

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Ожерельевский ж.д. колледж - филиал ПГУПС

СОГЛАСОВАНО

Методист

Л.А. Елина
« ____ » _____ 20 ____ г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.Н. Иванова
« ____ » _____ 20 ____ г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

**по МДК.01.04 Устройство и техническое обслуживание тяговых
подстанций**

Раздел 6. Устройство тяговых подстанций

**ПМ.01 Техническое обслуживание оборудования электрических
подстанций и сетей**

специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка	4
2. Перечень практических работ	6
3. Перечень лабораторных работ	6
4. Практическая работа № 1	7
5. Практическая работа № 2	9
6. Практическая работа № 3	12
7. Практическая работа № 4	15
8. Практическая работа № 5	18
9. Практическая работа № 6	19
10. Практическая работа № 7	23
11. Практическая работа № 8	25
12. Практическая работа № 9	27
13. Практическая работа № 10	29
14. Практическая работа № 11	31
15. Практическая работа № 12	33
16. Практическая работа № 13	35
17. Практическая работа № 14	38
18. Практическая работа № 15	40
19. Практическая работа № 16	42
20. Практическая работа № 17	44
21. Практическая работа № 18	47
22. Практическая работа № 19	49
23. Лабораторная работа № 1	51
24. Перечень литературы	53

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ к Разделу 6 Устройство тяговых подстанций по МДК 01.04. Устройство и техническое обслуживание тяговых подстанций составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) и на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ 01 Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей.

В результате освоения данного раздела междисциплинарного курса обучающийся должен **иметь практический опыт:**

- составления электрических схем устройств электрических подстанций и сетей;
- модернизации схем электрических устройств подстанций;
- применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов;
- технического обслуживания специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог;

В результате освоения данного раздела междисциплинарного курса обучающийся должен **уметь:**

- разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование;
- оформлять отчеты о проделанной работе;
- производить расчеты для выбора специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог;
- обеспечивать выполнение работ по обслуживанию специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог.

В результате освоения данного раздела междисциплинарного курса обучающийся должен **знать:**

- устройство оборудования электроустановок;
- условные графические обозначения элементов электрических схем;
- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;
- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения;
- логику построения схем, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;
- схемы и устройство тяговых подстанций переменного и постоянного тока;
- конструкцию, типы и принцип действия специального оборудования тяговых подстанций.

Процесс изучения междисциплинарного курса направлен на освоение общих компетенций, включающих в себя способность:

ОК 01 - понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес;

ОК 02 - организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество;

ОК 03 - принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность;

ОК 04 - осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития;

ОК 05 - использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 06 - работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями;

ОК 07 - брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий;

ОК 08 - самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации;

ОК 09 - ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Общей целью проведения практических и лабораторных занятий является формирование у обучающихся профессиональных компетенций:

ПК 1.1. Читать и составлять электрические схемы электрических подстанций и сетей;

ПК 1.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;

ПК 1.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем;

ПК 1.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию;

ПК 1.6. Выполнять основные виды работ по обслуживанию специального оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог.

Рабочая программа профессионального модуля предусматривает в Разделе 6 МДК 01.04. 38 часов практических работ и 2 часа лабораторных работ.

Перечень практических работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
1	Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока АБ 2/4	2
2	Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-28	2
3	Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-43	2
4	Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-49	2
5	Изучение конструкции РДШ	2
6	Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-206	2
7	Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-28	2
8	Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-43	2
9	Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-49	2
10	Изучение конструкции выпрямителя	2
11	Расчет выпрямителя	2
12	Изучение конструкции РУ-3,3 кВ	2
13	Расчет мощности тяговой подстанции постоянного тока	2
14	Изучение конструкции разрядников постоянного тока	2
15	Расчет сглаживающего устройства	2
16	Изучение конструкции РУ-27,5 кВ	2
17	Изучение конструкции масляного выключателя переменного тока фидера контактной сети 27,5 кВ	2
18	Изучение конструкции вакуумного выключателя переменного тока фидера контактной сети 27,5 кВ	2
19	Расчет мощности тяговой подстанции переменного тока и выбор силовых трансформаторов	2
ИТОГО		38

Перечень лабораторных работ

№ п/п	Название работы	Объем часов
1	Сборка схемы управления быстродействующего выключателя постоянного тока	2
ИТОГО		2

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Тема: Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока АБ 2/4

Цель работы: изучить конструкцию выключателя АБ-2/4, назначение основных его элементов

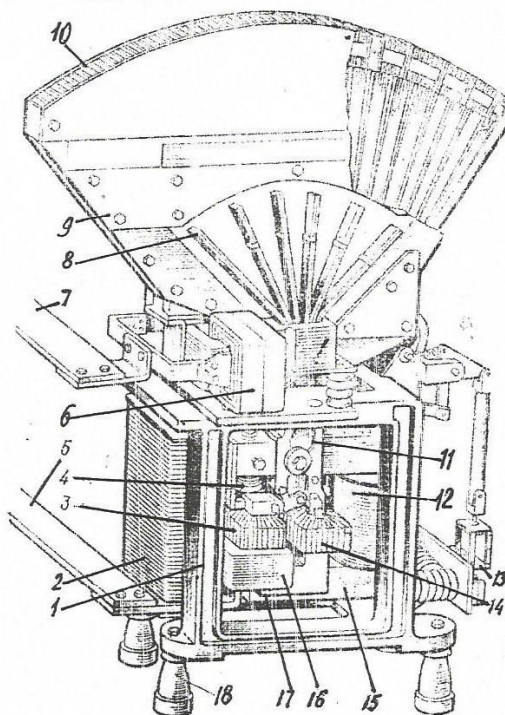
Оборудование и приборы:
Выключатель АБ-2/4

Порядок выполнения работы

Таблица 1 Параметры выключателя АБ-2/4

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Ток уставки, А	
5	Ток держащей катушки, А	
6	Ток катушки включения, А	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

3. Указать основные узлы выключателя АБ-2/4



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____
- 11 _____
- 12 _____
- 13 _____
- 14 _____
- 15 _____
- 16 _____
- 17 _____
- 18 _____

4. Указать назначение элементов выключателя

Таблица 2 Назначение элементов выключателя АБ-2/4

№ элемента	Название элемента	Назначение элемента
4		
3		
10		
12		
8		

5. Указать величину напряжения и род ток в элементах выключателя

Таблица 3 Значения напряжений в элементах выключателя

№ элемента	Напряжение на элементе, В	Род тока
5,7		
12		
14		
16		

Контрольные вопросы.

Какой тип дугогасительной камеры у выключателя АБ-2/4?

К каким видам выключателей по степени поляризованности относится АБ-2/4?

Способен ли погасить электрическую дугу тока короткого замыкания $I_K = 21,5 \text{ кА}$ АБ-2/4 и почему?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Тема: Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-28

Цель работы: изучить конструкцию выключателя ВАБ-28, назначение основных его элементов.

Оборудование и приборы:
Выключатель ВАБ-28

Порядок выполнения работы

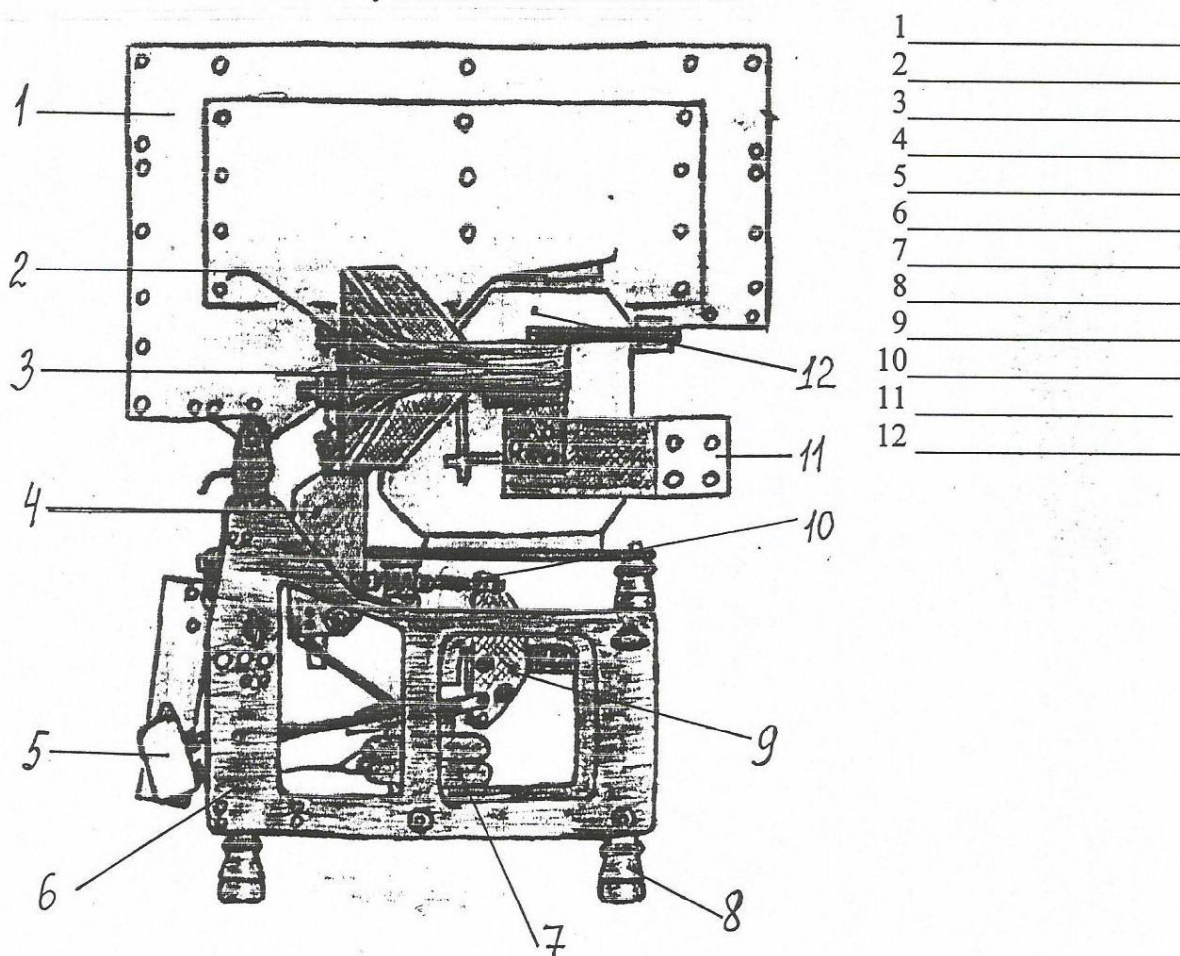
1. Указать назначение выключателя _____

2. Записать номинальные ВАБ-28 параметры в таблицу 1

Таблица 1 Параметры выключателя ВАБ-28

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Ток уставки, А	
5	Ток держащей катушки, А	
6	Ток катушки включения, А	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

3. Указать основные узлы выключателя ВАБ-28



4. Указать назначение элементов выключателя

Таблица 2 Назначение элементов выключателя ВАБ-28

№ элемента	Название элемента	Назначение элемента
1		
2		
3		
7		
10		

5. Указать величину напряжения и род тока в элементах выключателя

Таблица 3 Значения напряжений в элементах выключателя

№ элемента	Напряжение на элементе, В	Род тока
11		
7		

Контрольные вопросы.

Сколько разрывов в электрической цепи обеспечивает ВАБ-28?

К каким видам выключателей по степени поляризованности относится ВАБ-28?

Как отрегулировать ток уставки на выключателе ВАБ-28??

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-43

Цель работы: изучить конструкцию выключателя ВАБ-43, назначение основных его элементов.

Оборудование и приборы:
Выключатель ВАБ-43

Порядок выполнения работы

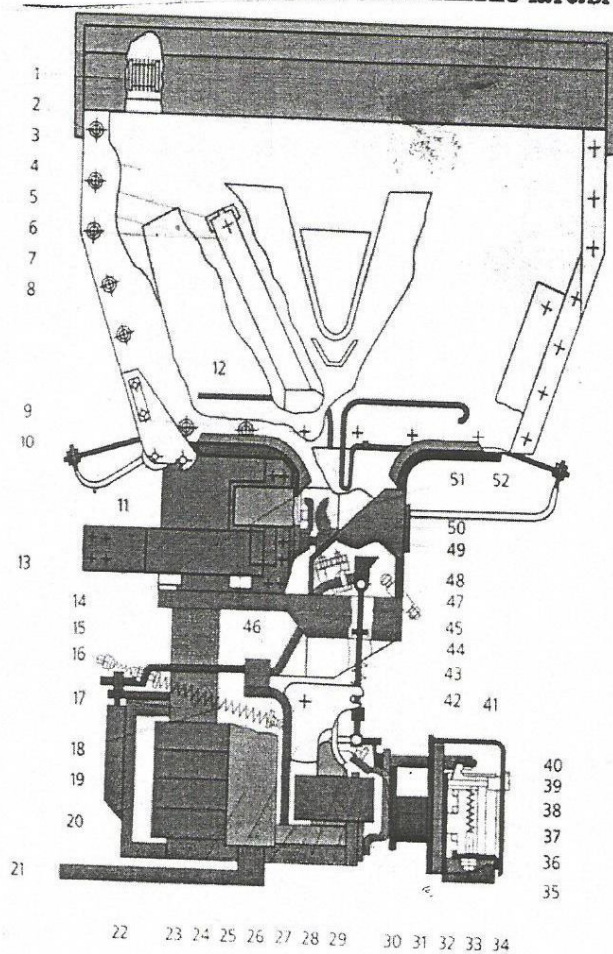
1. Указать назначение выключателя _____

2. Записать номинальные ВАБ-43 параметры в таблицу 1

Таблица 1 Параметры выключателя ВАБ-43

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Ток уставки, А	
5	Ток держащей катушки, А	
6	Ток катушки включения, А	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

3. Указать основные узлы выключателя ВАБ-43



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____
- 11 _____
- 12 _____
- 13 _____
- 14 _____
- 15 _____

4. Указать назначение элементов выключателя

Таблица 2 Назначение элементов выключателя ВАБ-43

№ элемента	Название элемента	Назначение элемента
3		
5		
6		
8		
9		
11		

б. Указать величину напряжения и род ток в элементах выключателя

Таблица 3 Значения напряжений в элементах выключателя

№ элемента	Напряжение на элементе, В	Род тока
8		
9		
5		
11		

Контрольные вопросы.

Какой тип дугогасительной камеры у выключателя ВАБ-43?

Конструктивное выполнение индуктивного шунта (из чего он выполнен?).

Что необходимо и достаточно сделать, чтобы ВАБ-43 отключился?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Тема: Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-49

Цель работы: изучить конструкцию выключателя ВАБ-49, назначение основных его элементов.

Оборудование и приборы:
Выключатель ВАБ-49

Порядок выполнения работы

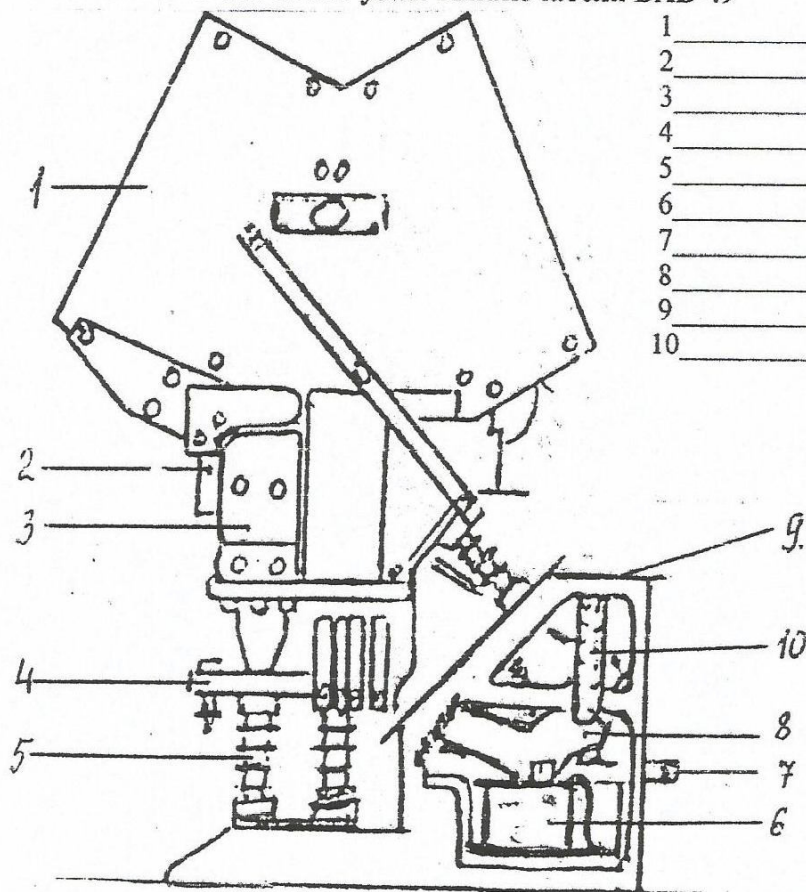
1. Указать назначение выключателя _____

2. Записать номинальные ВАБ-49 параметры в таблицу 1

Таблица 1 Параметры выключателя ВАБ-49

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Ток уставки, А	
5	Ток держащей катушки, А	
6	Ток катушки включения, А	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

3. Указать основные узлы выключателя ВАБ-49



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____

4. Указать назначение элементов выключателя

Таблица 2 Назначение элементов выключателя ВАБ-49

№ элемента	Название элемента	Назначение элемента
2		
3		
1		
6		
9		
7		

5. Указать величину напряжения и род ток в элементах выключателя

Таблица 3 Значения напряжений в элементах выключателя

№ элемента	Напряжение на элементе, В	Род тока
4		
6		

Контрольные вопросы.

Какой тип дугогасительной камеры у выключателя ВАБ-49?

Назначение круглых отверстий в дугогасительной камере.

За счет чего осуществляется гашение электрической дуги при размыкании контактов выключателя ВАБ-49?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема: Изучение конструкции РДШ

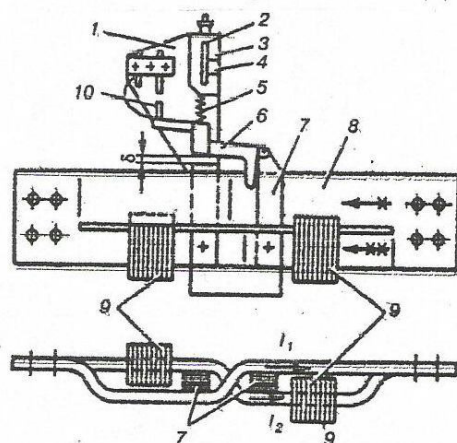
Цель работы: изучить конструкцию реле-дифференциального шунта, назначение его основных элементов и принцип действия.

Оборудование и приборы:
РДШ

Порядок выполнения работы

1. Указать назначение РДШ _____

2. Указать основные элементы РДШ



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____

3. Принцип работы РДШ при коротком замыкании в тяговой сети

Контрольные вопросы.

С какими быстродействующими выключателями и как устанавливается РДШ?

Сколько значений уставок имеет РДШ

С помощью каких элементов регулируется ток уставки РДШ?

На каком принципе основана работа РДШ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Тема: Изучение конструкции быстродействующего выключателя постоянного тока ВАБ-206

Цель работы: изучить конструкцию выключателя ВАБ-206, назначение основных его элементов.

Оборудование и приборы:
Выключатель ВАБ-206

Порядок выполнения работы

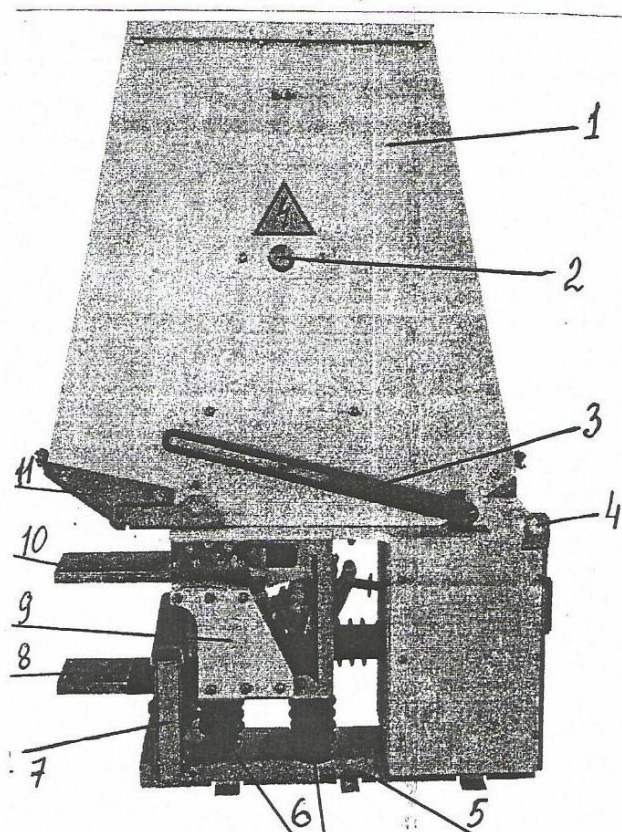
1. Указать назначение выключателя _____

6. Записать номинальные ВАБ-206 параметры в таблицу 1

Таблица 1 Параметры выключателя ВАБ-206

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Ток уставки, А	
5	Ток держащей катушки, А	
6	Ток катушки включения, А	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

7. Указать основные узлы выключателя ВАБ-206



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____
- 11 _____

Рисунок 1 Внешний вид выключателя ВАБ-206

3. Указать основные элементы полюса выключателя ВАБ-206

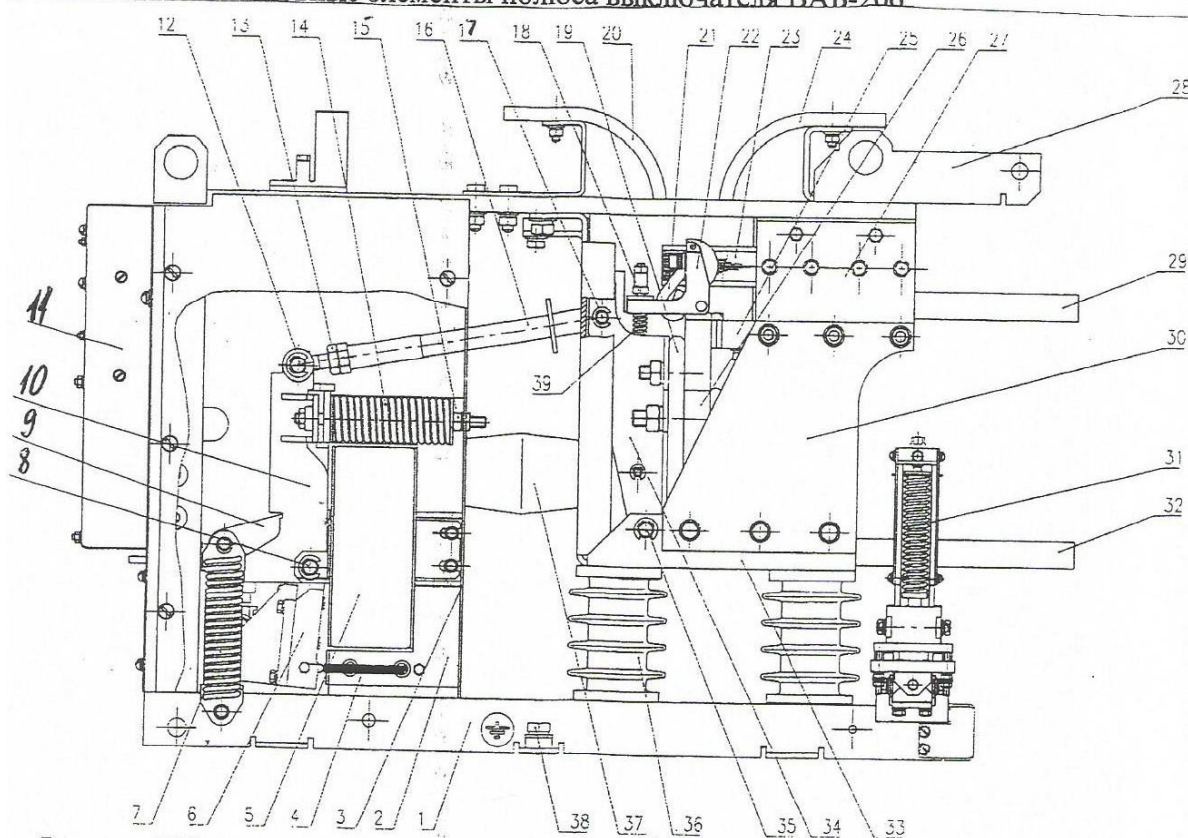


Рисунок 2 Конструкция полюса выключателя ВАБ-206

- 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 _____
- 26 _____
- 27 _____
- 28 _____

Состав электромагнита привода:

Состав контактного блока:

4 Указать основные элементы реле тока выключателя ВАБ-206

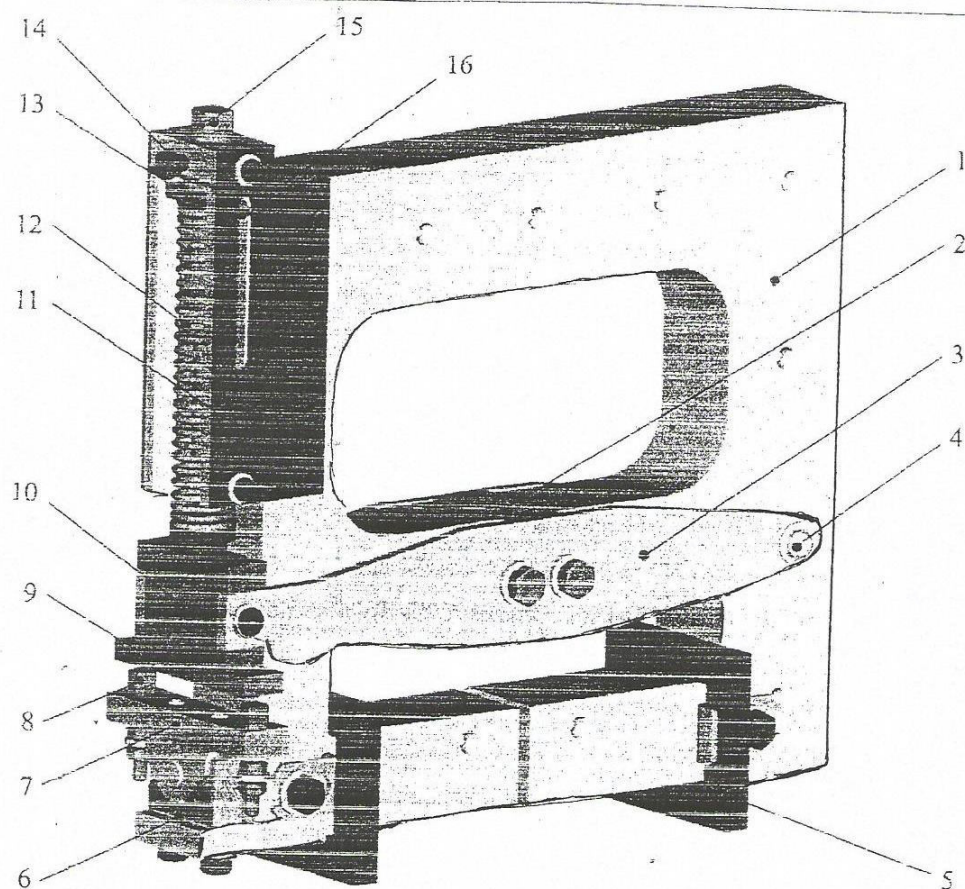


Рисунок 3 Конструкция реле тока ВАБ-206

1	_____
2	_____
3	_____
4	_____
5	_____
6	_____
7	_____
8	_____

9	_____
10	_____
11	_____
12	_____
13	_____
14	_____
15	_____
16	_____

Контрольные вопросы.

Сколько выключателей ВАБ-206 необходимо установить на фидере контактной сети постоянного тока?

Назначение реле тока в выключателе ВАБ-206.

Назовите положения контактов выключателя ВАБ-206.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-28

Цель работы: изучить основные элементы схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-28, принцип работы при оперативном включении и отключении.

Оборудование и приборы:
Станция управления ВАБ-28.

Порядок выполнения работы

1. Начертить схему управления ВАБ-28

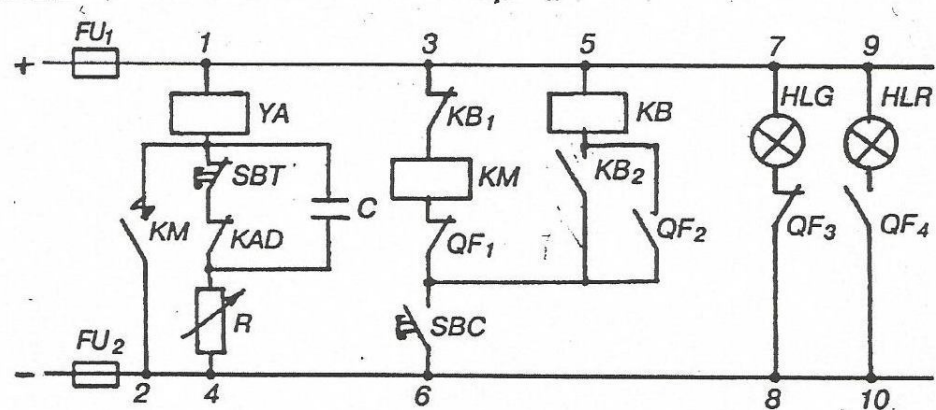


Рисунок 1 Схема управления быстродействующим выключателем ВАБ-28

2. Указать название цепей:

1 – 2

5 - 6

1 – 4

7 - 9

3 – 6

9 – 10

3. Указать название элементов:

YA –

KAD -

KB –

QF1, QF2, QF3, QF4 -

KM –

HLG -

SBC –

HLR -

SBT –

R –

FU1, FU2 –

4. Пояснить принцип работы при оперативном включении.

5. Пояснить принцип работы при оперативном отключении.

Контрольные вопросы.

Какое напряжение по роду и по величине в цепи управления ВАБ-28?

Назначение реле KB.

Назначение резистора R.

При нажатии кнопки SBC выключатель не включается. Какова может быть причина?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-43

Цель работы: изучить основные элементы схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-43, принцип работы при оперативном включении и отключении.

Оборудование и приборы:

Станция управления ВАБ-43.

Порядок выполнения работы

1. Начертить схему управления ВАБ-43

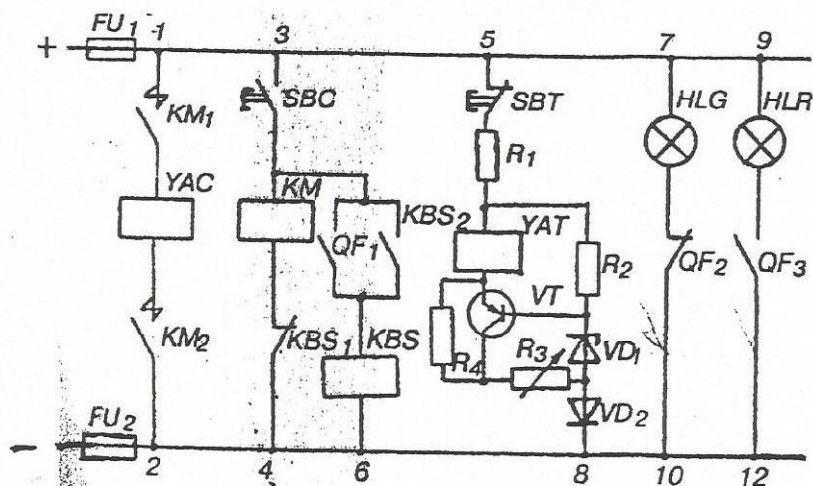


Рисунок 1 Схема управления быстродействующим выключателем ВАБ-43

2. Указать название цепей:

1 – 2

5 – 6

1 – 4

7 – 8

3 – 6

9 – 10

3. Указать название элементов:

YAC –

R1, R2, R3, R4 –

YAT –

VD2 –

KM –

VD1 –

KBS –

QF1, QF2, QF3 –

SBT –

HLG –

SBC –

HLR –

FU1, FU2 –

VT –

4. Пояснить принцип работы схемы при оперативном включении.

5. Пояснить принцип работы схемы при оперативном отключении.

Контрольные вопросы.

Какое напряжение по роду и по величине в цепи управления ВАБ-43?

Назначение резисторов в цепи управления ВАБ-43.

Назначение транзистора в цепи управления ВАБ-43.

Назначение стабилитрона VD1 в цепи управления ВАБ-43.

В цепи управления ВАБ-28 горит зеленая лампа. В каком положении находятся контакты выключателя?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема: Исследование схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-49

Цель работы: изучить основные элементы схемы управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-49, принцип работы при оперативном включении и отключении.

Оборудование и приборы:

Станция управления ВАБ-49.

Порядок выполнения работы

1. Начертить схему управления ВАБ-49

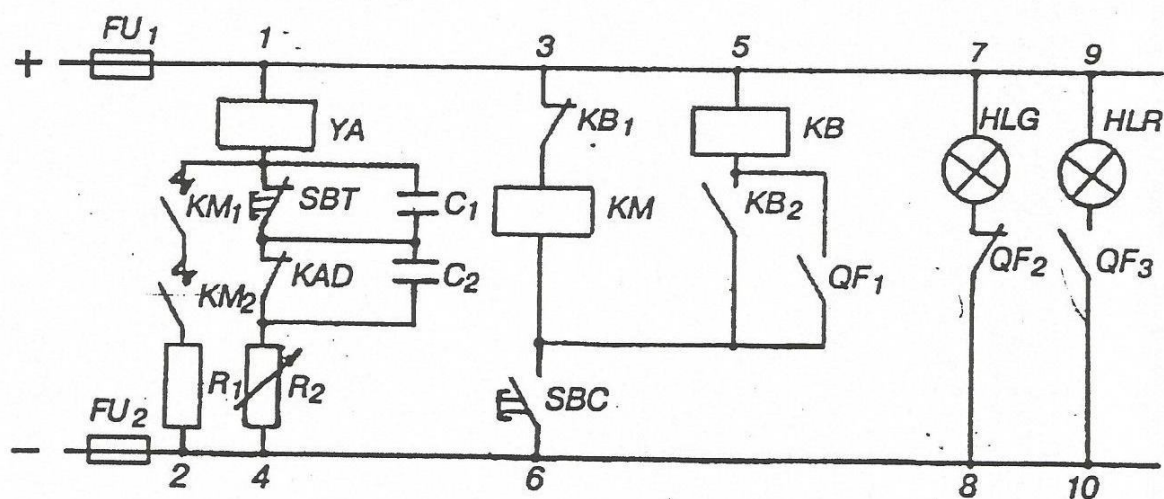


Рисунок 1 Схема управления быстродействующим выключателем ВАБ-49

2. Указать название цепей:

1 – 2

5 - 6

1 – 4

7 - 9

3 – 6

9 – 10

3. Указать название элементов:

YA –

KAD -

KB –

QF1, QF2, QF3 -

KM –

HLG -

SBC –

HLR -

SBT –

R1, R2 –

FU1, FU2 –

C1, C2 -

4. Пояснить принцип работы при оперативном включении.

5. Пояснить принцип работы при оперативном отключении.

Контрольные вопросы.

Какое напряжение по роду и по величине в цепи управления ВАБ-49?

Назначение контактора KM.

Назначение резистора R1, R2.

Назначение конденсаторов C1, C2.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема: Изучение конструкции выпрямителя

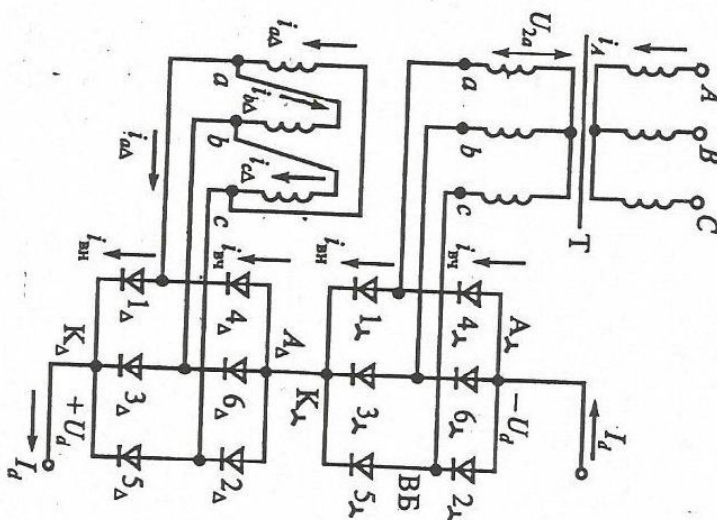
Цель работы: изучить основные элементы выпрямителя с двенадцатипульсовой схемой выпрямления, научиться определять работающие диоды в каждый момент времени.

Оборудование и приборы:

Выпрямитель с двенадцатипульсовой схемой выпрямления ВТПЕД-3150-825.

Порядок выполнения работы

1. Начертить схему преобразовательного агрегата.



2. Пояснить принцип работы выпрямителя. Указать работающие диоды в момент времени ωt (задается преподавателем).
3. Начертить временные диаграммы напряжений, указать номинальное выпрямленное пульсирующее напряжение.

Контрольные вопросы.

1. Назначение выпрямителей.
2. Какие схемы выпрямления применяются в настоящее время на ж.д. транспорте?
3. Что входит в состав преобразовательного агрегата тяговой подстанции постоянного тока?

Содержание отчета

1. Схема преобразовательного агрегата
2. Пояснение принципа работы выпрямителя
3. Временные диаграммы диаграммы
4. Ответы на вопросы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Тема: Расчет выпрямителя

Цель работы: научиться рассчитывать число параллельных ветвей в выпрямителе и число последовательно соединенных диодов в каждой ветви.

Исходные данные

Вариант _____

тип выпрямителя;

тип диодов.

Порядок выполнения работы

1. Расчет выпрямителя.

1.1. Определение параллельно соединенных ветвей выпрямителя

$$a = \frac{\kappa_n \cdot I_{d \max}}{I_{\text{пред}} \cdot m_{\phi}},$$

где $I_{d \max}$ - наибольший ток выпрямителя, А.

$I_{\text{пред}}$ - предельный прямой ток диода, А

κ_n - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения тока между параллельно соединенными диодами, $\kappa_n = 1,2$;

m_{ϕ} - число фаз выпрямителя,

$m_{\phi} = 3$ – для мостовой схемы выпрямителя;

$m_{\phi} = 6$ – для схемы выпрямления «звезда - две обратные звезды с уравнительным реактором».

Таблица 1 Значение номинальных токов выпрямителей

Тип выпрямителя	$I_{d \max}$, А
УВКЭ – 1	3000
ПВЭ – 3	3000
ПВЭ – 5АУ	3000
ТПЕД - 3150	3150

1.2. Определение количества последовательно соединенных диодов в зависимости от наибольшего повторяющегося напряжения

$$S_1 = \frac{\kappa_{\text{нр}} \cdot U_{\text{повт. max}}}{U_{\text{RRm}}} + S',$$

где $U_{\text{повт. max}}$ - наибольшее повторяющееся напряжение, определяется классом диода, В;

U_{RRm} - обратное повторяющееся напряжение, В.

$$U_{\text{повт.мах}} = 2,45 U_{2\phi}$$

где $U_{2\phi}$ - фазное напряжение, $U_{2\phi} = 1,52 \text{ кВ} = 1520 \text{ В}$;

$k_{н.р}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения напряжения по диодах, $k_{н.р} = 1,1 \div 1,15$;

S' - число запасных вентилях, $S' = 2$.

1.3 Определение количества последовательно соединенных диодов по коммутационному перенапряжению

$$S_2 = \frac{U_{п.к.}}{k_g} + S' \quad (4)$$

где $U_{п.к}$ - величина перенапряжения в сотнях вольт, приходящаяся на группу-фазу, для мостовой схемы выпрямления $U_{п.к} = 70 \div 75$ сотен вольт;
 k_d - класс диода, В.

Окончательно количество диодов, соединенных последовательно в каждой ветви, принимается по наибольшему расчетному значению п.п. 1.2 и 1.3.

2. На листе миллиметровой бумаги формата А4 представить группу-фазу выпрямителя с учетом выше проверенного расчета.

Контрольные вопросы.

Что представляет собой повторяющееся напряжение на диоде?

Что определяет наибольшее значение повторяющегося напряжения $U_{\text{повт.мах}}$?

Назначение резисторов $R_{ш}$ и R_c в группе-фазе

Назначение лампы в группе-фазе.

Содержание отчета

Расчет выпрямителя

Схема группы-фазы выпрямителя

Ответы на вопросы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема: Изучение конструкции РУ-3,3 кВ

Цель работы: закрепление знаний, практическое изучение РУ-3,3 кВ тяговой подстанции постоянного тока.

Оборудование и приборы:

Распределительное устройство 3.3 кВ учебной тяговой подстанции в лаборатории.

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию РУ – 3,3 кВ, основное оборудование: его типы, назначение.
2. Записать характеристику оборудования в таблицу 1.

Таблица 1 Характеристика оборудования РУ – 3,3 кВ

№	Наименование оборудования	Тип	Условное обозначение		Назначение
			Графическое	Буквенное	

3. Начертить однолинейную схему РУ – 3,3 кВ тяговой подстанции постоянного тока на листе миллиметровой бумаги формата А3. На схеме указать типы оборудования, пронумеровать его.
4. Произвести оперативные переключения (без перерыва в электроснабжении) для выполнения работ:
вариант 1 – на фидерном быстродействующем выключателе
вариант 2 – на катодном быстродействующем выключателе
вариант 3 – на выпрямителе
вариант 4 – на тяговом трансформаторе
вариант 5 – на шинном разъединителе РУ – 3,3 кВ.

Контрольные вопросы.

Назначение фидера контактной сети постоянного тока. Его основные элементы.
Фильтрующее устройство, его назначение. ТБ при выводе в ремонт.
Назначение короткозамыкателя в обратном фидере
Назначение ИКЗ на фидерах контактной сети
Особенность подключения амперметра и вольтметра в РУ – 3,3 кВ.
Содержание отчета
Таблица с характеристиками оборудования
Схема РУ – 3,3 кВ
Ответы на вопросы

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Тема: Расчет мощности тяговой подстанции постоянного тока

Цель работы: научиться определять мощность тяговой подстанции постоянного тока, выбирать тип и количество преобразовательных агрегатов; научиться производить расчет токов короткого замыкания на шинах РУ-3,3 кВ.

Оборудование и приборы: (если используются)

Краткие теоретические сведения (при необходимости)

Исходные данные

- действующее значение выпрямленного тока — $I_{д.тп}$, А;
- тип выпрямителя;
- суммарная максимальная активная мощность районных потребителей — $\sum P_{max}$, кВт;
- суммарная максимальная реактивная мощность районных потребителей — $\sum Q_{max}$, квар;
- мощность короткого замыкания на шинах питающих преобразовательный агрегат — S_k , МВА.

Порядок выполнения работы

1. Определить мощность тяговой подстанции :

$$S_{тп} = (S_t + S_{рп} + S_{сн}) \cdot k_p, \quad (1)$$

- где S_t – мощность на тягу поездов, кВА;
 $S_{рп}$ – мощность районных потребителей, кВА;
 $S_{сн}$ – мощность собственных нужд подстанции, кВА;
 k_p – коэффициент разновременности наступления максимумов нагрузки, $k_p = 0,95 \div 0,98$.

2. Определение мощности на тягу поездов / преобразовательных агрегатов/:

$$\begin{aligned} S_T &= 1,026 \cdot U_{дн} \cdot I_{д.тп} && \text{для выпрямителя с двенадцатипульсовой схемой} \\ &&& \text{выпрямления;} \\ S_T &= 1,05 \cdot U_{дн} \cdot I_{д.тп} && \text{для выпрямителя с шестипульсовой} \\ &&& \text{схемой выпрямления} \end{aligned} \quad (2)$$

где $U_{дн}$ – номинальное выпрямленное напряжение, кВ;
 $I_{д.тп}$ – действующее значение выпрямленного тока, А.

3. Определить количество рабочих преобразовательных агрегатов:

$$N = \frac{I_{д.тп}}{I_{дн}} \quad (3)$$

где $I_{дн}$ – номинальный выпрямленный ток выпрямителя, А.

Если дробная часть составляет 10% и более от целой, то значение $N_{расч}$ необходимо округлить до целого числа в большую сторону.

Если дробная часть составляет до 10% от целой, то значение $N_{расч}$ необходимо округлить до целого числа в меньшую сторону.

4. Определить мощность и выбрать тяговый трансформатор

$$S_{н.тт} \geq \frac{S_T}{N} \quad (4)$$

где N – число работающих выпрямителей.

Выбор тягового трансформатора выбрать по таблице 8.1, стр.401 [1].

Записать его электрические характеристики

5. Определить мощность районных потребителей

$$S_{рп} = K_{р.м} \cdot \left(1 + \frac{P_{пост} + P_{пер}}{100} \right) \cdot \sqrt{(\sum P_{max})^2 + (\sum Q_{max})^2} \quad (5)$$

где $P_{пост}$ – постоянные потери в стали трансформаторов. 1 – 2 %;

$P_{пер}$ – переменные потери в меди трансформаторов. 6 -10 %.

6. Определить мощность собственных нужд подстанции

Мощность собственных нужд подстанции составляет 0,8 – 1,2 % от мощности на тягу поездов

$$S_{сн} = (0,08 \div 0,12) S_T$$

7. Определить ток короткого замыкания на шинах РУ-3,3 кВ тяговой подстанции постоянного тока

$$I_k = \frac{1,1 I_{дн} \cdot N}{\frac{\sum S_{ПА}}{S_k} + \frac{U_k}{100}} \quad (6)$$

где $I_{дн}$ – номинальный выпрямленный ток одного выпрямителя, А ;

N – число выпрямителей ;

$S_{ПА}$ – номинальная мощность всех трансформаторов тяговых, МВА ;

S_k – мощность КЗ на шинах, от которых питаются тяговые трансформаторы, МВА

U_k – напряжение КЗ тягового трансформатора, %.

8. Начертить схему подключения преобразовательного агрегата к шинам переменного и постоянного тока.

Пояснить порядок оперативных переключений при вводе преобразовательного агрегата в работу (выводе из работы).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема: Изучение конструкции разрядников постоянного тока

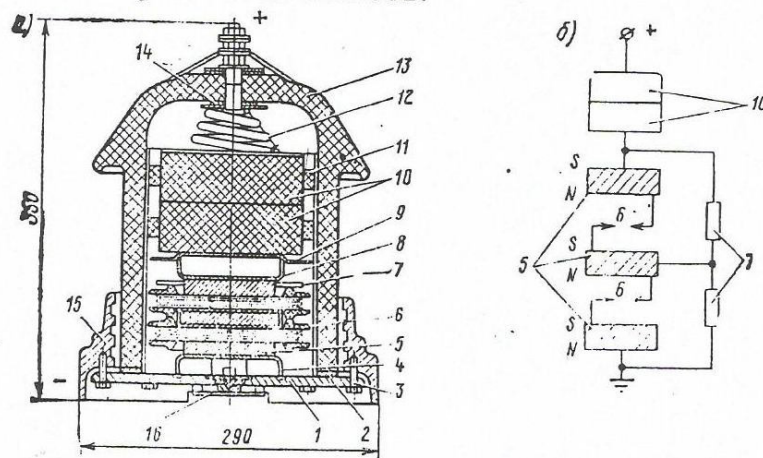
Цель работы: изучить основные элементы разрядников постоянного тока, предназначенных для защиты изоляции от атмосферных и коммутационных перенапряжений.

Оборудование и приборы:

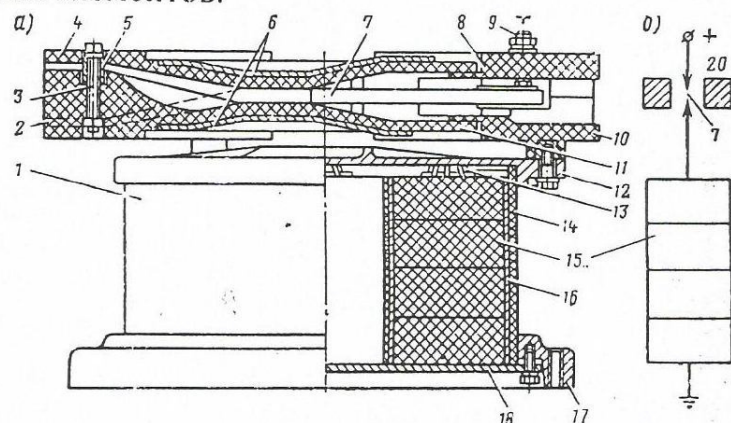
Разрядники РМВУ-3,3 кВ, РВПК-3,3 кВ

Порядок выполнения работы

1. Выполнить эскиз разрядника РМВУ-3,3 кВ. Указать его назначение и название основных элементов.



2. Пояснить принцип работы разрядника РМВУ-3,3 кВ.
3. Выполнить эскиз разрядника РВПК-3,3 кВ. Указать его назначение и название основных элементов.



4. Пояснить принцип работы разрядника РВПК-3,3 кВ.

Контрольные вопросы.

С какой целью искровые промежутки разрядника расположены между постоянными магнитами?

Из какого материала выполнены диски нелинейных сопротивлений?

Место установки разрядников РМВУ-3,3 кВ и РВПК-3,3 кВ.

Содержание отчета

Эскиз разрядника РМВУ-3,3 кВ с указанием его основных элементов.
Эскиз разрядника РВПК-3,3 кВ с указанием его основных элементов.
Описание принципа работы разрядников.
Ответы на контрольные вопросы

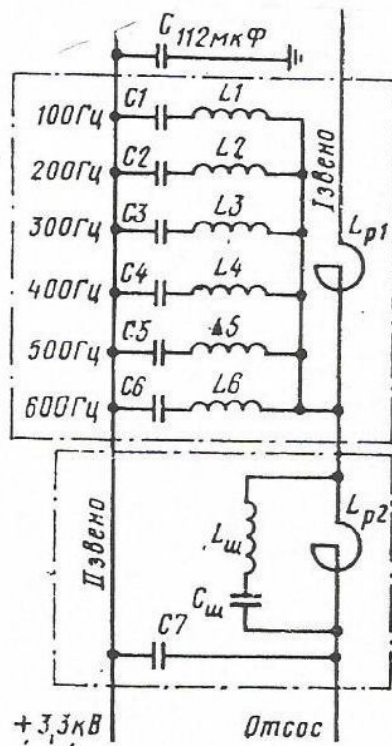
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 15

Тема: Расчет сглаживающего устройства

Цель работы: научиться рассчитывать индуктивности катушек колебательных контуров сглаживающего устройства тяговой подстанции постоянного тока при заданных емкостях конденсаторов.

Исходные данные

схема сглаживающего устройства



Порядок выполнения работы

1. Начертить схему сглаживающего устройства с учетом того, что на подстанции применяется двенадцатипульсовая схема выпрямления.
2. Выполнить расчет индуктивностей.

Таблица 1 Параметры сглаживающего устройства

Задерживаемая частота, Гц	Емкость контура, мкФ	Индуктивность контура, мГн
Первое звено		
100	144	
200	96	
400	60	
500	48	
Второе звено		
600	36	

$$L = \frac{1}{(2\pi fC)^2 C},$$

где f – задерживаемая частота, Гц;

C – емкость конденсатора колебательного контура, мкФ.

Контрольные вопросы.

Какое влияние и на что оказывают высшие гармонические составляющие частотой 100, 200, 400, 500, 600 Гц?

На каком явлении основана работа колебательных контуров фильтрующего устройства?

Через какой коммутационный аппарат, в каком распределительном устройстве тяговой подстанции постоянного тока подключают фильтрующее устройство?

Содержание отчета

Схема сглаживающего устройства.

Расчет сглаживающего устройства.

Ответы на контрольные вопросы.

Вывод.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 16

Тема: Изучение конструкции РУ-27,5 кВ

Цель работы: изучить конструкцию распределительного устройства 27,5 кВ тяговой подстанции переменного тока, его основное оборудование.

Оборудование и приборы:

Ячейка с вакуумным выключателем ЗАН-27,5 кВ.

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструктивное выполнение распределительного устройства напряжением 27,5 кВ, его основное оборудование.
2. Вычертить схему РУ-27,5 кВ, на которой указать:
 - шины РУ-27,5 кВ, секционированные на две секции разъединителями;
 - подключение двух фидеров контактной сети к разным секциям и разным фазам;
 - подключение запасного выключателя и обходной шины;
 - подключение фидера ДПР к одной из секций шин;
 - подключение ТСН к одной из секций шин;
 - оборудование пронумеровать (условное буквенное обозначение).
3. Записать характеристику оборудования в таблицу 1.

Таблица 1 Характеристика оборудования РУ-27,5 кВ

Наименование оборудования	Условное буквенное обозначение оборудования	Марки оборудования
Выключатели переменного тока на вводе в ТСН и фидере ДПР		
Выключатели переменного тока на фидерах контактной сети		
Трансформаторы тока		
Разъединители		
Трансформаторы собственных нужд		

3. Указать алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт:
 - выключателя на фидере ДПР;
 - трансформатора собственных нужд;
 - выключателя на фидере контактной сети без перерыва в электроснабжении участка контактной сети.

Контрольные вопросы.

Назначение питающего фидера контактной сети переменного тока.

Основное оборудование питающего фидера контактной сети переменного тока.

Назначение фидера ДПП.

Определите коэффициент трансформации ТСН.

Назначение трансформаторов тока на фидерах контактной сети переменного тока.

Содержание отчета

Схема РУ-27,5 кВ

Таблица с характеристиками оборудования РУ-27,5 кВ

Алгоритмы оперативных переключений

Ответы на вопросы (письменно).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 17

Тема: Изучение конструкции масляного выключателя переменного тока фидера контактной сети 27,5 кВ

Цель работы: изучить конструкцию масляного выключателя ВМК-27,5.

Краткие теоретические сведения

Масляные выключатели предназначены для оперативного включения и отключения электрических цепей переменного тока под нагрузкой, а также для их автоматического отключения в аварийном режиме.

Масляные выключатели бывают малообъемные и многообъемные. В малообъемных выключателях масло является дугогасящей средой. В многообъемных выключателях масло и дугогасящая, и изолирующая среда.

Принцип гашения электрической дуги: при расхождении контактов выключателя образуется дуга, обладающая высокой температурой. Под действием температуры масло разлагается на газы: водород (70%), этилен (20%), метан (10%). Газ образует газовый пузырь, окружающий дугу. Наличие водородной среды, высокое давление в газовом пузыре, охлаждение газового пузыря маслом, дробление и вытягивание электрической дуги в дугогасительных камерах способствуют эффективной деионизации (гашению) дуги.

Порядок выполнения работы

1. Указать назначение масляных выключателей

Расшифровать маркировку выключателя: ВМК-27,5Э-1000-15 УХЛ1.

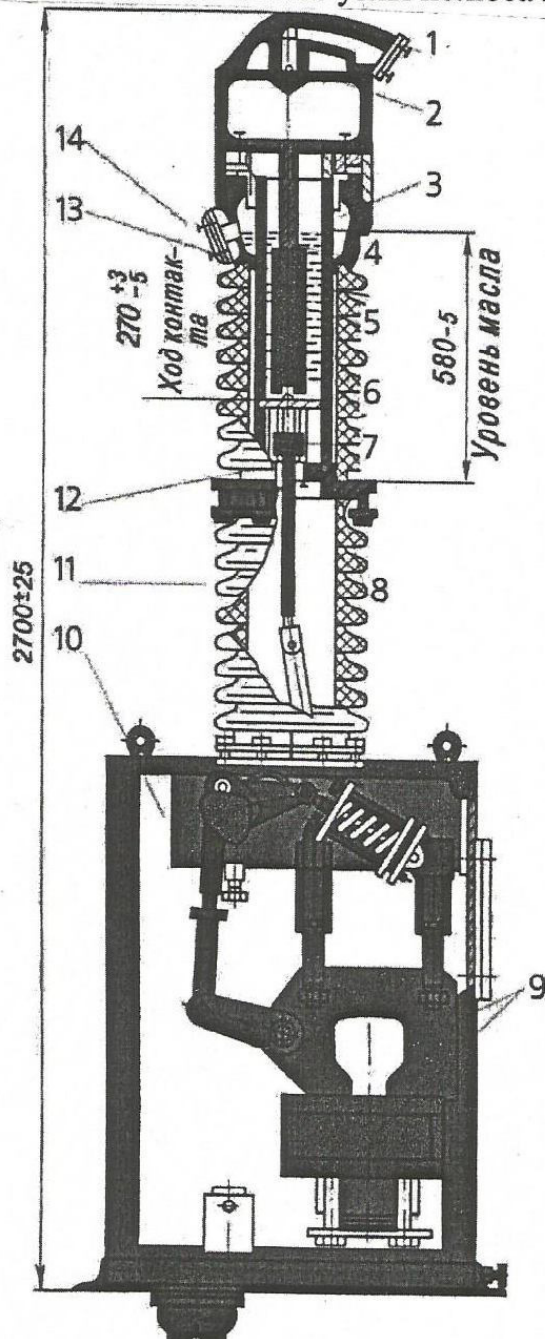
3. Записать номинальные параметры выключателя в таблицу 1.

Таблица 1 Параметры выключателя ВМК-27,5

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Номинальная мощность отключения, МВА	
5	Собственное время отключения, с	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя с приводом без масла, кг	
9	Масса масла, кг	

4. Указать условия эксплуатации выключателя ВМК-27,5:
- верхнее значение температуры окружающего воздуха _____
 - нижнее значение температуры окружающего воздуха _____
 - верхнее значение относительной влажности воздуха _____
 - наибольшая высота над уровнем моря _____
 - срок службы _____

5. Указать основные узлы полюса выключателя.



- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____
- 11 _____
- 12 _____

Рисунок 1 Общий вид выключателя ВМК-27,5

Контрольные вопросы.

Роль масла в выключателе ВМК-27,5.

Сколько полюсов имеет выключатель ВМК-27,5?

Укажите недостатки масляных выключателей.

Что служит основанием выключателя?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 18

Тема: Изучение конструкции вакуумного выключателя переменного тока фидера контактной сети 27,5 кВ

Цель работы: изучить конструкцию вакуумного выключателя ЗАН-27,5.

Оборудование и приборы:

Вакуумный выключатель ЗАН-27,5 в лаборатории.

Порядок выполнения работы

Порядок выполнения

1. Указать назначение вакуумных выключателей _____

2. Расшифровать маркировку выключателя: ЗАН 47-27,5-1250-25 У2.
3. Записать номинальные параметры выключателя в таблицу 1.

Таблица 1 Параметры выключателя ЗАН-27,5

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Номинальная мощность отключения, МВА	
5	Собственное время отключения, с	
7	Напряжение в цепях управления, В	
9	Масса масла, кг	

4. Указать условия эксплуатации выключателя ЗАН-27,5:

- верхнее значение температуры окружающего воздуха _____
- нижнее значение температуры окружающего воздуха _____
- верхнее значение относительной влажности воздуха _____
- наибольшая высота над уровнем моря _____
- замена вакуумных камер _____

5. Указать основные узлы полюса выключателя

- | | |
|---------|----------|
| 1 _____ | 8 _____ |
| 2 _____ | 9 _____ |
| 3 _____ | 10 _____ |
| 4 _____ | 11 _____ |
| 5 _____ | 13 _____ |
| 6 _____ | |
| 7 _____ | |

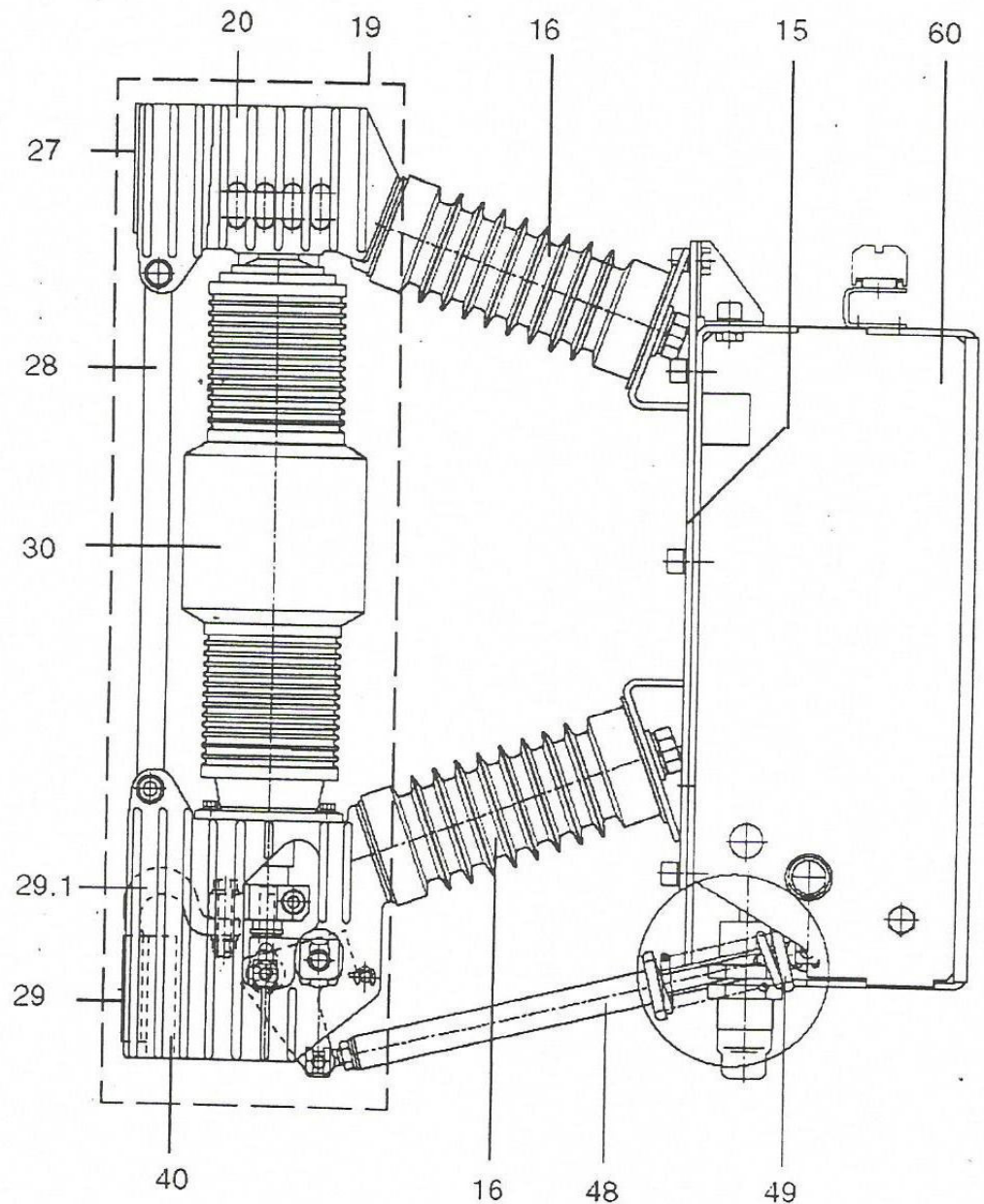


Рисунок 1 Общий вид полюса выключателя ЗАН-27.5

Контрольные вопросы.

Сколько по времени горит дуга в дугогасительной камере вакуумного выключателя?

Сколько полюсов имеет выключатель ЗАН-27,5?

Укажите недостатки вакуумных выключателей.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 19

Тема: Расчет мощности тяговой подстанции переменного тока и выбор силовых трансформаторов

Цель работы: научиться определять мощность тяговой подстанции переменного тока, выбирать силовые трансформаторы.

Исходные данные

- I_a, I_b — эффективные токи по фазам, питающим контактную сеть, А ;
 $U_{1н}$ — номинальное напряжение питающей сети, кВ ;
 U_T — номинальное напряжение на шинах РУ тягового электроснабжения,
 $U_T = 27,5 \text{ кВ}$;
 $U_{2н}$ — номинальное напряжение на шинах РУ питающих районные потребители, кВ;
 $S_{дпр}$ — мощность тяговых потребителей, кВА;
 $S_{рп}$ — мощность районных потребителей, кВА.

Порядок выполнения работы

1. Определить мощность на шинах РУ- 27,5 кВ

$$S_{27.5} = S_{\text{тяг}} + S_{\text{сн}} + S_{\text{дпр}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{тяг}}$ — мощность на тягу поездов, кВА;

$S_{\text{сн}}$ — мощность собственных нужд подстанции, кВА.

$$S_{\text{тяг}} = U_{\text{ш}} \cdot (2 I'_d + 0,65 I''_d) \cdot k_{\text{нр}} \cdot k_{\text{ку}} \cdot k_{\text{м}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{ш}}$ — напряжение на шинах РУ- 27,5 кВ.

$$U_{\text{ш}} = U_T = 27,5 \text{ кВ};$$

I'_d — действующее значение наиболее загруженного плеча (фазы) питания тяги, А;

I''_d — действующее значение наименее загруженного плеча (фазы) питания тяги, А;

$k_{\text{нр}}$ — коэффициент неравномерности нагрузки фаз трансформатора,
 $k_{\text{нр}} = 0,9$;

$k_{\text{ку}}$ — коэффициент компенсирующего устройства,
 $k_{\text{ку}} = 0,93$;

k_m — коэффициент влияния на износ изоляции обмоток трансформатора неравномерности движения поездов в течение суток,

$k_m = 1,45$ — для двухпутных участков

$k_m = 1,25$ — для однопутных участков.

$S_{сн}$ — мощность на собственные нужды подстанции составляет $0,5 \div 0,8 \%$ от мощности на тягу поездов.

$$S_{сн} = (0,05 \div 0,08) \cdot S_{тяг}$$

2. Определение мощности тягового трансформатора

$$S_{п/ст} = (S_{тяг} + S_{сп}) \cdot k_p, \quad (3)$$

где k_p — коэффициент разновременности наступления максимумов нагрузок,
 $k_p = 0,95 \div 0,98$.

3. Выбор тягового трансформатора

Условие выбора:

$$S_{н.тр} \geq \frac{S_{п/ст}}{k_{ав}(n-1)}, \quad (4)$$

где $S_{н.тр}$ — номинальная мощность тягового трансформатора, кВА (определяется по таблице 8.2, стр. 435 [1];

$k_{ав}$ — коэффициент перегрузки трансформатора в аварийном режиме,
 $k_{ав} = 1,4$;

n — число трансформаторов,
 $n = 2$.

4. Начертить схему подключения тягового трансформатора к питающей сети, шинам РУ — 27,5 кВ и шинам, питающим районные потребители.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Тема: Сборка схемы управления быстродействующего выключателя постоянного тока

Цель работы: научиться собирать схему управления быстродействующим выключателем постоянного тока.

Оборудование и приборы:

Станция управления быстродействующим выключателем постоянного тока ВАБ-49.

Порядок выполнения работы

1. Изучить упрощенную схему управления ВАБ-49

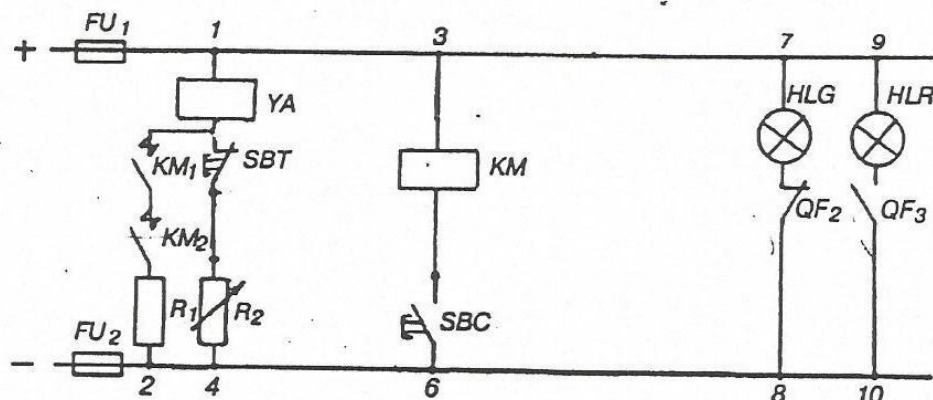


Рисунок 1 Схема управления ВАБ-49

2. Собрать цепь 3-6: от плюс шины источника питания к катушке контактора подвести проводник, от катушки контактора КМ-к кнопке включения SBC, от кнопки включения SBC-к минус шине источника питания.
3. Собрать цепь 1-4: от плюс шины источника питания подвести проводник к держащей катушке YA, от держащей катушки YA – к кнопке отключения SBT, от кнопки отключения SBT – к резистору R2, от резистора R2 – к минус шине источника питания.
4. Собрать цепь 1-2: от плюс шины источника питания подвести проводник к контактам контактора KM1, от KM1 – к KM2, от контактов KM2 - к резистору R1, от резистора R1 – к минус шине источника питания.

5. Собрать цепь 7-8: от плюс шины источника питания подвести проводник к зеленой лампе HLG, от лампы HLG - к блок-контакту коммутатора ВАБ-49 QF2, от блок-контакта QF2 – к минус шине источника питания.
6. Собрать цепь 9-10: от плюс шины источника питания подвести проводник к красной лампе HLR, от лампы HLR - к блок-контакту коммутатора ВАБ-49 QF3, от блок-контакта QF3 – к минус шине источника питания.
7. Дать проверить собранную схему преподавателю.
8. Подать напряжение на шины. Убедиться в том, что горит зеленая лампа.
9. Произвести оперативное включение выключателя: нажать на кнопку включения SBC. Выключатель должен включиться. Убедиться в том, что зеленая лампа HLG погасла, загорелась красная лампа HLR.
10. Произвести оперативное отключение: нажать на кнопку отключения SBT. Выключатель должен отключиться. Убедиться в том, что красная лампа HLR погасла, зеленая лампа HLG загорелась.
11. Доложить преподавателю о проделанных оперативных переключениях.
12. Сделать выводы по результатам проделанной работы.
13. Разобрать схему. Привести в порядок рабочее место.

Контрольные вопросы.

- Что является источником питания шин?
- Какое напряжение по величине на шинах?
- Назначение контактора в схеме управления.
- Назначение резистора R2 в схеме управления.
- Как проверить исправность предохранителей?

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций [Текст]: Учебное пособие. М.: ФБГОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2016. – 401 с.
2. Почаевец В.С. Электрические подстанции: учебник. – М.: ФБГОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2012. – 491 с.

Дополнительные источники:

1. Правила устройства электроустановок. – М.: КНОРУС, 2011. – 488 с.
2. Инструкция от 18.03.2008 г. № 4054. «Инструкция по безопасности при эксплуатации электроустановок тяговых подстанций и районов электроснабжения железных дорог» (4054). М.: ОАО «РЖД», 2008.
3. Правила содержания тяговых подстанций, трансформаторных подстанций и линейных устройств системы тягового электроснабжения [Электронный ресурс]: Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» № 1578р от 5.08.2016.
4. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утв. Пр.№328н от 24.07.2013г. – Новосибирск: Норматика, 2014. – 96 с.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. СПб.: ООО «БАРС», 2003.