

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта - филиала  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(УУКЖТ ИрГУПС)



А.В. Аверина

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению контрольной работы

ПМ.02 Техническое обслуживание оборудования электрических  
подстанций и сетей

МДК 02.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей  
электрообеспечения»

для специальности  
13.02.07 Электрообеспечение (по отраслям)

*базовый уровень  
среднего профессионального образования  
заочная форма обучения на базе среднего общего образования*

Улан-Удэ 2024

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00920FD815CE68F8C4CA795540563D259C с 07.02.2024 05:46 по 02.05.2025 05:46 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



УДК 621.331:621.311.4 (07)

ББК 39.217

А -194

Аверина А.В.

**А-194 ПМ.02 Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей. МДК 02.02 Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения [Текст]:** Методические указания по выполнению контрольной работы по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)/А.В. Аверина; Улан-Удэнский колледж железнодорожного транспорта ИрГУПС. – Улан-Удэ: Сектор информационного обеспечения учебного процесса УУКЖТ ИрГУПС, 2024. – 26 с.

В методических указаниях описываются требования к выполнению контрольной работы, а также задания и методические указания для решения задач. Указания содержат три задачи, 47 вопросов для контрольной работы, выполняемой по вариантам, темы практических работ.

Данные методические указания предназначены для обучающихся заочной формы обучения среднего профессионального образования специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям).

УДК 621.331:621.311.4 (07)

ББК 39.217

© Аверина А.В., 2024

©УУКЖТ ИРГУПС, 2024

## Содержание

	Пояснительная записка	3
	Тематический план дисциплины	7
1	Общее положение	8
2	Требования к выполнению контрольной работы	8
3	Задания для выполнения контрольной работы	11
4	Методические указания для решения задач	17
5	Список рекомендуемой литературы	26

## Пояснительная записка

Методические указания по выполнению контрольной работы разработаны в соответствии с рабочей учебной программой дисциплины МДК 02.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения» для специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), и требованиями к результатам освоения программы подготовки специалистов среднего звена ФГОС СПО по данной специальности. Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения.

Цель данных методических указаний – оказать помощь студентам при выполнении контрольной работы и закреплении теоретических знаний по основным разделам дисциплины.

Выполнение контрольной работы направлено на формирование общих и профессиональных компетенций, закрепление знаний, освоение необходимых умений и способов деятельности, формирование первоначального практического опыта:

- 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 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
- ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.
- ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

- ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.
- ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
- ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
- ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.
- ПК 2.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей.
- ПК 2.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии.
- ПК 2.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем.
- 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 методических указаниях представлены: тематический план, общие положения, требования к выполнению контрольной работы, выбор задания для контрольной работы, теоретические вопросы, список рекомендуемой литературы.

#### **Критерии оценки за контрольную работу:**

В целях повышения качества выполняемых контрольных работ

преподаватель руководствуется следующими критериями оценивания письменных работ студентов.

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент:

представил контрольную работу в установленный срок и оформил ее в строгом соответствии с изложенными требованиями; использовал рекомендованную и дополнительную учебную литературу; при выполнении заданий показал высокий уровень знания по заданной тематике, проявил творческий подход при ответе на вопросы, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие выводы; выполнил работу грамотно с точки зрения поставленной задачи, т.е. без ошибок и недочетов или допустил не более одного недочета.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент:

представил контрольную в установленный срок и оформил ее в соответствии с изложенными требованиями; использовал рекомендованную и дополнительную литературу; при выполнении заданий показал хороший уровень знания материала по заданной тематике, практически правильно сформулировал ответы на поставленные вопросы, представил общее знание информации по проблеме; выполнил работу полностью, но допустил в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент:

представил работу в установленный срок, при оформлении работы допустил незначительные отклонения от изложенных требований; показал достаточные знания по основным темам контрольной работы; использовал рекомендованную литературу; выполнил не менее половины работы или допустил в ней а) не более двух грубых ошибок, б) или не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) или не более двух-трех негрубых ошибок, г) или одной негрубой ошибки и трех недочетов, д) или при отсутствии ошибок, но при наличии 4-5 недочетов.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется:

когда число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «зачтено (удовлетворительно)» или если правильно выполнено менее половины работы; если студент не приступал к выполнению работы или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.

#### Тематический план дисциплины

Раздел/тема дисциплины	Объем аудиторных часов при заочной форме обучения	
	Всего	В том числе практических занятий
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Тема 1.1 Электрические сети	8	4
Тема 1.2 Тяговые сети	12	2
<b>Итого:</b>	<b>20</b>	<b>6</b>

## 1. Общие положения

Выполнение контрольной работы по дисциплине МДК 02.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения» является промежуточным этапом подготовки специалистов железнодорожного транспорта. Контрольная работа должна представлять собой самостоятельное и законченное исследование студента, результат анализа современной литературы по заданным теоретическим и практически заданиям.

1.1. Содержание контрольной работы и ее защита должны показать способность студента к самостоятельной практической работе по дисциплине.

### 2. Требования к выполнению контрольной работы

Студенты должны быть внимательными при определении варианта. Работа, выполненная не по своему варианту, возвращается студенту без проверки и зачета.

К выполнению работ следует подходить творчески, используя рекомендованную литературу. Ответы должны быть полными по существу, краткими по форме, без механического переписывания материала учебника или учебных пособий.

Отвечая на вопросы контрольного задания, студент должен показать знания программного материала, при необходимости увязать их с деятельностью конкретных организаций.

Контрольная работа выполняется в тетради, страницы которой нумеруются. На каждой странице тетради следует оставлять поля шириной 4-5 см, а для рецензии (заключения) преподавателя 2-3 свободные страницы в конце тетради (вложенные листы должны быть закреплены).

При оформлении контрольной работы на обложку тетради наклеивается

заполненный студентом-заочником бланк. На бланке указываются: фамилия, имя и отчество студента, шифр (номер зачетки), наименование дисциплины в соответствии с учебным планом, вариант контрольной работы, адрес, место работы, занимаемая должность. При заполнении реквизитов сокращения слов не допускаются.

Работа должна быть выполнена аккуратно, четким, разборчивым почерком. Сокращения слов и подчеркивания в тексте не допускаются. Общий объем работы не должен превышать 18 страниц рукописного текста.

В конце работы приводится перечень используемых источников, где сначала указываются нормативные документы (законы, указы, постановления, приказы, инструкции и т.д.), затем в алфавитном порядке учебная литература и справочные пособия с указанием фамилии и инициалов автора, наименования источника, места и года его издания; затем ставится дата выполнения работы и подпись студента.

При выполнении контрольной работы студент должен показать умения пользоваться учебной литературой при ответе на теоретические задания, применять формулы в расчетах при решении задач, анализировать конкретные экономические ситуации, давать оценку полученным результатам.

На каждую контрольную работу преподаватель дает письменное заключение (рецензию) и выставляет оценки.

5 «отлично» — четкие и конкретные ответы на теоретические вопросы; знание формул и умение правильно их применять в решении задач; самостоятельность исчислений; умение анализировать результаты; умение самостоятельно делать выводы; отсутствие ошибок при проведении расчетов;

4 «хорошо» — полностью раскрыты теоретические вопросы; знание формул и умение их правильно применять; самостоятельность исчислений; незначительные ошибки в решениях, в формулировке выводов;

3 «удовлетворительно» — неполные ответы на теоретические вопросы;

затруднения в знании формул и умении их правильно применять; задача решена не полностью или с ошибками; работа оформлена небрежно;

2 «неудовлетворительно» — неправильные ответы на теоретические вопросы; неверное решение; отсутствие выводов; незнание формул; работа выполнена небрежно.

Работа с неудовлетворительной оценкой возвращается студенту с рецензией, содержащей рекомендации по устранению недостатков.

По получении проверенной контрольной работы студент должен внимательно ознакомиться с исправлениями и замечаниями, прочитать заключение преподавателя, сделать работу над ошибками и повторить недостаточно усвоенный материал в соответствии с рекомендациями преподавателя. После этого студент выполняет работу повторно и отправляет вместе с первой на проверку.

### Задания для выполнения контрольной работы

Номера задач для контрольной работы определяются по номеру обучающегося в журнале.

Задача №1. Произведите выбор сечения проводов по экономической плотности тока и проверьте провода на нагревание и по допустимой потере напряжения.

Исходные данные заданы в таблице № 1.

Таблица № 1 – Исходные данные для задания 1

Вариант	$P_2$ кВт	$\cos\varphi$	$U_n$ кВ	L км	T ч. В год
1	2000	0,92	10	8	4500 алюминий
2	1700	0,87	6	6	1500 медь
3	4100	0,9	35	10	2500 алюминий
4	1050	0,85	10	12	8000 медь
5	600	0,92	6	30	2800 алюминий
6	4000	0,9	35	15	2500 медь
7	500	0,85	10	20	7500 алюминий
8	900	0,88	6	25	2900 медь
9	1250	0,9	35	10	8000 алюминий
10	2100	0,86	10	20	2900 медь
11	1000	0,87	6	30	3100 алюминий
12	970	0,92	35	8	3300 медь
13	3400	0,89	10	15	4200 алюминий

14	580	0,86	6	18	4500 медь
15	730	0,87	35	20	5100 алюминий
16	905	0,91	10	22	5200 медь
17	1108	0,88	6	24	5300 алюминий
18	875	0,92	35	16	6000 медь
19	2000	0,9	35	30	4000 медь
20	820	0,86	10	10	1600 медь

Задача №2 Определение значения установившегося тока короткого для участка переменного тока.

Таблица № 2 - Исходные данные

№ Вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$S_{н, MBA}$	25	40	25	16	25	40	16	16	16	16	25	40	16	25	40	16	25	40	16	25	40	16	25	40	18
$S_{кз, MBA}$	1000	700	600	800	900	1000	1100	1100	1600	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	550	650	750	850	950	1050	1150	1250	1000
$l, км$	20	22	21	23	24	25	20	18	20	24	21	22	25	23	24	26	25	23	24	20	20	21	22	23	21

Задача №3 - Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока.

Задание: Для устройства общего освещения помещения, определяем мощность ламп накаливания, для создания на полу нормальной освещенности  $E_{ср} = 50$  Лк. Исходные данные заданы в таблице № 3.

Таблица № 3 – Исходные данные к задаче 3.

№ Вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A, м	35	15	36	38	25	32	31	30	35	36	23	37	40	34	15	38	23	20	32	24
B, м	7,5	8,5	10,5	9	7,5	11,5	10	8,5	8,5	8,5	7	9,5	10,5	8,5	11	9,5	11,5	9,5	12	8,4
H, м	3,4	2,6	2,7	2,9	2,7	3,3	3,4	3,4	2,7	3,5	3,7	3,3	3,4	2,7	3,5	3	3,3	3,4	3,4	2,7

Задание №4. Выбор вопросов осуществляется по последней цифре зачетной книжки и первой букве фамилии (таблица 4).

Таблица 4 - Выбор вопросов для выполнения задания №4

Последняя цифра зачет. кн.	Номера теоретических вопросов													
	Первая буква фамилии													
	А,Х,	Б,Э	В,О	Г,С	Е,Т	Ж,Ш	З,И	К,Ц	Л,Ч	М,Ю	Н,Ф	П,Я	Р,Щ	Д,У
0;7	1,30	2,31	3,32	4,33	5,34	6,35	7,36	8,37	16,38	17,39	18,40	22,41	23,42	24,43
1;5	25,44	26,45	27,46	28,47	29,48	1,48	2,47	3,46	4,45	5,44	6,43	7,42	8,41	40,16
2;6	17,39	38,18	22,37	23,36	24,35	25,34	26,33	27,32	28,31	29,30	2,30	3,31	4,32	5,33
3;8	6,34	7,35	8,36	16,37	17,38	18,39	22,4	23,41	24,42	25,43	26,44	27,45	28,46	29,47
4;9	26,43	3,30	4,31	5,32	6,33	7,34	8,35	16,36	17,37	18,38	22,39	23,4	24,41	25,42

Вопросы:

1. Приведите структурную схему энергосистемы, укажите ее определение и составляющие.
2. Раскройте понятие «электрические сети». Приведите классификацию электрических сетей.
3. Приведите определение электроприемников первой категории и требования к их электроснабжению.
4. Приведите определение электроприемников первой категории особой группы и требования к их электроснабжению.
5. Приведите определение электроприемников третьей категории и требования к их электроснабжению.

6. Приведите определение электроприемников второй категории и требования к их электроснабжению.
7. Начертите и дайте характеристику принципиальной схеме электроснабжения железных дорог.
8. Приведите схемы внешнего электроснабжения тяговых подстанций, укажите отличия в схеме подключения транзитной и отпаечной подстанций.
9. Приведите типовые схемы электроснабжения нетяговых потребителей, укажите их преимущества и недостатки.
10. Охарактеризуйте нетяговых потребителей железных дорог, относящихся по надежности электроснабжения к первой категории, приведите пример схемы их электроснабжения.
11. Приведите особенности электроснабжения нетяговых потребителей электрифицированных железных дорог при тяге на переменном токе.
12. Приведите схему электроснабжения нетяговых потребителей электрифицированных железных дорог при тяге на постоянном токе.
13. Охарактеризуйте конструктивное выполнение линий продольного электроснабжения.
14. Приведите назначение и общую характеристику устройств СЦБ.
15. Перечислите требования, предъявляемые к электроснабжению устройств автоблокировки.
16. Опишите схемы электропитания устройств СЦБ при тяге на постоянном токе.
17. Опишите схемы электропитания устройств СЦБ при тяге на переменном токе.
18. Опишите особенности электроснабжения устройств СЦБ, их конструктивное выполнение.
19. Охарактеризуйте способы резервирования устройств СЦБ.
20. Охарактеризуйте электроснабжение железнодорожного узла, приведите схемы распределения электроэнергии к потребителям.

21. Приведите порядок определения месторасположения главной понижающей подстанции и основные расчетные формулы.

22. Поясните конструктивное выполнение воздушных линий электропередачи.

23. Охарактеризуйте провода, применяемые для воздушных линий электропередач напряжением до и выше 1000 В.

24. Перечислите основные узлы воздушных линий электропередач напряжением выше 1000 В.

25. Приведите конструктивное выполнение кабельных линий электропередач напряжением выше 1000 В, перечислите виды изоляции кабелей.

26. Приведите цели и порядок выполнения электрического расчета электрических сетей.

27. Приведите порядок выполнения и условия выбора проводов и кабелей по нагреву.

28. Опишите конструктивное выполнение линий ДПР.

29. Приведите порядок выбора сечения проводов по экономической плотности тока и критерии выбора по заданному методу.

30. Перечислите способы регулирования напряжения в тяговой сети.

31. Опишите причины и последствия несимметрии токов и напряжений в электрических сетях. Перечислите способы снижения несимметрии напряжений.

32. Поясните влияние режима напряжения в тяговой сети на работу электроподвижного состава, изменение напряжения в контактной сети при рекуперации электрической энергии ЭПС.

33. Перечислите способы повышения качества электроэнергии и методы усиления системы электроснабжения железных дорог.

34. Приведите назначение, схемы установки и область применения продольной емкостной компенсации.

35. Приведите назначение, схемы установки, область применения поперечной емкостной компенсации.

36. Охарактеризуйте параметры тяговых сетей переменного тока.

37. Перечислите применяемые на железнодорожном транспорте виды и системы освещения.

38. Укажите принцип действия, виды и параметры ламп накаливания, их преимущества и недостатки, сферу применения на предприятиях железнодорожного транспорта.

40. Охарактеризуйте понятие «освещенность», приведите расчетные формулы и единицы измерения. Объясните, с какой целью при расчетах применяется коэффициент запаса.

41. Опишите основные элементы конструкции и принцип действия газоразрядных ламп, укажите их преимущества и недостатки.

42. Приведите сравнительную характеристику различных видов тяг, их преимущества и недостатки.

43. Приведите способы защиты смежных устройств от воздействия тяговой сети переменного тока.

44. Поясните распределение токов в рельсах и земле в тяговой сети переменного тока.

45. Перечислите показатели качества электрической энергии.

46. Охарактеризуйте близкие короткие замыкания в тяговой сети переменного тока, приведите параметры данного аварийного режима, укажите, от чего они зависят.

47. Приведите порядок расчетов мгновенных схем для участка переменного тока, укажите основные формулы.

## Методические указания для выполнения задач

### Задача №1

Вычерчиваем схему трёхфазной линии с одной нагрузкой на её концах (по образцу рис. 1.).

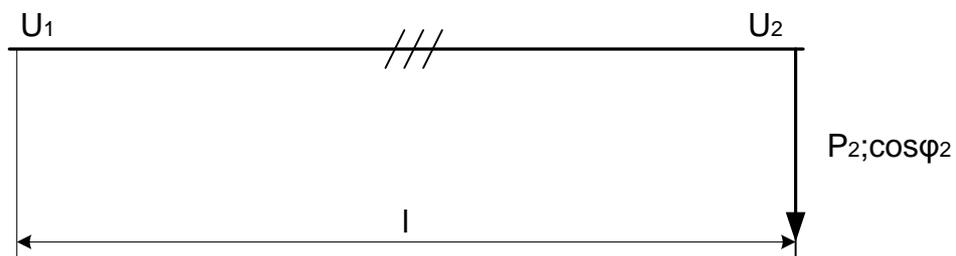


Рисунок 1. Схема трёхфазной линии

Определяем величину максимального тока протекающего в каждом проводе рассчитываемой линии, А

$$I = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_2},$$

где  $P_2$  - максимальная мощность нагрузки в конце линии, кВт;

$U_n$  - номинальное напряжение линии, кВ.

Определяем экономическую плотность тока  $i_э$ , которая выбирается по таблице 4.

Таблица 5— экономическая плотность тока

Проводники и условия их использования	Экономическая плотность тока (А/мм <sup>2</sup> ) при продолжительности использования максимума нагрузки		
	T <sub>п.р.</sub> , ч		
	1000-3000	3000-5000	5000-8760
Неизолированные провода и шины: медные алюминиевые	2,5	2,1	1,8
	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	3,0	2,5	2,0
	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами: медными алюминиевыми	3,5	3,1	2,7
	1,9	1,7	1,6

Определяем экономическое сечение каждого провода линии, мм<sup>2</sup>

$$q_э = \frac{I}{i_э},$$

где I - ток протекающий в каждом проводе линии, А.

По табл. 7 методического пособия М.: 1976, выбираем ближайшее большее стандартное сечение проводов линии q<sub>н</sub>, мм<sup>2</sup>, выписываем марку этого провода и допустимый по нагреву ток I<sub>доп</sub>, А.

Проверяем выбранное сечение по условию нагрева.

Должно соблюдаться условие

$$I_{доп} > I$$

Вычерчиваем схему замещения одной фазы ЛЭП

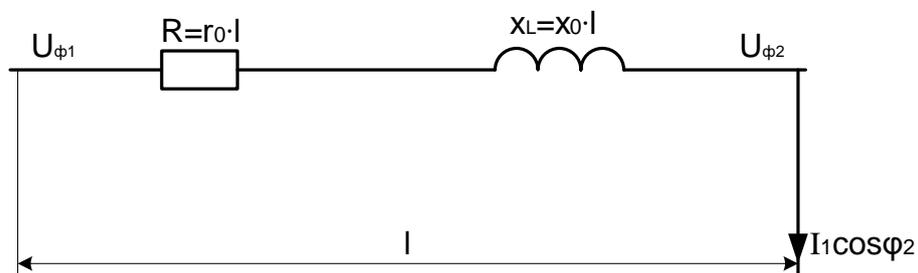


Рисунок 2. Схема замещения

По табл.6 находим величину активного и индуктивного сопротивления провода r<sub>0</sub> и x<sub>0</sub>, (Ом/км.), тогда получаем, Ом

$$R = r_0 \cdot \ell ;$$

$$x_L = x_0 \cdot \ell ,$$

где  $\ell$  – длина линии, км.

Определяем потерю линейного напряжения без учёта активной и емкостной поперечной проводимости линии, что допустимо для линий напряжением до 110 кВ

$$\Delta U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi_2 + x_L \cdot \sin \varphi_2),$$

где  $\cos \varphi_2 = 0,92$ ;  $\sin \varphi_2 = 0,39$ .

Полученное значение  $\Delta U_{\text{л}}$ , выраженное в вольтах, переводим в киловольты.

Определяем относительную потерю напряжения, т.е. отношение потери напряжения к номинальному напряжению линии в процентах, %

$$e = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100.$$

Сравниваем полученную величину с допустимым для ЛЭП значением.

Должно соблюдаться условие

$$e \leq e_{\text{доп}},$$

где  $e_{\text{доп}} = 10\%$

Таблица 6 – расчётные данные провода

Сечение провода	Допускаемый по нагреву ток	Активное сопротивление провода $r_0$ , Ом/км	Индуктивное сопротивление провода 3-х фазной ВЛ $x_0$ , Ом/км
Медный провод			
16	130	1,2	0,433
25	180	0,74	0,419
35	220	0,54	0,408
50	270	0,39	0,397
70	340	0,28	0,387
95	415	0,2	0,377
120	485	0,158	0,370
Алюминиевый провод			
16	105	1,98	0,432

25	135	1,28	0,418
35	170	0,92	0,408
50	215	0,64	0,396
70	265	0,46	0,387
95	325	0,34	0,377
120	375	0,27	0,370
150	440	0,21	0,362
185	500	0,17	0,356
240	610	0,132	0,347

Записываем вывод.

### Задача №2

Порядок выполнения работы:

- 1) силовой трансформатор: ТДТНЭ 115/27,5;
- 2) контактная сеть – ПБСМ-95+МФ-100;
- 3) номинальное напряжение  $U_n=27,5$  кВ;
- 4) максимальный номинальный ток  $I_{нmax}=800$ А;
- 5) данные по номинальной мощности  $S_n$ , ВА, мощности КЗ  $S_{кз}$ , ВА, длины участка  $l$ , км заданы в приложении 6.

Вычерчиваем расчётную схему (по образцу рис. 3)

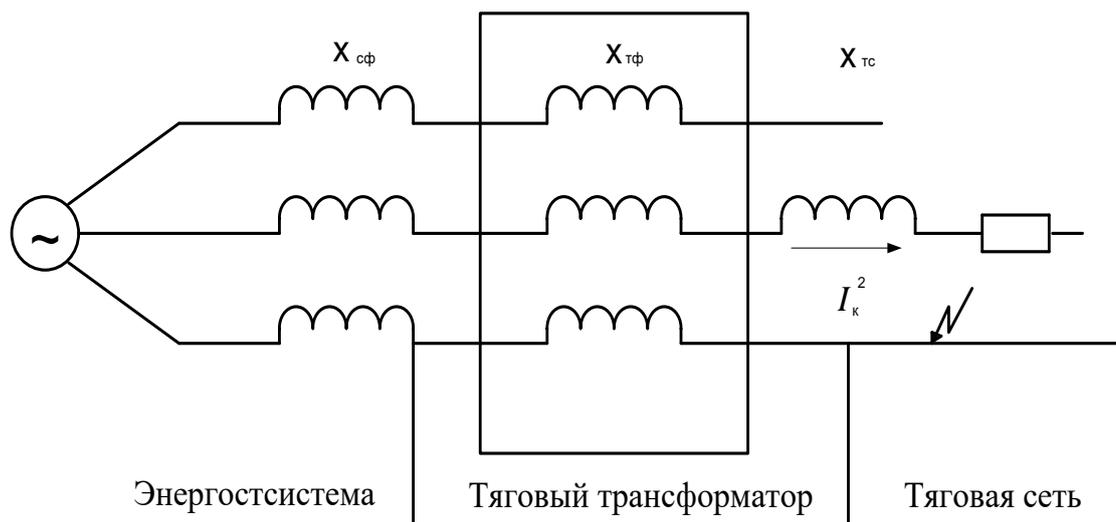


Рисунок 3. Расчётная схема

Определяем индуктивное сопротивление энергосистемы на фазу, приведённое к номинальному напряжению тяговой сети, Ом:

$$X_c = \frac{U_H^2}{S_{K3} \cdot 10^3} \cdot 10^3,$$

где  $U_H$  – номинальное напряжение на шинах тяговой подстанции, кВ;

$S_{K3}$  – мощность к.з. на первичной стороне тягового трансформатора, мВА.

Определяем индуктивное сопротивление фазы тягового трансформатора, приведённого к номинальному напряжению тяговой сети, Ом

$$X_T = \frac{U_K \%}{100} \cdot \frac{U_H^2}{S_H \cdot 10^3} \cdot 10^3,$$

где  $U_K$  % – напряжение к.з. трансформатора в %. Величину  $U_K$  % принять по таблице 7;

$S_H$  – мощность трёхфазного тягового трансформатора, МВА.

Таблица 7 – Параметры тяговых трансформаторов

Тип трансформатора	Характеристика	Мощность мВА	$\Delta P_a$ , кВт	$\Delta P_x$ , кВт	$u_k$ , %	$I_x$ , %
Трёхфазный, трехобмоточный ТДТНЭ 115/27,5 (38,5/11) кВ	С регулировкой напряжения под нагрузкой на стороне высшего напряжения не $\pm 9 \cdot 1,78\%$	16	105	32	10,5	1,05
		25	145	45	10,5	1,00
		32	180	53,5	10,5	0,95
		40	230	63	10,5	0,90
Трёхфазный, трехобмоточный ТДНЭ 115/27,5 кВ	С регулировкой напряжения под нагрузкой на стороне высшего напряжения не $\pm 9 \cdot 1,78\%$	16	85	26	10,5	0,85
		25	120	36	10,5	0,80
Специальный, двухобмоточный, со схемой соединения обмоток в	С пофазным регулированием напряжения под нагрузкой на стороне высшего	10	55	22	10,5	–
		16	80	30	10,5	–

открытый треугольник, (V/V) 115/27,5 кВ	напряжения не $\pm 9 \cdot 1,78\%$					
Специальный однофазный двухобмоточный	Без регулирования напряжения под нагрузкой	6,3 10	33,5 48	11,5 16	10,5 10,5	– –

Определяем индуктивное и активное сопротивление тяговой сети, Ом:

$$X_{mc} = X \cdot L;$$

$$R_{TC} = r_a \cdot L,$$

где  $t$  – расстояние от подстанции до места к.з. ,км;

$X, r_a$  – индуктивное и активное сопротивление 1 км тяговой сети,  
Ом/км;

$X, r_a$  – принимаем по таблице 8.

Таблица 8 – параметры провода контактной сети

Провода контактной сети	Число путей	$r_a$ ом/к м	$X$ ом/к м	$Z$ ом/к м	Провода контактной сети	Число путей	$r_a$ ом/к м	$X$ ом/к м	$Z$ ом/к м
С-70+МФ-85	1	0,28	0,65	0,71	С-70+МФ-85	2	0,15	0,35	0,38
С-70+МФ-100	1	0,25	0,63	0,68	С-70+МФ-100	2	0,13	0,34	0,36
ПБСМ-70+МФ-85	1	0,26	0,51	0,57	ПБСМ-70+МФ- 85	2	0,14	0,28	0,31
ПБСМ-70+МФ-100	1	0,25	0,50	0,56	ПБСМ-70+МФ- 100	2	0,13	0,27	0,30
ПБСМ-95+МФ-100	1	0,23	0,47	0,52	ПБСМ-95+МФ- 100	2	0,12	0,26	0,29

Определяем эквивалентное полное сопротивление цепи к.з.,  
приведённого к напряжению тяговой сети, Ом

$$Z_{ЭКВ} = \sqrt{(2 \cdot X_C + 2 \cdot X_T + X_{TC})^2 + r_{TC}^2}$$

Определяем значение установившегося тока короткого замыкания, А:

$$I_{k \min} = \frac{U_H \cdot 10^3}{Z_{ЭКВ}},$$

где  $U_H$  – номинальное напряжение на шинах тяговой подстанции, кВ.

Находим отношение между  $I_{k \min}$  и  $I_{H \max}$ . Должно соблюдаться условие.

$$\frac{I_{k \min}}{I_{H \max}} \geq 1,94;$$

где  $I_{H \max}$  – максимальный рабочий ток нагрузки, проходящий через выключатель фидера 27,5 кВ.

Если это условие выполняется, то применение МТЗ в качестве основной возможно, т.е. обеспечивается необходимая чувствительность защиты.

Определим ток уставки максимальной токовой защиты, А:

$$I_{уст} = \frac{k_n}{k_B} \cdot I_{\max},$$

где  $k_n$  – коэффициент надёжности, принимаем  $k_n = 1,3$ ;

$k_B$  – коэффициент возврата токового реле, принимаем  $k_B = 0,85$ .

Производим проверку чувствительности защиты. Должно соблюдаться условие:

$$I_{k \min} \geq k \cdot I_{уст},$$

где  $k$  – коэффициент чувствительности защиты, принимаем  $k = 1,5$ .

Записываем вывод.

### Задача №3

Работу выполнить по приведенному ниже образцу.

Образец:

а) размеры помещения  $A = 20\text{ м}$ ;  $B = 12\text{ м}$ ;  $H = 3\text{ м}$ ;

б) расстояние от потолка до висящего светильника  $h_c = 0,5\text{ м}$ ;

в) напряжение сети 220 В;

г) потолок и стены помещения побелены, окна без штор, пол темный.

Порядок выполнения работы:

Определяем расчетную высоту светильников:

$$h = H - h_c = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Определяем расстояние между светильниками:

$$L = h \cdot 1,7 = 2,5 \cdot 1,7 = 4,25 \text{ м.}$$

Определяем расстояние от крайних светильников до стен:

$$L_K = 0,4 \cdot L = 0,4 \cdot 4,25 = 1,7 \text{ м.}$$

В результате размещения светильников, т.к. этого требует расчет получим следующую схему размещения светильников.

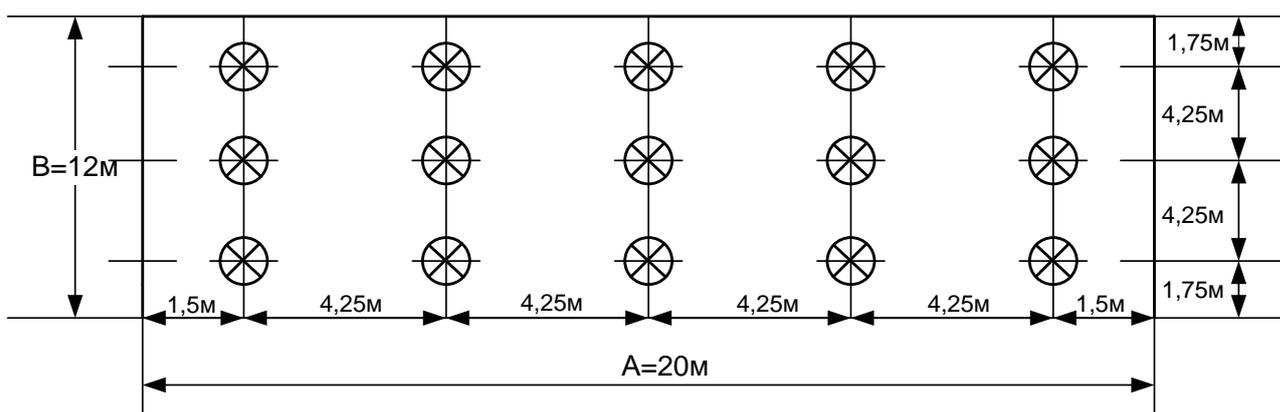


Рисунок 4. Схема расположения светильников

Согласно полученной схеме общее число светильников в помещении получается  $N = 15$ .

Подсчитаем индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)},$$

где  $S$  – площадь пола,  $\text{м}^2$ .

$$i = \frac{20 \cdot 12}{2,5 \cdot (20 + 12)} = 3.$$

Примем коэффициенты отражения:

$\rho_{\text{П}} = 70\%$  - для потолка;  $\rho_{\text{С}} = 50\%$  - для стен;  $\rho_{\text{Р}} = 10\%$  - для пола.

Примем коэффициент запаса  $K_z = 1,3$ .

Определим световой поток лампы светильника:

$$\Phi = \frac{E_{\text{ср}} \cdot Z \cdot K_3 \cdot S \cdot 100}{N \cdot \eta},$$

где  $Z = 1,15$  – коэффициент характеризующий неравномерность освещения.

$$\Phi = \frac{50 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 20 \cdot 12 \cdot 100}{15 \cdot 66} = 1810 \text{ Лм.}$$

По таблице №9 выбираем лампу накаливания типа Г-150, имеющую световой поток  $\Phi=200\text{лм}$  и мощность  $P_{\text{л}} = 150 \text{ Вт}$ .

Таблица №9 – Технические характеристики ламп накаливания

Тип лампы	Напряжение сети, В	Световой поток, лм	Срок службы, ч	Размер, мм	
				D	L
Лампы накаливания общего назначения, вакуумные и газонаполненные					
В 25	127/220	260/220	1000	61	107
Б40		490/400		81	114
Б60		820/715		112	175
БК100		1630/1450		152	240
Г150		2300/2000		167	345
Г200		3200/2800			
Г300		4950/4600			
Г500		9100/8300			
Г1000		19500/18600			
Г1500		29600/29000			

Определяем установленную мощность осветительной установки:

$$P = N \cdot P_{\text{л}} = 15 \cdot 150 = 2250 \text{ Вт.}$$

Записываем вывод.

### Список рекомендованной литературы

- 1) Мамошин Р.Р Зимакова А.Н Электроснабжение электрифицированных железных дорог. М.: Транспорт ,1980.
- 2) Звездкин М.Н. , Электроснабжение электрифицированных железных дорог. М.: Транспорт, 1985
- 3) Справочник по электроснабжению железных дорог. Под редакцией К. Г. Марквардта. М.: Транспорт, 1980. Т1-256с., Т2-392с.
- 4) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей / М.: Госэнергонадзор, 2006, 392.
- 5) Ратнер М. П. Могилевский Е. Л. Электроснабжение нетяговых потребителей железных дорог / М.П. Ратнер. М.: Транспорт, 1985. 295
- 6) Рожков Л. Д., Козулин В. С. / Электрооборудование станций и подстанций / Л. Д. Рожков. М.: Энергия, 1980, 596.
- 7) Долдин В.М /Электроснабжение нетяговых потребителей / М.: Пира-Пресс, 2010. 294с.
- 8) Петров Е. Б. Электрические подстанции – методическое пособие по дипломному и курсовому проектированию. М.: Маршрут, 2004, 245.
- 9) А. В. Воронин Электроснабжение электрифицированных железных дорог / М.: Транспорт, 1971, 296 с.
- 10) Почаевец В. С. Электрические подстанции. М.: Желдориздат, 2001, 512 с.
- 11) Прохорский А. А Тяговые и трансформаторные подстанции. М.: Транспорт, 1983, 496 с.
- 12) Гринберг-Басин М. М. Тяговые подстанции: Учебное пособие для техникумов ж.-д. транспорта. М.: Транспорт, 1980, 168с.
- 13) Бей Ю. М Тяговые подстанции. М.: Транспорт, 1986, 319с.

14) Правила устройства электроустановок. М.: Главэнергонадзор России, 2010. – 549с.