</td></tr> <tr><td>20</td><td>45</td></tr> <tr><td>21</td><td>65</td></tr> <tr><td>22</td><td>65</td></tr> <tr><td>23</td><td>70</td></tr> <tr><td>24</td><td>65</td></tr> </tbody> </table> | Month | Percentage (%) | 1 | 40 | 2 | 35 | 3 | 35 | 4 | 35 | 5 | 35 | 6 | 35 | 7 | 35 | 8 | 35 | 9 | 65 | 10 | 70 | 11 | 100 | 12 | 65 | 13 | 65 | 14 | 75 | 15 | 70 | 16 | 65 | 17 | 75 | 18 | 85 | 19 | 75 | 20 | 45 | 21 | 65 | 22 | 65 | 23 | 70 | 24 | 65 |
| Month | Percentage (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Стрелочный завод | <p>Стрелочный завод</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>75</td></tr> <tr><td>2</td><td>75</td></tr> <tr><td>3</td><td>75</td></tr> <tr><td>4</td><td>75</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>6</td><td>50</td></tr> <tr><td>7</td><td>75</td></tr> <tr><td>8</td><td>95</td></tr> <tr><td>9</td><td>75</td></tr> <tr><td>10</td><td>75</td></tr> <tr><td>11</td><td>75</td></tr> <tr><td>12</td><td>85</td></tr> <tr><td>13</td><td>75</td></tr> <tr><td>14</td><td>100</td></tr> <tr><td>15</td><td>95</td></tr> <tr><td>16</td><td>85</td></tr> <tr><td>17</td><td>85</td></tr> <tr><td>18</td><td>75</td></tr> <tr><td>19</td><td>65</td></tr> <tr><td>20</td><td>75</td></tr> <tr><td>21</td><td>85</td></tr> <tr><td>22</td><td>95</td></tr> <tr><td>23</td><td>75</td></tr> <tr><td>24</td><td>75</td></tr> </tbody> </table> | Month | Percentage (%) | 1 | 75 | 2 | 75 | 3 | 75 | 4 | 75 | 5 | 85 | 6 | 50 | 7 | 75 | 8 | 95 | 9 | 75 | 10 | 75 | 11 | 75 | 12 | 85 | 13 | 75 | 14 | 100 | 15 | 95 | 16 | 85 | 17 | 85 | 18 | 75 | 19 | 65 | 20 | 75 | 21 | 85 | 22 | 95 | 23 | 75 | 24 | 75 |
| Month | Percentage (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Щебёночный завод | <p>Щебёночный завод</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>75</td></tr> <tr><td>2</td><td>65</td></tr> <tr><td>3</td><td>85</td></tr> <tr><td>4</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>6</td><td>75</td></tr> <tr><td>7</td><td>85</td></tr> <tr><td>8</td><td>85</td></tr> <tr><td>9</td><td>25</td></tr> <tr><td>10</td><td>55</td></tr> <tr><td>11</td><td>85</td></tr> <tr><td>12</td><td>75</td></tr> <tr><td>13</td><td>50</td></tr> <tr><td>14</td><td>55</td></tr> <tr><td>15</td><td>55</td></tr> <tr><td>16</td><td>55</td></tr> <tr><td>17</td><td>30</td></tr> <tr><td>18</td><td>50</td></tr> <tr><td>19</td><td>100</td></tr> <tr><td>20</td><td>75</td></tr> <tr><td>21</td><td>90</td></tr> <tr><td>22</td><td>55</td></tr> <tr><td>23</td><td>70</td></tr> <tr><td>24</td><td>95</td></tr> </tbody> </table> | Month | Percentage (%) | 1 | 75 | 2 | 65 | 3 | 85 | 4 | 85 | 5 | 85 | 6 | 75 | 7 | 85 | 8 | 85 | 9 | 25 | 10 | 55 | 11 | 85 | 12 | 75 | 13 | 50 | 14 | 55 | 15 | 55 | 16 | 55 | 17 | 30 | 18 | 50 | 19 | 100 | 20 | 75 | 21 | 90 | 22 | 55 | 23 | 70 | 24 | 95 |
| Month | Percentage (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Шпалопропиточный завод | <p>Шпалопропиточный завод</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Month</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>75</td></tr> <tr><td>2</td><td>50</td></tr> <tr><td>3</td><td>65</td></tr> <tr><td>4</td><td>50</td></tr> <tr><td>5</td><td>100</td></tr> <tr><td>6</td><td>30</td></tr> <tr><td>7</td><td>45</td></tr> <tr><td>8</td><td>40</td></tr> <tr><td>9</td><td>75</td></tr> <tr><td>10</td><td>75</td></tr> <tr><td>11</td><td>75</td></tr> <tr><td>12</td><td>100</td></tr> <tr><td>13</td><td>75</td></tr> <tr><td>14</td><td>55</td></tr> <tr><td>15</td><td>95</td></tr> <tr><td>16</td><td>85</td></tr> <tr><td>17</td><td>65</td></tr> <tr><td>18</td><td>45</td></tr> <tr><td>19</td><td>5</td></tr> <tr><td>20</td><td>65</td></tr> <tr><td>21</td><td>85</td></tr> <tr><td>22</td><td>85</td></tr> <tr><td>23</td><td>65</td></tr> <tr><td>24</td><td>45</td></tr> </tbody> </table> | Month | Percentage (%) | 1 | 75 | 2 | 50 | 3 | 65 | 4 | 50 | 5 | 100 | 6 | 30 | 7 | 45 | 8 | 40 | 9 | 75 | 10 | 75 | 11 | 75 | 12 | 100 | 13 | 75 | 14 | 55 | 15 | 95 | 16 | 85 | 17 | 65 | 18 | 45 | 19 | 5 | 20 | 65 | 21 | 85 | 22 | 85 | 23 | 65 | 24 | 45 |
| Month | Percentage (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 1 | 2 |
|--------------------------|---------------------------------|
| Железобетонный завод | <p>Железобетонный завод</p> |
| Электротехнический завод | <p>Электротехнический завод</p> |
| Участок автоблокировки | <p>Участок автоблокировки</p> |
| Водоснабжение | <p>Водоснабжение</p> |
| Локомотивное депо | <p>Локомотивное депо</p> |

| 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|-----|----------------|---|----|---|----|---|-----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Вагонное депо | <p>Вагонное депо</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for 'Вагонное депо' chart</caption> <thead> <tr> <th>Day</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>45</td></tr> <tr><td>2</td><td>48</td></tr> <tr><td>3</td><td>45</td></tr> <tr><td>4</td><td>48</td></tr> <tr><td>5</td><td>52</td></tr> <tr><td>6</td><td>55</td></tr> <tr><td>7</td><td>58</td></tr> <tr><td>8</td><td>75</td></tr> <tr><td>9</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>75</td></tr> <tr><td>11</td><td>78</td></tr> <tr><td>12</td><td>100</td></tr> <tr><td>13</td><td>55</td></tr> <tr><td>14</td><td>65</td></tr> <tr><td>15</td><td>85</td></tr> <tr><td>16</td><td>88</td></tr> <tr><td>17</td><td>90</td></tr> <tr><td>18</td><td>55</td></tr> <tr><td>19</td><td>85</td></tr> <tr><td>20</td><td>75</td></tr> <tr><td>21</td><td>70</td></tr> <tr><td>22</td><td>65</td></tr> <tr><td>23</td><td>60</td></tr> <tr><td>24</td><td>60</td></tr> </tbody> </table> | Day | Percentage (%) | 1 | 45 | 2 | 48 | 3 | 45 | 4 | 48 | 5 | 52 | 6 | 55 | 7 | 58 | 8 | 75 | 9 | 85 | 10 | 75 | 11 | 78 | 12 | 100 | 13 | 55 | 14 | 65 | 15 | 85 | 16 | 88 | 17 | 90 | 18 | 55 | 19 | 85 | 20 | 75 | 21 | 70 | 22 | 65 | 23 | 60 | 24 | 60 |
| Day | Percentage (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вокзал и освещение станции | <p>Вокзал и освещение станции</p> <table border="1"> <caption>Estimated data for 'Вокзал и освещение станции' chart</caption> <thead> <tr> <th>Day</th> <th>Percentage (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>85</td></tr> <tr><td>2</td><td>75</td></tr> <tr><td>3</td><td>100</td></tr> <tr><td>4</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>35</td></tr> <tr><td>6</td><td>35</td></tr> <tr><td>7</td><td>85</td></tr> <tr><td>8</td><td>35</td></tr> <tr><td>9</td><td>35</td></tr> <tr><td>10</td><td>35</td></tr> <tr><td>11</td><td>35</td></tr> <tr><td>12</td><td>25</td></tr> <tr><td>13</td><td>25</td></tr> <tr><td>14</td><td>35</td></tr> <tr><td>15</td><td>25</td></tr> <tr><td>16</td><td>25</td></tr> <tr><td>17</td><td>25</td></tr> <tr><td>18</td><td>35</td></tr> <tr><td>19</td><td>25</td></tr> <tr><td>20</td><td>25</td></tr> <tr><td>21</td><td>25</td></tr> <tr><td>22</td><td>25</td></tr> <tr><td>23</td><td>35</td></tr> <tr><td>24</td><td>80</td></tr> </tbody> </table> | Day | Percentage (%) | 1 | 85 | 2 | 75 | 3 | 100 | 4 | 85 | 5 | 35 | 6 | 35 | 7 | 85 | 8 | 35 | 9 | 35 | 10 | 35 | 11 | 35 | 12 | 25 | 13 | 25 | 14 | 35 | 15 | 25 | 16 | 25 | 17 | 25 | 18 | 35 | 19 | 25 | 20 | 25 | 21 | 25 | 22 | 25 | 23 | 35 | 24 | 80 |
| Day | Percentage (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Однолинейная схема

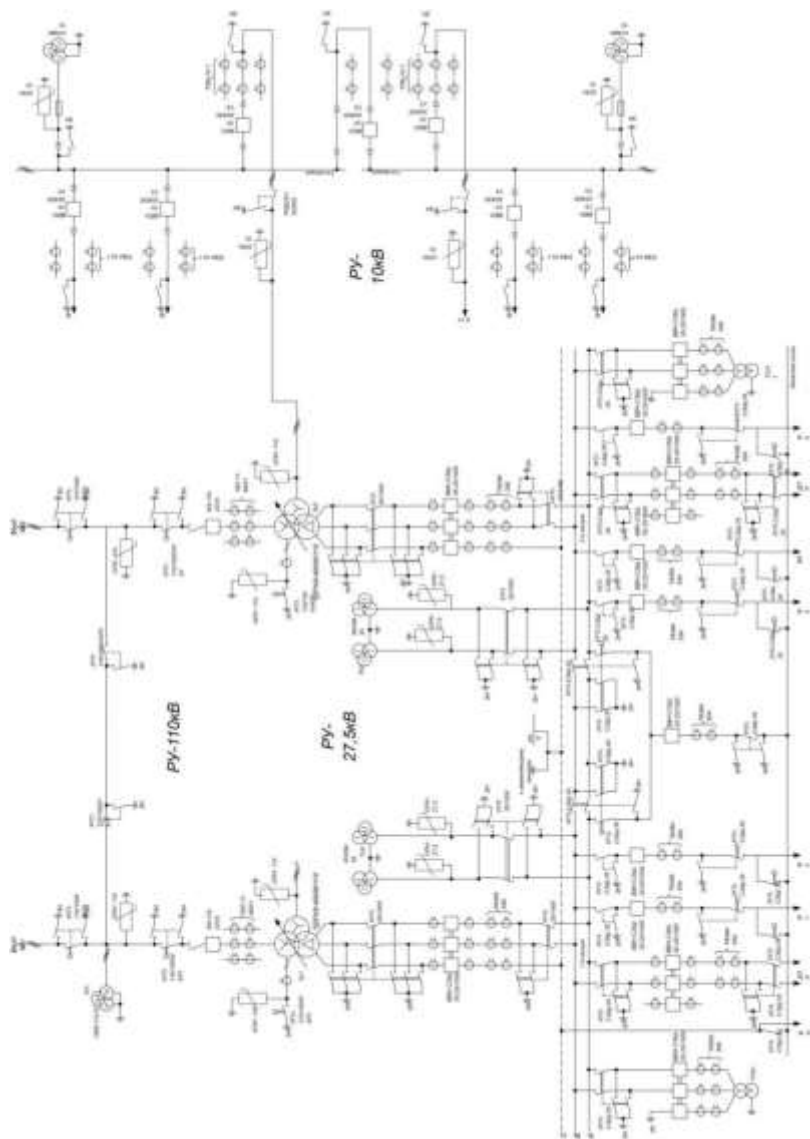


Рис. 26

Образец бланка задания на курсовой проект

название образовательной организации

ЗАДАНИЕ

На курсовое проектирование по дисциплине _____

Выдано обучающемуся _____.

фамилия, имя, отчество

курса _____ гр. _____.

Срок выполнения проекта _____ 20__ года.

число, месяц

Тема проекта _____

Задание _____

Исходные данные _____

Пояснительная записка _____

Графическая часть _____

Информационные источники _____

Дата выдачи задания « ____ » _____ 20__ года.

Срок сдачи работы « ____ » _____ 20__ года.

Задание выдал преподаватель: _____ / _____ /

подпись фамилия, имя, отчество

Задание получил обучающийся _____ / _____ /

подпись фамилия, имя, отчество

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ. | 3 |
| 1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА. | 6 |
| 2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА. | 8 |
| 3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА. | 10 |
| 4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА. | 17 |
| Примеры исходных данных для выполнения курсового проекта. | 17 |
| Перечень вопросов, подлежащих разработке. | 18 |
| ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ. | 76 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ. | 78 |
| <i>Приложение 1. Типовые суточные графики нагрузки предприятий.</i> | <i>78</i> |
| <i>Приложение 2. Однолинейная схема.</i> | <i>83</i> |
| <i>Приложение 3. Образец бланка задания на курсовой проект.</i> | <i>84</i> |

Ответственный за выпуск *А. Е. Боковня*
Редактор *О. В. Силантьева*
Компьютерная верстка *О. В. Силантьевой*

Подписано в печать 27.12.2021
Формат 60×90/16. Печ. л. 5,5
ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»
105082, Москва, ул. Бакунинская, 71
Тел.: (495) 739-00-30, e-mail: info@umcздt.ru
<http://www.umcздt.ru>

Для заметок

Для заметок
