

БПОУ ВО «Грязовецкий политехнический техникум»

**ПРАКТИЧЕСКИЕ (ЛАБОРАТОРНЫЕ)
РАБОТЫ**
по профессиональному модулю:
**ПМ. 02 «ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

Специальность: 35.02.08

Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

г. Грязовец


2018 г.

Рассмотрено

цикловой комиссией по общепрофессиональным дисциплинам и профессиональным модулям отделения «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Согласовано

зам. директора по ОМР

 Е. А. Ткаченко
« 30 » августа 2018 г.

Протокол №__1__ от « 30 » августа 2018 г.

Председатель комиссии:

 Т. В. Невзорова

Пояснительная записка

Пакет инструкционных карт для выполнения практических работ разработан на основании программы профессионального модуля «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» по специальности 35.02.08. «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

При изучении профессионального модуля «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» следует постоянно обращать внимание на необходимость выполнения практических работ, т.к. практические навыки могут быть использованы в будущей практической деятельности.

Студентам необходимо знать обозначения и единицы измерений основных элементов схем, расчетных формул. Также будущие специалисты должны знать формулы для расчета сетей и систем электроснабжения. Поэтому при составлении инструкционных карт представлены такие задания, в которых студентам необходимо самостоятельно написать формулы для расчета.

В результате реализации программы профессионального модуля студент усваивает следующие профессиональные компетенции:

ПК 2.1 Выполнять мероприятия по бесперебойному электроснабжению сельскохозяйственных предприятий.

ПК 2.2 Выполнять монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций.

ПК 2.3 Обеспечивать электробезопасность.

В результате изучения профессионального модуля студент должен:

иметь практический опыт:

- Участвия в монтаже воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций;
- технического обслуживания систем электроснабжения сельскохозяйственных организаций;

уметь:

- рассчитывать нагрузки и потери энергии в электрических сетях;
- рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети, токи короткого замыкания, заземляющие устройства;
- безопасно выполнять монтажные работы, в том числе на высоте;

знать:

- сведения о производстве, передаче и распределении электрической энергии;
- технические характеристики проводов, кабелей и методику их выбора для внутренних проводок и кабельных линий;
- методику выбора схем типовых районных и потребительских трансформаторных подстанций, схем защиты высоковольтных и низковольтных линий;
- правила утилизации и ликвидации отходов электрического хозяйства.

Практические занятия проводятся в группе. Студенты работают индивидуально по инструкционной карте, по отдельному варианту. Практические работы рассчитаны на 2 или 4 часа, что отражено в тематическом плане.

**Перечень практических работ по профессиональному модулю
«Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных организаций» в
соответствии с паспортом ФОС:**

п/п	Название практической работы	Профессиональные и общие компетенции
1	Составление таблиц отклонений и определение допустимых потерь в распределительных линиях напряжением 0,38 кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
2	Составление таблиц отклонений и определение допустимых потерь в воздушных линиях напряжением 10кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
3	Составление таблиц отклонений и определение допустимых потерь в электрических системах.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
4	Составление схемы внутренней электропроводки бытового помещения.	ПК 2.1 – ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
5	Составление схемы внутренней электропроводки производственного помещения.	ПК 2.1 – ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
6	Расчет внутренних электропроводок по условию допустимого нагрева.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
7	Выбор защиты линий предохранителями и автоматическими выключателями.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
8	Расчёт внутренних электропроводок по условию допустимого нагрева с учётом защиты предохранителями.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
9	Расчёт внутренних электропроводок по условию допустимого нагрева с учётом защиты автоматическими выключателями.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
10	Монтаж внутренних электропроводок на стендах.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
11	Определение нагрузок в сетях 0,38кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
12	Определение нагрузок в сетях 10кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
13	Расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6..
14	Расчёт потерь электрической энергии в линиях.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
15	Расчёт потерь электрической энергии в линиях и трансформаторе.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
16	Построение суточного графика. Определение на	ПК 2.1, ПК 2.3,

	вводе мощности и максимального тока.	ОК 1. – ОК 6.
17	Выбор проводов воздушных линий по экономической плотности тока.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
18	Выбор проводов воздушных линий методом экономических интервалов в сетях 0,38кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
19	Выбор изолированных проводов воздушных линий 0,38 кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
20	Расчёт замкнутых сетей с двусторонним питанием.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
21	Расчёт замкнутых сетей с двусторонним питанием в аварийном режиме.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
22	Построение графика замкнутых сетей в нормальном и аварийном режимах.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
23	Расчёт токов короткого замыкания в цепи напряжением 10-35кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
24	Расчёт токов короткого замыкания методом именованных единиц.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
25	Расчёт токов короткого замыкания методом практических единиц.	ПК 2.1., ОК 3. – ОК 5.
26	Изучение выключателей до 1000 В.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
27	Изучение выключателей выше 1000В.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
28	Изучение измерительных трансформаторов тока.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
29	Изучение измерительных трансформаторов напряжения.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
30	Подключение счетчиков учёта электрической энергии.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
31	Выбор автоматических выключателей. Проверка чувствительности срабатывания защиты.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
32	Выбор предохранителей. Проверка чувствительности срабатывания защиты.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
33	Выбор разъединителей. Выбор измерительных трансформаторов.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
34	Комплектование распределительных шкафов.	ПК 2.1., ОК 3. – ОК 5.
35	Изучение комплектного распределительного устройства 0,4кВ.	ПК 2.1 – ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
36	Изучение комплектного распределительного устройства 10кВ.	ПК 2.1 – ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
37	Изучение комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4кВ.	ПК 2.1 – ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
38	Изучение схем и комплектация ТП напряжением 35...110/10кВ.	ПК 2.1 – ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
39	Изучение схем и комплектация ТП	ПК 2.1 – ПК 2.3,

	напряжением 35...10/0,4кВ.	ОК 1. – ОК 6.
40	Расчёт и выбор защиты силовых трансформаторов.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
41	Изучение защиты электрической сети 0,38кВ.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
42	Изучение электромагнитных реле.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
43	Изучение индукционных реле.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
44	Изучение управления, защиты, сигнализации на постоянном оперативном токе.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
45	Изучение схем автоматического включения резерва.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
46	Расчёт максимальной токовой защиты отходящей линии.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
47	Расчёт и выбор оборудования для защиты от набегающих волн.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
48	Расчёт и выбор молниезащитных устройств.	ПК 2.1., ОК 3. – ОК 5.
49	Расчёт заземляющих устройств.	ПК 2.1, ПК 2.3, ОК 1. – ОК 6.
	Всего 49 лабораторно-практических работ	

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 1

ТЕМА: Производство электрической энергии.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Составление таблиц отклонений и определение допустимых потерь в распределительных линиях напряжением 0,38 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику составления таблиц отклонений напряжений и сравнение полученных результатов с нормативными данными; воспитание точности, умения пользоваться нормативной документацией как профессионально-значимых качеств личности.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. калькулятор

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Дать понятие «Номинальные напряжения элементов схем электроснабжения»
2. Дать понятие «Падение и потери напряжения в трёхфазной линии переменного тока»

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Выписать элементы рассчитываемой системы в таблицу.

В системы электроснабжения входят различные элементы: генераторы, трансформаторы, линии электропередачи. Для определения отклонения напряжения необходимо учитывать влияние всех этих элементов. Также необходимо учесть возможную максимальную нагрузку трансформатора на 100% и минимальную на 25%, записывая в таблицу ближайшую и удаленную нагрузки линий.

ЗАДАНИЕ №3.

Вписать в таблицу известные параметры.

ГОСТ устанавливает нормы отклонения напряжения в сельских сетях: для потребителей животноводческих комплексов и птицефабрик $\delta U = \pm 5\%$, для всех

остальных потребителей $\delta U = \pm 7,5\%$. При работе электрических сетей в послеаварийном и ремонтном режиме допускается дополнительное понижение напряжения на 5%. Вносятся в таблицу известные величины: отклонения напряжения на шинах 10 кВ, потери напряжения в трансформаторах (- 4% и - 1%).

ЗАДАНИЕ №4.

Определить потери напряжения в линии, исходя из формулы баланса отклонений и потерь напряжения.

Отклонения и потери напряжения в системе электроснабжения связаны между собой зависимостью:

$$\delta U_{\text{пит.}}^{100} + \sum(\delta U_{\text{пост.}}^{100} + \delta U_{\text{пер.}}^{100}) - \sum \Delta U_{\text{лин.}}^{100} - \sum \Delta U_{\text{т.}}^{100} - \delta U_{\text{потр.}}^{100} = 0$$

где $\delta U_{\text{пит.}}$ – отклонение напряжения в центре питания. В системе 10/0,38 кВ центром питания считают шины напряжением 10 кВ.

$\sum(\delta U_{\text{пост.}} + \delta U_{\text{пер.}})$ – сумма постоянных и переменных надбавок напряжения трансформаторов.

$\delta U_{\text{пост.}} = +5\%$, а $\delta U_{\text{пер.}}$ = надбавке напряжения (-5%; -2,5%; 0%; +2,5%; +5%),

т.о. суммарная надбавка напряжения равна: -10%; -7,5%; -5%; -2,5%; 0%; +2,5%; +5%; +7,5%; +10%.

$\sum \Delta U_{\text{лин.}}$; $\sum \Delta U_{\text{т.}}$ – суммарные потери напряжения в линиях и трансформаторах.

$\delta U_{\text{потр.}}$ – допустимые отклонения напряжения у потребителя.

Полученные потери напряжения распределить между ВЛ 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ в соответствии с нормативными данными.

ЗАДАНИЕ №5.

Проверить правильность выбора трансформаторной надбавки с помощью формулы баланса для потребителей в режиме «передаваемая мощность 25%». Отклонения напряжения у ближайшего потребителя ТП при минимальной нагрузке:

$$\delta U_{\text{пл}}^{25} = \delta U_{\text{пит.}}^{25} + \sum \Delta U_{\text{лин.}}^{25} + \Delta U_{\text{т.}}^{25} + \delta U_{\text{т.}}^{25}$$

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задания.
3. Выполнить необходимые расчёты
4. Сделать выводы по проделанным расчётам
5. Ответить на контрольные вопросы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Запишите ГОСТ для определения нормативной потери напряжения в линиях 0,38 кВ.
2. Назовите влияние двигателей и осветительных приборов на отклонение напряжения.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты.

Варианты заданий:

Вариант	Отклонение на шинах 10 кВ, %		Вариант	Отклонение на шинах 10кВ, %	
	$\delta U_{\text{пит.}}, 100\%$	$\delta U_{\text{пит.}}, 25\%$		$\delta U_{\text{пит.}}, 100\%$	$\delta U_{\text{пит.}}, 25\%$
1	+4	+4	15	+7,5	+7,5
2	0	0	16	+1,5	+1,5
3	+2,5	+2,5	17	+6	+6
4	+7	+7	18	+3	+3
5	+5,5	+5,5	19	+6,5	+6,5
6	+2	+2	20	+0,5	+0,5
7	+3,5	+3,5	21	+4,5	+4,5
8	+5	+5	22	+1	+1
9	+4	+4	23	0	0
10	+2,5	+2,5	24	+7	+7
11	+5,5	+5,5	25	+2	+2
12	+3,5	+3,5	26	+5	+5
13	+3	+3	27	+1,5	+1,5
14	+0,5	+0,5	28	+6,5	+6,5

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 2

ТЕМА: Производство электрической энергии.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Составление таблиц отклонений и определение допустимых потерь в распределительных линиях напряжением 10 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику составления таблиц отклонений напряжений и сравнение полученных результатов с нормативными данными; воспитание точности, умения пользоваться нормативной документацией как профессионально-значимых качеств личности.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. калькулятор

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Влияние отклонения напряжения на работу приёмников электрической энергии (электродвигатели, осветительные приборы, нагревательные элементы).
2. Дать понятие «Номинальное напряжение первичной и вторичной обмотки трансформатора».

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Выписать элементы рассчитываемой системы в таблицу.

В системы электроснабжения входят различные элементы: генераторы, трансформаторы, линии электропередачи. Для определения отклонения напряжения необходимо учитывать влияние всех этих элементов. Также необходимо учесть возможную максимальную нагрузку трансформатора на 100% и минимальную на 25%, записывая в таблицу ближайшую и удаленную нагрузки линий 0,38 кВ.

ЗАДАНИЕ №3.

Вписать в таблицу известные параметры.

ГОСТ устанавливает нормы отклонения напряжения в системе: для потребителей сельскохозяйственного назначения и промышленных предприятий $\delta U = \pm 5\%$, для потребителей жилого фонда $\delta U = \pm 7,5\%$. При работе электрических сетей в послеаварийном и ремонтном режиме допускается дополнительное понижение напряжения на 5%.

Внести в таблицу известные величины: отклонения напряжения на шинах 35 кВ, потери напряжения в трансформаторах (- 4% и - 1%).

ЗАДАНИЕ №4.

Определить потери напряжения в линиях 10 кВ, исходя из данных линий:

- удельные потери напряжения для соответствующего сечения ВЛ 10 кВ,
- длина линий 10 кВ.

Формула для определения потерь на всей линии 10 кВ при 100% загрузке трансформатора:

$$\Delta U_{\text{лин.10кВ}}^{100} = \Delta U_{\text{уд.}} * L_{10\text{кВ}}$$

где $\Delta U_{\text{уд.}}$ – удельные потери напряжения, Ом/км; (данные в таблице)

$L_{10\text{кВ}}$ – длина линии 10 кВ

Таблица удельных потерь напряжения в проводах ВЛ 10 кВ:

cos φ	Провода марки А, АН, Ап					Провода марки АС, АпС		
	Площадь сечения провода, мм ²							
	25	35	50	70	95	35	50	70
1	1,165	0,85	0,588	0,42	0,315	0,79	0,603	0,429
0,98	1,226	0,915	0,655	0,489	0,383	0,854	0,669	0,494
0,96	1,236	0,931	0,676	0,512	0,407	0,871	0,689	0,515
0,94	1,238	0,939	0,689	0,528	0,424	0,88	0,701	0,529
0,92	1,237	0,943	0,697	0,539	0,437	0,884	0,708	0,54
0,9	1,232	0,944	0,703	0,548	0,447	0,886	0,714	0,547
0,88	1,222	0,943	0,706	0,554	0,456	0,886	0,717	0,552
0,86	1,217	0,94	0,709	0,56	0,463	0,885	0,719	0,558
0,84	1,207	0,937	0,710	0,564	0,468	0,882	0,719	0,56
0,82	1,196	0,932	0,710	0,567	0,473	0,878	0,719	0,563
0,8	1,185	0,926	0,709	0,569	0,477	0,874	0,718	0,565
0,78	1,172	0,92	0,708	0,571	0,481	0,868	0,716	0,566
0,76	1,159	0,913	0,706	0,572	0,484	0,862	0,713	0,566
0,74	1,145	0,905	0,703	0,572	0,486	0,855	0,71	0,566
0,72	1,131	0,896	0,699	0,572	0,487	0,848	0,706	0,565
0,7	1,116	0,888	0,696	0,571	0,488	0,841	0,702	0,564

ЗАДАНИЕ №5.

Определить потери напряжения в линии, исходя из формулы баланса отклонений и потерь напряжения.

Отклонения и потери напряжения в системе электроснабжения связаны между собой зависимостью:

$$\delta U_{\text{пит.}}^{100} + \sum(\delta U_{\text{пост.}}^{100} + \delta U_{\text{пер.}}^{100}) - \sum \Delta U_{\text{лин.}}^{100} - \sum \Delta U_{\text{т.}}^{100} - \delta U_{\text{потр.}}^{100} = 0$$

где $\delta U_{\text{пит.}}$ – отклонение напряжения в центре питания. В системе 10/0,38 кВ центром питания считают шины напряжением 35 кВ.

$\sum(\delta U_{\text{пост.}} + \delta U_{\text{пер.}})$ – сумма постоянных и переменных надбавок напряжения трансформаторов.

$\delta U_{\text{пост.}} = +5\%$, а $\delta U_{\text{пер.}}$ – надбавке напряжения (-5%; -2,5%; 0%; +2,5%; +5%),

т.о. суммарная надбавка напряжения равна: -10%; -7,5%; -5%; -2,5%; 0%; +2,5%; +5%; +7,5%; +10%.

$\sum \Delta U_{\text{лин.}}$; $\sum \Delta U_{\text{т.}}$ – суммарные потери напряжения в линиях и трансформаторах.

$\delta U_{\text{потр.}}$ – допустимые отклонения напряжения у потребителя.

ЗАДАНИЕ №6.

Проверить правильность выбора трансформаторной надбавки с помощью формулы баланса для потребителей в режиме «передаваемая мощность 25%». Отклонения напряжения у ближайшего потребителя ТП при минимальной нагрузке:

$$\delta U_{\text{пл}}^{25} = \delta U_{\text{пит.}}^{25} + \sum \Delta U_{\text{лин.}}^{25} + \Delta U_{\text{т.}}^{25} + \delta U_{\text{т.}}^{25}$$

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задания.
3. Выполнить необходимые расчёты
4. Сделать выводы по проделанным расчётам
5. Ответить на контрольные вопросы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

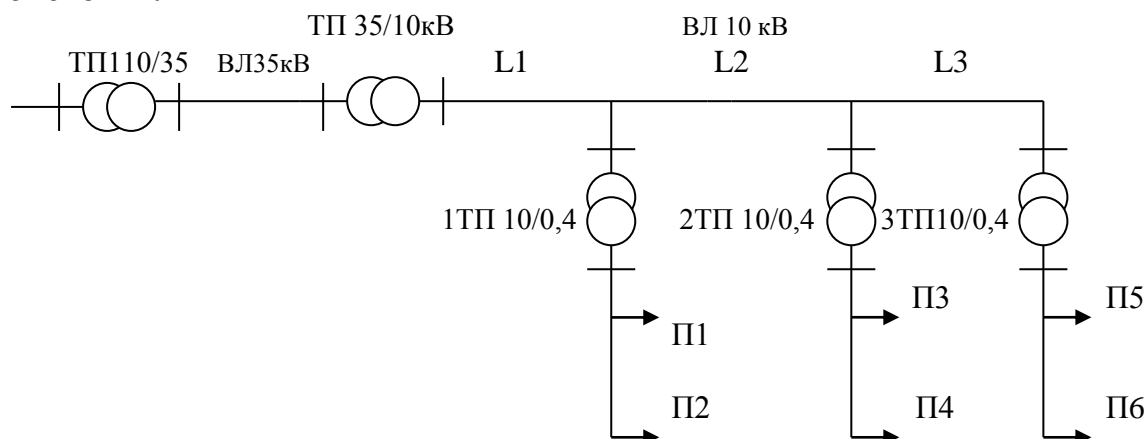
1. Назовите показатели качества электроэнергии.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты.

Варианты заданий:

Схема системы:



Потеря напряжения в ВЛ 35 кВ не учитывается.

Вариант	$\delta U^{100}, \%$	$\delta U^{25}, \%$	$\cos \varphi$	Марка провода и длина линии участков		
				Марка/L1, км	Марка/L2, км	Марка/L3, км
1	+4	+4	0,8	A95/5	A50/4	A35/4
2	0	0	0,86	A70/6	A50/4	A50/3
3	+2,5	+2,5	0,96	AC70/7	AC50/5	AC35/4
4	+5	+5	0,94	A70/4	A70/6	A35/8
5	+5,5	+5,5	0,9	A95/8	A50/4	A35/3
6	+2	+2	0,78	A95/7	A35/5	A35/4
7	+3,5	+3,5	0,76	A95/3	A35/6	A35/5
8	+5	+5	0,7	A70/8	A50/7	A50/6
9	+4	+4	0,82	AC70/4	AC70/3	AC50/5
10	+2,5	+2,5	0,84	A70/9	A70/7	A50/3
11	+5,5	+5,5	0,92	A95/5	A50/4	A35/3
12	+3,5	+3,5	0,74	A95/7	A70/3	A50/5
13	+3	+3	0,88	A50/4	A50/8	A35/6
14	+0,5	+0,5	0,72	A70/9	A50/5	A35/7
15	+5,5	+0	0,76	A70/5	A50/4	A50/8
16	+1,5	+1,5	0,74	A95/4	A70/3	A50/6
17	+6	+6	0,78	A95/3	A70/5	A50/5
18	+3	+3	0,88	A95/6	A50/4	A35/4
19	+5	+5	0,86	A70/2	A50/7	A50/4
20	+2,5	+2,5	0,84	AC70/8	AC50/5	AC35/3
21	+4,5	+4,5	0,8	A70/6	A35/4	A35/3
22	+1	+1	0,82	A95/9	A70/5	A50/6
23	0	0	0,9	A95/5	A70/5	A50/4
24	+5	+5	0,92	A50/4	A35/7	A35/3
25	+2	+2	0,94	A70/7	A50/5	A50/4

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 3

ТЕМА: Производство электрической энергии.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Составление таблиц отклонений и определение допустимых потерь в электрических системах.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику составления таблиц отклонений напряжений и сравнение полученных результатов с нормативными данными; воспитание точности, умения пользоваться нормативной документацией как профессионально-значимых качеств личности.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. калькулятор

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Дать определение «Электрическая система».
2. Дать понятие «Номинальное напряжение генератора»
3. Перечислить режимы регулирования напряжения на генераторе, показать отклонения напряжения в этих режимах при 100% и 25% загрузке трансформатора 10/0,4 кВ.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.
3. Написать формулу определения потерь напряжения в системе.

ЗАДАНИЕ № 2.

Выписать элементы рассчитываемой системы в таблицу.

В системы электроснабжения входят различные элементы: генераторы, трансформаторы, линии электропередачи. Для определения отклонения напряжения необходимо учитывать влияние всех этих элементов. Также необходимо учесть возможную максимальную нагрузку трансформатора на 100% и минимальную на 25%, записывая в таблицу ближайшую и удаленную нагрузки линий 0,38 кВ.

ЗАДАНИЕ №3.

Вписать в таблицу известные параметры.

ГОСТ устанавливает нормы отклонения напряжения в системе: для потребителей сельскохозяйственного назначения и промышленных предприятий $\delta U = \pm 5\%$, для потребителей жилого фонда $\delta U = \pm 7,5\%$. При работе электрических сетей в послеаварийном и ремонтном режиме допускается дополнительное понижение напряжения на 5%.

Внести в таблицу известные величины в соответствии с режимом регулирования напряжения на генераторе, данный в задании, потери напряжения в трансформаторах.

ЗАДАНИЕ №4.

Определить потери напряжения в линиях 35 кВ, 10 кВ и 0,38 кВ, исходя из режима работы генератора. Формула потерь напряжения выписана в задании № 1.

ЗАДАНИЕ №5.

Определить потери напряжения в линиях, исходя из формулы баланса отклонений и потерь напряжения.

Полученный результат проверить по нормативным показателям ГОСТ и распределить его на линии 35 кВ, 10 кВ, 0,38 кВ. Если необходимо, то изменить отклонение напряжения (надбавку) на трансформаторе 10/0,4 кВ.

ЗАДАНИЕ №6.

Проверить правильность выбора трансформаторной надбавки с помощью формулы баланса для потребителей в режиме «передаваемая мощность 25%». Отклонения напряжения у ближайшего потребителя ТП при минимальной нагрузке:

$$\delta U_{\text{пл}}^{25} = \delta U_{\text{пит.}}^{25} + \sum \Delta U_{\text{лин.}}^{25} + \Delta U_{\text{т.}}^{25} + \delta U_{\text{т.}}^{25}.$$

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задания.
3. Выполнить необходимые расчёты.
4. Сделать выводы по проделанным расчётам.
5. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

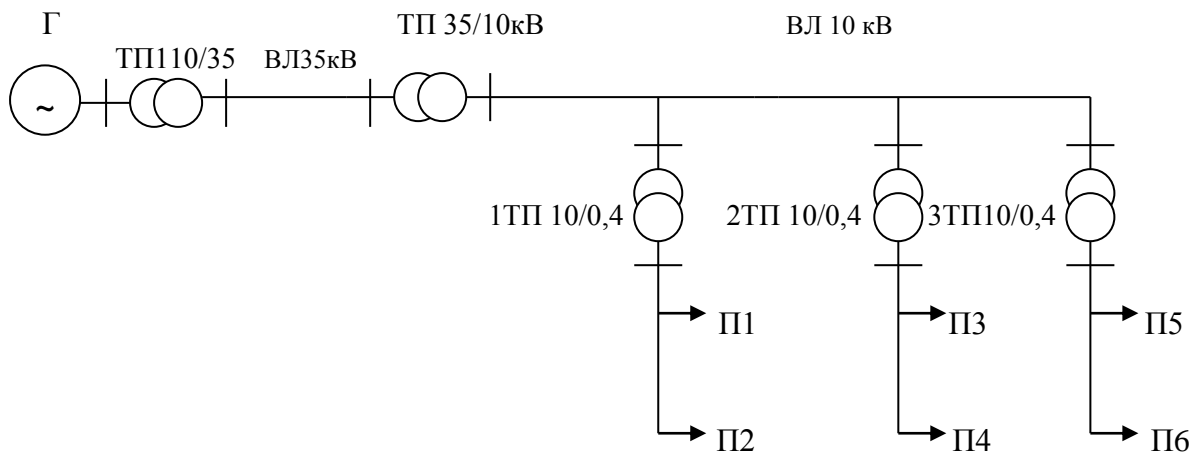
1. Как происходит регулирование напряжения в сельских электрических сетях?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

Варианты заданий:

Схема системы:



Вариант	Режим регулирования напряжения на генераторе		Потеря напряжения на нагрузке при 100% загрузке трансформатора
	$\delta U^{100}, \%$	$\delta U^{25}, \%$	
1	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
2	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
3	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
4	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
5	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
6	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
7	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
8	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
9	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
10	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
11	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
12	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
13	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
14	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
15	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
16	Режим постоянного напряжения на генераторе		5
17	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе		7,5
18	Режим постоянного напряжения на генераторе		5

19	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе	7,5
20	Режим постоянного напряжения на генераторе	5
21	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе	7,5
22	Режим постоянного напряжения на генераторе	5
23	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе	7,5
24	Режим постоянного напряжения на генераторе	5
25	Режим встречного регулирования напряжения на генераторе	7,5

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 4

ТЕМА: Внутренние электропроводки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Составление схемы внутренней электропроводки бытового помещения.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику составления схем силовой и осветительной электропроводки; воспитание умения организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочные материалы.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Способ прокладки электропроводок в бытовых помещениях?
2. Какой материал применяется для токоведущей жилы?
3. Какой тип изоляционного материала применяется в бытовых помещениях?

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Выписать данные задачи № 1. Выбрать графические обозначения выключателей, ответвительных коробок, осветительных приборов, щита учета.
2. На плане расположение светильников показано точками, вместо которых необходимо отметить светильники.
3. Провести линии осветительных электропроводок от щита к светильникам, распределив их по группам.
4. Отметить на линиях места установки выключателей, учитывая расположение входов в помещения.

ЗАДАНИЕ №3.

Начертить схему осветительной электропроводки в однолинейном исполнении без аппаратов защиты.

ЗАДАНИЕ № 4.

1. Провести линии силовых электропроводок от щита к розеткам, распределив их по группам.
2. Отметить на линиях места установки выключателей, ответвительных коробок.

ЗАДАНИЕ № 5.

Начертить схему силовой электропроводки в однолинейном исполнении без аппаратов защиты.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задачи.
3. Выполнить задания практической работы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

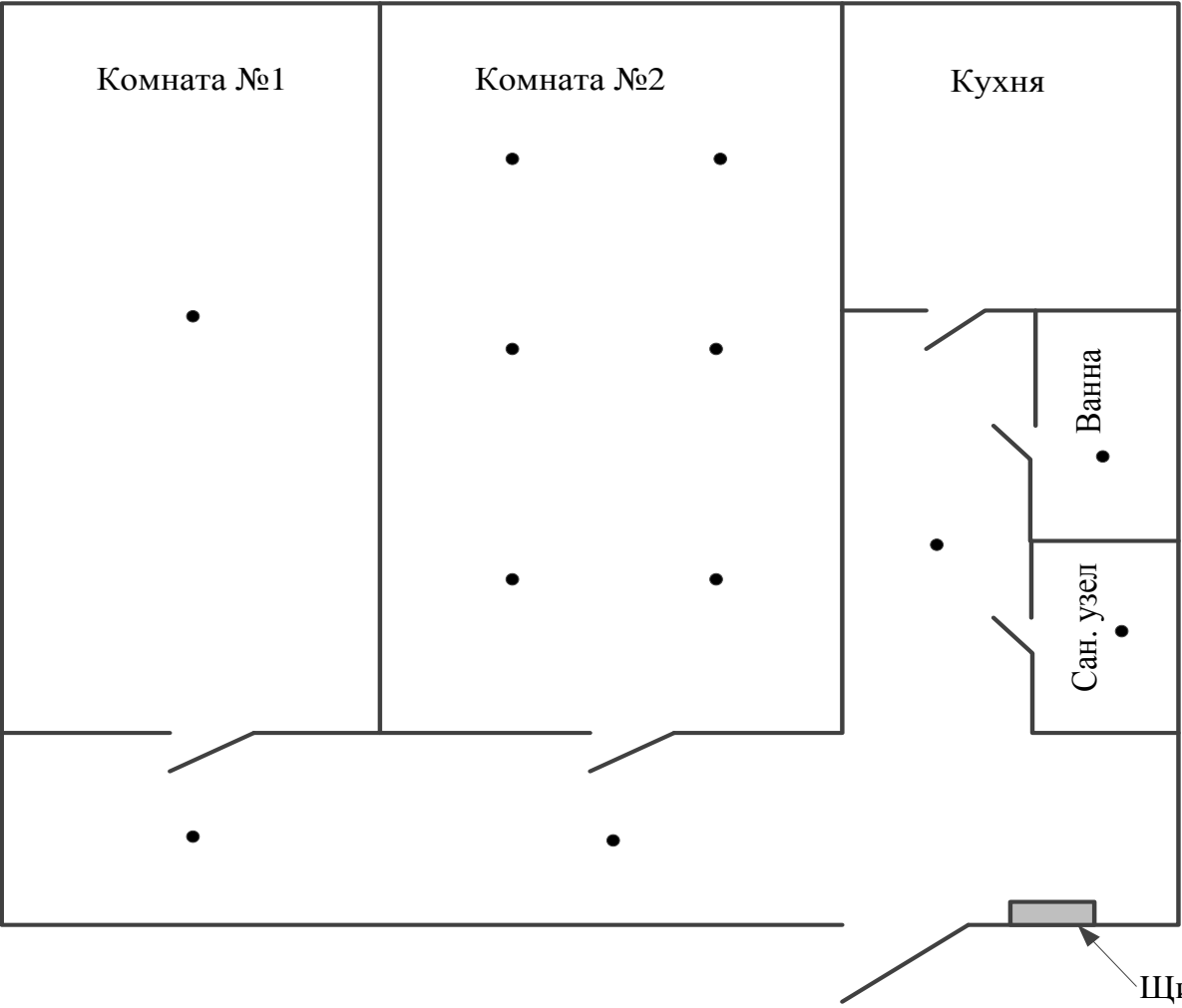
1. В рассечку какого провода устанавливают выключатель?
2. Какие марки проводов применяются в помещениях жилого фонда?
3. Как правильно выполнять монтаж провода от ответвительной коробки?
4. Где рекомендуется устанавливать щитки и выключатели в помещениях?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. справочные материалы

Задача.

Начертить план осветительной электропроводки бытового помещения по представленному расположению светильников. В комнате № 1 расположен светильник с двумя светодиодными лампами по 9 Вт. В комнате № 2 расположены точечные светодиодные светильники, подключенные через клавишный выключатель с двумя включениям. В остальных помещениях расположены светодиодные светильники по 7,5 Вт.



ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 5

ТЕМА: Внутренние электропроводки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Составление схемы внутренней электропроводки производственного помещения.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику составления схем силовой и осветительной электропроводки; воспитание умения организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочные материалы.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Способ прокладки электропроводок в производственных помещениях?
2. Какой материал применяется для токоведущей жилы?
3. Какой тип изоляционного материала применяется в производственных помещениях?

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Выписать данные задачи № 1 и задачи № 2.
2. На плане показано расположение светильников.
3. Провести линии осветительных электропроводок от щита к светильникам, распределив их по группам.
4. Отметить на линиях места установки выключателей, учитывая расположение входов в помещения.

ЗАДАНИЕ №3.

Начертить схему осветительной электропроводки в однолинейном исполнении без аппаратов защиты.

ЗАДАНИЕ № 4.

1. Провести линии силовых электропроводок от щита к нагрузкам, распределив их по группам.
2. Отметить на линиях места установки выключателей..

ЗАДАНИЕ № 5.

Начертить схему силовой электропроводки в однолинейном исполнении без аппаратов защиты.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задачи.
3. Выполнить задания практической работы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

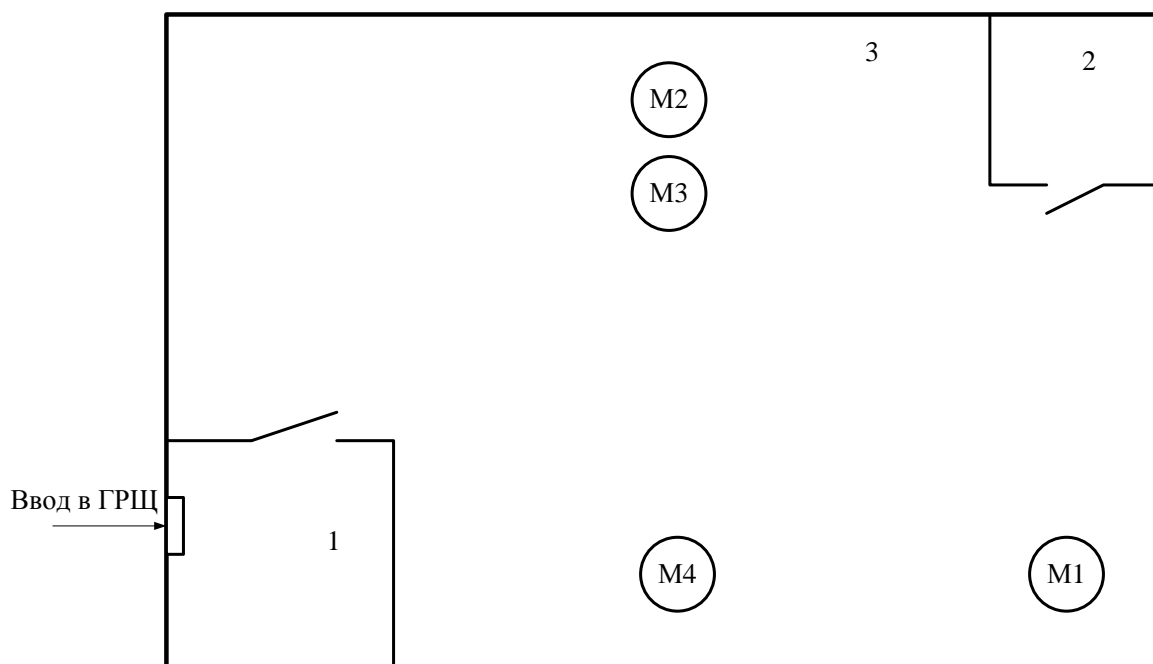
1. В рассечку какого провода устанавливают выключатель?
2. Какие марки проводов применяются в производственных помещениях?
3. Как правильно выполнять монтаж провода в сельскохозяйственных помещениях?
4. Где рекомендуется устанавливать щитки и выключатели в производственных помещениях?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. справочные материалы

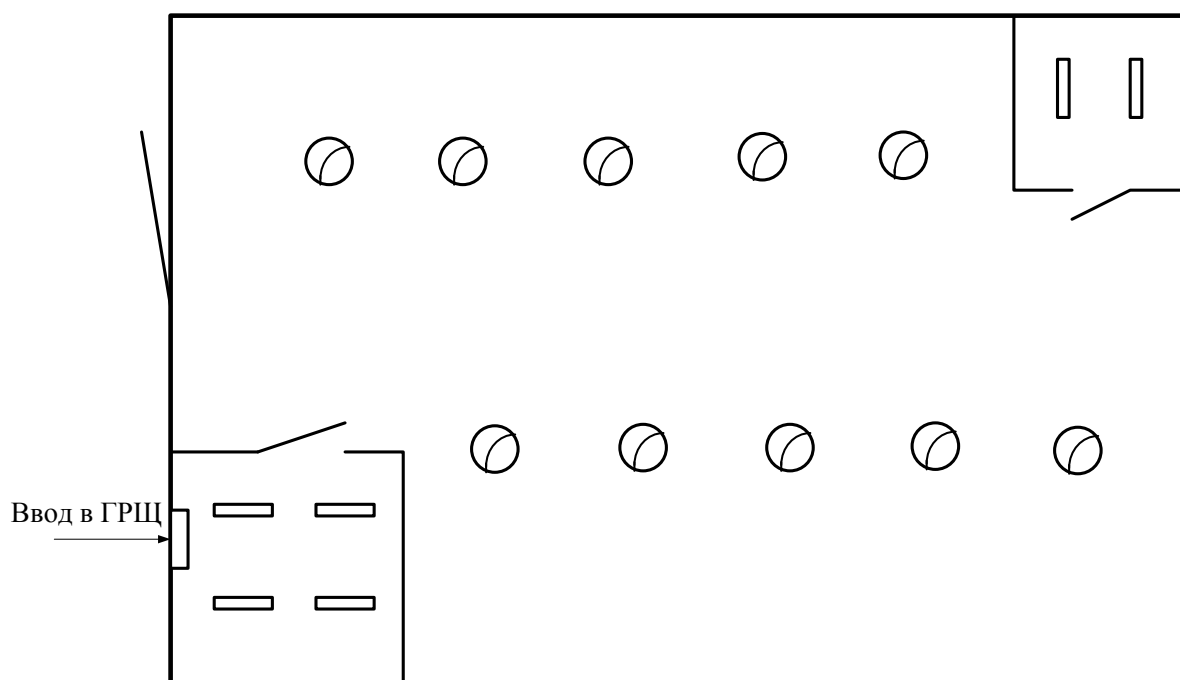
Задания практической работы

Задание 1. Составить схему силовой электропроводки кормоцеха размерами 30×12×4, м.



Данные: 1 – электрощитовое помещение; 2 – бытовое помещение; 3 – основное помещение кормоцеха по приготовлению жидких кормов.

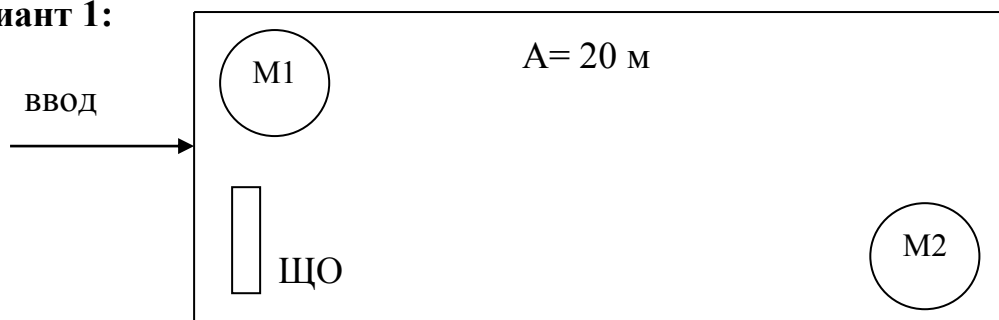
Задание 1. Составить схемы силов осветительной электропроводки кормоцеха размерами 30×12×4, м.



Задания для практической работы:

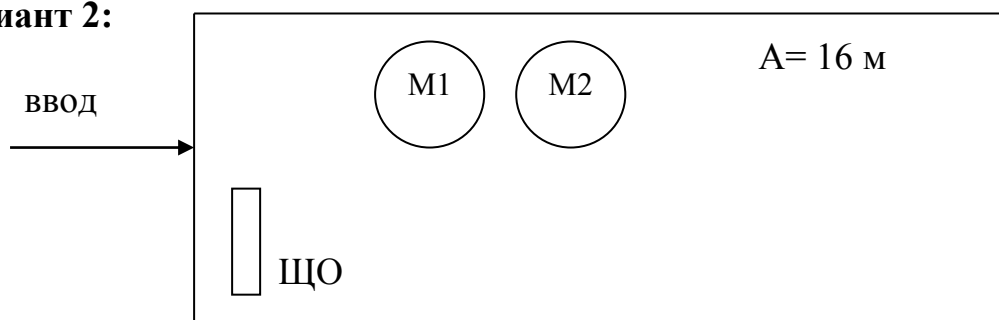
По плану расположения нагрузок выполнить проект электропроводки, определить токи групп.

Вариант 1:



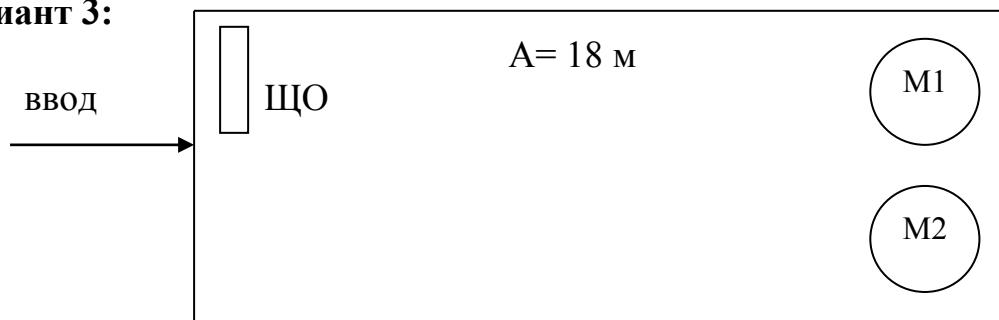
Данные: Помещение коровника. $I_{н1} = 21 \text{ А}$; $I_{н2} = 11 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 4 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 1$.

Вариант 2:



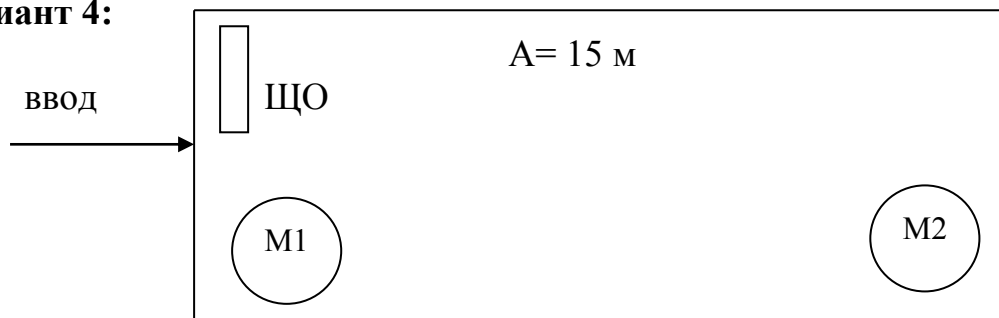
Данные: Мастерские. $I_{н1} = 7,5 \text{ А}$; $I_{н2} = 15 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 6 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,65$; $K_O = 0,9$.

Вариант 3:

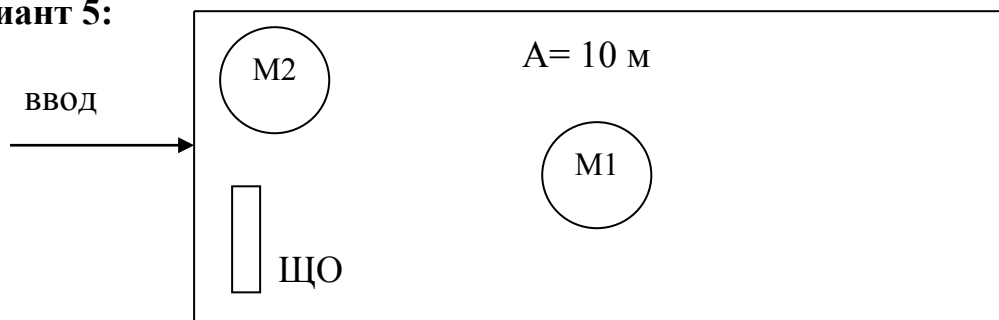


Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 25 \text{ А}$; $I_{н2} = 11,5 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$; $K_O = 0,8$.

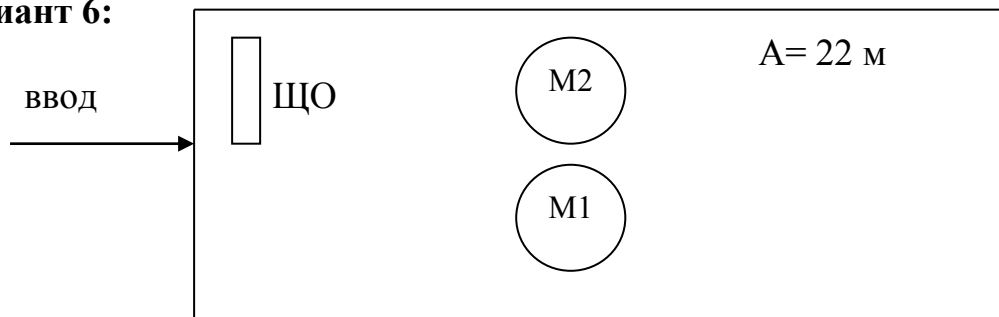
Вариант 4:



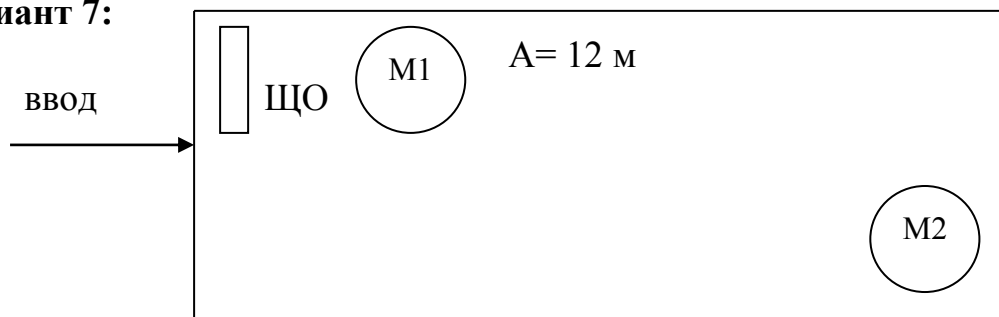
Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 5 \text{ А}$; $I_{н2} = 35 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 8 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 1$.

Вариант 5:

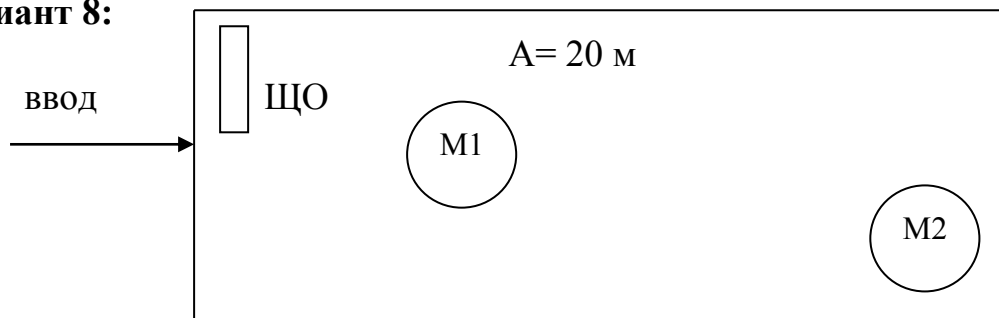
Данные: Помещение коровника. $I_{н1} = 42 \text{ А}$; $I_{н2} = 23 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 7 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 1$; $K_O = 1$.

Вариант 6:

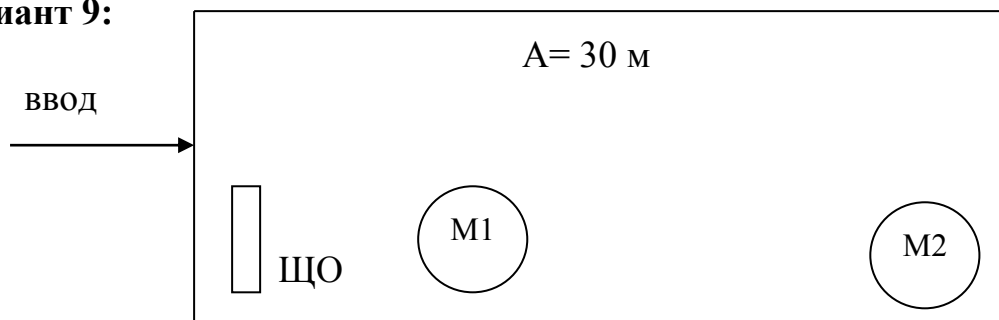
Данные: Помещение мастерских. $I_{н1} = 28 \text{ А}$; $I_{н2} = 30 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 12 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 0,8$.

Вариант 7:

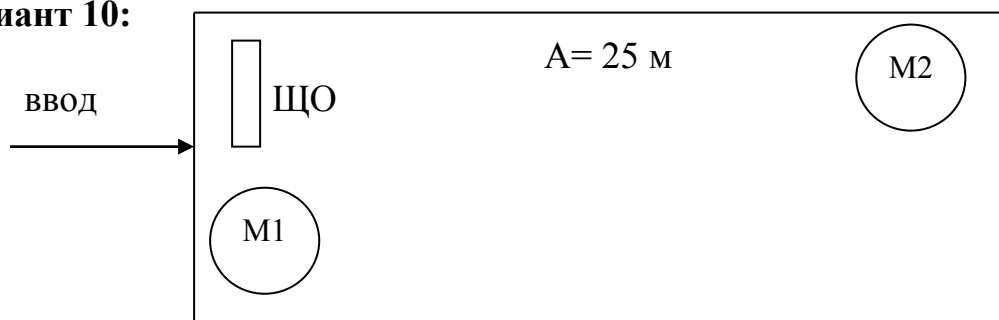
Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 33 \text{ А}$; $I_{н2} = 22,5 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 6,5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 0,8$.

Вариант 8:

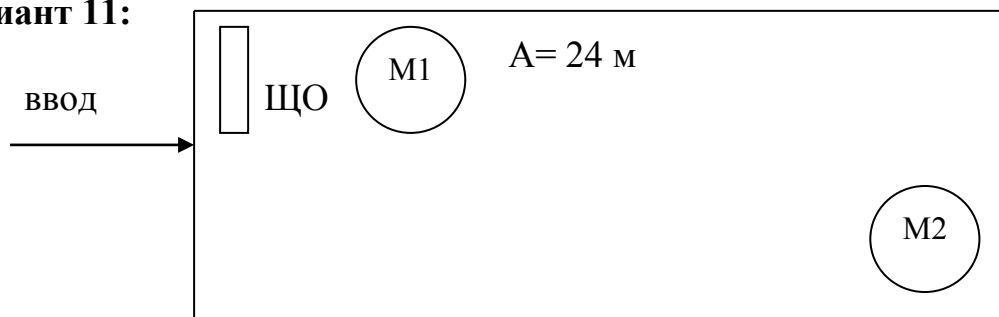
Данные: Птицеферма. $I_{н1} = 40 \text{ А}$; $I_{н2} = 22 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 9 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$; $K_O = 0,9$.

Вариант 9:

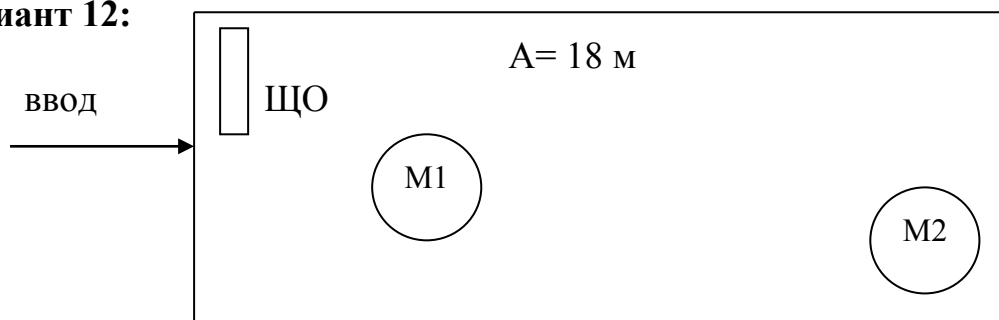
Данные: Помещение коровника. $I_{н1} = 9 \text{ А}$; $I_{н2} = 22 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,65$; $K_O = 0,9$.

Вариант 10:

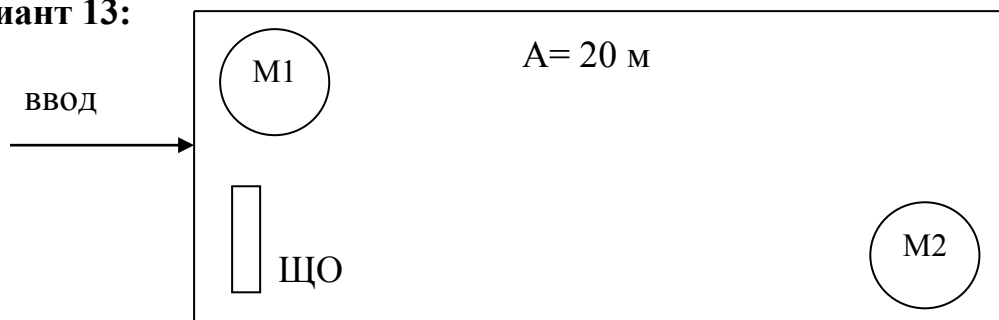
Данные: Помещение мастерских. $I_{н1} = 21 \text{ А}$; $I_{н2} = 37 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 18 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 1$; $K_O = 1$.

Вариант 11:

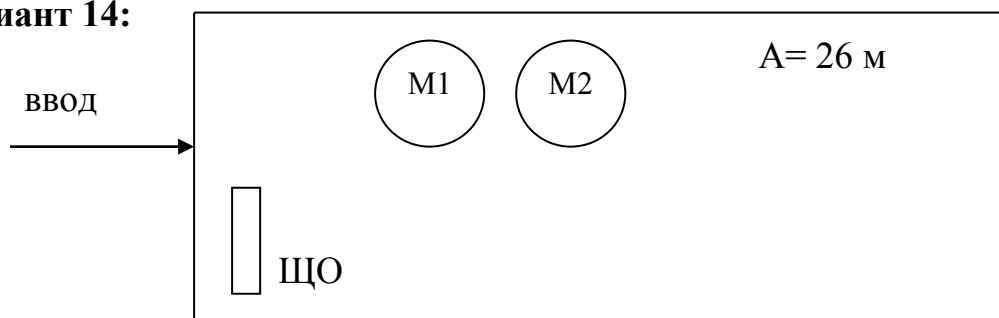
Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 40 \text{ А}$; $I_{н2} = 18 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 8,5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 0,9$.

Вариант 12:

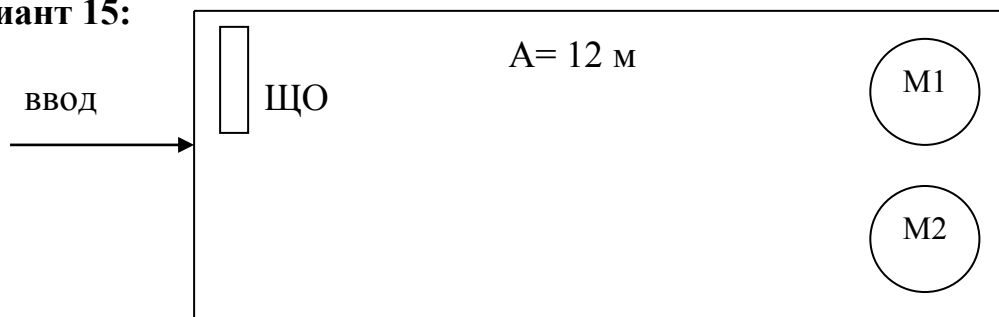
Данные: Птицеферма. $I_{н1} = 37 \text{ А}$; $I_{н2} = 45 \text{ А}$; $P_{ЩО} = 11 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$; $K_O = 0,85$.

Вариант 13:

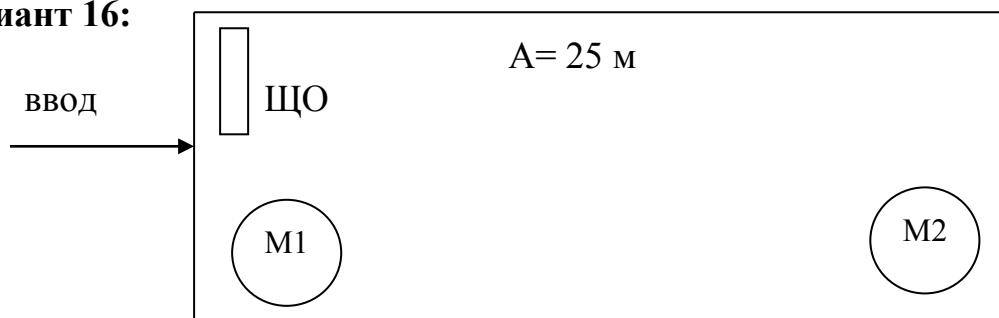
Данные: Помещение коровника. $I_{н1} = 33 \text{ A}$; $I_{н2} = 44 \text{ A}$; $P_{ЩО} = 12 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 1$.

Вариант 14:

Данные: Мастерские. $I_{н1} = 17,5 \text{ A}$; $I_{н2} = 35 \text{ A}$; $P_{ЩО} = 11 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,85$; $K_O = 0,9$.

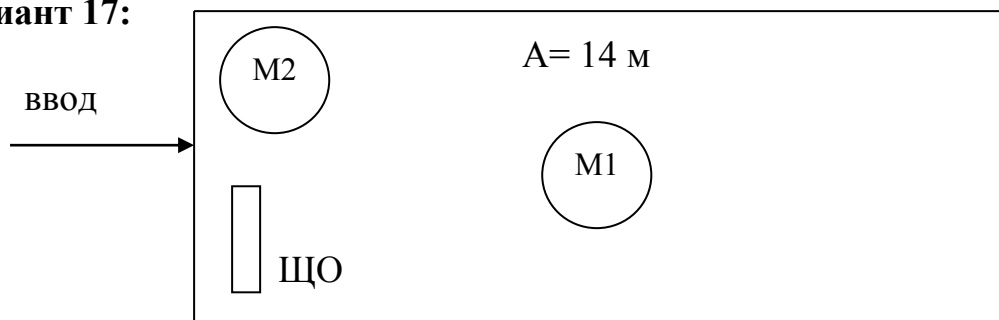
Вариант 15:

Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 45 \text{ A}$; $I_{н2} = 55 \text{ A}$; $P_{ЩО} = 15 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$; $K_O = 0,9$.

Вариант 16:

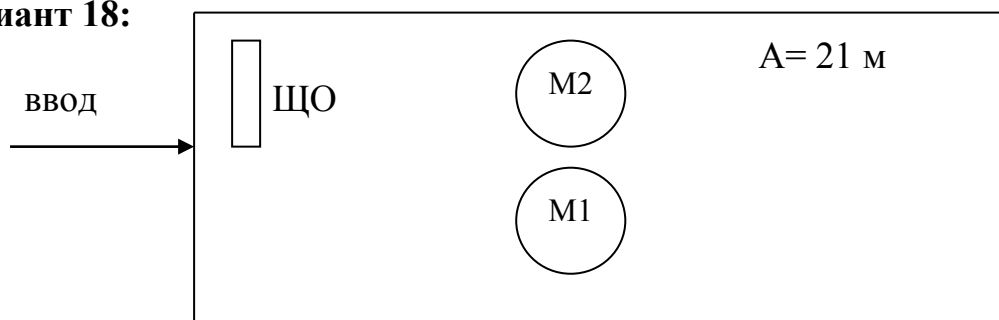
Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 11 \text{ A}$; $I_{н2} = 25 \text{ A}$; $P_{ЩО} = 16 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 1$.

Вариант 17:



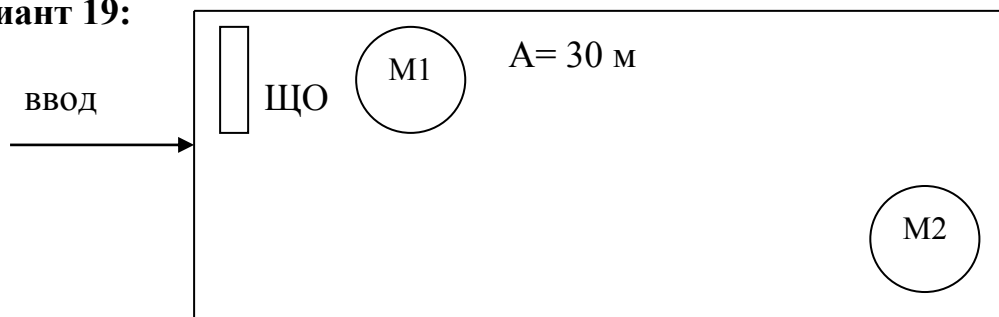
Данные: Помещение коровника. $I_{н1} = 28 \text{ A}$; $I_{н2} = 33 \text{ A}$; $P_{\text{ЩО}} = 11 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 1$.

Вариант 18:



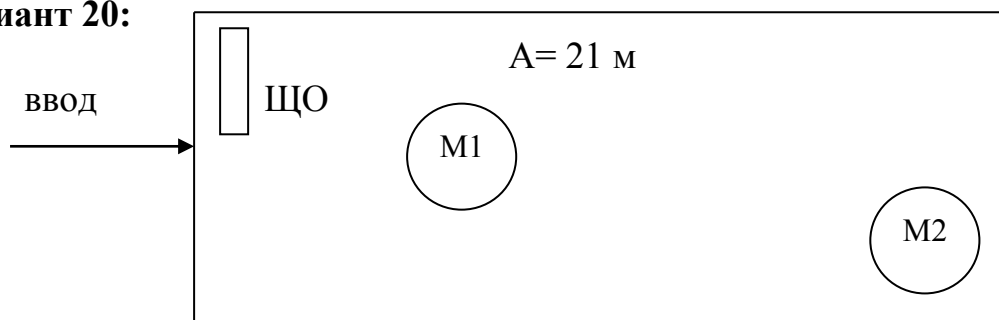
Данные: Помещение мастерских. $I_{н1} = 22 \text{ A}$; $I_{н2} = 30 \text{ A}$; $P_{\text{ЩО}} = 42 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 0,9$.

Вариант 19:

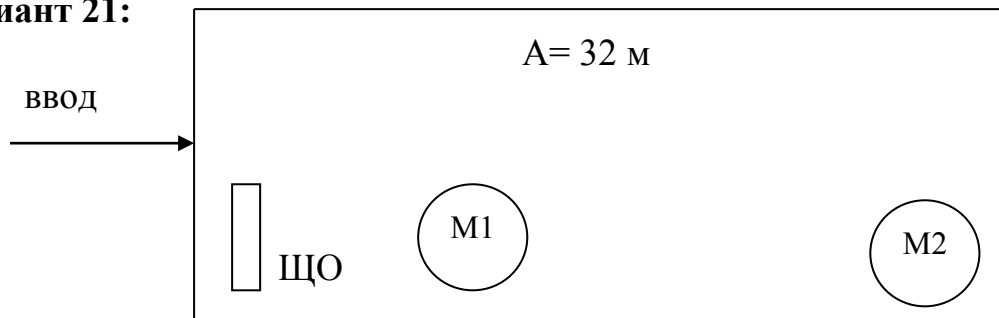


Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 30 \text{ A}$; $I_{н2} = 20 \text{ A}$; $P_{\text{ЩО}} = 12,5 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$; $K_O = 1$.

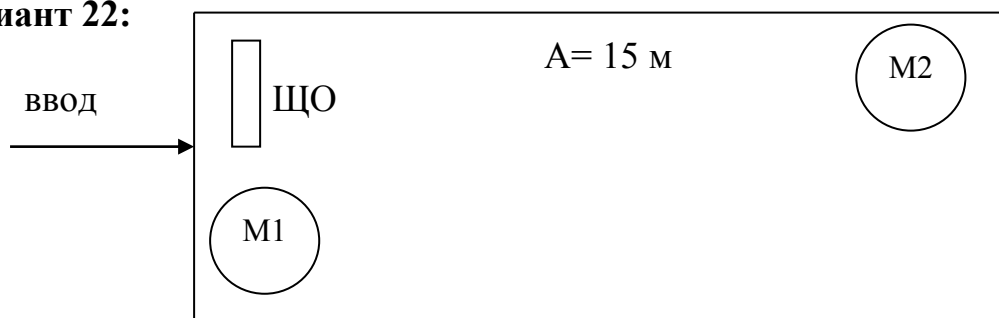
Вариант 20:



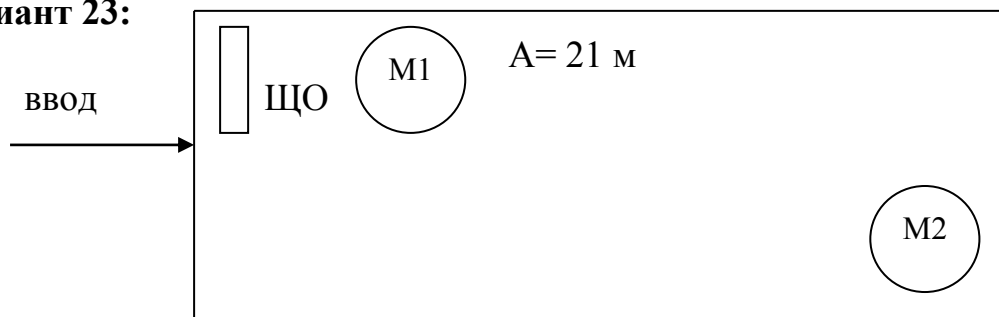
Данные: Птицеферма. $I_{н1} = 34 \text{ A}$; $I_{н2} = 29 \text{ A}$; $P_{\text{ЩО}} = 7 \text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,65$; $K_O = 1$.

Вариант 21:

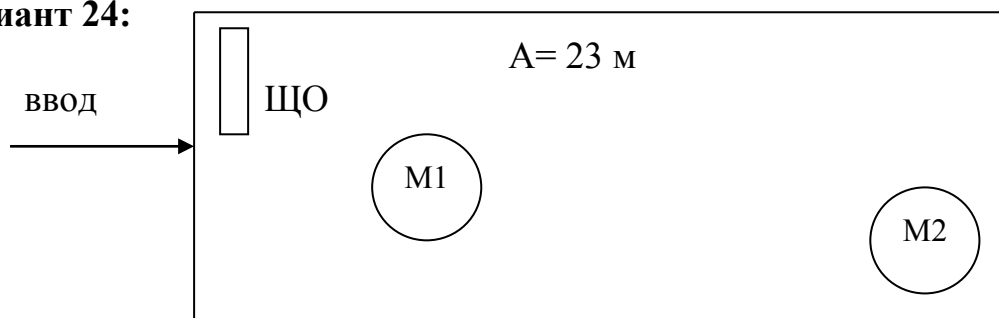
Данные: Помещение коровника. $I_{н1} = 33\text{ А}$; $I_{н2} = 18\text{ А}$; $P_{ЩО} = 6\text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$; $K_O = 0,9$.

Вариант 22:

Данные: Помещение мастерских. $I_{н1} = 27\text{ А}$; $I_{н2} = 31\text{ А}$; $P_{ЩО} = 9\text{ кВт}$, $\cos \varphi = 1$; $K_O = 1$.

Вариант 23:

Данные: Помещение цеха. $I_{н1} = 36\text{ А}$; $I_{н2} = 22\text{ А}$; $P_{ЩО} = 10,5\text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,9$; $K_O = 1$.

Вариант 24:

Данные: Птицеферма. $I_{н1} = 25\text{ А}$; $I_{н2} = 37\text{ А}$; $P_{ЩО} = 15\text{ кВт}$, $\cos \varphi = 0,95$; $K_O = 0,9$.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 6

ТЕМА: Внутренние электропроводки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет внутренних электропроводок по условию допустимого нагрева.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора сечений внутренних электропроводок; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться нормативной документацией.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Перечислить классификацию помещений.
2. Дать понятие «Допустимый ток проводника».
3. Записать допустимую температуру нагрева проводников в зависимости от типа изоляции.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Написать условие определения допустимого тока проводника. Пользуясь таблицей выбрать сечение проводника и допустимый ток проводника $I_{\text{доп}}$ по написанному условию и расчетному значению тока I_p . Если к линии подключен только один электродвигатель, то расчетный ток линии равен номинальному току электродвигателя.

ЗАДАНИЕ №3.

Написать формулу определения расчетного допустимого тока $I'_{\text{доп}}$ с учетом поправочных коэффициентов, при данной температуре помещения.

Определить и записать расчетный допустимый ток проводника.

Таблица поправочных коэффициентов на токи для кабелей, проводов в зависимости от температуры среды

Стандартная температура земли и воздуха, °С	Нормированная температура жил, °С	Фактическая (положительная) температура среды, °С							
		5	10	15	20	25	30	35	40
15	80	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
25	80	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85
25	70	1,20	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81
15	65	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71
25	65	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79
15	60	1,12	1,06	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67
25	60	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76
15	55	1,12	1,07	1,00	0,93	0,86	0,79	0,71	0,61
25	55	1,29	1,23	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71
15	50	1,14	1,07	1,00	0,93	0,84	0,76	0,66	0,54
25	50	1,34	1,26	1,18	1,09	1,00	0,89	0,78	0,63

В практических задачах значение температуры окружающей среды округляют в пределах 5°С. Тогда поправочный коэффициент можно принимать по таблице.

Если несколько проводов или кабелей проложены рядом, то условия их охлаждения ухудшаются и допустимый ток уменьшается. Это учтено в таблице.

Таблица поправочных коэффициентов, учитывающих число кабелей, проложенных в земле рядом

Расстояние между кабелями, мм	Число кабелей, загруженных на 100 %					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,9	0,85	0,8	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,9	0,87	0,86	0,85

ЗАДАНИЕ №5.

Выбрать поправочный коэффициент, пользуясь таблицей 1, в зависимости от температуры помещения. Определить и записать допустимый ток с учетом поправочного коэффициента.

ЗАДАНИЕ №6.

Выбрать поправочный коэффициент, пользуясь таблицей 2, в зависимости от количества проложенных кабелей в земле. Определить и записать допустимый ток с учетом поправочного коэффициента.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задания.
3. Выполнить необходимые расчёты.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Почему при прохождении тока проводники нагреваются?
2. Перечислить токопроводящие материалы для внутренних электропроводок.
3. Перечислить изолирующие материалы для внутренних электропроводок.
4. Показать конструкцию изолированного проводника.
5. Чем отличаются по конструкции кабель и провод?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

Варианты заданий:

Задания для вариантов 1 – 9: *Определить значение допустимого тока*

№ варианта	Марка провода	Т _р .	Т _{доп} .	Число проводов, способ прокладки
1	АПВ-500-70	30	65	4 в трубе
2	АПР-660-50	10	55	3 в трубе
3	АПРВ-660-35	20	55	3 в трубе
4	АППВ-500-2,5	25	60	Открыто
5	АППВС-500-4	5	60	2 в трубе
6	АПВ-500-50	10	65	4 в трубе
7	АПР-660-35	15	55	3 в трубе
8	АПРВ-660-25	30	55	Открыто
9	АППВ-500-4	20	60	Открыто

Задания для вариантов 10 – 15: *Определить площадь сечения провода*

№ варианта	Марка провода	Т _р , °С	Т _{доп} , °С.	Число проводов, способ прокладки	Расчетный ток, А
10	АППВС-500	10	60	4 в трубе	22
11	АПВ-500	30	65	3 в трубе	114
12	АПР-660	20	55	Открыто	92
13	АПРВ-660	40	55	3 в трубе	75
14	АПВ-500	10	65	2 в трубе	100
15	АППР-660	35	65	4 в трубе	48

Задания для вариантов 16 – 22: Определить значение допустимого тока

№ варианта	Площадь сечения жилы кабеля, мм ²	Рабочее напряжение, кВ	Число жил в одном кабеле	Расстояние между кабелями, мм	Число параллельно проложенных кабелей	T _{доп} , °C.	T _{земли} , °C.
16	50	0,66	4	100	2	80	10
17	35	10	3	300	5	60	20
18	25	6	3	200	4	65	5
19	16	3	3	300	3	80	10
20	120	6	3	100	2	65	5
21	95	10	3	200	2	60	10
22	50	10	3	200	3	60	20

Задания для вариантов 23 – 30: Определить площадь сечения провода

№ варианта	Рабочее напряжение, кВ	Число жил в одном кабеле	Расстояние между кабелями, мм	Число параллельно проложенных кабелей	T _{доп} , °C.	T _{земли} , °C.	Расчетный ток, А
23	0,66	4	200	4	80	10	180
24	6	3	300	3	65	20	200
25	3	3	100	4	80	10	70
26	0,66	4	200	4	80	20	80
27	0,66	4	100	2	80	10	105
28	6	3	200	3	65	10	120
29	6	3	300	4	65	5	140
30	10	3	300	3	60	20	150

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 7

ТЕМА: Внутренние электропроводки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор защиты линий предохранителями и автоматическими выключателями.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора защиты внутренних электропроводок; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться справочной литературой.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Перечислить оборудование для защиты линий от аварийных режимов.
2. Какой элемент в этом оборудовании срабатывает в аварийной ситуации.
3. Написать условие выбора вставки для защиты линий без пусковых токов.
4. Написать условие выбора вставки для защиты линий с электродвигателями.
5. Перечислить основные расцепители в автоматических выключателях, пояснить, от какого аварийного режима они защищают.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему, представленную в задании, установив предохранители для защиты линий, питающих нагрузку Рл, электродвигатель М и между щитами РЩ1–РЩ2.

ЗАДАНИЕ №3.

Определить значение расчетного тока линии, питающей нагрузку Рл. Определить ток плавкой вставки для защиты линии, питающей нагрузку Рл.

ЗАДАНИЕ №4.

Определить значение расчетного тока линии, питающей электродвигатель М. Определить пусковой ток электродвигателя. Определить ток плавкой вставки для защиты линии, питающей электродвигатель М.

ЗАДАНИЕ №5.

Определить значение расчетного тока линии между щитами РЩ1–РЩ2. Определить значение максимального тока линии между щитами РЩ1–РЩ2. Определить ток плавкой вставки для защиты линии между щитами РЩ1–РЩ2.

ЗАДАНИЕ №6.

Определить ток номинального теплового расцепителя для защиты линии, питающей нагрузку Рл. Определить ток электромагнитного расцепителя для защиты линии, питающей нагрузку Рл.

ЗАДАНИЕ №7.

Определить ток номинального теплового расцепителя для защиты линии, питающей электродвигатель М. Определить ток электромагнитного расцепителя для защиты линии, питающей электродвигатель М.

ЗАДАНИЕ №8.

Определить ток номинального теплового расцепителя для защиты линии между щитами РЩ1–РЩ2. Определить ток электромагнитного расцепителя для защиты линии между щитами РЩ1–РЩ2.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задания.
3. Выполнить необходимые расчёты.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

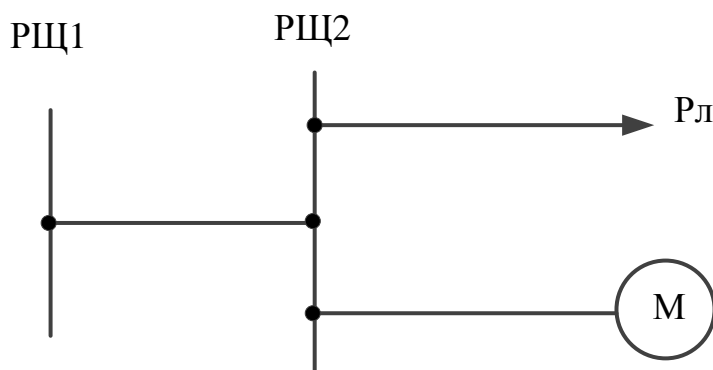
1. Как проводится проверка электромагнитного расцепителя на несрабатывание при пуске электродвигателя?
2. Сделайте вывод по защитным устройствам.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Схема для расчета:



Вариант	$P_{л}, \text{ кВт}$	$\cos \varphi_{л}$	$P_{н.д.}, \text{ кВт}$	$\cos \varphi_{дв.}$	η	$K_{п}$	$K_{о}$	$U_{ном.}, \text{ кВ}$
1	11	0,95	3,5	0,88	0,92	4	1	0,38
2	17	0,9	5,5	0,83	0,91	5	0,9	0,38
3	14	0,95	7,5	0,84	0,9	6	0,8	0,38
4	20	1	11	0,81	0,88	7	1	0,38
5	31	0,8	15	0,82	0,89	7	0,9	0,38
6	24	0,95	21	0,87	0,85	6	0,8	0,38
7	26	0,9	24	0,86	0,84	6	1	0,38
8	28	1	30	0,82	0,83	7	0,9	0,38
9	19	0,95	1,5	0,88	0,82	4	0,8	0,38
10	10	0,9	3,5	0,83	0,81	5	1	0,38
11	8	0,8	5,5	0,84	0,8	5	0,9	0,38
12	21	0,95	7,5	0,81	0,78	6	0,8	0,38
13	22	0,9	11	0,82	0,79	6	1	0,38
14	23	1	15	0,87	0,92	6	0,9	0,38
15	27	0,95	21	0,86	0,91	7	0,8	0,38
16	29	0,9	24	0,82	0,9	7	1	0,38
17	31	0,8	30	0,88	0,88	6	0,9	0,38
18	32	1	1,5	0,83	0,89	5	0,8	0,38
19	33	0,95	3,5	0,84	0,85	5	1	0,38
20	34	0,9	5,5	0,81	0,84	6	0,9	0,38
21	35	0,8	7,5	0,82	0,83	6	0,8	0,38
22	26	1	11	0,87	0,82	7	1	0,38
23	28	0,95	15	0,86	0,81	5,5	0,9	0,38
24	24	0,9	21	0,82	0,8	7,7	0,8	0,38
25	22	1	24	0,88	0,78	5	1	0,38

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 8

ТЕМА: Внутренние электропроводки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт внутренних проводок по условию допустимого нагрева с учётом защиты предохранителями.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора сечения внутренних электропроводок при защите предохранителями; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться справочной литературой.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Пояснить действие плавкой вставки при перегрузках.
2. Пояснить действие плавкой вставки при коротком замыкании.
3. Написать условия выбора допустимого тока для невзрывоопасных помещений.
4. Написать условия выбора допустимого тока для провода с поливинилхлоридной, резиновой изоляцией.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему, представленную в задании, установив предохранители для защиты линий, питающих нагрузку Рл, электродвигатель М1, электродвигатель М2 и между щитами РЩ1–РЩ2.

ЗАДАНИЕ №3.

Определить значение расчетного тока линии, питающей нагрузку Рл. Определить ток плавкой вставки для защиты линии, питающей нагрузку Рл. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ЗАДАНИЕ №4.

Определить значение расчетного тока линии, питающей электродвигатель М1. Определить пусковой ток электродвигателя. Определить ток плавкой вставки для защиты линии, питающей электродвигатель М1. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ЗАДАНИЕ №5.

Определить значение расчетного тока линии, питающей электродвигатель М2. Определить пусковой ток электродвигателя. Определить ток плавкой вставки для защиты линии, питающей электродвигатель М2. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ЗАДАНИЕ №6.

Определить значение расчетного тока линии между щитами РЩ1–РЩ2. Определить значение максимального тока линии между щитами РЩ1–РЩ2. Определить ток плавкой вставки для защиты линии между щитами РЩ1–РЩ2. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задания.
3. Выполнить необходимые расчёты.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

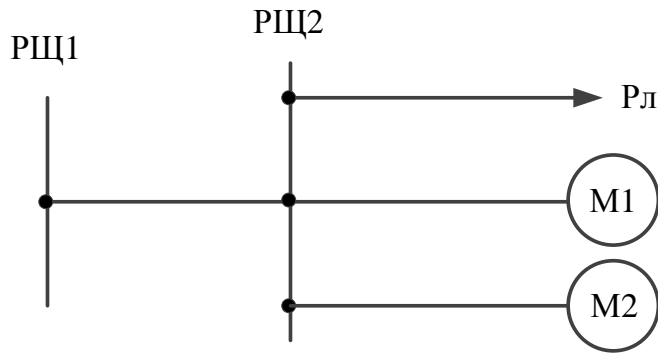
1. Написать условия выбора допустимого тока для провода с поливинилхлоридной, резиновой изоляцией.
2. Написать условия выбора допустимого тока для провода во взрывоопасных зонах.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Схема для расчета:



Коэффициент одновременности включения линий $K_o = 1$; напряжение линий $U_{ном.} = 0,38$ кВ.

Вариант	$P_{л},$ кВт	$\cos \varphi_{л}$	$P_{н.д.1},$ кВт	$\cos \varphi_{дв.1}$	η_1	$K_{п1}$	$P_{н.д.2},$ кВт	$\cos \varphi_{дв.2}$	η_2	$K_{п2}$
1	4	0,9	11	0,88	0,92	5	30	0,82	0,9	6
2	9	0,95	15	0,83	0,91	5	1,5	0,84	0,92	5
3	15	1	7	0,84	0,9	5	15	0,86	0,94	5
4	11	0,95	5	0,81	0,88	4	30	0,88	0,88	6
5	8	0,9	3	0,82	0,89	4	11	0,8	0,86	5
6	5	0,95	1,5	0,87	0,85	4	22	0,82	0,84	6
7	21	1	30	0,86	0,84	7	5	0,84	0,82	4
8	17	0,95	21	0,82	0,83	6	7	0,86	0,8	5
9	19	0,9	22	0,88	0,82	6	11	0,88	0,9	6
10	22	1	24	0,83	0,81	6	15	0,8	0,92	6
11	10	0,95	26	0,84	0,8	5	1,5	0,82	0,94	4
12	24	0,9	15	0,81	0,78	6	5	0,84	0,88	4
13	23	0,95	7,5	0,82	0,79	5	21	0,86	0,86	6
14	28	1	5,5	0,87	0,92	5	15	0,88	0,84	6
15	26	0,95	11	0,86	0,91	6	30	0,8	0,82	7
16	29	1	30	0,82	0,9	6	5	0,82	0,8	5
17	15	0,95	22	0,88	0,88	5	7	0,84	0,9	6
18	16	0,9	27	0,83	0,89	4	11	0,86	0,92	6
19	12	0,95	21	0,84	0,85	5	15	0,88	0,94	6
20	11	0,85	11	0,81	0,84	5	5,5	0,8	0,88	5
21	22	0,9	15	0,82	0,83	6	7,5	0,82	0,86	5
22	25	1	24	0,87	0,82	7	11	0,84	0,84	6
23	24	0,95	15	0,86	0,81	7	3	0,86	0,82	4
24	16	0,9	30	0,82	0,8	6	5	0,88	0,8	4
25	12	1	1,5	0,88	0,78	5	15	0,8	0,9	5

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 9

ТЕМА: Внутренние электропроводки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт внутренних проводок по условию допустимого нагрева с учётом защиты автоматическими выключателями.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора сечения внутренних электропроводок при защите автоматическими выключателями; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться справочной литературой.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Пояснить действие защиты при перегрузках.
2. Пояснить действие защиты при коротком замыкании.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему, представленную в задании, установив автоматические выключатели для защиты линий, питающих нагрузку Рл, электродвигатель М1, электродвигатель М2 и между щитами РЩ1–РЩ2.

ЗАДАНИЕ №3.

Определить значение расчетного тока линии, питающей нагрузку Рл. Определить ток теплового и электромагнитного расцепителя для защиты линии, питающей нагрузку Рл. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ЗАДАНИЕ №4.

Определить значение расчетного тока линии, питающей электродвигатель М1. Определить пусковой ток электродвигателя. Определить ток теплового и электромагнитного расцепителя для защиты линии, питающей электродвигатель

М1. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ЗАДАНИЕ №5.

Определить значение расчетного тока линии, питающей электродвигатель М2. Определить пусковой ток электродвигателя. Определить ток теплового и электромагнитного расцепителя для защиты линии, питающей электродвигатель М2. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ЗАДАНИЕ №6.

Определить значение расчетного тока линии между щитами РЩ1–РЩ2. Определить значение максимального тока линии между щитами РЩ1–РЩ2. Определить ток теплового и электромагнитного расцепителя для защиты линии между щитами РЩ1–РЩ2. Написать условие определения допустимого тока провода. Выбрать сечение провода и написать значение допустимого тока.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задания.
3. Выполнить необходимые расчёты.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

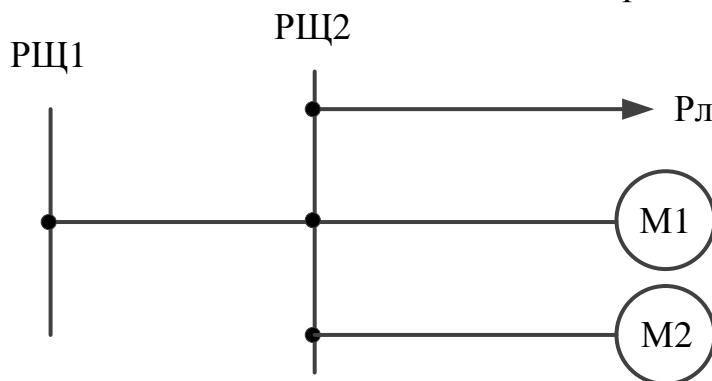
1. Перечислить марки автоматических выключателей для защиты силовых электропроводок.
2. Выполнить проверку несрабатывания выбранных автоматических выключателей при пуске электродвигателя.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Схема для расчета:



Коэффициент одновременности включения линий $K_0 = 1$; напряжение линий $U_{ном.} = 0,38$ кВ.

Вариант	$P_{л},$ кВт	$\cos \varphi_{л}$	$P_{н.д.1},$ кВт	\cos $\varphi_{дв.1}$	η_1	$K_{п1}$	$P_{н.д.2},$ кВт	\cos $\varphi_{дв.2}$	η_2	$K_{п2}$
1	4	0,9	11	0,88	0,92	5	30	0,82	0,9	6
2	9	0,95	15	0,83	0,91	5	1,5	0,84	0,92	5
3	15	1	7	0,84	0,9	5	15	0,86	0,94	5
4	11	0,95	5	0,81	0,88	4	30	0,88	0,88	6
5	8	0,9	3	0,82	0,89	4	11	0,8	0,86	5
6	5	0,95	1,5	0,87	0,85	4	22	0,82	0,84	6
7	21	1	30	0,86	0,84	7	5	0,84	0,82	4
8	17	0,95	21	0,82	0,83	6	7	0,86	0,8	5
9	19	0,9	22	0,88	0,82	6	11	0,88	0,9	6
10	22	1	24	0,83	0,81	6	15	0,8	0,92	6
11	10	0,95	26	0,84	0,8	5	1,5	0,82	0,94	4
12	24	0,9	15	0,81	0,78	6	5	0,84	0,88	4
13	23	0,95	7,5	0,82	0,79	5	21	0,86	0,86	6
14	28	1	5,5	0,87	0,92	5	15	0,88	0,84	6
15	26	0,95	11	0,86	0,91	6	30	0,8	0,82	7
16	29	1	30	0,82	0,9	6	5	0,82	0,8	5
17	15	0,95	22	0,88	0,88	5	7	0,84	0,9	6
18	16	0,9	27	0,83	0,89	4	11	0,86	0,92	6
19	12	0,95	21	0,84	0,85	5	15	0,88	0,94	6
20	11	0,85	11	0,81	0,84	5	5,5	0,8	0,88	5
21	22	0,9	15	0,82	0,83	6	7,5	0,82	0,86	5
22	25	1	24	0,87	0,82	7	11	0,84	0,84	6
23	24	0,95	15	0,86	0,81	7	3	0,86	0,82	4
24	16	0,9	30	0,82	0,8	6	5	0,88	0,8	4
25	12	1	1,5	0,88	0,78	5	15	0,8	0,9	5

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 10

ТЕМА: Внутренние электропроводки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Монтаж внутренних электропроводок.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику монтажа внутренних электропроводок. Воспитание профессиональных качеств будущей профессии.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Безопасно выполнять монтажные работы.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература;
4. монтажный стенд.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Собрать схему соединения электропроводки с электродвигателем, защитной аппаратурой, пускорегулирующей аппаратурой.
2. Собрать схему соединения электропроводки с системой заземления TN-C-S с ответвительной коробкой, счетчиком учета электроэнергии, нагрузками в виде бытовых электроприборов.
3. Соберите схему соединений проводов в ответвительных коробках.
4. Составьте схему электропроводок на плане условного помещения и расчетную схему.
5. После согласования схем с преподавателем – прозвоните и соедините провода в ответвительных коробках. *Прежде чем собирать схему, убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель, питающий стенд. Убедитесь в целостности лабораторного оборудования и соединительных проводов.*
6. Измерьте сопротивления изоляции электропроводок и заполните протокол замеров.

7. После проверки преподавателем правильности проведенных коммутаций проводов в распределительных коробках, осуществите подачу напряжения на стенд.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Начертить схемы, собранные на стендах.
5. Запишите технические данные электроприборов.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Контрольные вопросы:

1. Перечислите технические условия на монтаж электропроводок.
2. Перечислите требования к монтажу выключателей, патронов, розеток.
3. Назначение и содержание проекта производства работ.
4. В чем заключается монтаж электропроводок промышленными методами?
5. Как составить схему соединений узла электропроводок?
6. Расскажите об особенностях системы TN-C-S.
7. Расскажите, как на вводе в здание выполняется система уравнивания потенциалов.
8. Укажите основные преимущества монтажа электропроводки в каналах и коробах ДКС.
9. Расскажите технологию монтажа электропроводки в коробах в бетонном полу.
10. Расскажите технологию монтажа электропроводки в коробах под фальшполами.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 11

ТЕМА: Электрические нагрузки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Определение нагрузок в сетях 0,38кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета нагрузок различными методами; воспитание таких профессиональных качеств, как умение принимать решения в различных ситуациях и пользоваться справочной литературой, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать нагрузки в электрических сетях.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Пояснить, в каком случае применяется метод коэффициента одновременности нагрузок.
2. Пояснить, в каком случае применяется метод добавок.
3. Пояснить, какая линия может считаться магистральной.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему № 1 и данные из таблицы заданий № 1. Записать формулу расчета нагрузок для всей линии по методу коэффициента одновременности. Рассчитать активную и полную мощности линии. Данные по коэффициентам одновременности взять из таблицы.

Таблица коэффициентов одновременности для суммирования электрических нагрузок потребителей в сетях 0,38 кВ:

Число потребителей	Жилые дома с нагрузкой на вводе		Жилые дома с электроплитами и водонагревателями	Производственные потребители
	До 2 кВт/дом	Свыше 2 кВт/дом		
2	0,76	0,75	0,73	0,85
3	0,66	0,64	0,62	0,80
5	0,55	0,53	0,50	0,75
10	0,44	0,42	0,38	0,65
20	0,37	0,34	0,29	0,55
50	0,3	0,27	0,22	0,47
100	0,26	0,24	0,17	0,40
200	0,24	0,2	0,15	0,35
500 и более	0,22	0,18	0,12	0,30

ЗАДАНИЕ №3.

Выписать данные своего варианта из таблицы заданий № 2. Записать формулу расчета нагрузок для всей линии по методу добавок. Рассчитать активную и полную мощности линии схемы № 1. Данные добавок взять из таблицы.

Таблица для суммирования нагрузок в сетях 0,38 кВ:

S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS
0,2	0,2	11	6,7	36	23,5	61	41,7	102	70	152	110	202	152	252	192
0,3	0,2	12	7,3	37	24,2	62	42,4	104	72	154	111	204	153	254	193
0,4	0,3	13	7,9	38	25	63	43,1	106	73	156	113	206	155	256	195
0,5	0,3	14	8,5	39	25,8	64	43,8	108	75	158	114	208	156	258	196
0,6	0,4	15	9,2	40	26,5	65	44,5	110	76	160	116	210	158	260	198
0,8	0,5	16	9,8	41	27,2	66	45,2	112	78	162	117	212	160	262	200
1	0,6	17	10,5	42	28	67	45,6	114	80	164	119	214	161	264	201
1,5	0,9	18	11,2	43	28,8	68	46,6	116	81	166	120	216	163	266	203
2	1,2	19	11,8	44	29,5	69	47,3	118	82	168	122	218	164	268	204
2,5	1,5	20	12,5	45	30,2	70	47	120	84	170	123	220	166	270	206
3	1,8	21	13,1	46	31	72	49,4	122	86	172	124	222	168	272	208
3,5	2,1	22	13,6	47	31,8	74	50,2	124	87	174	126	224	169	274	209
4	2,4	23	14,4	48	32,5	76	52,2	126	89	176	127	226	171	276	211
4,5	2,7	24	15	49	33,2	78	53,6	128	90	178	129	228	172	278	212
5	3,0	25	15,7	50	34	80	55	130	92	180	130	230	174	280	214
5,5	3,3	26	16,4	51	34,7	82	56,4	132	94	182	132	232	176	282	216
6	3,6	27	17	52	35,4	84	57,8	134	95	184	134	234	177	284	217
6,5	3,9	28	17,7	53	36,1	86	59,2	136	97	186	136	236	179	286	219
7	4,2	29	18,4	54	36,8	88	60,6	138	98	188	138	238	180	288	220
7,5	4,5	30	19	55	37,5	90	62	140	100	190	140	240	182	290	222
8	4,8	31	19,7	56	38,2	92	63,4	142	102	192	142	242	184	292	224
8,5	5,1	32	20,4	57	38,9	94	64,8	144	103	194	144	244	185	294	225
9	5,4	33	21,2	58	39,6	96	66,2	146	105	196	146	246	187	296	227
9,5	5,7	34	22	59	40,3	98	67,6	148	106	198	148	248	188	298	228
10	6,0	35	22,8	60	41	100	69	150	108	200	150	250	190	300	230

ЗАДАНИЕ №4.

Начертить схему № 2 и взять данные для своего варианта. Определить магистральную часть линии и ответвления. Рассчитать активную и полную мощности на ответвлениях методом, подходящим для расчета.

ЗАДАНИЕ №5.

Рассчитать активную и полную мощности магистральной линии методом добавок. Определить значение уточненного коэффициента мощности по формуле:

$$\cos \varphi = P_p / S_p$$

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

3. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.

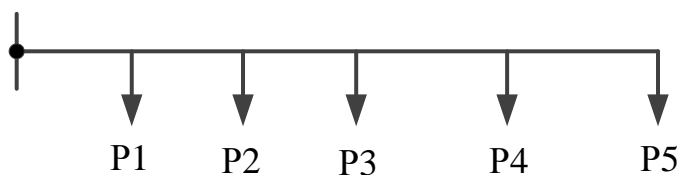
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
4. Справочная литература

Варианты заданий

Схема № 1:

Шины 0,4 кВ



Напряжение линии $U_{\text{ном.}} = 0,38$ кВ.

Таблица заданий № 1. Нагрузки с одинаковыми коэффициентами мощностей.

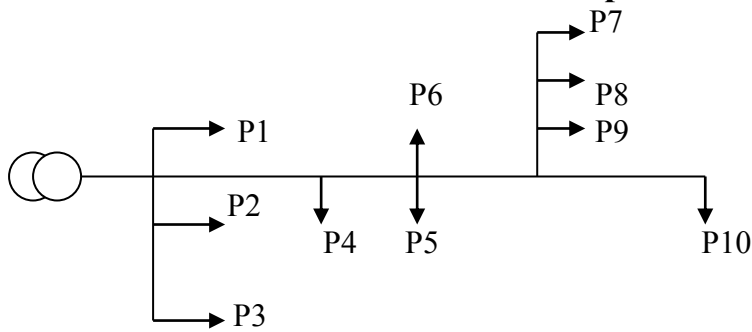
Вариант	P1	P2	P3	P4	P5	cos φ
1	15	18	14	19	25	0,8
2	20	14	18	5	20	0,8
3	9	26	19	26	10	0,8
4	20	27	24	30	31	0,8
5	30	26	15	18	9	0,8
6	21	5	15	18	30	0,8
7	12	18	20	22	31	0,8
8	9	16	19	25	22	0,8
9	29	37	9	24	10	0,8
10	15	20	30	41	18	0,8
11	5	18	15	9	27	0,8
12	21	15	24	18	9	0,8
13	30	20	10	15	15	0,8
14	5	5	5	30	24	0,8
15	26	31	40	10	15	0,8
16	10	8	15	26	30	0,8
17	18	28	30	14	10	0,8
18	21	27	35	28	14	0,8
19	10	17	15	28	35	0,8
20	35	35	25	20	7	0,8
21	22	33	17	28	10	0,8
22	30	15	35	19	5	0,8
23	25	21	35	30	15	0,8
24	37	34	26	20	7	0,8
25	24	34	18	20	10	0,8

Таблица заданий № 2. Нагрузки с разными коэффициентами мощностей.

Вариант	P1	cos φ_1	P2	cos φ_2	P3	cos φ_3	P4	cos φ_4	P5	cos φ_5
1	15	0,96	18	0,9	14	0,85	19	0,8	25	0,78
2	20	0,85	14	0,96	18	0,8	5	0,85	20	0,8
3	9	0,96	26	0,8	19	0,86	26	0,78	10	0,85
4	20	0,8	27	0,85	24	0,78	30	0,75	31	0,84
5	30	0,78	26	0,8	15	0,9	18	0,96	9	0,8
6	21	0,75	5	0,96	15	0,9	18	0,96	30	0,85
7	12	0,85	18	0,85	20	0,8	22	0,78	31	0,78
8	9	0,96	16	0,9	19	0,87	25	0,85	22	0,9
9	29	0,85	37	0,78	9	0,96	24	0,8	10	0,85
10	15	0,9	20	0,8	30	0,75	41	0,78	18	0,8
11	5	0,96	18	0,85	15	0,9	9	0,96	27	0,78
12	21	0,85	15	0,9	24	0,8	18	0,85	9	0,96
13	30	0,75	20	0,85	10	0,9	15	0,96	15	0,96
14	5	0,96	5	0,96	5	0,96	30	0,78	24	0,8
15	26	0,85	31	0,8	40	0,78	10	0,8	15	0,87
16	10	0,9	8	0,96	15	0,85	26	0,82	30	0,85
17	18	0,9	28	0,8	30	0,78	14	0,9	10	0,8
18	21	0,8	27	0,78	35	0,75	28	0,85	14	0,96
19	10	0,85	17	0,8	15	0,9	28	0,85	35	0,8
20	35	0,75	35	0,78	25	0,85	20	0,8	7	0,96
21	22	0,78	33	0,75	17	0,8	28	0,85	10	0,8
22	30	0,8	15	0,8	35	0,78	19	0,8	5	0,96
23	25	0,8	21	0,8	35	0,78	30	0,75	15	0,85
24	37	0,8	34	0,75	26	0,75	20	0,85	7	0,96
25	24	0,85	34	0,78	18	0,8	20	0,81	10	0,8

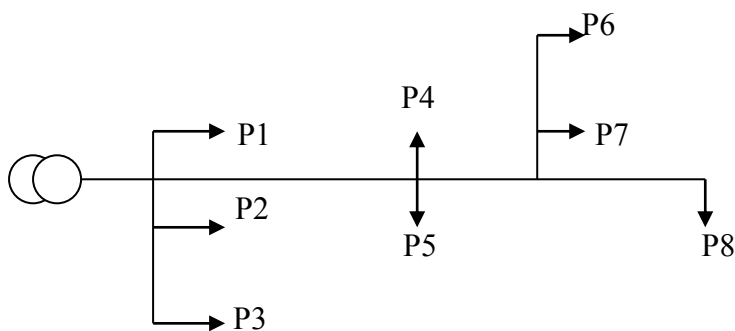
Варианты для выполнения заданий №4 и №5.

1 вариант



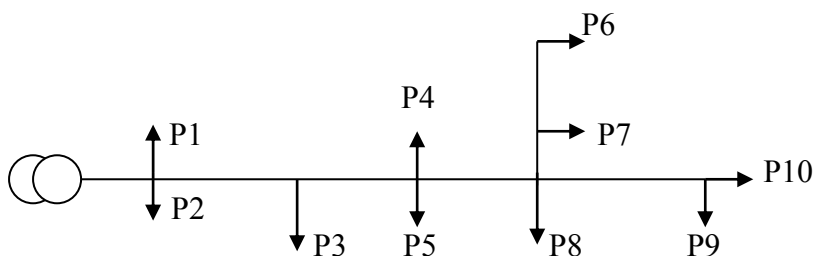
$P_1=14\text{кВт}$, $P_2=12\text{кВт}$, $P_3=25\text{кВ}$, $P_4=40\text{кВт}$, $P_5=15\text{кВт}$, $P_6=19\text{кВт}$, $P_7=22\text{кВт}$, $P_8=25\text{кВт}$, $P_9=14\text{кВт}$, $P_{10}=37\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,85$; $\cos \varphi_5=0,8$; $\cos \varphi_6=0,75$; $\cos \varphi_7=0,85$; $\cos \varphi_8=0,80$; $\cos \varphi_9=0,78$; $\cos \varphi_{10}=0,75$

2 вариант



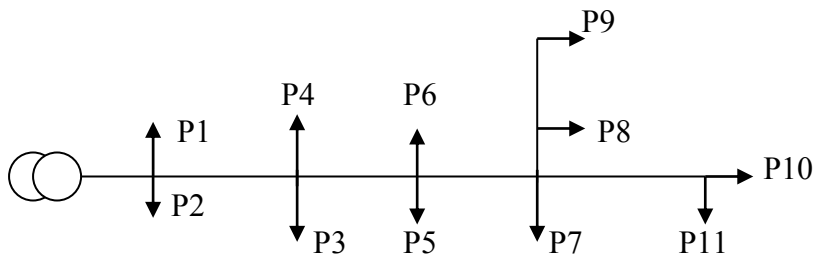
$P_1=26\text{ кВт}$, $P_2=16\text{ кВт}$, $P_3=32\text{ кВт}$, $P_4=20\text{кВт}$, $P_5=19\text{ кВт}$, $P_6=27\text{ кВт}$, $P_7=21\text{ кВт}$, $P_8=28\text{ кВт}$.
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$; $\cos \varphi_8=0,80$.

3 вариант



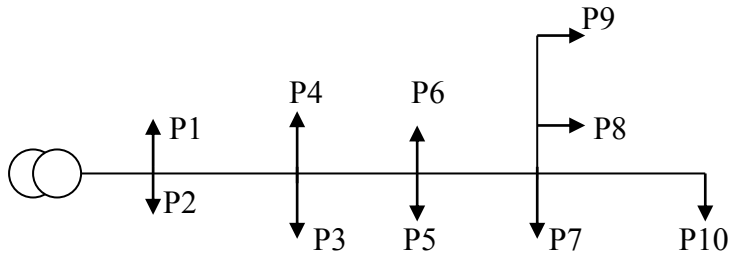
$P_1=22\text{ кВт}$, $P_2=17\text{ кВт}$, $P_3=19\text{ кВт}$, $P_4=27\text{кВт}$, $P_5=20\text{ кВт}$, $P_6=35\text{ кВт}$, $P_7=31\text{ кВт}$, $P_8=17\text{ кВт}$, $P_9=27\text{ кВт}$, $P_{10}=21\text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,8$; $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,85$

4 вариант



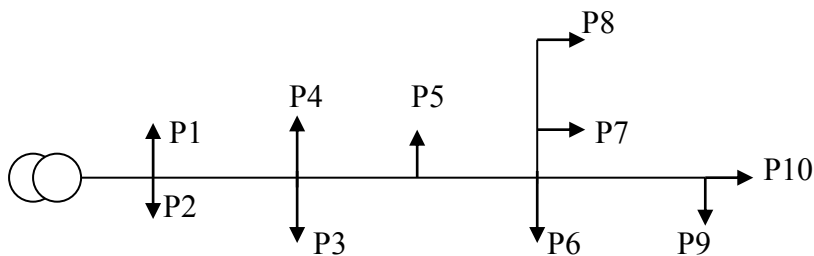
$P_1=26 \text{ кВт}$, $P_2=27 \text{ кВт}$, $P_3=39 \text{ кВт}$, $P_4=17 \text{ кВт}$, $P_5=30 \text{ кВт}$, $P_6=32 \text{ кВт}$, $P_7=22 \text{ кВт}$, $P_8=27 \text{ кВт}$,
 $P_9=16 \text{ кВт}$, $P_{10}=11 \text{ кВт}$, $P_{11}=18 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,8$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,75$; $\cos \varphi_{11}=0,8$

5 вариант



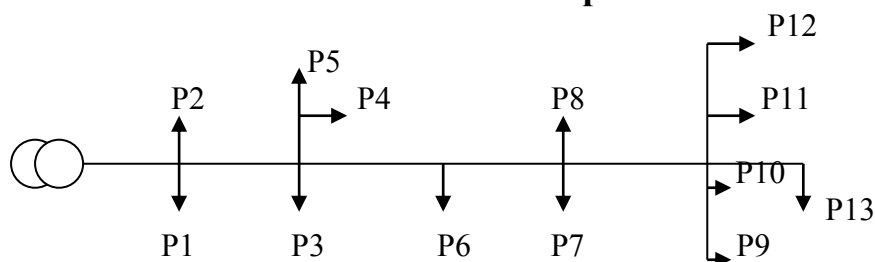
$P_1=28 \text{ кВт}$, $P_2=21 \text{ кВт}$, $P_3=14 \text{ кВт}$, $P_4=18 \text{ кВт}$, $P_5=22 \text{ кВт}$, $P_6=27 \text{ кВт}$, $P_7=19 \text{ кВт}$, $P_8=23 \text{ кВт}$,
 $P_9=15 \text{ кВт}$, $P_{10}=17 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,8$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$;
 $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,7$; $\cos \varphi_{10}=0,75$;

6 вариант



$P_1=18 \text{ кВт}$, $P_2=33 \text{ кВт}$, $P_3=41 \text{ кВт}$, $P_4=25 \text{ кВт}$, $P_5=32 \text{ кВт}$, $P_6=17 \text{ кВт}$, $P_7=18 \text{ кВт}$, $P_8=24 \text{ кВт}$,
 $P_9=24 \text{ кВт}$, $P_{10}=27 \text{ кВт}$
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,78$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$;
 $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,7$; $\cos \varphi_{10}=0,75$

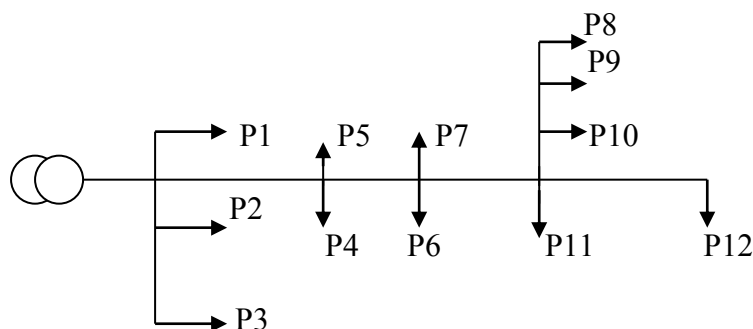
7 вариант



$P_1=14 \text{ кВт}$, $P_2=17 \text{ кВт}$, $P_3=21 \text{ кВт}$, $P_4=25 \text{ кВт}$, $P_5=19 \text{ кВт}$, $P_6=13 \text{ кВт}$, $P_7=27 \text{ кВт}$, $P_8=28 \text{ кВт}$, $P_9=14 \text{ кВт}$, $P_{10}=27 \text{ кВт}$, $P_{11}=21 \text{ кВт}$, $P_{12}=18 \text{ кВт}$, $P_{13}=30 \text{ кВт}$

$\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,78$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$; $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,7$; $\cos \varphi_{10}=0,78$; $\cos \varphi_{11}=0,78$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $\cos \varphi_{13}=0,85$

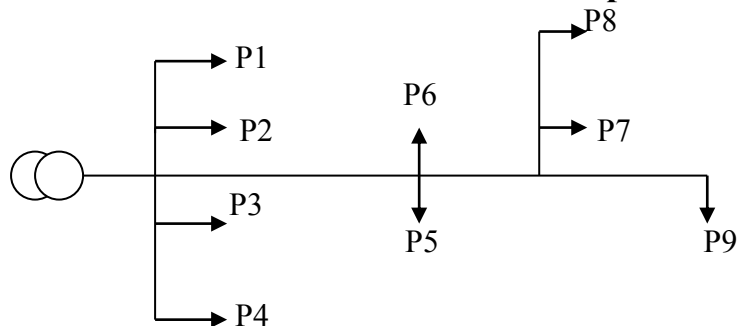
8 вариант



$P_1=24 \text{ кВт}$, $P_2=16 \text{ кВт}$, $P_3=15 \text{ кВт}$, $P_4=20 \text{ кВт}$, $P_5=29 \text{ кВт}$, $P_6=26 \text{ кВт}$, $P_7=22 \text{ кВт}$, $P_8=15 \text{ кВт}$, $P_9=11 \text{ кВт}$, $P_{10}=22 \text{ кВт}$, $P_{11}=21 \text{ кВт}$, $P_{12}=27 \text{ кВт}$

$\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,80$; $\cos \varphi_5=0,83$; $\cos \varphi_6=0,75$; $\cos \varphi_7=0,75$; $\cos \varphi_8=0,80$; $\cos \varphi_9=0,78$; $\cos \varphi_{10}=0,75$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $\cos \varphi_{12}=0,85$.

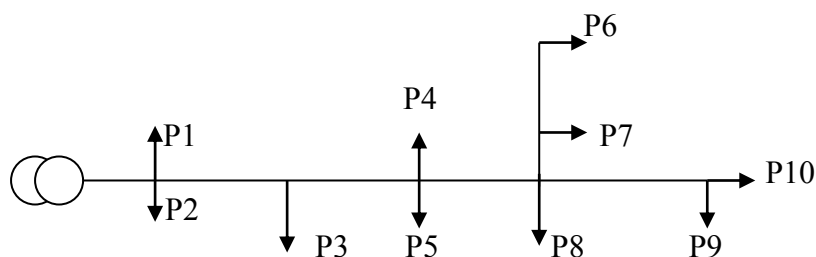
9 вариант



$P_1=16 \text{ кВт}$, $P_2=19 \text{ кВт}$, $P_3=22 \text{ кВт}$, $P_4=20 \text{ кВт}$, $P_5=19 \text{ кВт}$, $P_6=15 \text{ кВт}$, $P_7=21 \text{ кВт}$, $P_8=18 \text{ кВт}$, $P_9=18 \text{ кВт}$.

$\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$; $\cos \varphi_8=0,80$; $\cos \varphi_9=0,80$.

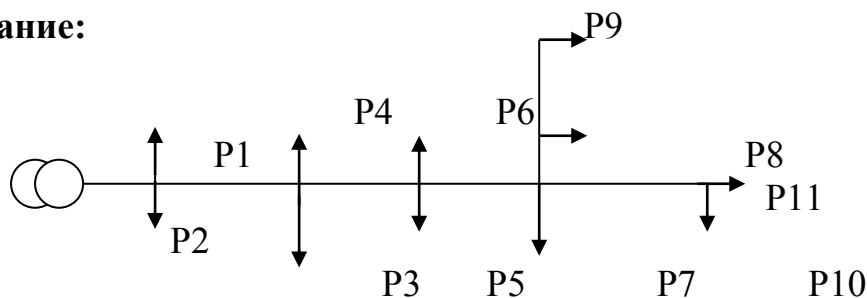
10 вариант



$P_1=22 \text{ кВт}$, $P_2=37 \text{ кВт}$, $P_3=19 \text{ кВт}$, $P_4=27 \text{ кВт}$, $P_5=30 \text{ кВт}$, $P_6=25 \text{ кВт}$, $P_7=21 \text{ кВт}$, $P_8=17 \text{ кВт}$,
 $P_9=17 \text{ кВт}$, $P_{10}=21 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,8$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,85$

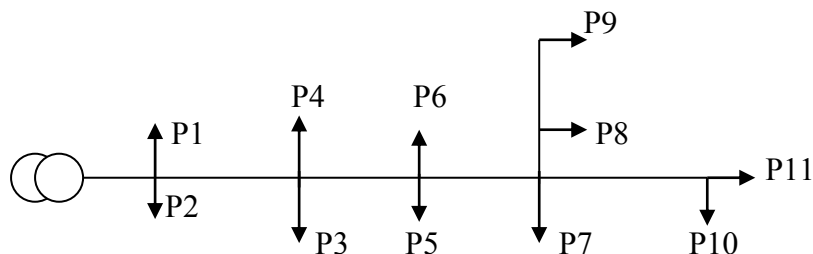
11 вариант

2 задание:



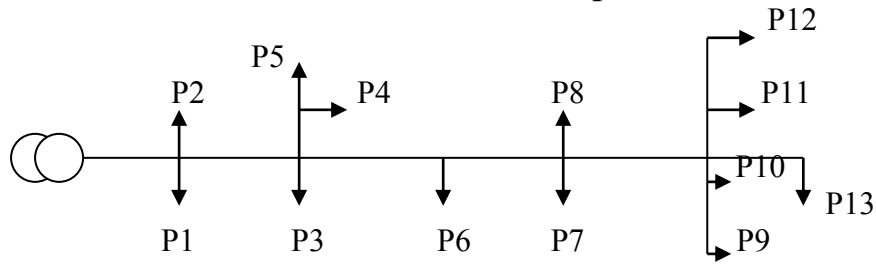
$P_1=28 \text{ кВт}$, $P_2=21 \text{ кВт}$, $P_3=18 \text{ кВт}$, $P_4=18 \text{ кВт}$, $P_5=19 \text{ кВт}$, $P_6=27 \text{ кВт}$, $P_7=22 \text{ кВт}$, $P_8=20 \text{ кВт}$,
 $P_9=35 \text{ кВт}$, $P_{10}=21 \text{ кВт}$, $P_{11}=37 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,8$; $\cos \varphi_7=0,85$;
 $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,7$; $\cos \varphi_{10}=0,75$; $\cos \varphi_{11}=0,85$

12 вариант



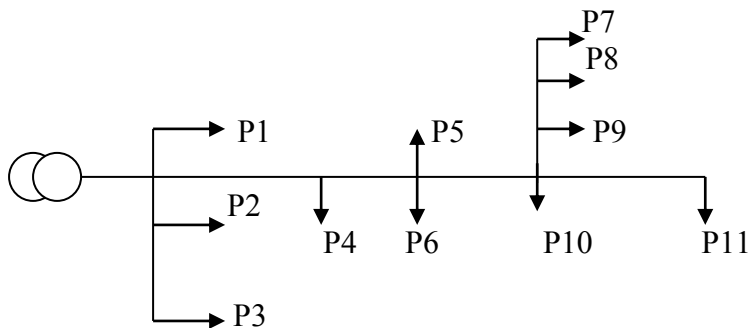
$P_1=16 \text{ кВт}$, $P_2=36 \text{ кВт}$, $P_3=31 \text{ кВт}$, $P_4=25 \text{ кВт}$, $P_5=30 \text{ кВт}$, $P_6=17 \text{ кВт}$, $P_7=28 \text{ кВт}$, $P_8=24 \text{ кВт}$,
 $P_9=21 \text{ кВт}$, $P_{10}=22 \text{ кВт}$, $P_{11}=17 \text{ кВт}$
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,78$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$;
 $\cos \varphi_7=0,85$; $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,78$; $\cos \varphi_{11}=0,8$

13 вариант



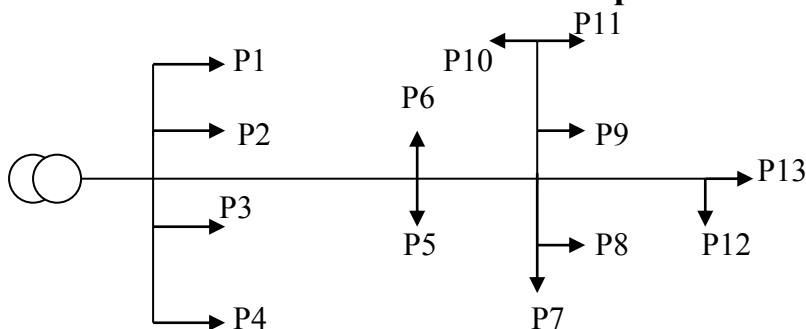
$P_1=14 \text{ кВт}$, $P_2=17 \text{ кВт}$, $P_3=21 \text{ кВт}$, $P_4=25 \text{ кВт}$, $P_5=19 \text{ кВт}$, $P_6=13 \text{ кВт}$, $P_7=27 \text{ кВт}$, $P_8=28 \text{ кВт}$,
 $P_9=14 \text{ кВт}$, $P_{10}=27 \text{ кВт}$, $P_{11}=21 \text{ кВт}$, $P_{12}=18 \text{ кВт}$, $P_{13}=30 \text{ кВт}$
 $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,78$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$;
 $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,7$; $\cos \varphi_{10}=0,78$; $\cos \varphi_{11}=0,78$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $\cos \varphi_{13}=0,85$

14 вариант



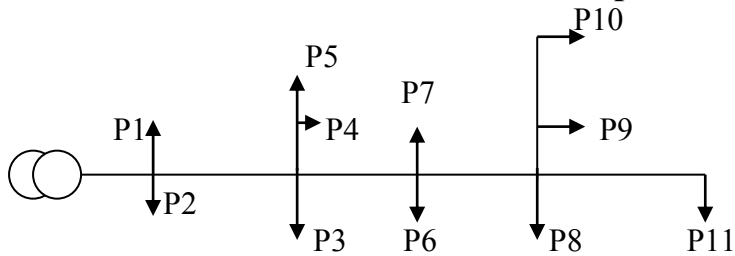
$P_1=24 \text{ кВт}$, $P_2=16 \text{ кВт}$, $P_3=25 \text{ кВт}$, $P_4=26 \text{ кВт}$, $P_5=19 \text{ кВт}$, $P_6=21 \text{ кВт}$, $P_7=22 \text{ кВт}$, $P_8=15 \text{ кВт}$,
 $P_9=17 \text{ кВт}$, $P_{10}=29 \text{ кВт}$, $P_{11}=22 \text{ кВт}$.
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,80$; $\cos \varphi_5=0,8$; $\cos \varphi_6=0,75$; $\cos \varphi_7=0,75$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,78$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $\cos \varphi_{11}=0,8$.

15 вариант



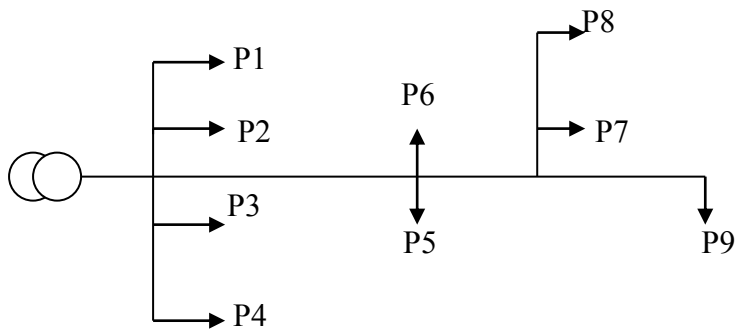
$P_1=16 \text{ кВт}$, $P_2=19 \text{ кВт}$, $P_3=26 \text{ кВт}$, $P_4=13 \text{ кВт}$, $P_5=12 \text{ кВт}$, $P_6=21 \text{ кВт}$, $P_7=19 \text{ кВт}$, $P_8=18 \text{ кВт}$.
 $P_9=18 \text{ кВт}$, $P_{10}=19 \text{ кВт}$, $P_{11}=34 \text{ кВт}$, $P_{12}=29 \text{ кВт}$, $P_{13}=24 \text{ кВт}$.
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,8$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,8$; $\cos \varphi_{10}=0,78$; $\cos \varphi_{11}=0,85$; $\cos \varphi_{12}=0,8$; $\cos \varphi_{13}=0,85$

16 вариант



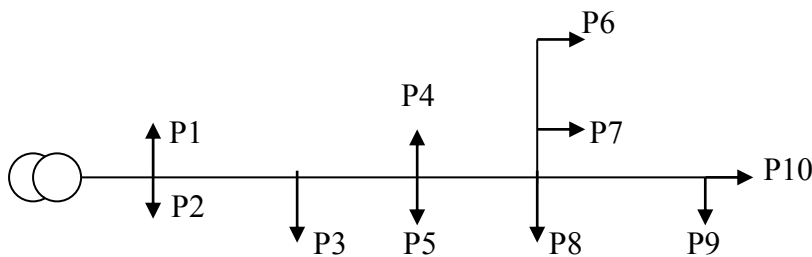
$P_1=12 \text{ кВт}$, $P_2=27 \text{ кВт}$, $P_3=19 \text{ кВт}$, $P_4=27 \text{ кВт}$, $P_5=10 \text{ кВт}$, $P_6=15 \text{ кВт}$, $P_7=21 \text{ кВт}$, $P_8=27 \text{ кВт}$,
 $P_9=17 \text{ кВт}$, $P_{10}=27 \text{ кВт}$, $P_{11}=17 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,85$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,75$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $\cos \varphi_{11}=0,85$

17 вариант



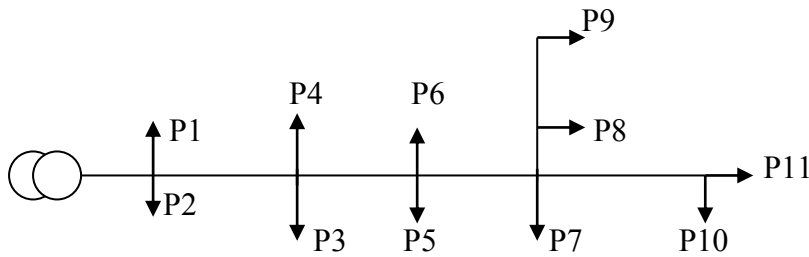
$P_1=16 \text{ кВт}$, $P_2=23 \text{ кВт}$, $P_3=22 \text{ кВт}$, $P_4=20 \text{ кВт}$, $P_5=17 \text{ кВт}$, $P_6=15 \text{ кВт}$, $P_7=32 \text{ кВт}$, $P_8=13 \text{ кВт}$.
 $P_9=14 \text{ кВт}$;
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,8$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,78$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$;
 $\cos \varphi_8=0,80$; $\cos \varphi_9=0,80$.

18 вариант



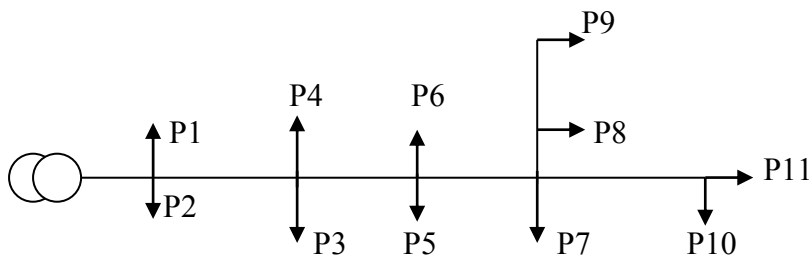
$P_1=11 \text{ кВт}$, $P_2=14 \text{ кВт}$, $P_3=22 \text{ кВт}$, $P_4=17 \text{ кВт}$, $P_5=28 \text{ кВт}$, $P_6=21 \text{ кВт}$, $P_7=11 \text{ кВт}$, $P_8=9 \text{ кВт}$,
 $P_9=24 \text{ кВт}$, $P_{10}=25 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,8$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,85$

19 вариант



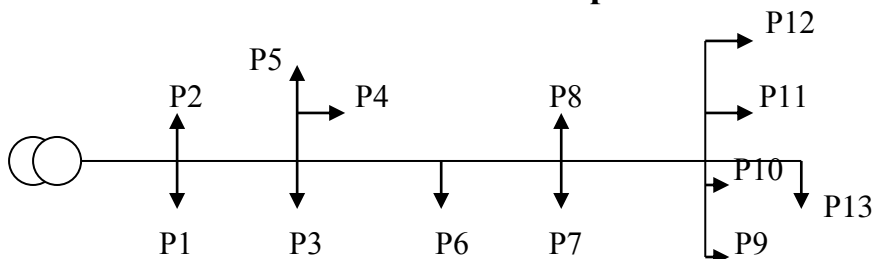
$P_1=18 \text{ кВт}$, $P_2=26 \text{ кВт}$, $P_3=20 \text{ кВт}$, $P_4=14 \text{ кВт}$, $P_5=12 \text{ кВт}$, $P_6=23 \text{ кВт}$, $P_7=26 \text{ кВт}$,
 $P_8=23 \text{ кВт}$, $P_9=15 \text{ кВт}$, $P_{10}=21 \text{ кВт}$, $P_{11}=23 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,8$; $\cos \varphi_7=0,85$;
 $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,8$; $\cos \varphi_{10}=0,75$; $\cos \varphi_{11}=0,85$

20 вариант



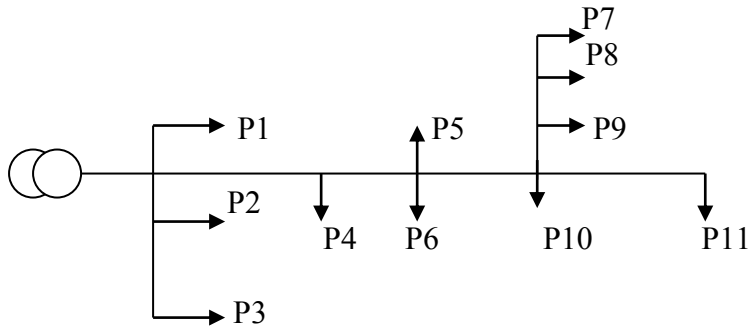
$P_1=16 \text{ кВт}$, $P_2=24 \text{ кВт}$, $P_3=26 \text{ кВт}$, $P_4=21 \text{ кВт}$, $P_5=27 \text{ кВт}$, $P_6=17 \text{ кВт}$, $P_7=22 \text{ кВт}$, $P_8=16 \text{ кВт}$,
 $P_9=21 \text{ кВт}$, $P_{10}=22 \text{ кВт}$, $P_{11}=28 \text{ кВт}$
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,78$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$;
 $\cos \varphi_7=0,85$; $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,78$; $\cos \varphi_{11}=0,8$

21 вариант



$P_1=14 \text{ кВт}$, $P_2=17 \text{ кВт}$, $P_3=16 \text{ кВт}$, $P_4=25 \text{ кВт}$, $P_5=19 \text{ кВт}$, $P_6=12 \text{ кВт}$, $P_7=27 \text{ кВт}$, $P_8=18 \text{ кВт}$,
 $P_9=11 \text{ кВт}$, $P_{10}=27 \text{ кВт}$, $P_{11}=17 \text{ кВт}$, $P_{12}=18 \text{ кВт}$, $P_{13}=23 \text{ кВт}$
 $\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,78$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,85$;
 $\cos \varphi_8=0,8$; $\cos \varphi_9=0,7$; $\cos \varphi_{10}=0,78$; $\cos \varphi_{11}=0,78$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $\cos \varphi_{13}=0,85$

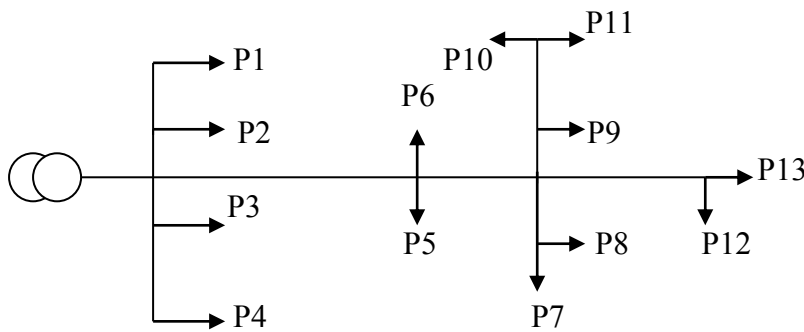
22 вариант



$P_1=16\text{кВт}$, $P_2=14\text{кВт}$, $P_3=21\text{кВ}$, $P_4=28\text{кВт}$, $P_5=12\text{кВт}$, $P_6=23\text{кВт}$, $P_7=26\text{кВт}$, $P_8=15\text{кВт}$,
 $P_9=13\text{кВт}$, $P_{10}=16\text{кВт}$, $P_{11}=22\text{кВт}$.

$\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,80$; $\cos \varphi_5=0,8$; $\cos \varphi_6=0,75$;
 $\cos \varphi_7=0,75$; $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,8$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $\cos \varphi_{11}=0,8$.

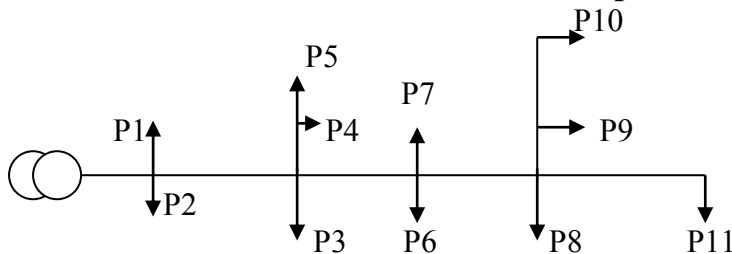
23 вариант



$P_1=22\text{ кВт}$, $P_2=25\text{ кВт}$, $P_3=16\text{ кВ}$, $P_4=26\text{ кВт}$, $P_5=32\text{ кВт}$, $P_6=21\text{ кВт}$, $P_7=19\text{ кВт}$, $P_8=12\text{ кВт}$.
 $P_9=18\text{ кВт}$, $P_{10}=19\text{ кВт}$, $P_{11}=24\text{ кВт}$, $P_{12}=29\text{кВт}$, $P_{13}=21\text{ кВт}$.

$\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,8$; $\cos \varphi_3=0,8$; $\cos \varphi_4=0,8$; $\cos \varphi_5=0,78$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,8$; $\cos \varphi_{10}=0,78$; $\cos \varphi_{11}=0,85$; $\cos \varphi_{12}=0,8$; $\cos \varphi_{13}=0,85$

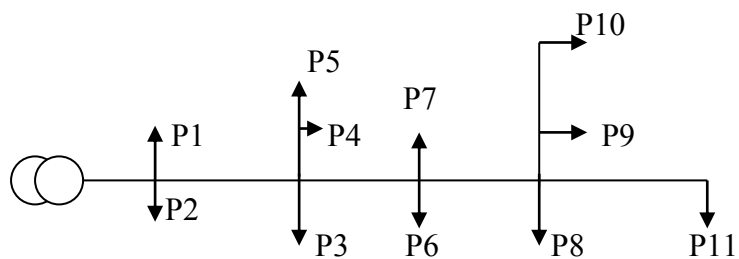
24 вариант



$P_1=19\text{ кВт}$, $P_2=15\text{ кВт}$, $P_3=27\text{ кВ}$, $P_4=20\text{кВт}$, $P_5=15\text{ кВт}$, $P_6=18\text{ кВт}$, $P_7=21\text{ кВт}$, $P_8=29\text{ кВт}$,
 $P_9=17\text{ кВт}$, $P_{10}=27\text{ кВт}$, $P_{11}=18\text{ кВт}$,

$\cos \varphi_1=0,8$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,85$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,75$; $\cos \varphi_6=0,85$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $\cos \varphi_{11}=0,85$

25 вариант



$P_1=19 \text{ кВт}$, $P_2=25 \text{ кВт}$, $P_3=27 \text{ кВт}$, $P_4=20 \text{ кВт}$, $P_5=15 \text{ кВт}$, $P_6=18 \text{ кВт}$, $P_7=21 \text{ кВт}$, $P_8=19 \text{ кВт}$,
 $P_9=17 \text{ кВт}$, $P_{10}=17 \text{ кВт}$, $P_{11}=18 \text{ кВт}$,
 $\cos \varphi_1=0,85$; $\cos \varphi_2=0,85$; $\cos \varphi_3=0,85$; $\cos \varphi_4=0,75$; $\cos \varphi_5=0,75$; $\cos \varphi_6=0,8$; $\cos \varphi_7=0,8$;
 $\cos \varphi_8=0,85$; $\cos \varphi_9=0,75$; $\cos \varphi_{10}=0,75$; $\cos \varphi_{11}=0,85$

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 12

ТЕМА: Электрические нагрузки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Определение нагрузок в сетях 10 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета нагрузок в сетях 10 кВ; воспитание таких профессиональных качеств, как умение принимать решения в различных ситуациях и пользоваться справочной литературой, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать нагрузки в электрических сетях.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить расчетную схему, данные своего варианта записать из таблицы заданий. Определить активную и полную мощности каждой ТП-10/0,4 кВ с учетом коэффициента роста нагрузок.

Таблица роста нагрузок действующих подстанций напряжением 10/0,4 кВ:

Потребители	Расчетный год			
	5-й	7-й	10-й	12-й
Коммунально-бытовые	1,2	1,3	1,8	2
Производственные	1,3	1,4	2,1	2,4
Смешанные	1,3	1,4	2	2,2

ЗАДАНИЕ №3.

Рассчитать активную и полную мощности на ответвлениях методом коэффициента одновременности, пользуясь таблицей.

Таблица коэффициентов одновременности для суммирования электрических нагрузок ТП-10/0,4 кВ:

Коэффициенты одновременности для суммирования электрических нагрузок ТП 10/0,4 кВ в сетях 10 кВ							
Число ТП	1	2	3	5	10	20	25 и более
K_o	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65

ЗАДАНИЕ №4.

Рассчитать активную и полную мощности магистральной линии методом добавок, учитывая каждый участок. Коэффициент мощности выбрать из таблицы.

Коэффициенты мощности подстанций напряжением 10/0,4 кВ:

Нагрузка ТП-10/0,4 кВ	$\cos \varphi_{\text{дн.}}$	$\cos \varphi_{\text{всч.}}$
Производственная	0,7	0,75
Коммунально-бытовая	0,9	0,92
Смешанная	0,8	0,83

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схему.
3. Выполнить поочередно все задания.

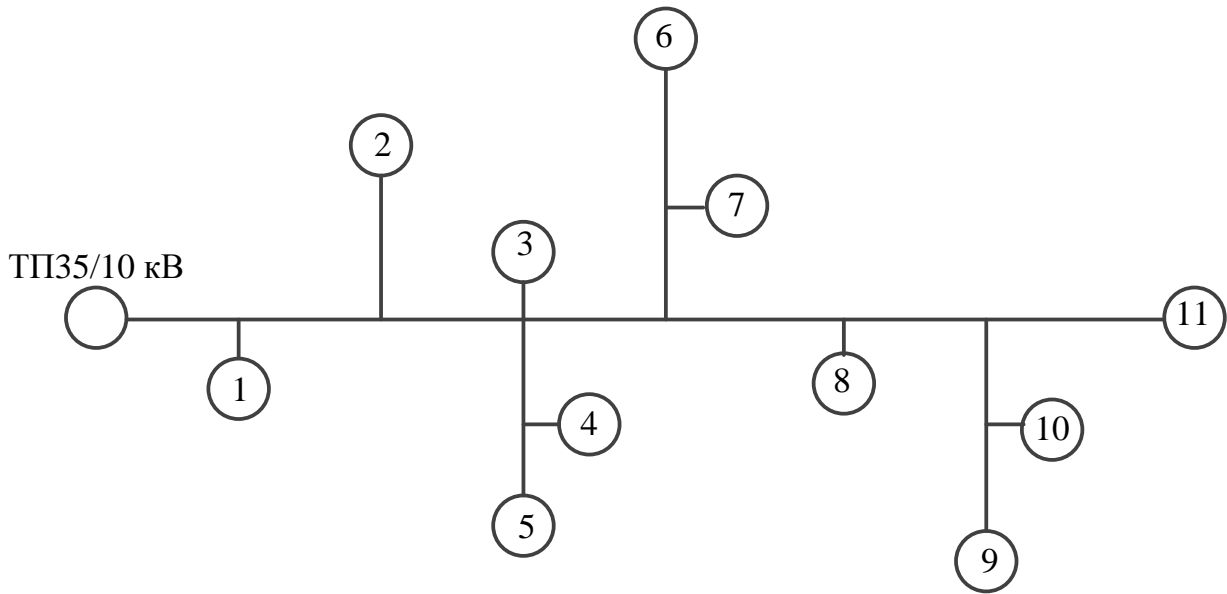
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Расчетный период составляет 7 лет. Нагрузки, получающие питание от ТП 10/0,4 кВ производственные. Расчетная мощность ТП представлена в таблице заданий.

Схема для расчета:



№ варианта	P _{тп.1} , кВт	P _{тп.2} , кВт	P _{тп.3} , кВт	P _{тп.4} , кВт	P _{тп.5} , кВт	P _{тп.6} , кВт	P _{тп.7} , кВт	P _{тп.8} , кВт	P _{тп.9} , кВт	P _{тп.10} , кВт	P _{тп.11} , кВт
1	120	47	58	86	48	59	37	62	46	38	39
2	80	160	93	49	58	78	67	46	75	46	58
3	92	30	49	84	48	68	70	48	84	49	38
4	98	39	38	59	37	60	48	36	59	37	70
5	200	38	59	94	96	93	86	74	47	65	77
6	160	37	39	95	85	68	74	36	63	48	59
7	100	39	94	93	83	38	58	95	74	38	100
8	48	128	76	200	82	145	175	157	184	100	59
9	121	164	173	122	165	186	147	157	56	87	97
10	83	175	133	153	135	116	118	63	197	160	86
11	83	106	167	138	144	85	82	58	89	74	35
12	85	95	86	78	38	170	133	107	100	147	84
13	138	95	58	85	73	69	100	123	163	146	100
14	64	200	85	75	47	100	176	248	73	57	64
15	153	164	146	115	82	68	86	75	67	126	169
16	95	85	78	64	56	87	35	156	186	85	75
17	122	175	154	117	119	100	105	146	166	174	183
18	85	112	153	38	133	174	68	96	211	231	75
19	74	63	46	84	153	135	133	111	122	154	86
20	122	83	58	96	94	48	73	134	126	84	64
21	134	100	95	58	74	64	49	85	55	75	88
22	96	84	78	79	74	68	97	131	155	173	133
23	58	75	67	95	78	141	166	142	187	133	142
24	85	95	68	38	110	163	144	91	93	56	37
25	133	163	133	84	68	96	85	38	78	85	44

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 13

ТЕМА: Электрические нагрузки.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет нагрузок на шинах 0,4 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета нагрузок для определения мощности трансформатора; воспитание таких профессиональных качеств, как умение принимать решения в различных ситуациях и пользоваться справочной литературой, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать нагрузки в электрических сетях.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Какой способ расчета нагрузок применяется при определении мощности трансформатора.
2. Перечислить технические характеристики силового трансформатора.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему задания и записать данные из таблицы заданий. Записать формулы расчета нагрузок каждой линии. Рассчитать активную и полную мощности линий. Данные по коэффициентам одновременности взять из таблицы.

Таблица коэффициентов одновременности для суммирования электрических нагрузок потребителей в сетях 0,38 кВ:

Число потребителей	Жилые дома с нагрузкой на вводе		Жилые дома с электроплитами и водонагревателями	Производственные потребители
	До 2 кВт/дом	Свыше 2 кВт/дом		
2	0,76	0,75	0,73	0,85
3	0,66	0,64	0,62	0,80
5	0,55	0,53	0,50	0,75
10	0,44	0,42	0,38	0,65
20	0,37	0,34	0,29	0,55
50	0,3	0,27	0,22	0,47
100	0,26	0,24	0,17	0,40
200	0,24	0,2	0,15	0,35
500 и более	0,22	0,18	0,12	0,30

Данные добавок взять из таблицы.

Таблица для суммирования нагрузок в сетях 0,38 кВ:

S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS	S	ΔS
0,2	0,2	11	6,7	36	23,5	61	41,7	102	70	152	110	202	152	252	192
0,3	0,2	12	7,3	37	24,2	62	42,4	104	72	154	111	204	153	254	193
0,4	0,3	13	7,9	38	25	63	43,1	106	73	156	113	206	155	256	195
0,5	0,3	14	8,5	39	25,8	64	43,8	108	75	158	114	208	156	258	196
0,6	0,4	15	9,2	40	26,5	65	44,5	110	76	160	116	210	158	260	198
0,8	0,5	16	9,8	41	27,2	66	45,2	112	78	162	117	212	160	262	200
1	0,6	17	10,5	42	28	67	45,6	114	80	164	119	214	161	264	201
1,5	0,9	18	11,2	43	28,8	68	46,6	116	81	166	120	216	163	266	203
2	1,2	19	11,8	44	29,5	69	47,3	118	82	168	122	218	164	268	204
2,5	1,5	20	12,5	45	30,2	70	47	120	84	170	123	220	166	270	206
3	1,8	21	13,1	46	31	72	49,4	122	86	172	124	222	168	272	208
3,5	2,1	22	13,6	47	31,8	74	50,2	124	87	174	126	224	169	274	209
4	2,4	23	14,4	48	32,5	76	52,2	126	89	176	127	226	171	276	211
4,5	2,7	24	15	49	33,2	78	53,6	128	90	178	129	228	172	278	212
5	3,0	25	15,7	50	34	80	55	130	92	180	130	230	174	280	214
5,5	3,3	26	16,4	51	34,7	82	56,4	132	94	182	132	232	176	282	216
6	3,6	27	17	52	35,4	84	57,8	134	95	184	134	234	177	284	217
6,5	3,9	28	17,7	53	36,1	86	59,2	136	97	186	136	236	179	286	219
7	4,2	29	18,4	54	36,8	88	60,6	138	98	188	138	238	180	288	220
7,5	4,5	30	19	55	37,5	90	62	140	100	190	140	240	182	290	222
8	4,8	31	19,7	56	38,2	92	63,4	142	102	192	142	242	184	292	224
8,5	5,1	32	20,4	57	38,9	94	64,8	144	103	194	144	244	185	294	225
9	5,4	33	21,2	58	39,6	96	66,2	146	105	196	146	246	187	296	227
9,5	5,7	34	22	59	40,3	98	67,6	148	106	198	148	248	188	298	228
10	6,0	35	22,8	60	41	100	69	150	108	200	150	250	190	300	230

ЗАДАНИЕ № 3.

Рассчитать активную и полную мощности линий методом, подходящим для расчета.

ЗАДАНИЕ № 4.

Определить значение уточненного коэффициента мощности каждой линии по формуле: $\cos \varphi = P_p / S_p$

ЗАДАНИЕ № 5.

Определить значение полной мощности на шинах 0,4 кВ. Записать условие выбора мощности силового трансформатора. Выбрать мощность трансформатора из таблицы и выписать его технические характеристики с пояснениями.

Таблица технических данных силовых трансформаторов 10/0,4 кВ:

Тип	S _н , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U _к , %	I _х , %	Z _т , Ом	Z _{т0} , Ом
			ΔP _х , кВт	ΔP _к , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.

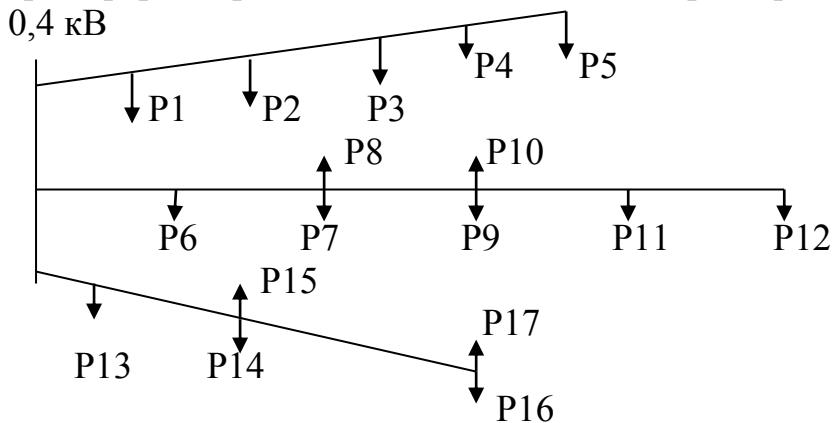
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

1 вариант

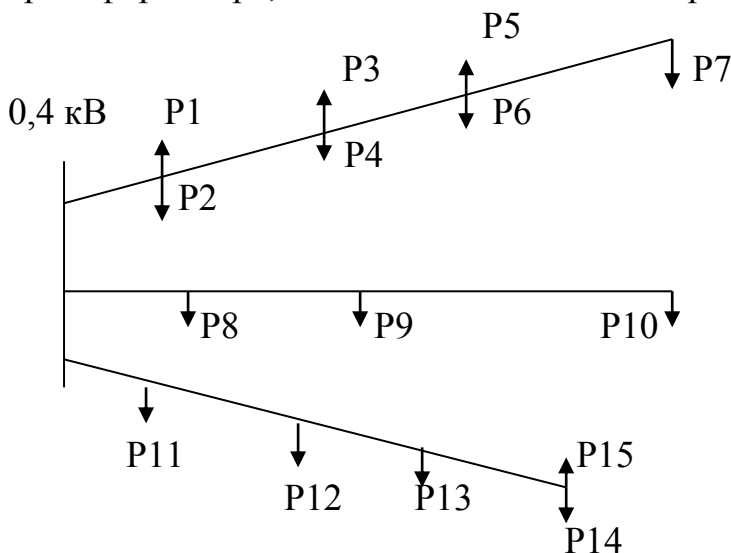
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,87$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$; $P_5=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,85$; $P_6=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,85$; $P_7=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,9$; $P_8=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,9$; $P_9=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=40\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,78$; $P_{14}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$; $P_{16}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,85$; $P_{17}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,85$

2 вариант

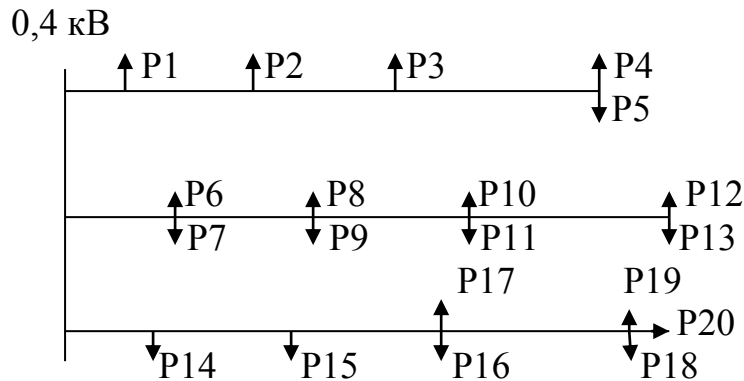
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,9$; $P_5=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,9$; $P_6=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=40\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,78$; $P_{10}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $P_{13}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,9$; $P_{14}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$

3 вариант

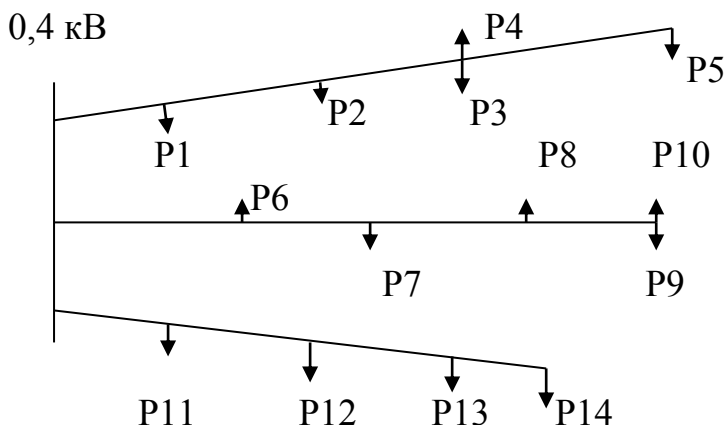
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=7\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=9\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$;
 $P_5=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,94$; $P_6=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,8$; $P_7=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,9$;
 $P_9=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,95$; $P_{11}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,95$; $P_{12}=30\text{кВт}$;
 $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,8$; $P_{14}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,85$; $P_{15}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,85$;
 $P_{16}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,9$; $P_{17}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,9$; $P_{18}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{18}=0,94$; $P_{19}=5\text{кВт}$;
 $\cos \varphi_{19}=0,94$; $P_{20}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{20}=0,94$

4 вариант

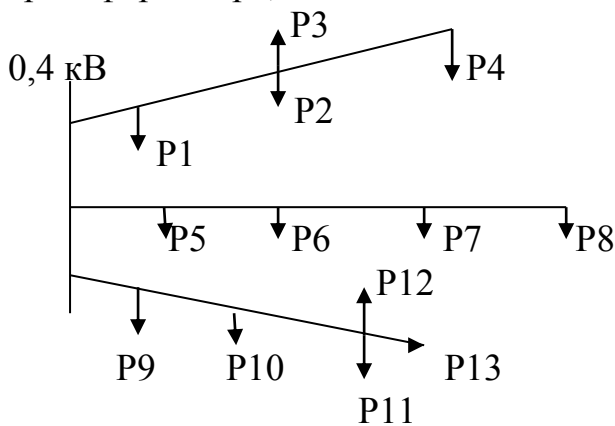
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$;
 $P_5=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,94$; $P_6=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,8$; $P_7=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,9$;
 $P_9=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,9$; $P_{11}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,9$; $P_{12}=27\text{кВт}$;
 $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,8$; $P_{14}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$

5 вариант

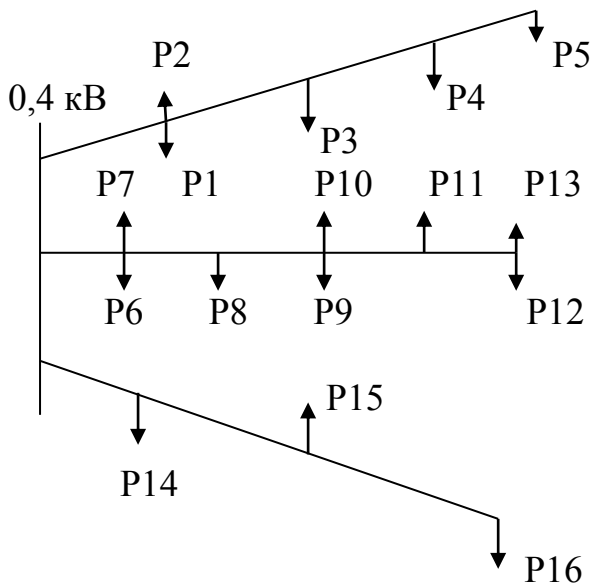
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,85$; $P_2=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=33\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,8$; $P_5=26\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=40\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,8$; $P_7=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,8$; $P_8=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,85$; $P_9=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=31\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $P_{13}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,85$

6 вариант

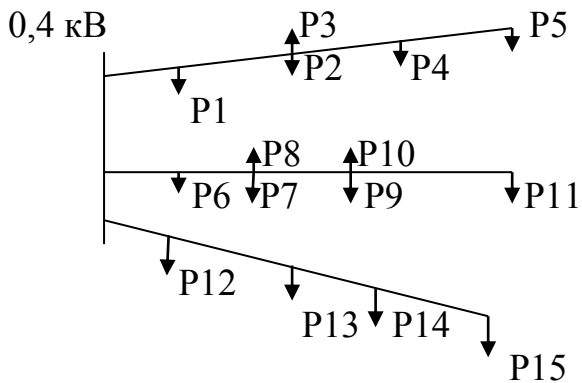
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,9$; $P_5=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,85$; $P_7=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,8$; $P_8=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,9$; $P_{12}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,85$; $P_{14}=35\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=33\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$; $P_{16}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,8$

7 вариант

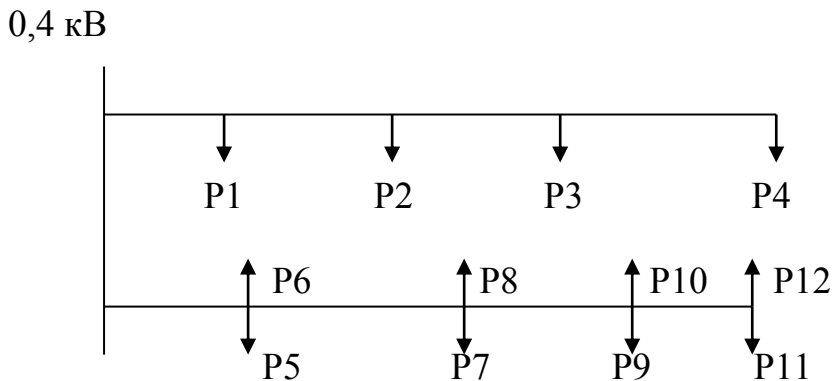
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,85$; $P_5=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=26\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=29\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,85$; $P_{14}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=23\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,85$

8 вариант

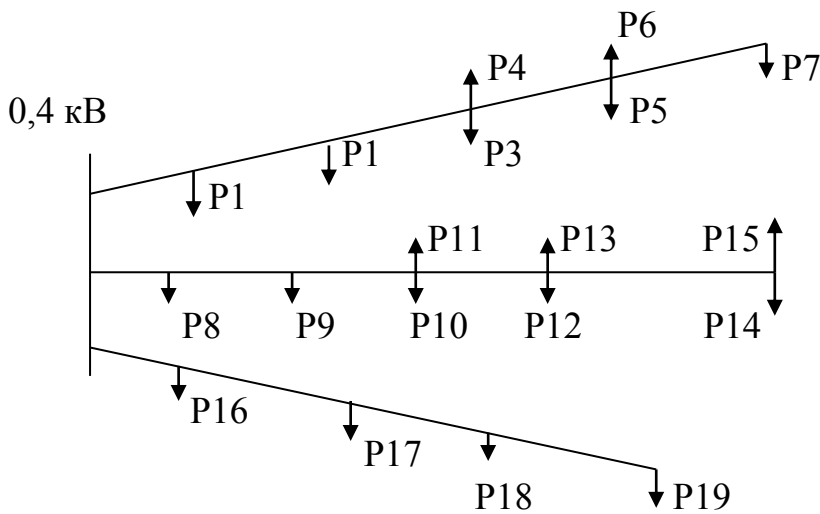
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,9$; $P_5=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,9$; $P_6=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,8$; $P_8=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,85$; $P_{10}=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,9$; $P_{12}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,87$

9 вариант

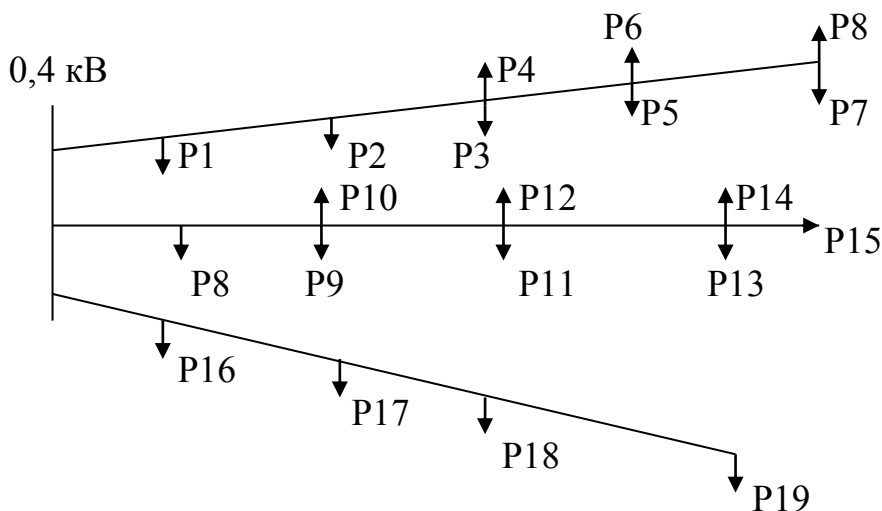
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,94$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$; $P_5=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,94$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,85$; $P_{10}=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,9$; $P_{12}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,87$; $P_{13}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,8$; $P_{14}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,85$; $P_{15}=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,85$; $P_{16}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,9$; $P_{17}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,9$; $P_{18}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{18}=0,94$; $P_{19}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{19}=0,94$

10 вариант

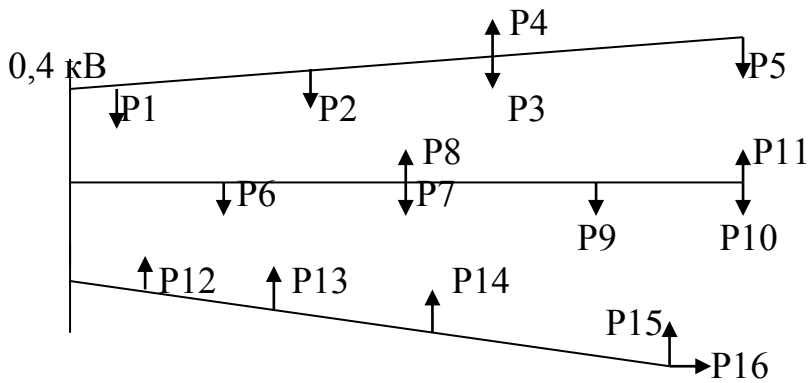
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=31\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,78$; $P_3=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=14\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,8$; $P_5=16\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,9$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,9$; $P_{12}=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,87$; $P_{13}=14\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,85$; $P_{14}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,9$; $P_{15}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,9$; $P_{16}=40\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,87$; $P_{17}=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,8$; $P_{18}=23\text{кВт}$; $\cos \varphi_{18}=0,85$; $P_{19}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{19}=0,8$

11 вариант

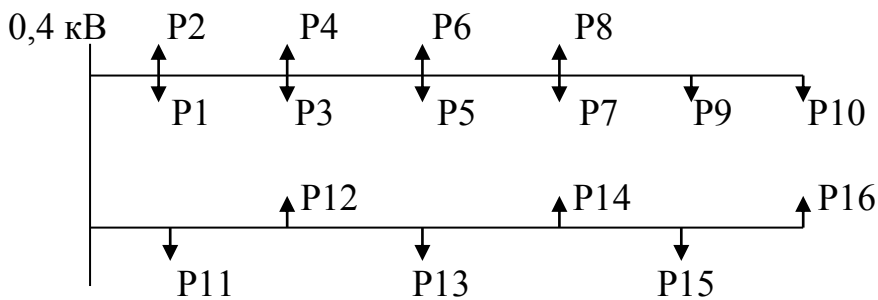
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,85$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,8$; $P_5=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=29\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $P_{13}=13\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,85$; $P_{14}=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$; $P_{16}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,87$

12 вариант

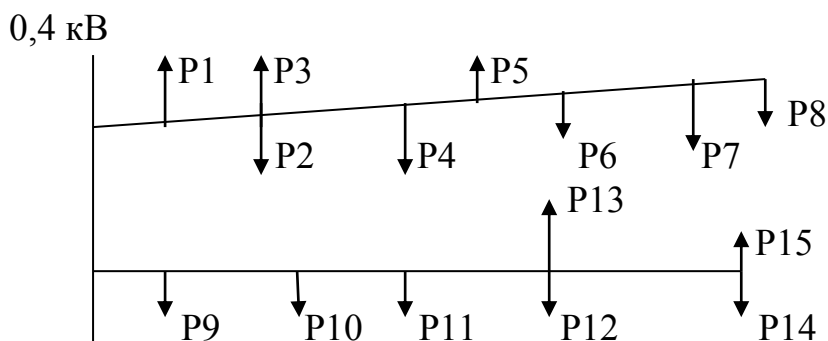
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,85$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,8$; $P_5=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=29\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $P_{13}=13\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,85$; $P_{14}=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$; $P_{16}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,87$

13 вариант

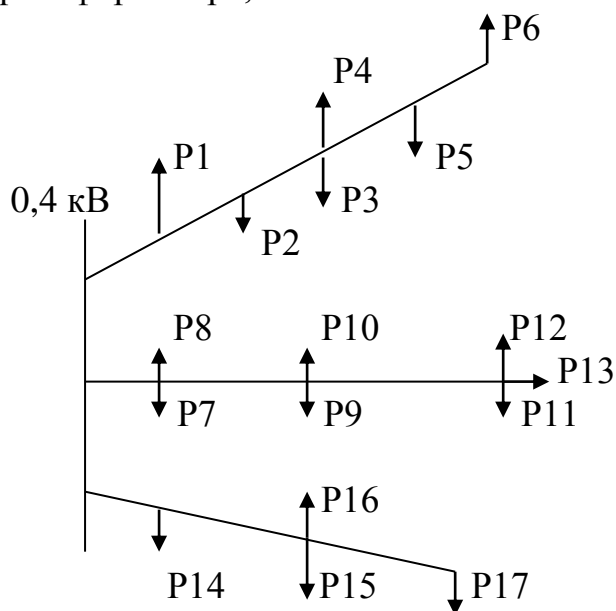
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,85$; $P_2=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,85$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,8$; $P_5=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=14\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,9$; $P_8=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=40\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,78$; $P_{10}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,85$; $P_{12}=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $P_{13}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,85$; $P_{14}=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$

14 вариант

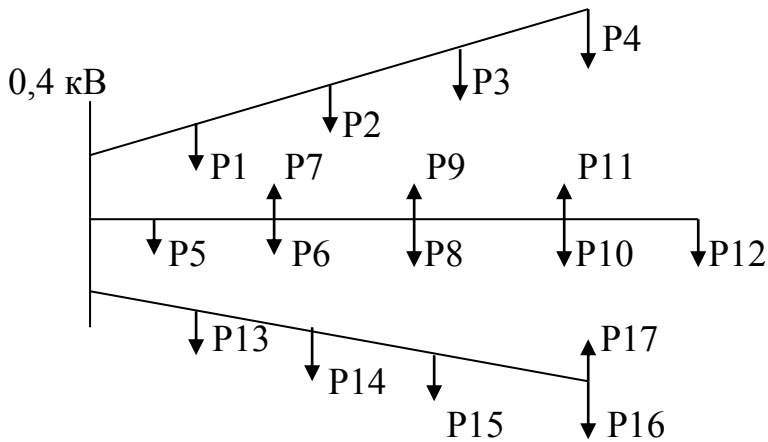
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,94$; $P_3=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,94$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$; $P_5=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,94$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,9$; $P_8=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,9$; $P_9=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,9$; $P_{11}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,9$; $P_{12}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,9$; $P_{13}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,9$; $P_{14}=45\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,78$; $P_{15}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$; $P_{16}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,85$; $P_{17}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,8$

15 вариант

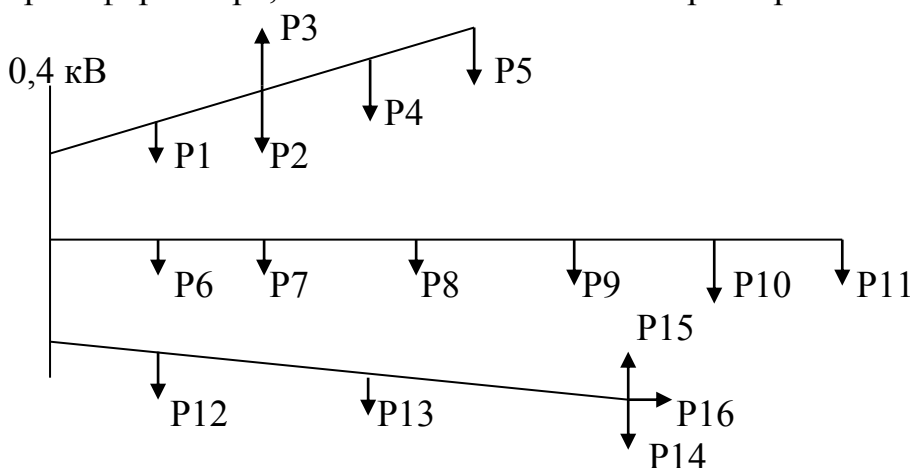
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,94$; $P_3=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,94$; $P_4=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$;
 $P_5=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,94$; $P_6=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,9$; $P_8=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,9$;
 $P_9=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,9$; $P_{11}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,9$; $P_{12}=15\text{кВт}$;
 $\cos \varphi_{12}=0,9$; $P_{13}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,9$; $P_{14}=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,78$; $P_{15}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$;
 $P_{16}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,85$; $P_{17}=30\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,8$

16 вариант

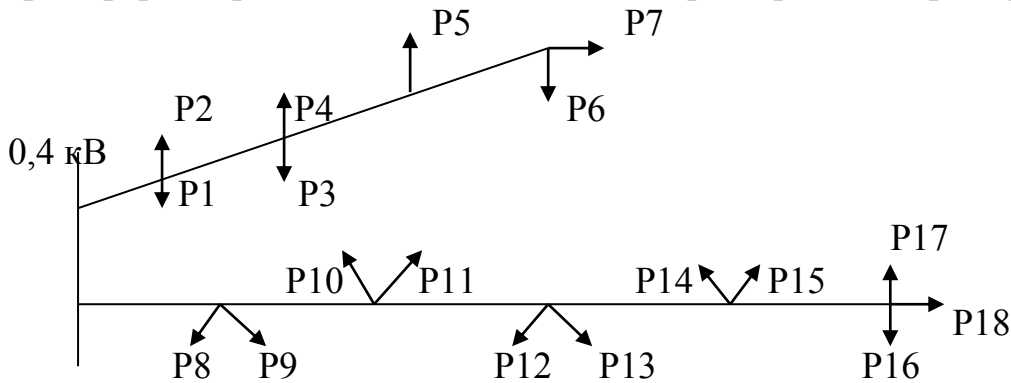
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=16\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,6$; $P_4=9\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$;
 $P_5=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,9$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,9$; $P_8=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$;
 $P_9=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,85$; $P_{12}=15\text{кВт}$;
 $\cos \varphi_{12}=0,9$; $P_{13}=33\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,9$; $P_{14}=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=14\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,8$;
 $P_{16}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,85$

17 вариант

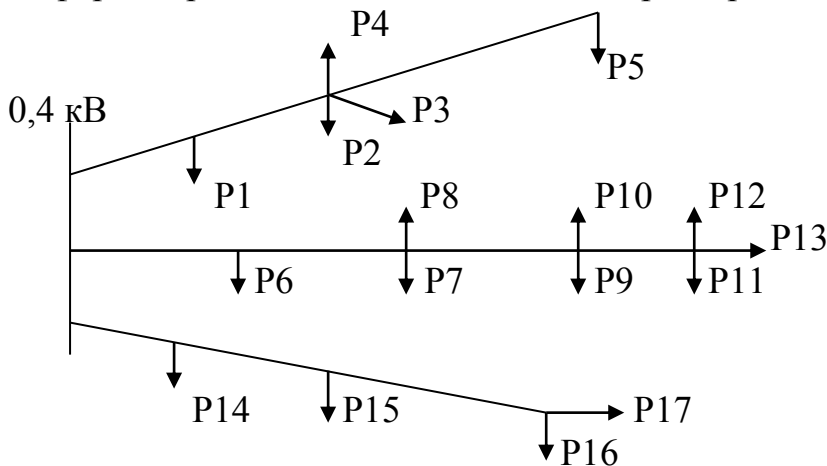
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,9$; $P_5=16\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,9$; $P_6=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,9$; $P_8=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,9$; $P_9=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,94$; $P_{11}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,94$; $P_{12}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,9$; $P_{13}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,9$; $P_{14}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,9$; $P_{15}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,9$; $P_{16}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,85$; $P_{17}=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,8$; $P_{18}=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_{18}=0,85$

18 вариант

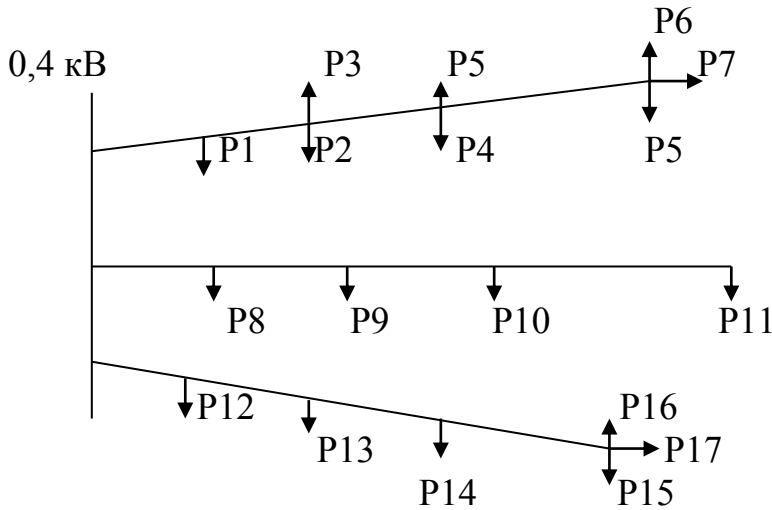
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=31\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=25\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,85$; $P_4=9\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,9$; $P_5=26\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,8$; $P_7=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,9$; $P_9=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,9$; $P_{10}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,94$; $P_{12}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,94$; $P_{13}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,94$; $P_{14}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,9$; $P_{15}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,9$; $P_{16}=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,85$; $P_{17}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,85$

19 вариант

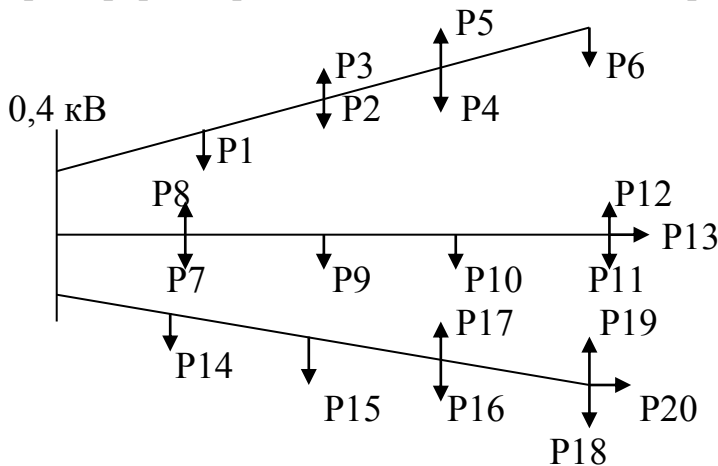
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=14\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,85$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,9$; $P_5=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,9$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,9$; $P_8=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=16\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,85$; $P_{12}=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,94$; $P_{13}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,9$; $P_{14}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,9$; $P_{15}=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,9$; $P_{16}=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,8$; $P_{17}=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,8$

20 вариант

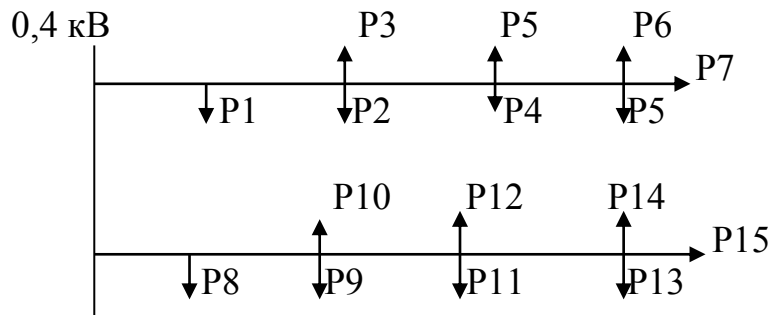
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,9$; $P_2=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,9$; $P_5=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,9$; $P_6=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=23\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,8$; $P_8=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,85$; $P_{10}=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,9$; $P_{13}=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,94$; $P_{14}=23\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,8$; $P_{15}=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,85$; $P_{16}=14\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,8$; $P_{17}=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,8$; $P_{18}=16\text{кВт}$; $\cos \varphi_{18}=0,85$; $P_{19}=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_{19}=0,8$; $P_{20}=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_{20}=0,85$

21 вариант

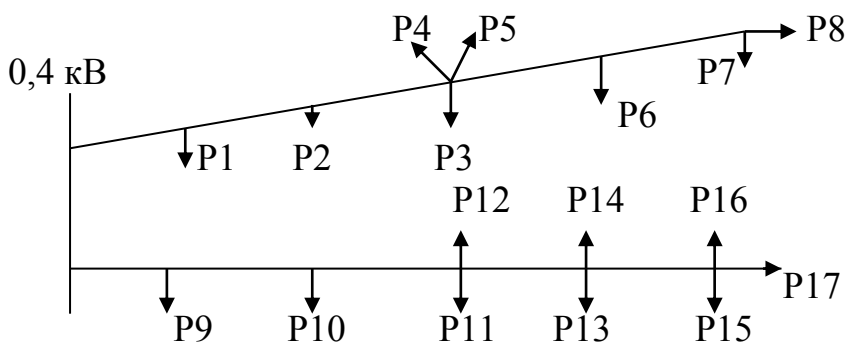
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=45\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,87$; $P_4=23\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,8$; $P_5=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,8$; $P_7=16\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,85$; $P_9=31\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=27\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=41\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,85$; $P_{12}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,85$; $P_{13}=33\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,8$; $P_{14}=13\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,85$; $P_{15}=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,85$

22 вариант

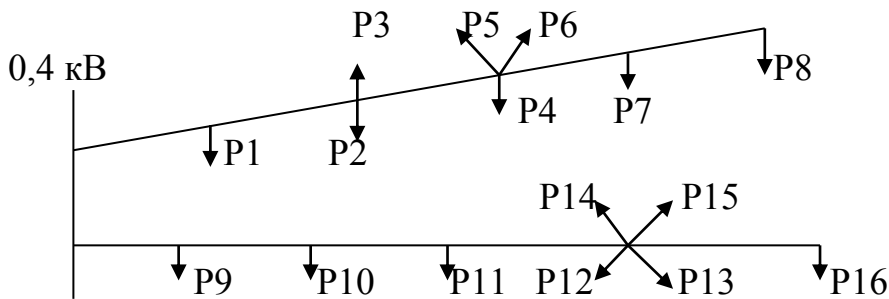
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=33\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,8$; $P_2=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,85$; $P_4=20\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,8$; $P_5=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,85$; $P_7=23\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,8$; $P_8=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,85$; $P_{10}=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,9$; $P_{13}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,8$; $P_{14}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,85$; $P_{15}=8\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,9$; $P_{16}=14\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,8$; $P_{17}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{17}=0,85$

23 вариант

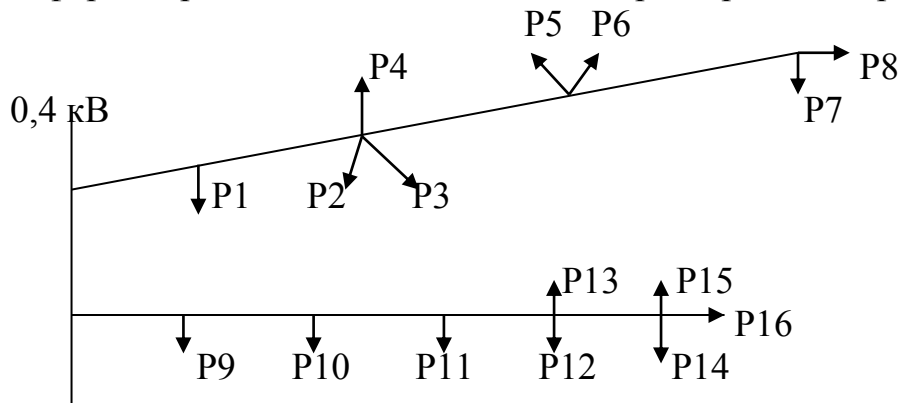
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,85$; $P_2=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,9$; $P_3=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,9$; $P_4=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,94$; $P_5=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,94$; $P_6=5\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,94$; $P_7=24\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,8$; $P_8=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,85$; $P_9=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,85$; $P_{10}=33\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,85$; $P_{11}=19\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,85$; $P_{12}=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=15\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,9$; $P_{14}=31\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,85$; $P_{15}=12\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,85$; $P_{16}=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,8$

24 вариант

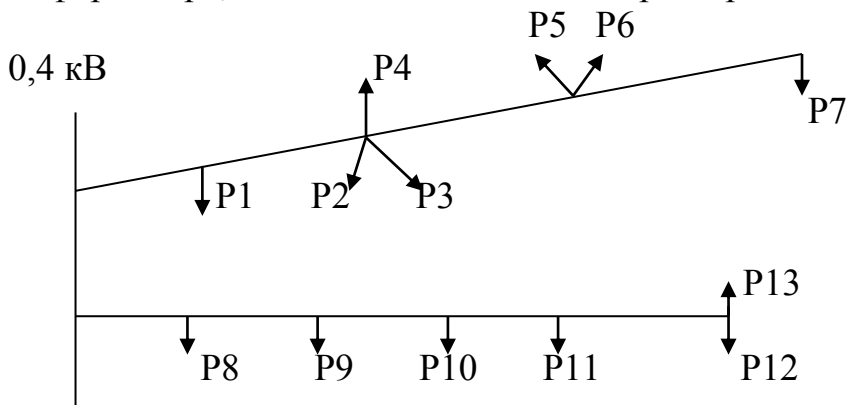
Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=9\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,94$; $P_2=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=32\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,85$; $P_5=26\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=29\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$; $P_9=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=45\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=18\text{кВт}$; $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=32\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,8$; $P_{14}=21\text{кВт}$; $\cos \varphi_{14}=0,85$; $P_{15}=38\text{кВт}$; $\cos \varphi_{15}=0,85$; $P_{16}=10\text{кВт}$; $\cos \varphi_{16}=0,8$

25 вариант

Определить расчетные нагрузки на ВЛ 380 В и выбрать мощность трансформатора, выписать технические характеристики трансформатора.



$P_1=9\text{кВт}$; $\cos \varphi_1=0,94$; $P_2=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_2=0,8$; $P_3=32\text{кВт}$; $\cos \varphi_3=0,8$; $P_4=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_4=0,85$;
 $P_5=26\text{кВт}$; $\cos \varphi_5=0,8$; $P_6=11\text{кВт}$; $\cos \varphi_6=0,9$; $P_7=17\text{кВт}$; $\cos \varphi_7=0,85$; $P_8=29\text{кВт}$; $\cos \varphi_8=0,8$;
 $P_9=28\text{кВт}$; $\cos \varphi_9=0,8$; $P_{10}=45\text{кВт}$; $\cos \varphi_{10}=0,8$; $P_{11}=22\text{кВт}$; $\cos \varphi_{11}=0,8$; $P_{12}=18\text{кВт}$;
 $\cos \varphi_{12}=0,8$; $P_{13}=32\text{кВт}$; $\cos \varphi_{13}=0,8$

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 14

ТЕМА: Графики нагрузок и потери электроэнергии.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет потерь электрической энергии в линиях.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета потерь электроэнергии в сетях 0,38 кВ и 10 кВ; воспитание таких профессиональных качеств, как умение принимать решения в различных ситуациях и пользоваться справочной литературой, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать потери энергии в электрических сетях.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие теоретические данные.

В любом участке линии электропередачи при прохождении по нему электрического тока имеются потери электроэнергии. Если задан годовой график электрической нагрузки, тогда потери электроэнергии выражаются уравнением:

$$\Delta W = 3r \int i^2 dt$$

Если нагрузка выражена через мощность, то потери электроэнергии в линии:

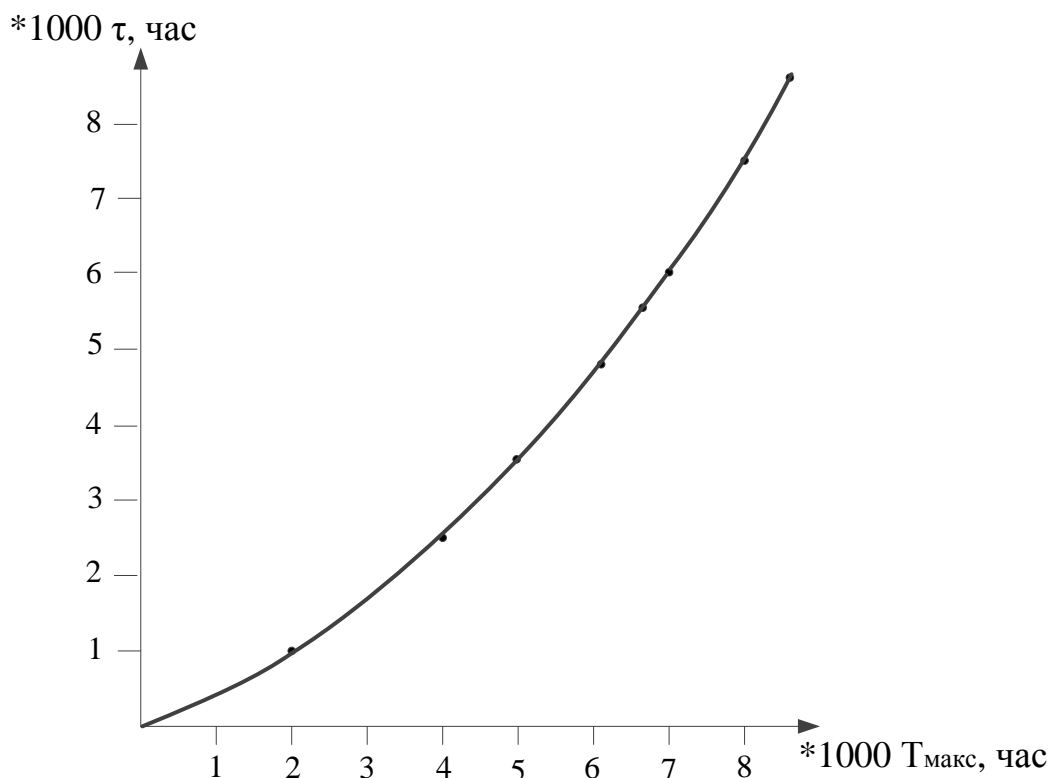
$$\Delta W = 3r \int (P / \sqrt{3} \cos \varphi)^2 dt = (r / U^2 \cos^2 \varphi) \int P^2 dt ,$$

где P – активная мощность участка линии;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки.

Если график нагрузки не задан, а известна лишь максимальная нагрузка и годовое число её использования T_{\max} , то время потерь τ находят по кривым для известного T_{\max} .

График зависимости времени потерь от времени использования нагрузок.



Потери электроэнергии равны: $\Delta W = 3 \cdot I_{\max}^2 \cdot r \cdot \tau$,

или выражены через активную мощность:

$$\Delta W = (P_{\max} / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi)^2 \cdot 3r \cdot \tau = (P_{\max}^2 / U^2 \cos^2 \varphi) \cdot r \cdot t.$$

Если известен среднеквадратичный ток, то потери электроэнергии:

$$\Delta W = 3 \cdot r \cdot I_{\text{ср.кв.}}^2 \cdot 8760.$$

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Для решения задачи № 1 найти сопротивление линии $R_{\text{л}}$ по формуле:

$$R_{\text{л}} = R_{\text{уд.}} \cdot L_{\text{л}}$$

где $L_{\text{л}}$ – длина линии (дана в задании), км;

$R_{\text{уд.}}$ – удельное сопротивление линии, которое зависит от марки провода и сечения линии (даны в задании), Ом/км. $R_{\text{уд.}}$ Дано в таблице.

Таблица удельных сопротивлений провода:

Площадь сечения провода, мм ²	Удельное активное сопротивление, Ом/км	
	Алюминиевый провод (А)	Сталеалюминиевый провод (АС)
16	1.84	1,8
25	1,16	1,18
35	0,85	0,79

50	0,59	0,6
70	0,42	0,43
95	0,31	0,31
120	0,25	0,25

Рассчитать по показателям активного и реактивного счетчика расход активной и реактивной электроэнергии по формулам:

Расход активной энергии за год:

$$W_{a.год} = (W_{a.к} - W_{a.н}) * K_I * K_U$$

Расход реактивной энергии за год:

$$W_{p.год} = (W_{p.к} - W_{p.н}) * K_I * K_U$$

Рассчитать расход полной электроэнергии за год по формуле:

$$W_{л} = \sqrt{W_{a.год}^2 + W_{p.год}^2}$$

Рассчитать среднее значение тока по формуле:

$$I_{ср.} = W_{л}^2 / \sqrt{3} * U_{ном} * T_{л}$$

Определить потери электроэнергии по формуле:

$$\Delta W_{a.год} = 3 * I_{ср.}^2 * R_{л} * T_{л} * 10^{-3}$$

ЗАДАНИЕ №3.

Определить потери электроэнергии в процентном соотношении к активной электроэнергии за год.

Найти средневзвешенный коэффициент мощности по формуле:

$$\cos \varphi_{ср} = W_{a.год} / W_{л}$$

По полученным данным сделать выводы по линии электроснабжения.

ЗАДАНИЕ №4.

Для решения задачи № 2 найти сопротивление линии $R_{л}$ по формуле:

$$R_{л} = R_{уд.} * L_{л}$$

Определить электроэнергию, переданную по линии за год, используя заданный график нагрузок. Формула для расчета электроэнергии:

$$W = \sqrt{3} * U_{ном} * \cos \varphi * \int i * dt * 10^{-3}$$

Значение тока в течение года изменяется по заданному графику. Необходимо определить путем интегрирования: $\int i * dt$

Рассчитать максимальную мощность линии по формуле:

$$P_{max} = \sqrt{3} * I_{max} * U_{ном} * \cos \varphi * 10^{-3}$$

Значение I_{max} взять из графика нагрузок.

Рассчитать время использования максимума нагрузок по формуле:

$$T_{\max} = W / P_{\max}$$

Из графика зависимости времени потерь от времени использования нагрузок определить время потерь τ .

Рассчитать потери электроэнергии по формуле:

$$\Delta W = 3 * I_{\max}^2 * R * \tau * 10^{-3}$$

Определить потери электроэнергии в процентном соотношении к годовым затратам электроэнергии.

По полученным результатам сделать вывод.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схему.
3. Выполнить поочередно все задания.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

1 вариант:

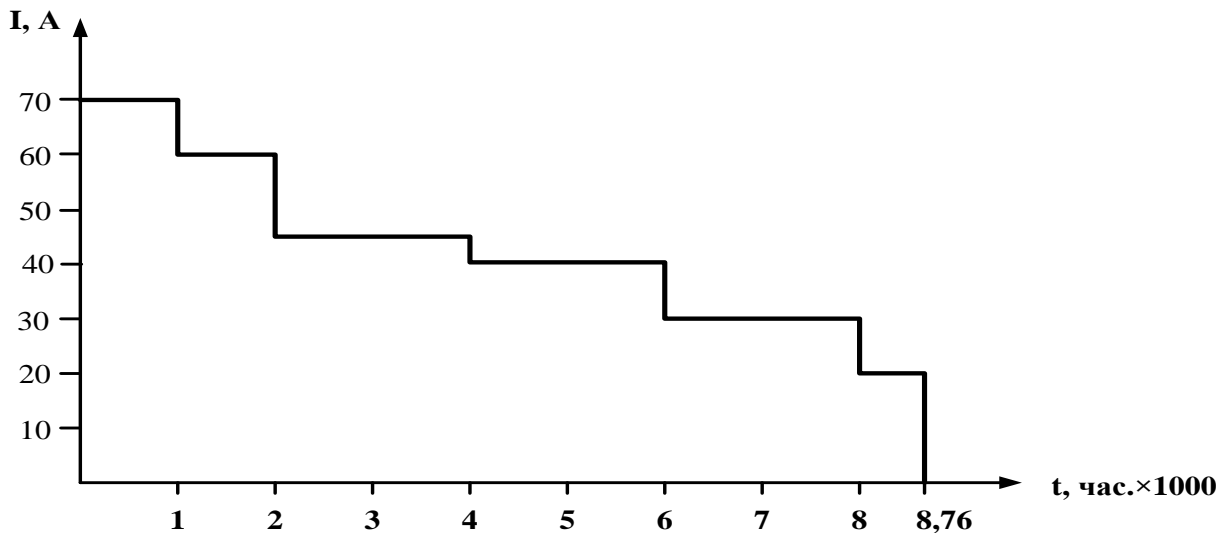
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС-70, длина линии 8 км. $K_I = 20$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (120 – 1800) кВт*ч, PW_p (300 – 1650) квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС-50. Длина линии 2 км. $U = 10$ кВ, $\cos \varphi = 0,85$.



2 вариант:

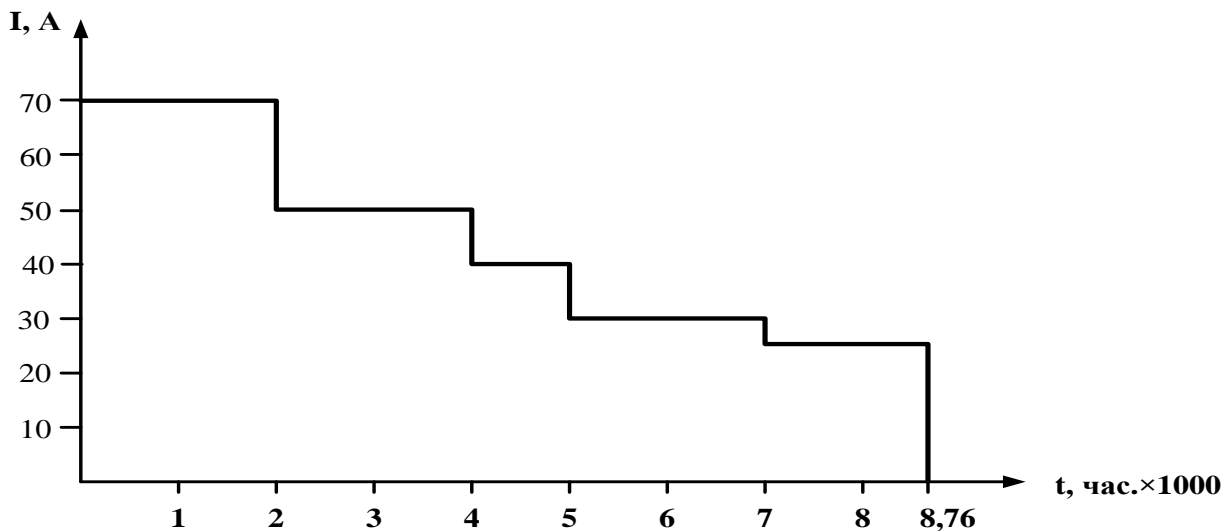
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС-50, длина линии 7 км. $K_I = 25$, $K_U = 350$. Показания счетчиков: PW_a (100 – 2000)кВт*ч,

PW_p (80 – 1800)квар*ч. $U = 35$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС-50. Длина линии 5 км. $U = 35$ кВ, $\cos \varphi = 0,8$.



3 вариант:

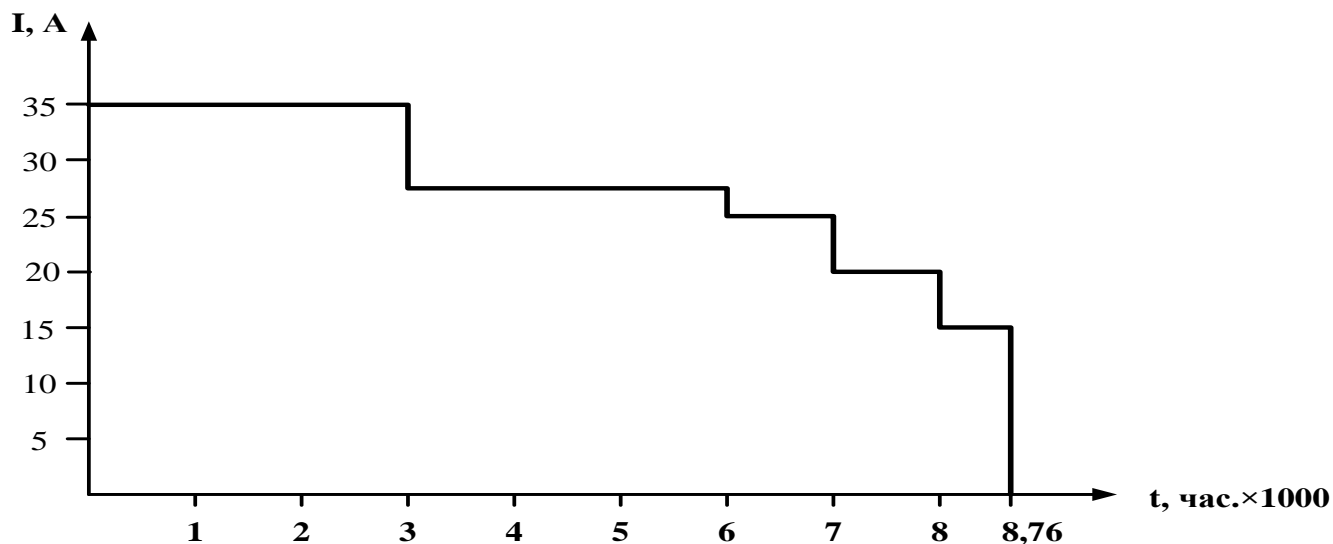
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС-70, длина линии 8 км. $K_I = 30$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

$PW_a (100 - 3000) \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, $PW_p (80 - 1800) \text{ квар} \cdot \text{ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС-35. Длина линии 2 км. $U = 10 \text{ кВ}$. $\cos \varphi = 0,8$.



4 вариант.

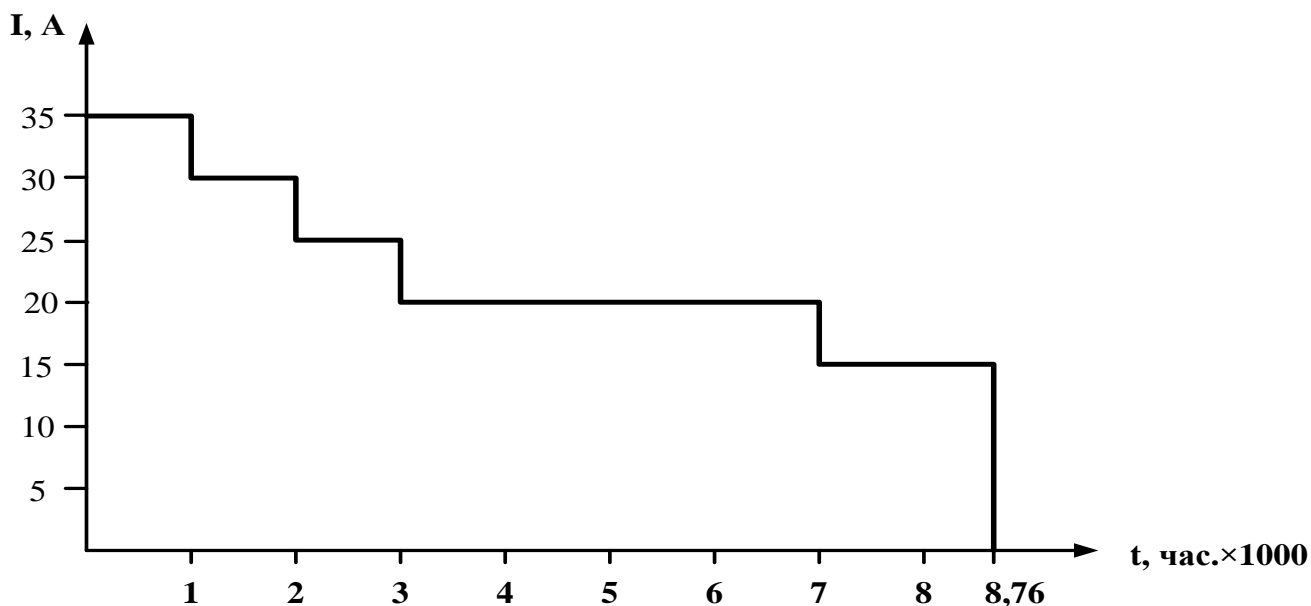
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом А-50, длина линии 3 км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

$PW_a (800 - 3600) \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, $PW_p (300 - 2000) \text{ квар} \cdot \text{ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом А-35. Длина линии 3 км. $U = 10 \text{ кВ}$. $\cos \varphi = 0,8$.



5 вариант.

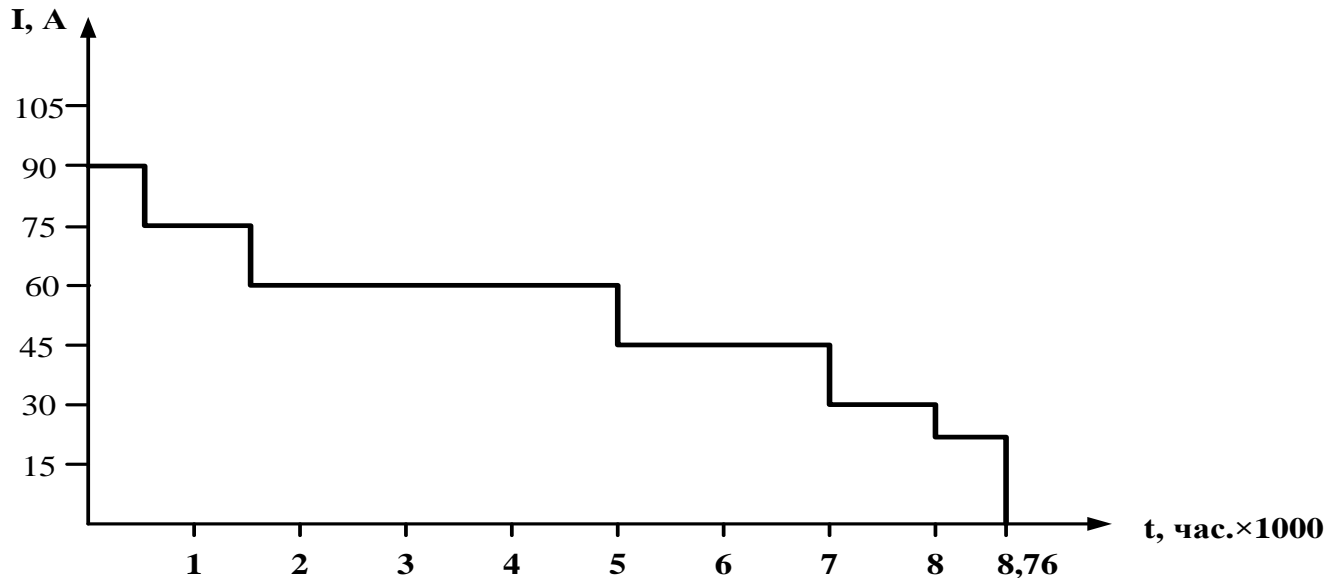
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС-35, длина линии 8 км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

$PW_a (250 - 3000) \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, $PW_p (150 - 2500) \text{ квар} \cdot \text{ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС-70. Длина линии 8 км. $U = 10 \text{ кВ}$, $\cos \varphi = 0,85$.



6 вариант.

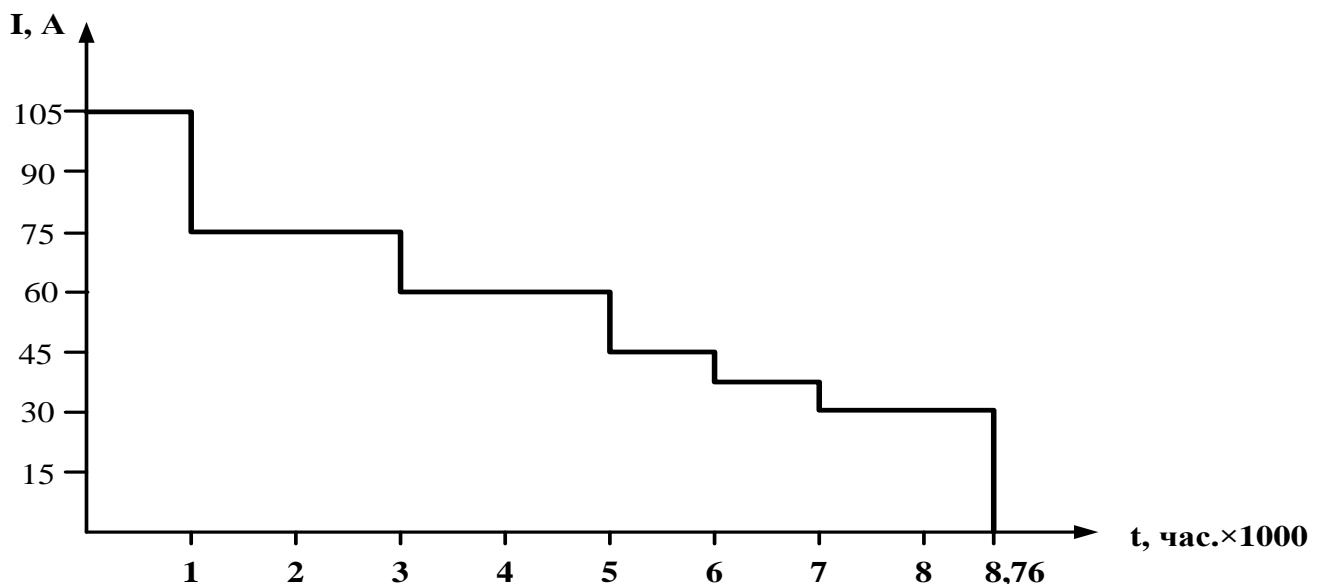
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС-50, длина линии 5 км. $K_I = 25$, $K_U = 350$. Показания счетчиков: $PW_a (120 - 2800) \text{ кВт} \cdot \text{ч}$,

$PW_p (180 - 1900) \text{ квар} \cdot \text{ч}$. $U = 35 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС-50. Длина линии 4 км. $U = 10 \text{ кВ}$, $\cos \varphi = 0,8$.



7 вариант.

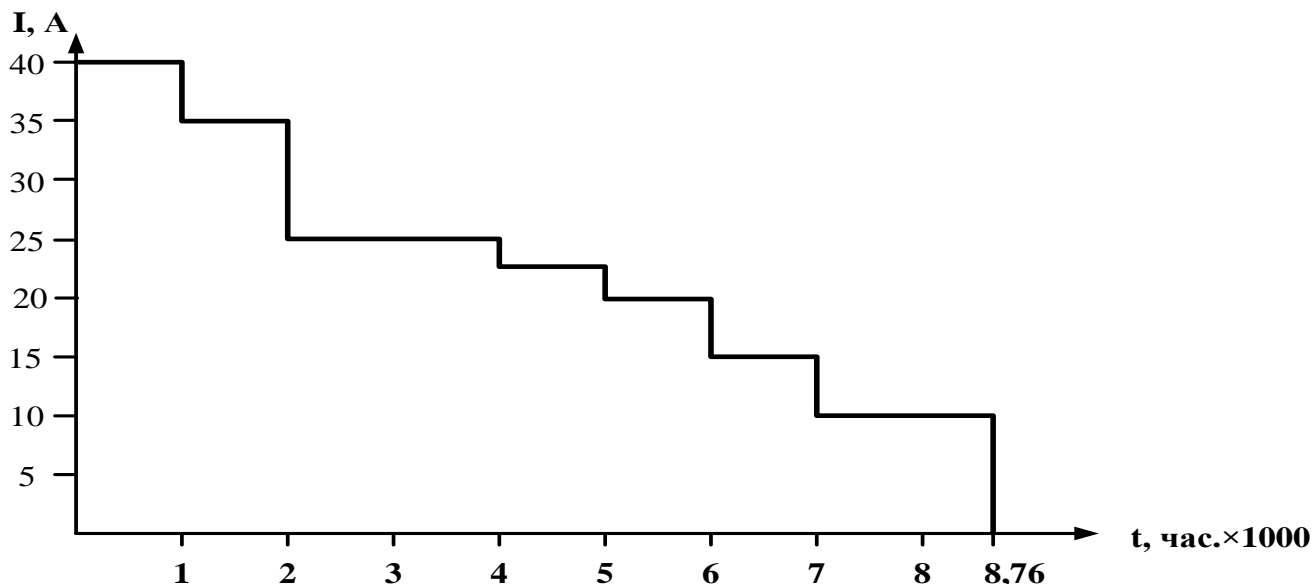
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС-50, длина линии 3км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (1500 – 7500)кВт*ч, PW_p (800 – 3200)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС-70. Длина линии 7км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,8$.



8 вариант.

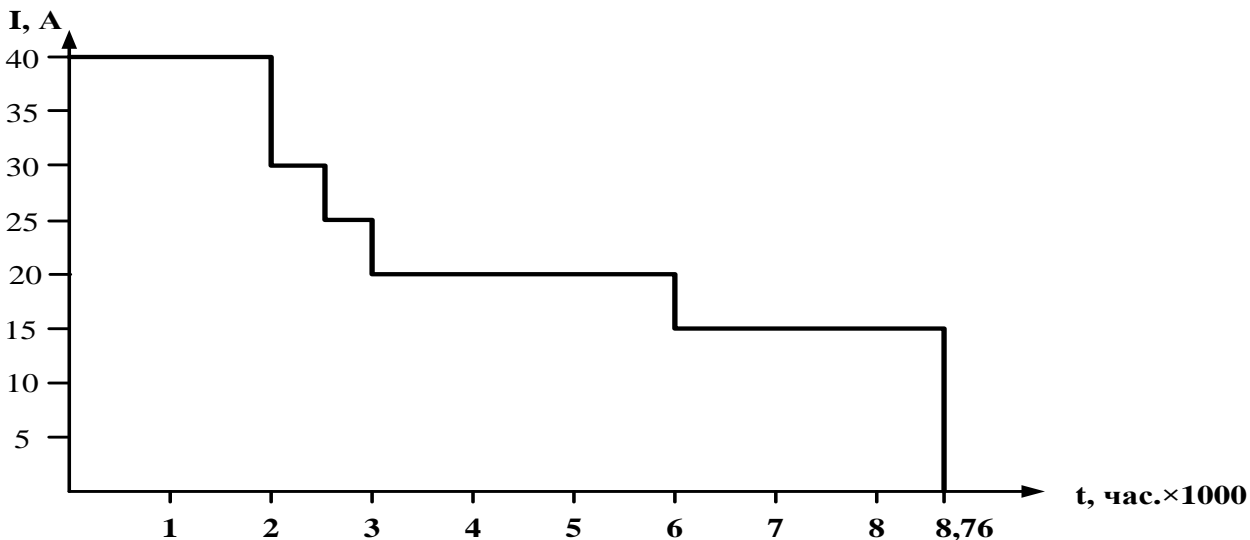
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС-35, длина линии 10км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (180 – 6800)кВт*ч, PW_p (200 – 3500)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС-70. Длина линии 5км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,8$.



9 вариант.

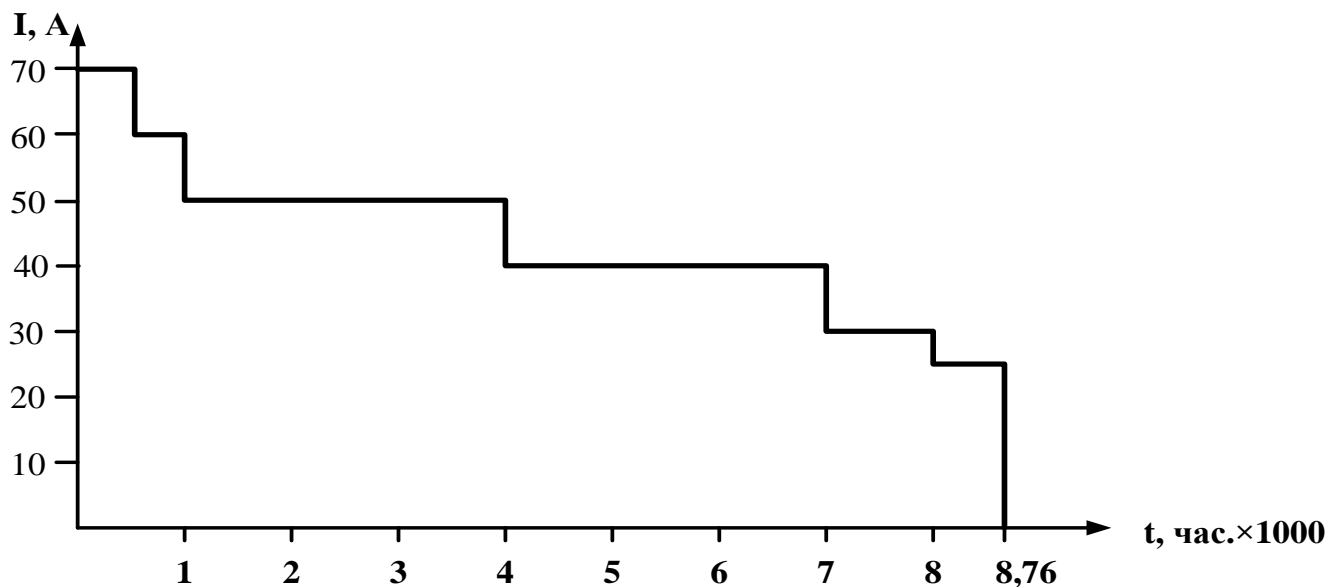
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС35, длина линии 8км. $K_I = 15$. $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (1200 – 7600)кВт*ч, PW_p (300 – 3600)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 5км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,8$.



10 вариант.

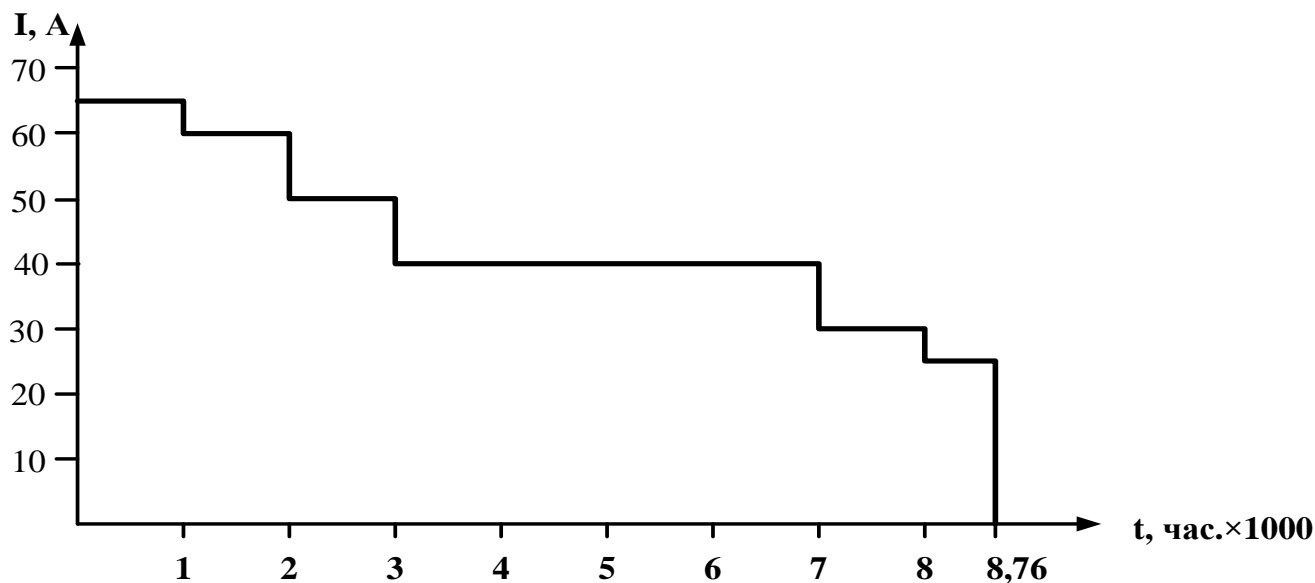
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС50, длина линии 5км. $K_I = 35$. $K_U = 100$. Показания счетчиков: PW_a (820 – 2300)кВт*ч,

PW_p (220 – 1450)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС35. Длина линии 8км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,8$.



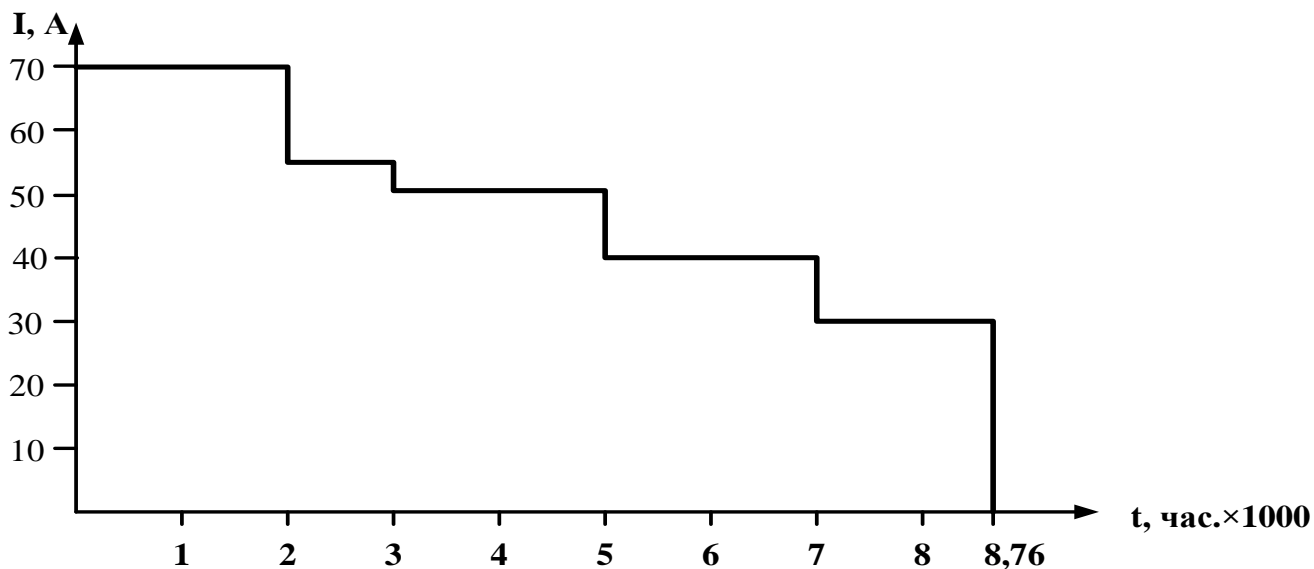
11 вариант.

Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом А35, длина линии 3км. $K_I = 25$. $K_U = 100$. Показания счетчиков: $PW_a (130 - 3200) \text{ кВт*ч}$, $PW_p (80 - 1800) \text{ квар*ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС50. Длина линии 3км. $U = 10 \text{ кВ}$. $\cos \varphi = 0,8$.



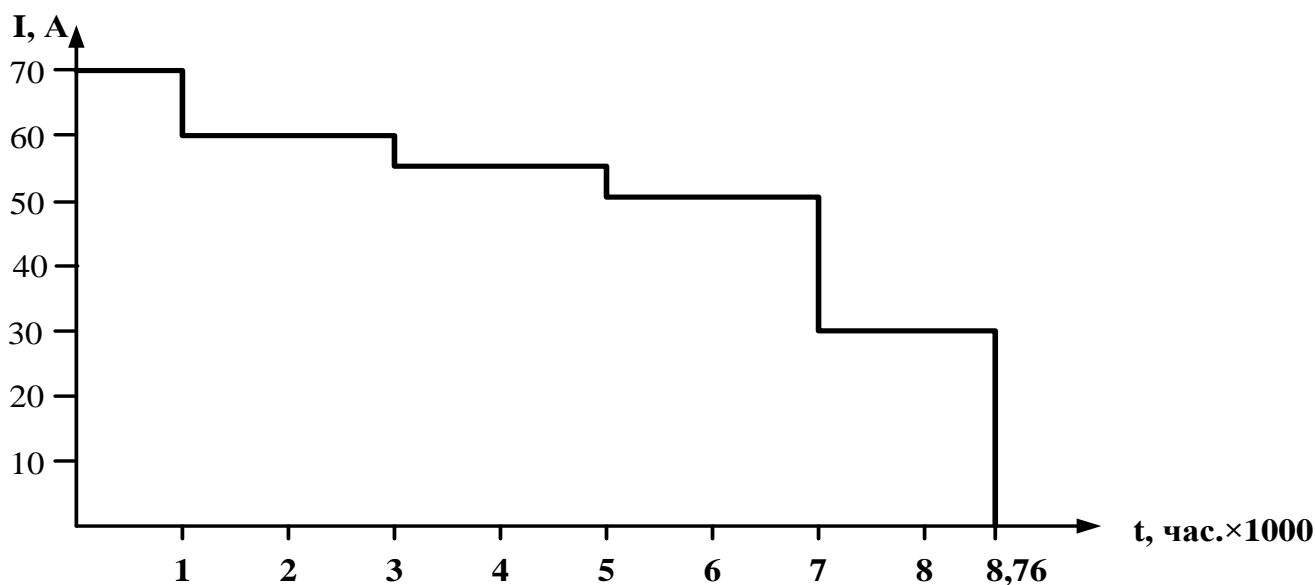
12 вариант.

Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом А50, длина линии 7км. $K_I = 25$. $K_U = 100$. Показания счетчиков: $PW_a (250 - 3200) \text{ кВт*ч}$, $PW_p (90 - 1800) \text{ квар*ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 5км. $U = 10 \text{ кВ}$. $\cos \varphi = 0,85$.



13 вариант:

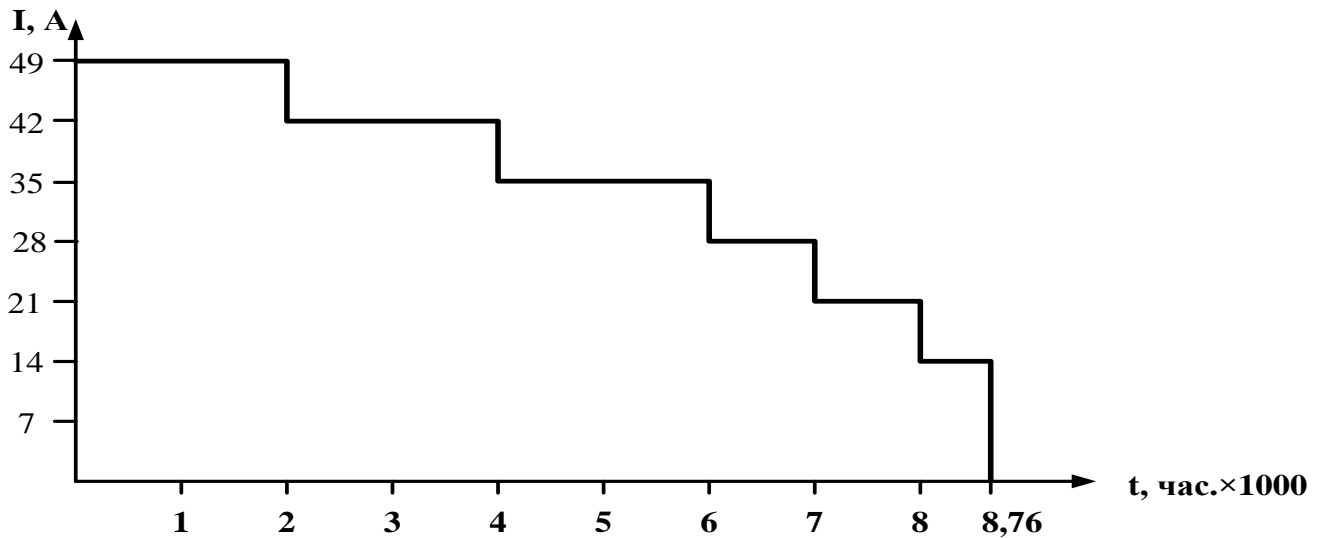
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС50, длина линии 8 км. $K_I = 20$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (155 – 1800)кВт*ч, PW_p (670 – 1650)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС50. Длина линии 4 км. $U = 10$ кВ, $\cos \varphi = 0,85$.



14 вариант:

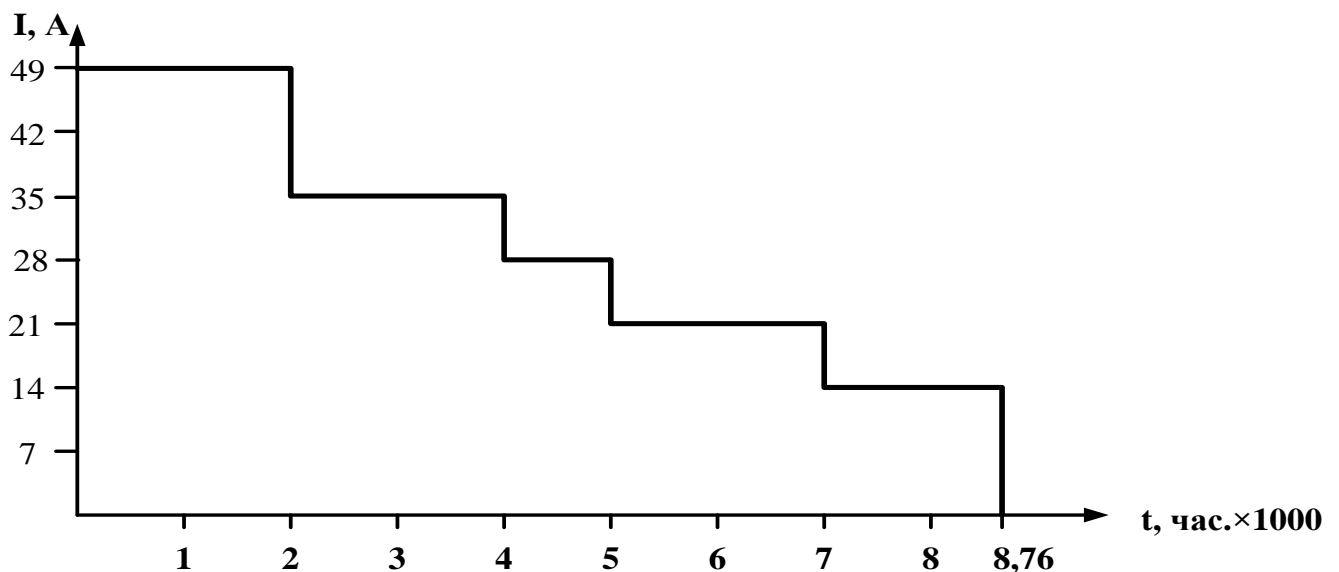
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС70, длина линии 2 км. $K_I = 25$, $K_U = 350$. Показания счетчиков: PW_a (190 – 1900)кВт*ч,

PW_p (120 – 1870)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 3 км. $U = 35$ кВ, $\cos \varphi = 0,85$.



15 вариант:

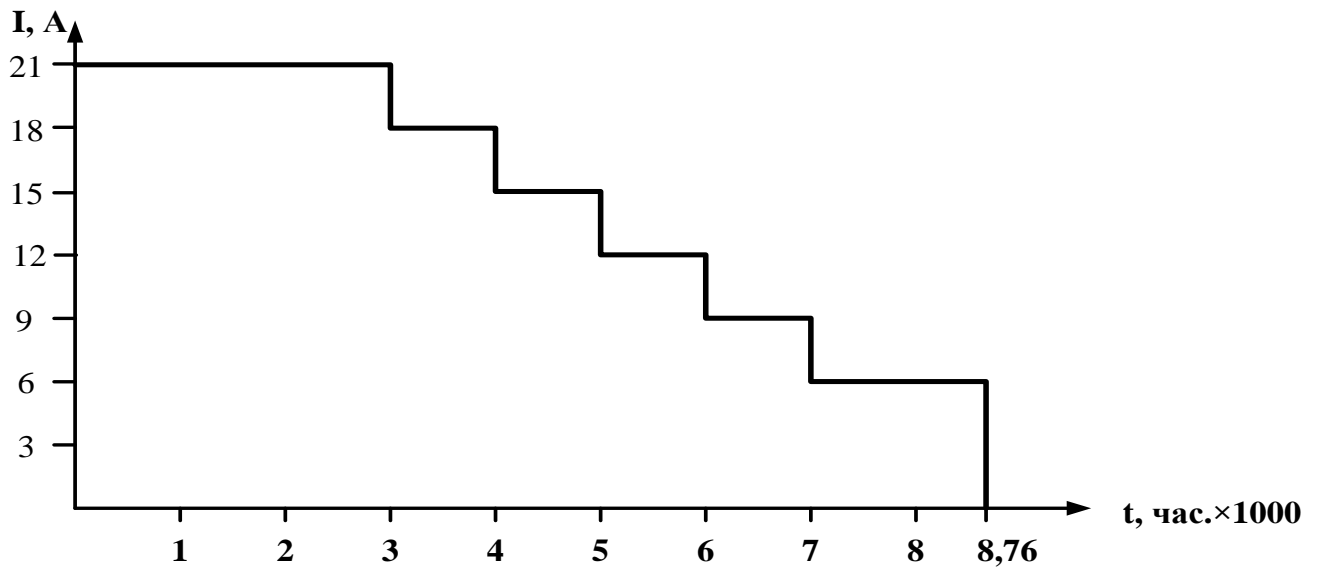
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС70, длина линии 5 км. $K_I = 30$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

$PW_a (167 - 3430) \text{ кВт*ч}$, $PW_p (130 - 1600) \text{ квар*ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 7 км. $U = 10 \text{ кВ}$. $\cos \varphi = 0,85$.



16 вариант.

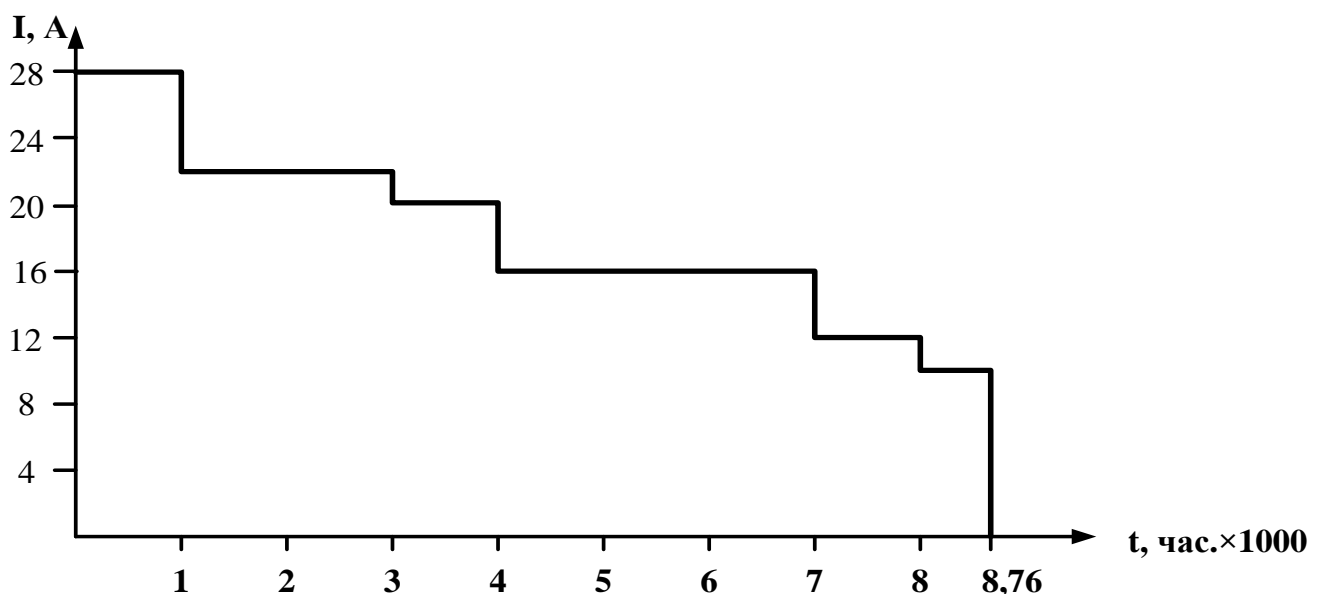
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС50, длина линии 6 км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

$PW_a (880 - 3600) \text{ кВт*ч}$, $PW_p (330 - 2000) \text{ квар*ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом А70. Длина линии 7 км. $U = 10 \text{ кВ}$. $\cos \varphi = 0,85$.



17 вариант.

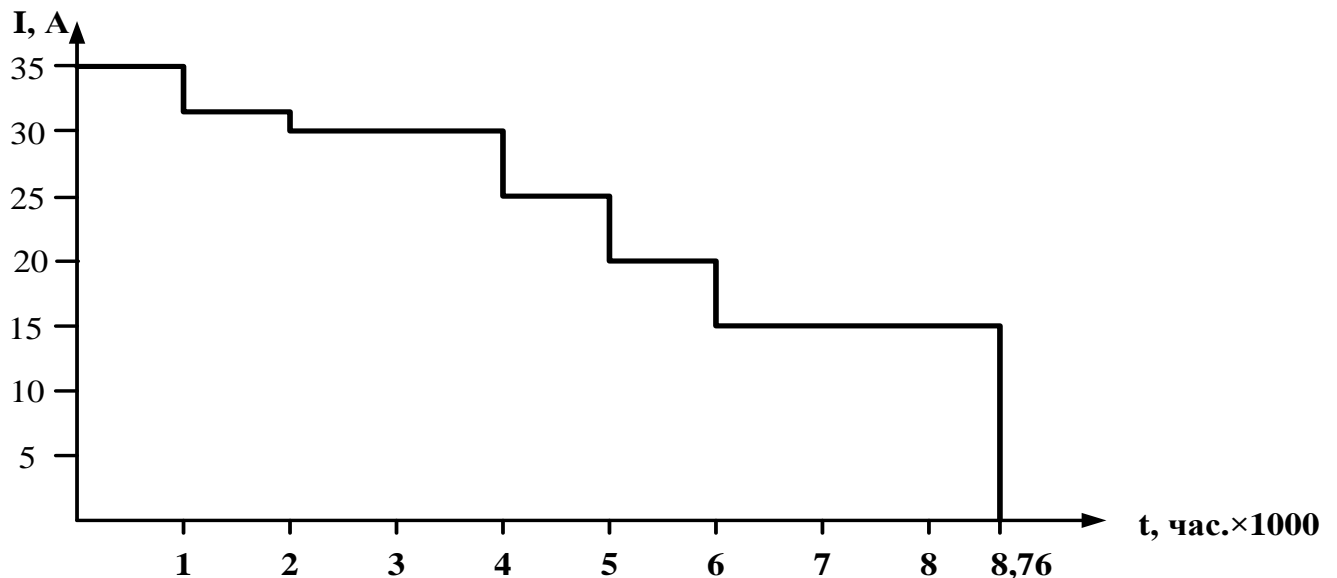
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС70, длина линии 4 км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

$PW_a (170 - 3100) \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, $PW_p (190 - 2500) \text{ квар} \cdot \text{ч}$. $U = 10 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС95. Длина линии 9 км. $U = 10 \text{ кВ}$, $\cos \varphi = 0,80$.



18 вариант.

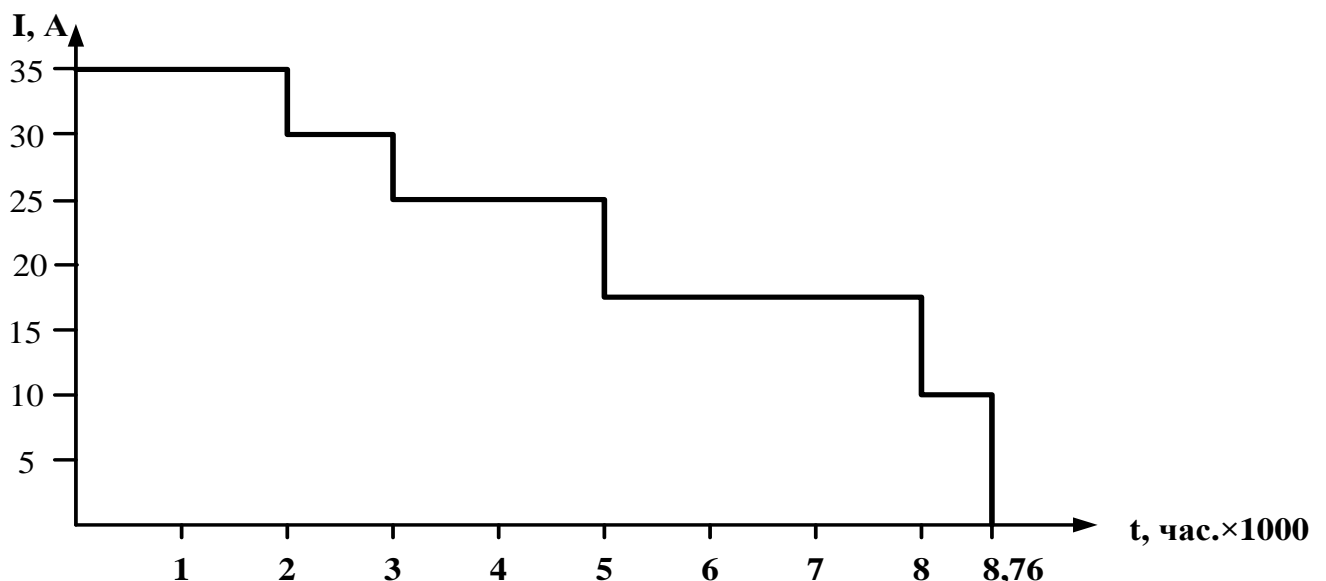
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом А70, длина линии 4 км. $K_I = 25$, $K_U = 350$. Показания счетчиков: $PW_a (120 - 2400) \text{ кВт} \cdot \text{ч}$,

$PW_p (180 - 1800) \text{ квар} \cdot \text{ч}$. $U = 35 \text{ кВ}$.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 7 км. $U = 10 \text{ кВ}$, $\cos \varphi = 0,85$.



19 вариант.

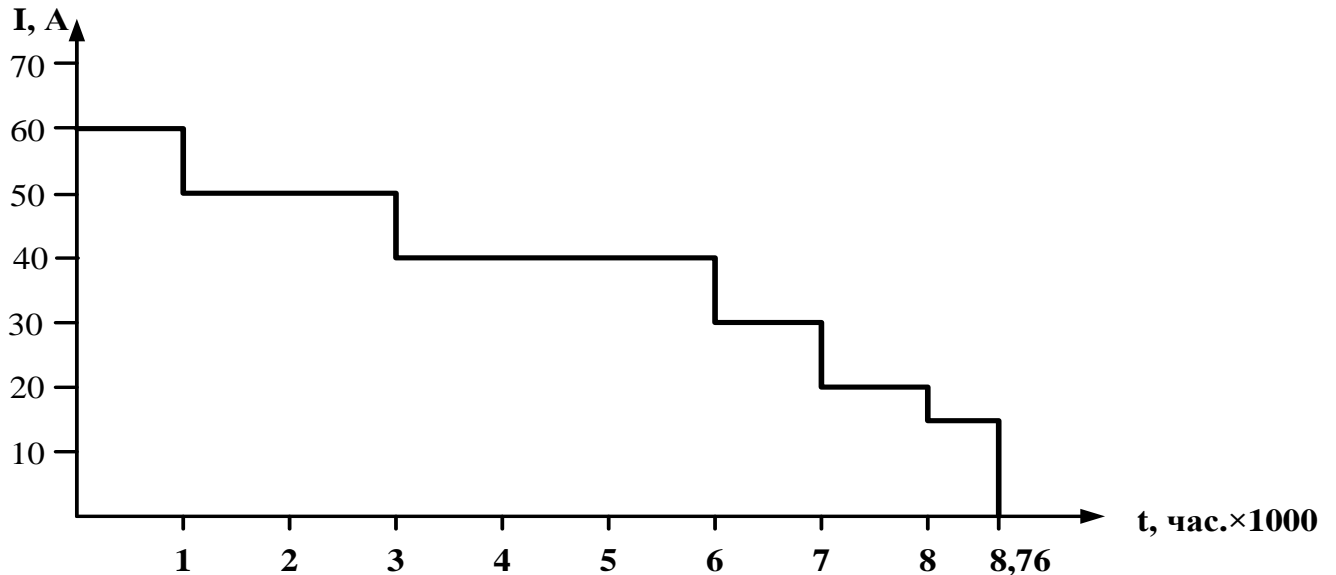
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС50, длина линии 3км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (1260 – 7380)кВт*ч, PW_p (820 – 3730)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом А70. Длина линии 4км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,78$.



20 вариант.

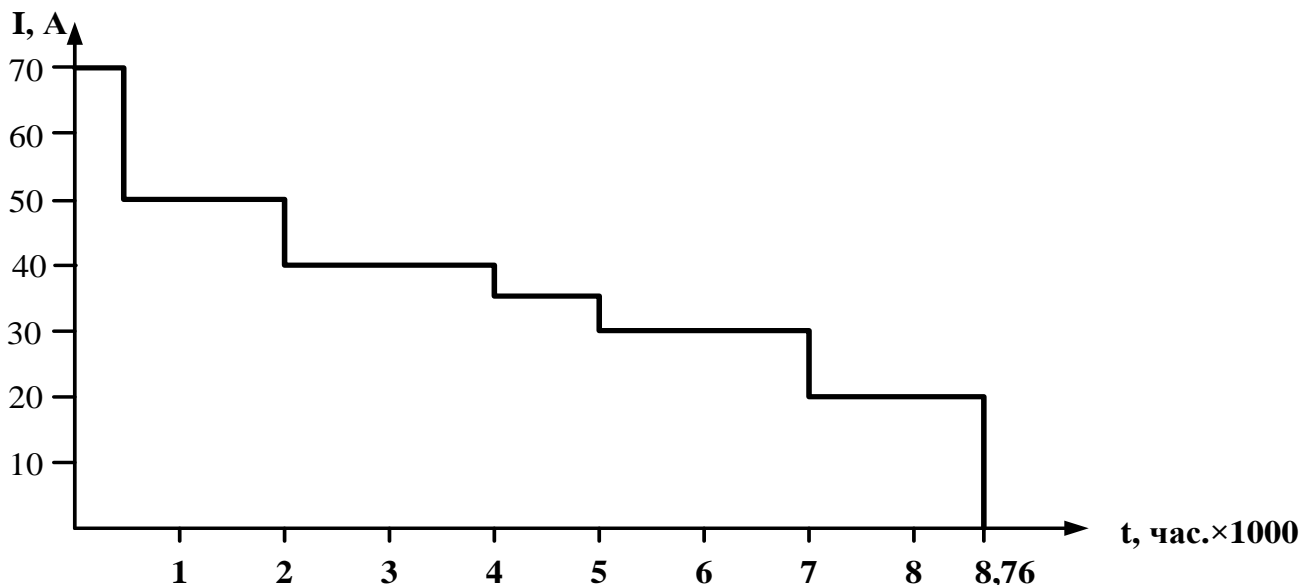
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС70, длина линии 8км. $K_I = 15$, $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (155 – 5300)кВт*ч, PW_p (1100 – 2200)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС95. Длина линии 6 км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,85$.



21 вариант.

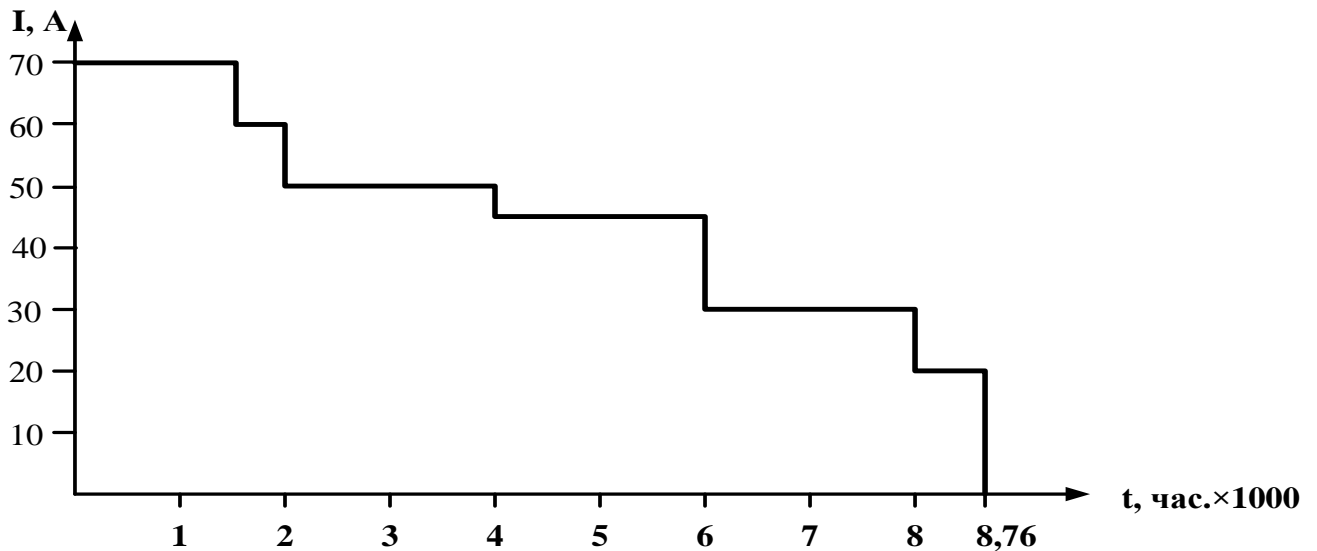
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом А70, длина линии 5 км. $K_I = 15$. $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (1200 – 6600)кВт*ч, PW_p (340 – 2800)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 3 км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,78$.



22 вариант.

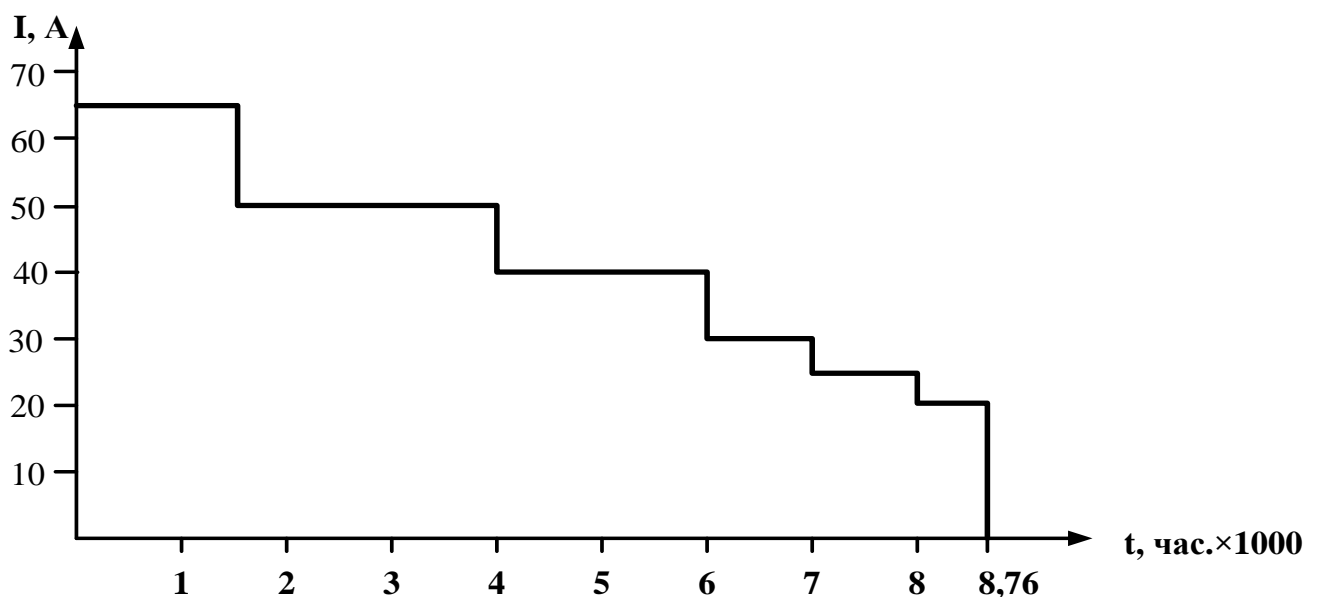
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС95, длина линии 15 км. $K_I = 35$. $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (820 – 4600)кВт*ч, PW_p (220 – 2220)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 9 км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,8$.



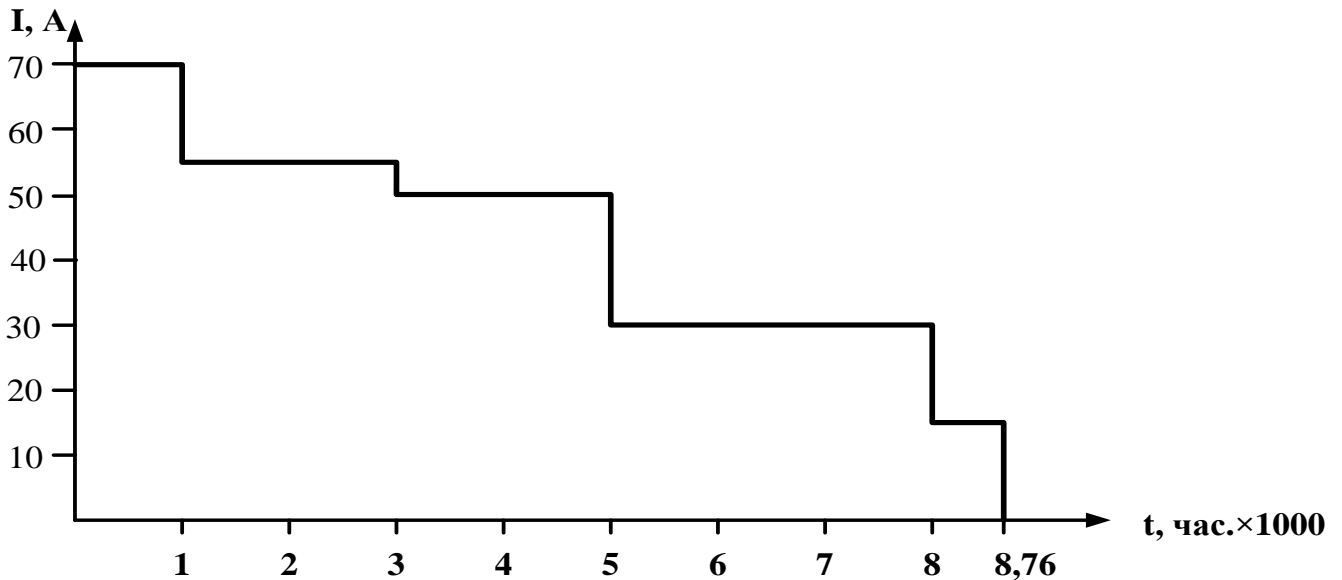
23 вариант.

Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом А 50, длина линии 4 км. $K_I = 25$. $K_U = 100$. Показания счетчиков: PW_a (130 – 3200) кВт*ч, PW_p (80 – 1800) квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 7 км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,85$.



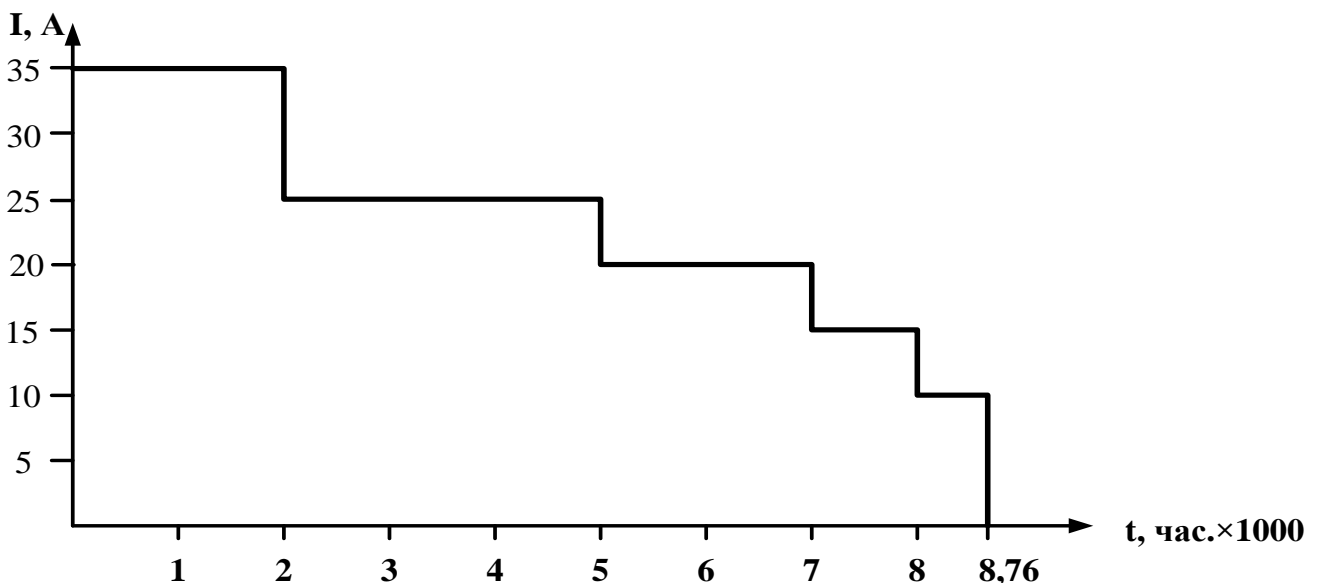
24 вариант.

Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС70, длина линии 5 км. $K_I = 25$. $K_U = 100$. Показания счетчиков: PW_a (280 – 4200)кВт*ч, PW_p (190 – 2300)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС95. Длина линии 15км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,80$.



25 вариант.

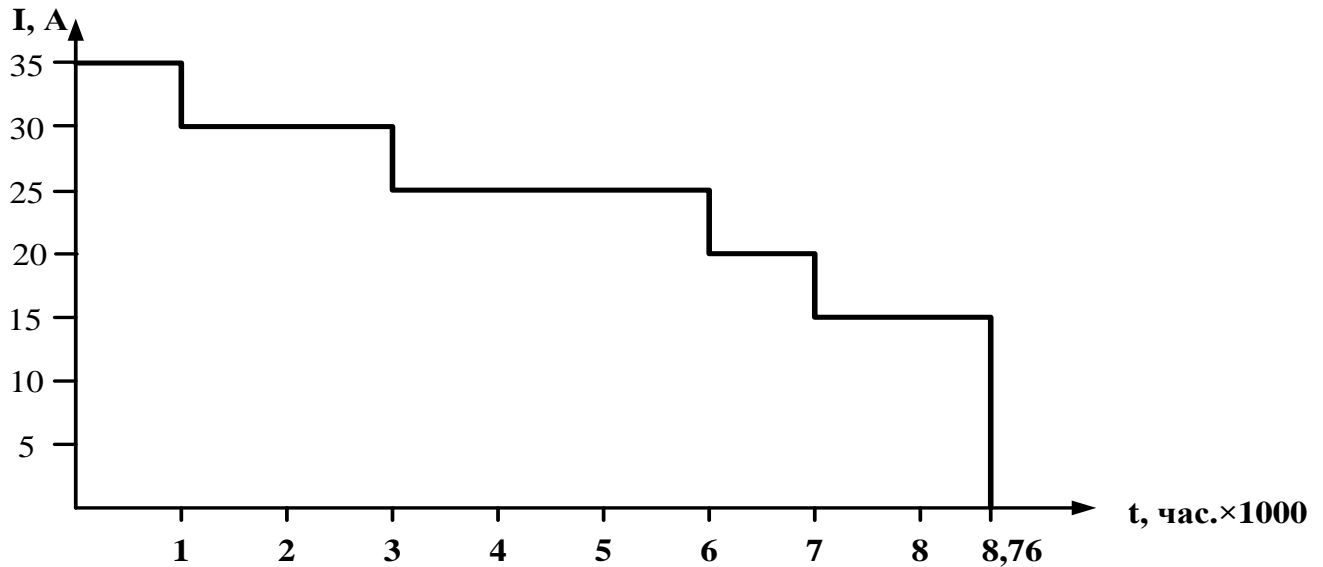
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС70, длина линии 11 км. $K_I = 25$. $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (1280 – 8400) кВт*ч, PW_p (1360 – 3650) квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС95. Длина линии 12 км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,85$.



26 вариант.

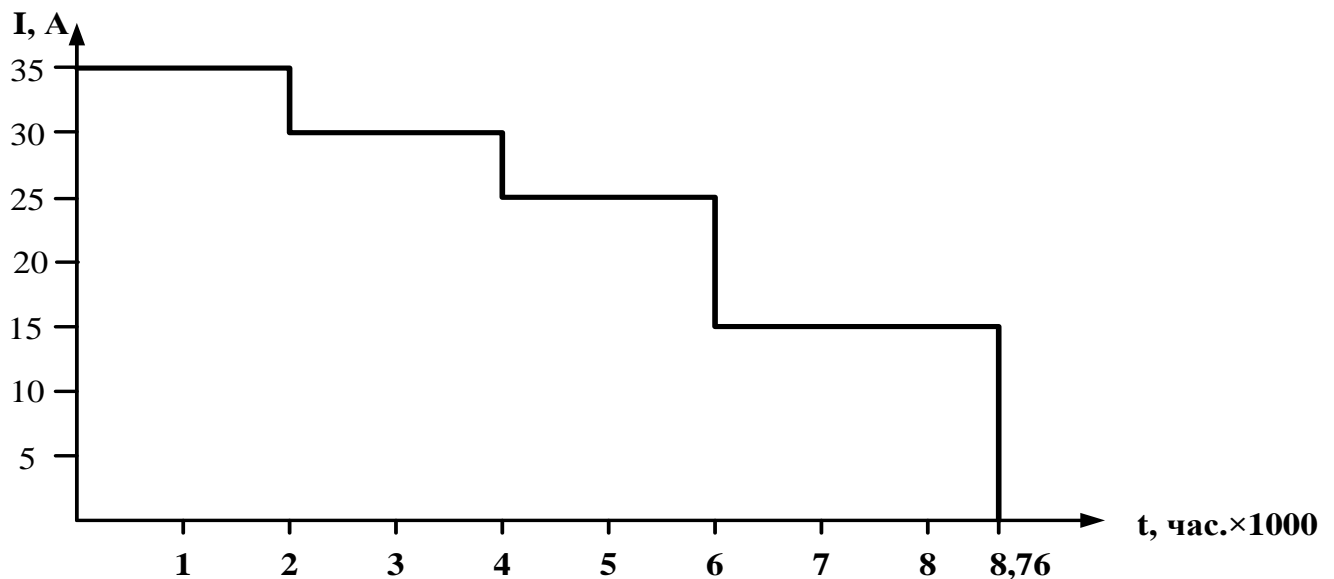
Задача № 1.

Определить потери электроэнергии в линии за год, выполненной проводом АС70, длина линии 9 км. $K_I = 25$. $K_U = 100$. Показания счетчиков:

PW_a (3560 – 8463)кВт*ч, PW_p (2746 – 5264)квар*ч. $U = 10$ кВ.

Задача № 2.

Определить потери электроэнергии в линии, выполненной проводом АС70. Длина линии 7 км. $U = 10$ кВ. $\cos \varphi = 0,85$.



ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 15

ТЕМА: Графики нагрузок и потери электроэнергии.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет потерь электрической энергии в линиях и трансформаторе.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета потерь электроэнергии в трансформаторе; воспитание таких профессиональных качеств, как умение принимать решения в различных ситуациях и пользоваться справочной литературой, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать потери энергии в электрических сетях.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие теоретические данные.

В трансформаторах мощность теряется в проводах обмоток (потери в меди или потери короткого замыкания ΔP_K) и в стали сердечников на вихревые токи и гистерезис (потери в стали или потери холостого хода ΔP_X). Потери в меди зависят от квадрата нагрузки. Для трехфазного тока они равны:

$$\Delta P_M = 3 \cdot I^2 r_T,$$

где r_T – активное сопротивление обмоток одной фазы трансформатора.

При номинальном токе нагрузки потери в меди также будут номинальными:

$$\Delta P_{K.H.} = 3 \cdot I_H^2 r_T.$$

Учитывая оба выражения, потери в меди:

$$\Delta P_K = \Delta P_{K.H.} (I/I_H)^2 = \Delta P_{K.H.} (S_p/S_H)^2.$$

Потери в стали трансформатора зависят только от приложенного к первичной обмотке напряжения, обычно для расчетов его принимают неизменным, потери мощности в стали считают неизменными.

Потери электроэнергии в трансформаторе так же, как и потери мощности, складываются из потерь в меди и потерь энергии в стали. Годовые потери энергии в трансформаторе:

$$\Delta W = 3 I_{\max}^2 r_T \tau + \Delta P_X 8760,$$

где τ – время потерь для данного графика нагрузки трансформатора;
 I_{\max} – максимальный ток нагрузки трансформатора.

С учетом всех формул потери электроэнергии в трансформаторе:

$$\Delta W = \Delta P_k (S_p / S_n)^2 \tau + \Delta P_x 8760.$$

где S_p – максимальная мощность нагрузки;

S_n – номинальная мощность трансформатора

При нагрузке, равномерно распределенной вдоль линии, потери энергии в 3 раза меньше, чем в линии с той же нагрузкой на конце.

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Для заданной мощности трансформатора выбрать данные потерь мощности короткого замыкания ΔP_k и потерь мощности холостого хода ΔP_x из таблицы технических данных трансформаторов:

Мощность трансформатора, S_n , кВА	потери мощности короткого замыкания ΔP_k , кВт	потери мощности холостого хода ΔP_x , кВт
25	0,6	0,13
40	0,88	0,175
63	1,28	0,24
100	1,97	0,33
160	2,65	0,51
250	3,7	0,74

Определить потери мощности в трансформаторе за год по формуле:

$$\Delta W_T = \Delta P_k * (S_p / S_n)^2 * \tau + \Delta P_x * t_T$$

ЗАДАНИЕ №3.

Найти сопротивление линии R_l по формуле:

$$R_l = R_{уд.} * L_l$$

где L_l – длина линии (дана в задании), км;

$R_{уд.}$ – удельное сопротивление линии, которое зависит от марки провода и сечения линии (даны в задании), Ом/км. $R_{уд.}$ Дано в таблице.

Таблица удельных сопротивлений провода:

Площадь сечения провода, мм ²	Удельное активное сопротивление, Ом/км	
	Алюминиевый провод (А)	Сталеалюминиевый провод (АС)
16	1.84	1,8
25	1,16	1,18

35	0,85	0,79
50	0,59	0,6
70	0,42	0,43
95	0,31	0,31
120	0,25	0,25

ЗАДАНИЕ №4.

Определить значение максимального тока линии по известной полной мощности.

Рассчитать затраты электроэнергии на линии 0,38 кВ.

Рассчитать значение потерь мощности по формуле:

$$\Delta W_{\text{л}} = 3 * I_{\text{max}}^2 * R_{\text{л}} * \tau * 10^{-3}$$

Определить потери электроэнергии в процентном соотношении к активной электроэнергии за год.

По полученным данным сделать выводы по линии электроснабжения.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схему.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое графики нагрузки, какими они бывают?
2. Как построить годовой график нагрузок?
3. Пояснить понятие «время использования максимальной нагрузки».
4. Назовите составляющие потери электроэнергии в трансформаторе.
5. Дать понятие «время потерь».
6. Что называется расчетной нагрузкой?
7. Назовите мероприятия по уменьшению потерь электроэнергии в линиях.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

1 вариант:

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС35, длина линии 120м. Мощность нагрузок линии 88 кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 4000 часов. $U = 380 \text{ В}$.

2 вариант:

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС50, длина линии 180м. Мощность нагрузок на линии 35 кВА. Мощность трансформатора 40 кВА. Время потерь 3280 часов. $U = 380 \text{ В}$.

3 вариант:

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС50, длина линии 200м. Мощность нагрузок на линии 59 кВА. Мощность трансформатора 63 кВА. Время потерь 4000 часов. $U = 380 \text{ В}$.

4 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом А70, длина линии 250м. Мощность нагрузок на линии 85 кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 2000 часов. $U = 380 \text{ В}$.

5 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС50, длина линии 180м. Мощность нагрузок на линии 137 кВА. Мощность трансформатора 160 кВА. Время потерь 2600 часов. $U = 380 \text{ В}$.

6 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС50, длина линии 230м. Мощность нагрузок на линии 75кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 4000часов. $U = 380 \text{ В}$.

7 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70, длина линии 180м. Мощность нагрузок на линии 94кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 3800 часов. $U = 380 \text{ В}$.

8 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70, длина линии 300м. Мощность нагрузок на линии 78кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 4000 часов. $U = 380 \text{ В}$.

9 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70. Длина линии 210м. Мощность нагрузок на линии 53кВА. Мощность трансформатора 63 кВА. Время потерь 3500 часов. $U = 380 \text{ В}$.

10 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70. Длины линии 350м. Мощность нагрузок на линии 145кВА. Мощность трансформатора 160 кВА. Время потерь 3800 часов. $U = 380 \text{ В}$.

11 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70. Длины линии 230м. Мощность нагрузок на линии 87кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 2300 часов. $U = 380 \text{ В}$.

12 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС95. Длины линии 470м. Мощность нагрузок на линии 152кВА. Мощность трансформатора 160 кВА. Время потерь 3400 часов. $U = 380 \text{ В}$.

13 вариант:

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС95, длина линии 320 м. Мощность нагрузок на линии 231кВА. Мощность трансформатора 250 кВА. Время потерь 4000 часов. $U = 380 \text{ В}$.

14 вариант:

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС50, длина линии 170 м. Мощность нагрузок на линии 95кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 3000 часов. $U = 380 \text{ В}$.

15 вариант:

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70, длина линии 130м. Мощность нагрузок на линии 58кВА. Мощность трансформатора 63 кВА. Время потерь 3250 часов. $U = 380 \text{ В}$.

16 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом А95, длина линии 420м. Мощность нагрузок на линии 145кВА. Мощность трансформатора 160 кВА. Время потерь 2200 часов. $U = 380 \text{ В}$.

17 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70, длина линии 210м. Мощность нагрузок на линии 87кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 2300 часов. $U = 380 \text{ В}$.

18 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС50, длина линии 90м. Мощность нагрузок на линии 39кВА. Мощность трансформатора 40 кВА. Время потерь 2100часов. $U = 380 \text{ В}$.

19 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС95, длина линии 270м. Мощность нагрузок на линии 234кВА. Мощность трансформатора 250 кВА. Время потерь 3500 часов. $U = 380 \text{ В}$.

20 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70, длина линии 170м. Мощность нагрузок на линии 83кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 3300 часов. $U = 380 \text{ В}$.

21 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70. Длина линии 280м. Мощность нагрузок на линии 74кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 3100 часов. $U = 380 \text{ В}$.

22 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС70. Длина линии 190м. Мощность нагрузок на линии 83кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 3200 часов. $U = 380 \text{ В}$.

23 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом АС50. Длина линии 150м. Мощность нагрузок на линии 71кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 2200 часов. $U = 380 \text{ В}$.

24 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом А70. Длина линии 270м. Мощность нагрузок на линии 134кВА. Мощность трансформатора 160 кВА. Время потерь 3300 часов. $U = 380 \text{ В}$.

25 вариант.

Определить потери электроэнергии в линии и трансформаторе. Линия выполнена проводом А50. Длина линии 180м. Мощность нагрузок на линии 98 кВА. Мощность трансформатора 100 кВА. Время потерь 2300 часов. $U = 380 \text{ В}$.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 16

ТЕМА: Графики нагрузок и потери электроэнергии.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Построение суточного графика. Определение на вводе мощности и максимального тока.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику построения суточного графика нагрузок; воспитание таких профессиональных качеств, как точность, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать нагрузки.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие теоретические данные.

Нагрузку на вводе в помещение можно определить по графику электрических нагрузок. По оси ординат откладываются полученные потребляемые мощности, по оси абсцисс – длительность работы нагрузки.

Для построения графика составляется технологическая таблица, в которой определяются технологические операции, отмечаются мощности и длительность соответствующей операции. Необходимость в построении технологической таблицы определяется сложностью процессов.

Далее строится график: это зависимость мощности от времени. Для удобства построения графика сначала берутся участки с наиболее длительным периодом работы, затем на отмеченные мощности накладываются следующие нагрузки.

Пиковая мощность определяется по наибольшей суммарной мощности графика ($P_{\text{макс}}$). Максимальный ток на вводе для выбора защитной аппаратуры рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{макс}} = P_{\text{макс}} / \sqrt{3} * U * \cos \varphi$$

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

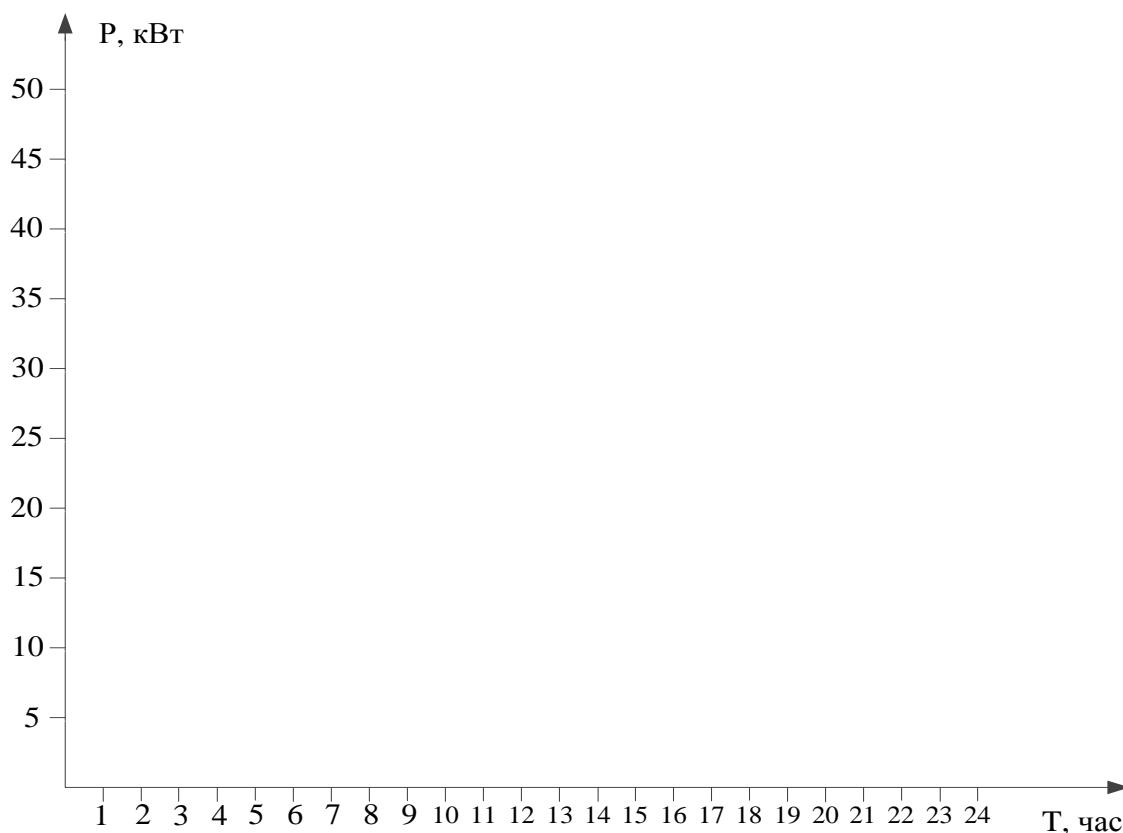
Записать таблицу с данными технологических процессов, мощностей нагрузок и времени включения нагрузок за смену. Так как смена в сельскохозяйственных организациях длится практически сутки, то и график рассчитан на 24 часа.

ЗАДАНИЕ №3.

Построить технологическую таблицу, учитывая каждую нагрузку в пределах 24 часов. По шкале нагрузок определить время в течение суток, за которое будет наибольшее включение нагрузок.

ЗАДАНИЕ №4.

Построить основу для графика нагрузок – оси мощностей и времени.



ЗАДАНИЕ № 5.

На осях графика отметить и построить нагрузки. Для удобства построения необходимо сначала выбрать мощности наиболее длительных нагрузок, затем присоединить к ним остальные. Нагрузки суммируются в зависимости от времени включения, определяется время, в которое включена наибольшая мощность нагрузок.

ЗАДАНИЕ № 6.

Рассчитать максимальный ток на вводе объекта.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схему.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. К чему приведет завышение расчетной мощности на вводе?
2. К чему приведет занижение расчетной мощности на вводе?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Для всех вариантов заданий коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,8$.

1 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Подогрев воды	20	6-8, 13-14, 20-21
Отопительный электродкотел	10	Круглосуточно
Скреперные установки	18	5-6, 12-13, 19-20
Шнеки загрузки навоза	13.5	4-5, 11-12, 18-19
Вентиляция	8.8	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.2	6-----22
Дежурное освещение	1.2	22-----6
Подогрев питьевой воды	7.5	Круглосуточно
Раздача кормов	6	8-9, 14-15, 20-21

2 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	16	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	8	Круглосуточно
Водонагреватель	18	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	12	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	8.8	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.5	6-----22
Дежурное освещение	1.3	22-----6
Подогрев питьевой воды	6	Круглосуточно
Раздача кормов	6	7-8, 13-14, 19-20

3 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	12	5-6, 11-12, 19-20
Охлаждение молока	4	Круглосуточно
Водонагреватель	9	4-6, 10-12, 18-20
Навозоудаление	9	3-4, 9-10, 17-18
Вентиляция	4.4	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.5	5-----21
Дежурное освещение	1.3	21-----5
Подогрев питьевой воды	7.5	Круглосуточно
Раздача кормов	4	6-7, 12-13, 20-21

4 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	12	6-7, 11-12, 19-20
Охлаждение молока	8	Круглосуточно
Водонагреватель	9	5-6, 10-12, 18-19
Навозоудаление	9	4-5, 10-11, 17-18
Вентиляция	6.6	Круглосуточно
Рабочее освещение	6.4	6-----21
Дежурное освещение	1.2	21-----6
Подогрев питьевой воды	7.5	5-----21
Раздача кормов	6	7-8, 12-13, 20-21

5 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	16	5-7, 12-14, 20-22
Охлаждение молока	6	Круглосуточно
Водонагреватель	18	4-5, 11-12, 19-20
Навозоудаление	9	4-5, 10-11, 18-20
Вентиляция	6.6	Круглосуточно
Рабочее освещение	6.8	5-----22
Дежурное освещение	1.2	22-----5
Подогрев питьевой воды	5	Круглосуточно
Раздача кормов	3	7-8, 14-15, 20-21

6 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	18	5-6, 11-12, 19-20
Охлаждение молока	4	Круглосуточно
Водонагреватель	9	4-5, 10-11, 18-20
Навозоудаление	13.5	3-5, 9-10, 17-18
Вентиляция	4.4	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.2	5-----20
Дежурное освещение	1.3	20-----5
Подогрев питьевой воды	5	Круглосуточно
Раздача кормов	6	6-7, 12-13, 20-21

7 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	16	6-7, 12-14, 20-21
Охлаждение молока	8	Круглосуточно
Водонагреватель	18	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	12	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	6.6	Круглосуточно
Рабочее освещение	6.4	6-----21
Дежурное освещение	1.2	21-----6
Подогрев питьевой воды	7	Круглосуточно
Раздача кормов	5	7-8, 14-15, 20-21

8 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	16	6-8, 13-15, 21-22
Охлаждение молока	9.5	Круглосуточно
Водонагреватель	18	5-7, 12-13, 21-21
Навозоудаление	12	4-5, 11-12, 19-20
Вентиляция	4.4	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.2	6-----22
Дежурное освещение	1.3	22-----6
Подогрев питьевой воды	5	6-----22
Раздача кормов	4	8-9, 15-16, 20-21

9 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	18	6-7, 13-14, 20-21
Охлаждение молока	5	Круглосуточно
Водонагреватель	7	5-6, 12-13, 19-20
Навозоудаление	5.5	4-5, 11-12, 18-19
Вентиляция	6	Круглосуточно
Рабочее освещение	3	6-----21
Дежурное освещение	1.2	21-----6
Подогрев питьевой воды	7	6-----21
Раздача кормов	5	7-8, 14-15, 19-20

10 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	15	5-7, 12-14, 20-22
Охлаждение молока	8	Круглосуточно
Водонагреватель	9	4-5, 11-12, 19-20
Навозоудаление	7	3-4, 10-11, 18-19
Вентиляция	5	Круглосуточно
Рабочее освещение	3	5-----22
Дежурное освещение	1.3	22-----5
Подогрев питьевой воды	6	Круглосуточно
Раздача кормов	5.5	7-8, 14-15. 19-20

11 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Рабочее освещение	4	6-----21
Дежурное освещение	1.5	21-----6
Вентиляция	8	Круглосуточно
Подогрев полов	15	Круглосуточно
Водонагреватель	11	6-8, 12-14, 18-20
Раздача кормов	7	7-8, 13-14, 19-20
Подогрев питьевой воды	6	7-9, 13-15, 19-21
Навозоудаление	8	6-7, 11-12, 17-18
Аэроионизация	2	Круглосуточно

12 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Рабочее освещение	5	6-----22
Дежурное освещение	1.2	22-----6
Вентиляция	8	Круглосуточно
Аэроионизация	1	Круглосуточно
Раздача кормов	6.5	6-7, 12-13, 18-19
Навозоудаление	7	5-6, 11-12, 17-18
Подогрев питьевой воды	6	6-8, 12-14, 18-20
Водонагреватель	12	6-----20
Подогрев помещения	10	Круглосуточно

13 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	10	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	9	Круглосуточно
Водонагреватель	12	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	8	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	12	Круглосуточно
Рабочее освещение	5	6-----22
Дежурное освещение	2	22-----6
Подогрев питьевой воды	5	Круглосуточно
Раздача кормов	7	6-8, 13-14, 19-20

14 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	15	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	4	Круглосуточно
Водонагреватель	18	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	7	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	6	Круглосуточно
Рабочее освещение	7	6-----22
Дежурное освещение	2	22-----6
Подогрев питьевой воды	7	6-----20
Раздача кормов	5	7-8, 13-14, 19-20

15 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	14	6-7, 12-13, 20-21
Водонагреватель	8	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	3	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	9	Круглосуточно
Рабочее освещение	4	6-----22
Дежурное освещение	1	22-----6
Подогрев питьевой воды	4	Круглосуточно
Раздача кормов	8	7-8, 13-14, 19-21

16 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	8	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	12	Круглосуточно
Водонагреватель	5	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	3	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	8	Круглосуточно
Рабочее освещение	4	6-----22
Дежурное освещение	3	22-----6
Подогрев питьевой воды	12	7-----21
Раздача кормов	8	7-8, 13-14, 19-20

17 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	11	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	9	Круглосуточно
Водонагреватель	10	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	9	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	6	Круглосуточно
Рабочее освещение	4	6-----22
Дежурное освещение	1.5	22-----6
Подогрев питьевой воды	5	Круглосуточно
Раздача кормов	5	7-8, 13-14, 19-20

18 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	18	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	6	Круглосуточно
Водонагреватель	12	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	6	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	9	Круглосуточно
Рабочее освещение	6.5	6-----22
Дежурное освещение	3.3	22-----6
Подогрев питьевой воды	9	Круглосуточно
Раздача кормов	6	7-8, 13-14, 19-20

19 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	9	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	5	Круглосуточно
Водонагреватель	11	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	9	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	8	Круглосуточно
Рабочее освещение	5	6-----22
Дежурное освещение	4	22-----6
Подогрев питьевой воды	7	Круглосуточно
Раздача кормов	4	7-8, 13-14, 19-20

20 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	13	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	5	Круглосуточно
Водонагреватель	10	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	7	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	8.8	Круглосуточно
Рабочее освещение	4.5	6-----22
Дежурное освещение	2.3	22-----6
Подогрев питьевой воды	6	Круглосуточно
Раздача кормов	4	7-8, 13-14, 19-20

21 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	10	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	5	Круглосуточно
Водонагреватель	10	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	4	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	6	Круглосуточно
Рабочее освещение	3	6-----22
Дежурное освещение	1.5	22-----6
Подогрев питьевой воды	6	Круглосуточно
Раздача кормов	8	7-8, 13-14, 19-20

22 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	12	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	6	Круглосуточно
Водонагреватель	9	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	6	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	7	Круглосуточно
Рабочее освещение	6.5	6-----22
Дежурное освещение	3.3	22-----6
Подогрев питьевой воды	5	Круглосуточно
Раздача кормов	4	7-8, 13-14, 19-20

23 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	11	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	5	Круглосуточно
Водонагреватель	8	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	9	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	6	Круглосуточно
Рабочее освещение	4	6-----22
Дежурное освещение	4	22-----6
Подогрев питьевой воды	7	Круглосуточно
Раздача кормов	4	7-8, 13-14, 19-20

24 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	6	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	5	Круглосуточно
Водонагреватель	5	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	7	4-5, 10-11, 18-19
Вентиляция	6	Круглосуточно
Рабочее освещение	4	6-----22
Дежурное освещение	2	22-----6
Подогрев питьевой воды	6	Круглосуточно
Раздача кормов	4,5	7-8, 13-14, 19-20

25 вариант:

Технологическая операция	Мощность нагрузки Р, кВт	Время работы, час
Дойка молока	10	6-7, 12-13, 20-21
Охлаждение молока	3	Круглосуточно
Водонагреватель	8	5-7, 11-12, 19-20
Навозоудаление	6	4-5, 10-11, 18-20
Вентиляция	11	Круглосуточно
Рабочее освещение	4	6-----22
Дежурное освещение	1,5	22-----6
Подогрев питьевой воды	6	Круглосуточно
Раздача кормов	5	7-8, 13-14, 19-20

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 17

ТЕМА: Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор проводов воздушных линий по экономической плотности тока.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета сечений проводов воздушных линий; воспитание таких профессиональных качеств, как точность, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Пояснить, в каком случае применяется метод экономической плотности тока при выборе сечений провода.
2. Перечислить марки проводов для воздушных линий.
3. Перечислить стандартные размеры сечений проводов воздушных линий.
4. Чему равно значение удельного реактивного сопротивления для ВЛ выше 1 кВ?

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие теоретические данные.

В сельской местности для линий напряжением 35 кВ и выше, питающихся от подстанций с регулированием напряжения под нагрузкой, рекомендуется выбирать площади поперечных сечений проводов по экономической плотности тока. При этом необходимо учитывать, что у приемников электроэнергии не должно быть недопустимых отклонений напряжения.

Методика определения сечений состоит в следующем, нужно знать нагрузочные токи на каждом участке рассчитываемой сети и примерное значение времени использования максимальной мощности T_{\max} . Экономическую площадь поперечного сечения провода выбирают по экономической плотности тока $j_{\text{эк}}$ по формуле:

$$F = I / j_{\text{эк}}$$

Значение $j_{эк}$, рассчитываемое для ВЛ 10 кВ сельскохозяйственных районов с малой плотностью нагрузок, равно $0,54 \text{ А/мм}^2$. Оно отличается от значений $j_{эк}$, приведенных в ПУЭ.

Таблица экономической плотности тока для проводов из разных металлов

Проводники	Продолжительность использования максимума нагрузки, ч		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
Медные	2,5	2,1	1,3
Алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
Медными	3,0	2,5	2,0
Алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
Медными	3,5	3,1	2,7
Алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

Как правило, линии электропередачи напряжением 0,38 кВ и 10 кВ имеют несколько участков и площадь поперечного сечения проводов в них выбирают по эквивалентному (среднеквадратичному) току $I_{экв}$ и экономической плотности тока $j_{эк}$:

$$F = I_{экв} / j_{эк}, \text{ где } I_{экв} = \sqrt{\sum I_i^2 \cdot l_i / \sum l_i}$$

где i – номер магистрального участка линии

n – количество магистральных участков линии.

Для линий, выполненных из проводов одинаковой площади сечения, с n участками, экономическая плотность тока на головном участке может быть увеличена в k_y раз, если:

$$k_y = \sqrt{I^2 \cdot L / (I_1^2 \cdot l_1 + I_2^2 \cdot l_2 + \dots + I_n^2 \cdot l_n)},$$

где I – сила тока на участках линии, А;

L – полная длина линии, км; l – длины участков, км.

ЗАДАНИЕ № 1.

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

По данным для задачи № 1 определить расчетное значение тока по формуле:

$$I_p = P_p / (\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi)$$

ЗАДАНИЕ №3.

Выбрать из таблицы значение экономической плотности тока в соответствии с известным значением продолжительности использования максимума нагрузки T_{max} .

Определить экономически целесообразную площадь сечения провода по формуле:

$$F_{\text{эк}} = I_p / j_{\text{эк}}$$

Выбрать сечение провода, соответствующее расчетному. Из таблицы записать значение удельного активного сопротивления провода в соответствии с выбранным сечением. Также записать значение удельного реактивного сопротивления провода.

Таблица удельных сопротивлений провода:

Площадь сечения провода, мм ²	Удельное активное сопротивление, Ом/км	
	Алюминиевый провод (А)	Сталеалюминиевый провод (АС)
16	1,84	1,8
25	1,16	1,18
35	0,85	0,79
50	0,59	0,6
70	0,42	0,43
95	0,31	0,31
120	0,25	0,25

ЗАДАНИЕ №4.

Выполнить проверку выбранного сечения по потере напряжения по формуле:

$$\Delta U = (P * R_{\text{уд.}} + Q * X_{\text{уд.}}) L / U_{\text{ном.}}, \text{ В}$$

где $Q = P * \tan \varphi$ – реактивная мощность, кВАр

Полученное значение потерь напряжения выразить в процентном соотношении. Сравнить полученное значение с нормативным и сделать вывод по расчетам.

ЗАДАНИЕ № 5.

По данным для задачи № 2 определить расчетное значение коэффициента увеличения по формуле:

$$k_y = \sqrt{I_1^2 * L_1 / (I_1^2 * l_1 + I_2^2 * l_2 + I_3^2 * l_3)}$$

Рассчитать экономически целесообразную площадь сечения провода, приняв экономическую плотность из таблицы:

$$F_{\text{эк}} = I_1 / (k_y * j_{\text{эк}})$$

Выбрать марку и сечение провода, выписать его активное удельное сопротивление и реактивное удельное сопротивление.

ЗАДАНИЕ № 6.

Выполнить проверку выбранного сечения по потере напряжения. Полученное значение потерь напряжения выразить в процентном соотношении.

Сравнить полученное значение с нормативным и сделать вывод по расчетам.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схему.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое техническое ограничение с точки зрения надежности при выборе площадей поперечного сечения проводов в ВЛ 10 кВ?
2. Как проверяют обеспечение качества электроэнергии у потребителей по напряжению?
3. Что такое экономическая плотность тока? От каких параметров она зависит?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Задача № 1:

Определить сечение алюминиевого провода напряжением 35 кВ

№ варианта	Расчетная мощность P_p , кВт	Время максимума T_{\max} , ч/год	$\cos \varphi$	Длина линии L , км.	ΔU , %
1	2100	3500	0,8	15	6
2	1900	3700	0,78	21	5,5
3	3100	3120	0,85	18	6
4	2700	2900	0,75	19	6
5	2500	4100	0,8	22	6
6	1800	2500	0,85	13	6
7	3200	2900	0,78	14	5,5
8	1500	3200	0,75	24	5,5
9	4200	4600	0,85	12	6
10	2900	3300	0,78	20	5,5
11	3300	2200	0,8	11	5,5
12	3380	2000	0,75	14	6
13	2800	3000	0,85	17	6
14	4400	3100	0,8	22	5,5
15	2200	2700	0,75	18	5,5
16	4100	2500	0,78	24	6
17	2600	3300	0,8	25	6
18	2700	2200	0,75	16	5
19	1200	1100	0,85	21	5
20	2400	3100	0,78	17	5,5
21	2300	2200	0,8	14	6
22	3400	2600	0,75	10	5
23	3500	4000	0,85	8	5,5
24	3000	2000	0,8	14	6
25	4500	2300	0,78	17	5
26	2000	1800	0,85	21	5,5

Задача № 2:**Определить сечение сталеалюминиевого провода напряжением 35 кВ ($\Delta U = 5\%$)**

№ варианта	Время максимума T_{\max} , ч/год	I_1 , А	I_2 , А	I_3 , А	l_1 , км	l_2 , км	l_3 , км	$\cos \varphi$
1	2200	50	40	20	3	6	12	0,8
2	2000	50	30	10	4	9	8	0,85
3	3000	60	38	30	3	8	7	0,78
4	3100	45	40	35	5	4	7	0,8
5	2700	70	50	40	11	8	5	0,85
6	2500	40	32	20	6	11	3	0,78
7	3300	45	30	25	11	3	8	0,8
8	2200	45	38	30	7	5	6	0,85
9	1100	60	40	40	3	8	5	0,78
10	3100	50	42	30	8	11	6	0,8
11	2200	50	30	22	7	4	5	0,85
12	2600	38	35	30	8	3	10	0,78
13	4000	50	40	30	3	7	6	0,8
14	2000	50	40	35	7	4	11	0,78
15	2300	48	40	30	8	5	7	0,85
16	1800	40	35	23	8	3	6	0,8
17	4200	50	40	20	4	7	11	0,78
18	3500	50	40	20	11	8	7	0,85
19	3700	40	30	28	4	10	8	0,8
20	3120	40	25	20	5	3	12	0,78
21	2900	35	30	15	7	11	4	0,85
22	4100	45	35	25	8	7	4	0,8
23	2500	50	33	20	3	8	11	0,78
24	2900	50	32	28	7	5	4	0,85
25	3200	40	38	25	10	7	12	0,8
26	4600	43	37	15	11	8	3	0,85

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 18

ТЕМА: Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор проводов воздушных линий методом экономических интервалов в сетях 0,38кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета сечений проводов воздушных линий; воспитание таких профессиональных качеств, как точность, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Расчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

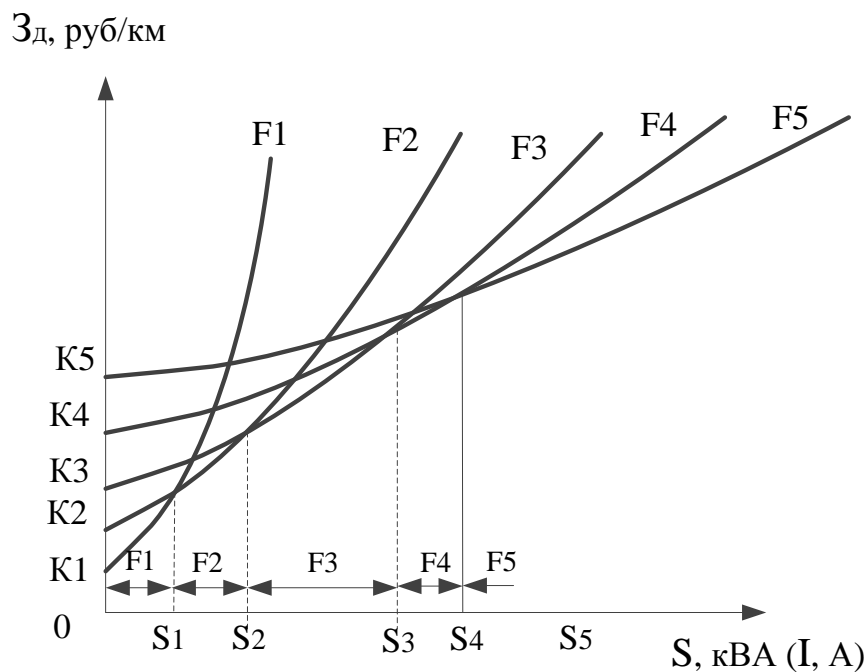
ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Пояснить, в каком случае применяется метод экономических интервалов при выборе сечений провода.
2. Что такое эквивалентная мощность, как она определяется?
3. Допустимая оптимальная длина воздушных линий 0,38 кВ.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие теоретические данные.

Экономические интервалы получают в результате построения дисконтированных затрат для различных площадей сечения проводов в зависимости от мощности или тока и имеют вид:



Интервал мощности, кВА (тока, А)	Экономическая площадь сечения провода, мм ²
0...S ₁	F ₁
S ₁ ...S ₂	F ₂
S ₂ ...S ₃	F ₃
S ₃ ...S ₄	F ₄

Площадям сечения проводов F₁... F₄ соответствует минимум дисконтных затрат в соответствующих интервалах мощности (тока).

Такие графики различны для разных напряжений, материалов опор, климатических районов.

Средний ток определяется по формуле:

$$I_{\text{ср.}} = \sqrt{F_1 * F_2 * j_{\text{эк}}}$$

По формуле определяют границы экономических интервалов.

Граница интервала, А	Экономическая площадь сечения провода, мм ²
Эквивалентная мощность, S _{экв} , кВА	
0...22,6	АС35
22,6...31,9	АС50
31,9...44,0	АС70
44...56	АС95
Свыше 56	АС120

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схемы заданий. Определить нагрузку по участкам линий методом добавок. Рассчитать эквивалентную мощность по формуле:

$$S_{\text{экв.}} = S_{\text{р.}} * k_{\text{д.}}$$

где $k_{\text{д.}}$ – коэффициент динамики роста нагрузок.

$k_{\text{д.}}=0,7$ для линий с ростом нагрузок более, чем в 1,5...2 раза;

$k_{\text{д.}}=0,8$ для линий с ростом нагрузок менее, чем в 1,5 раза.

ЗАДАНИЕ №3.

Определить сечения на всех участках линий (магистральных и отпаяк).

Из таблиц экономических интервалов выбрать соответствующее сечение провода, учитывая разрешенные сечения для магистральных линий и отпаяк.

ЗАДАНИЕ №4.

Выполнить проверку выбранного сечения по потере напряжения по формуле:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{уд.}} * S_{\text{р.}} * L$$

где $\Delta U_{\text{уд.}}$ – удельное табличное значение потерь напряжения, кВ/км

L – длина линии, км.

Полученное значение потерь напряжения сравнить с нормативным и сделать вывод по расчетам.

Таблица удельных потерь напряжения, выраженных в процентах на 1 кВА*м:

Коэффициент мощности	Марка провода					
	A16	A25	A35	A50	A70	A95
1	1,273	0,807	0,588	0,407	0,29	0,218
0,96	1,292	0,843	0,631	0,454	0,346	0,276
0,93	1,276	0,84	0,639	0,462	0,359	0,291
0,92	1,269	0,838	0,634	0,463	0,362	0,295
0,9	1,235	0,833	0,632	0,465	0,367	0,302
0,85	1,214	0,815	0,624	0,465	0,374	0,313
0,83	1,196	0,806	0,62	0,464	0,376	0,316
0,8	1,169	0,792	0,612	0,461	0,378	0,319
0,78	1,15	0,782	0,606	0,459	0,378	0,321
0,75	1,121	0,767	0,597	0,455	0,378	0,323
0,7	1,07	0,739	0,58	0,447	0,376	0,325

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задач и схемы (выполнить расчеты обоих задач).
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

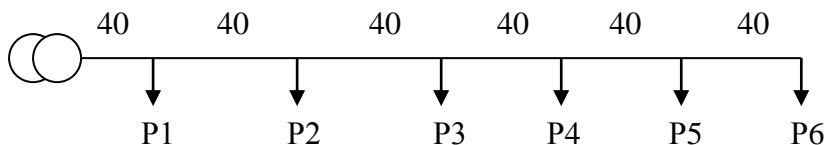
1. Какие мероприятия проводятся, если потеря напряжения линии превышает допустимое значение?
2. Каков порядок расчета магистральных проводов?
3. Допустимые потери напряжения на линиях по ГОСТ-32144-2013.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий 1 вариант

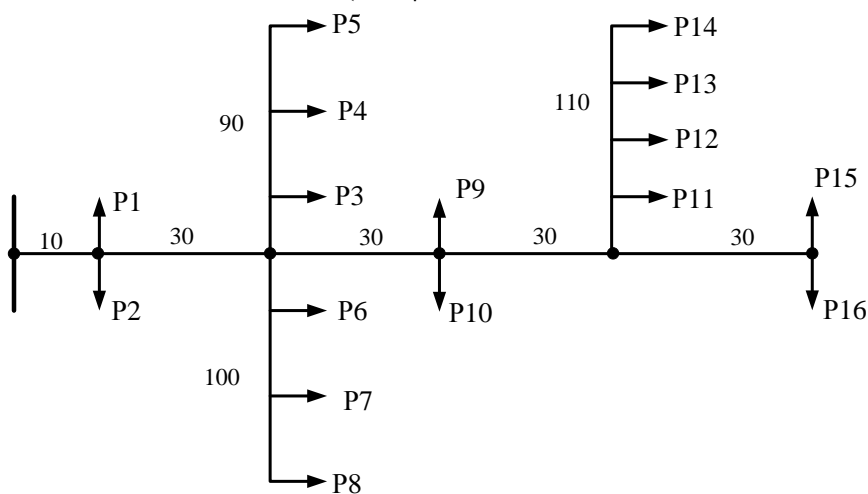
1 задание:



$P_1=14\text{кВт}$, $P_2=18\text{кВт}$, $P_3=18\text{кВт}$, $P_4=15\text{кВт}$, $P_5=19\text{кВт}$, $P_6=12\text{кВт}$; $\cos\varphi = 0,8$;

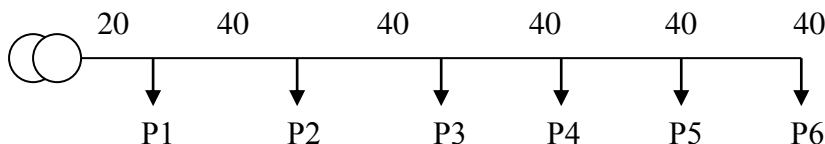
2 задание:

$P_1=P_2=11\text{кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $P_9=P_{10}=15\text{кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_{15}=P_{16}=12\text{кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_3=P_4=P_5=10\text{кВт}$ ($\cos\varphi = 0,87$); $P_6=P_7=P_8=15\text{кВт}$ ($\cos\varphi = 0,9$);
 $P_{11}=P_{12}=P_{13}=P_{14}=7,5\text{кВт}$ ($\cos\varphi = 0,93$)



2 вариант

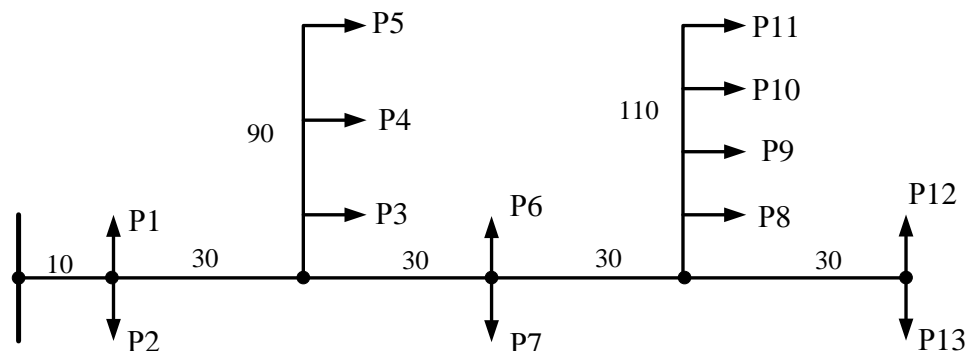
1 задание:



$P_1=9\text{ кВт}$, $P_2=10\text{ кВт}$, $P_3=12\text{ кВт}$, $P_4=20\text{ кВт}$, $P_5=7,5\text{ кВт}$, $P_6=5\text{ кВт}$, $P_7=5\text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,85$;

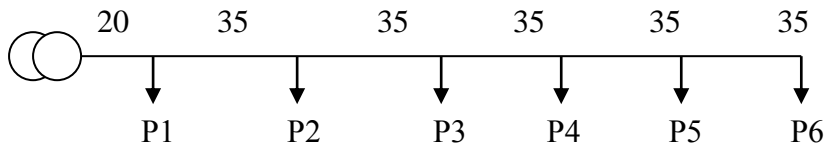
2 задание:

$P_1=P_2=15\text{кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_6=P_7=5\text{кВт}$ ($\cos\varphi=0,93$); $P_{12}=P_{13}=7,5\text{кВт}$ ($\cos\varphi=0,93$);
 $P_3=P_4=P_5=12\text{кВт}$ ($\cos\varphi = 0,87$); $P_8=P_9=P_{10}=P_{11}=15\text{кВт}$ ($\cos\varphi = 0,9$)



3 вариант

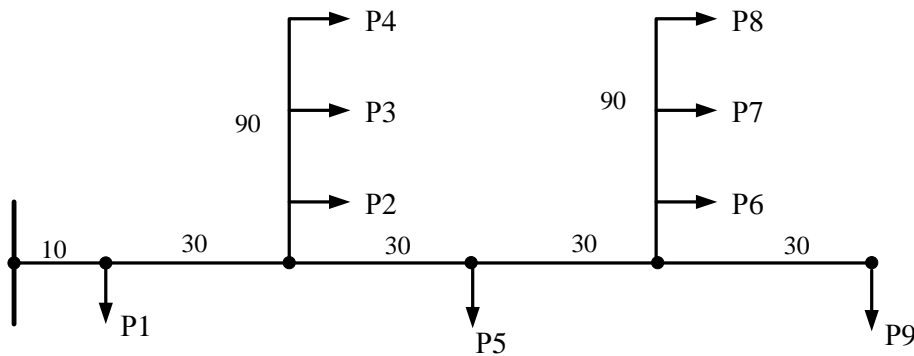
1 задание:



$P_1=15 \text{ кВт}$, $P_2=5 \text{ кВт}$, $P_3=15 \text{ кВт}$, $P_4=5 \text{ кВт}$, $P_5=15 \text{ кВт}$, $P_6=5 \text{ кВт}$, $P_7=15 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,93$;

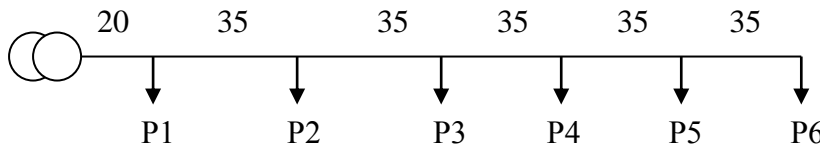
2 задание:

$P_1=P_5=15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_9= 20 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_2=P_3= P_4=7,5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,93$);
 $P_6= P_7= 12 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,9$); $P_8= 18 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,87$)



4 вариант

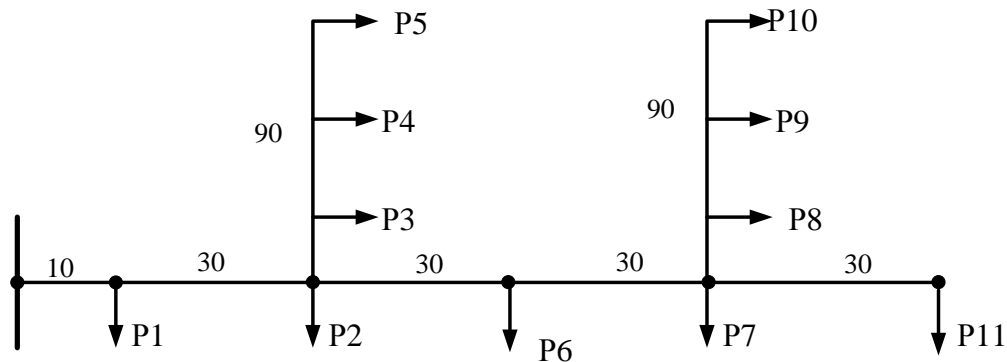
1 задание:



$P_1=5 \text{ кВт}$, $P_2=5 \text{ кВт}$, $P_3=5 \text{ кВт}$, $P_4=5 \text{ кВт}$, $P_5=5 \text{ кВт}$, $P_6=5 \text{ кВт}$, $P_7=15 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,93$;

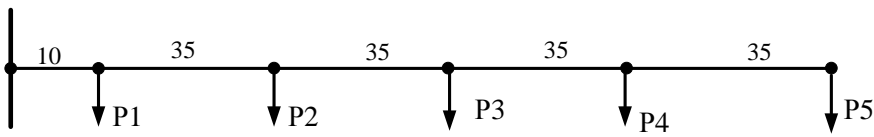
2 задание:

$P_1=P_6=5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_{11}= 10 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_2=P_7= 7,5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,93$);
 $P_3= P_4= 12 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,9$); $P_5= 18 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,87$); $P_8=P_9= P_{10}=5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,93$)



5 вариант

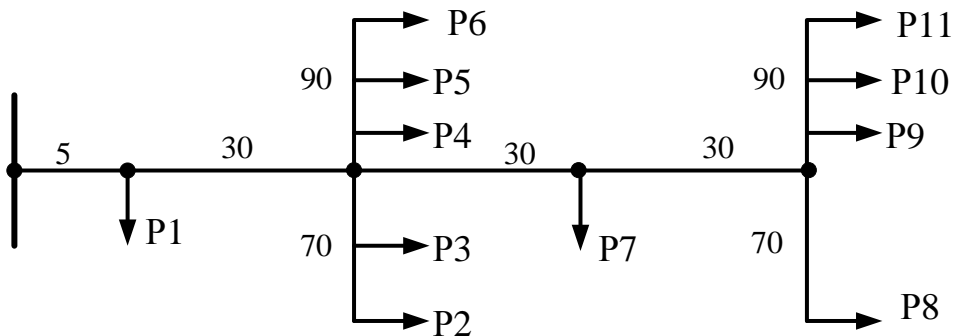
1 задание:



$P_1=7,5 \text{ кВт}, P_2=7,5 \text{ кВт}, P_3=7,5 \text{ кВт}, P_4=7,5 \text{ кВт}, P_5=7,5 \text{ кВт}, \cos\varphi = 0,94;$

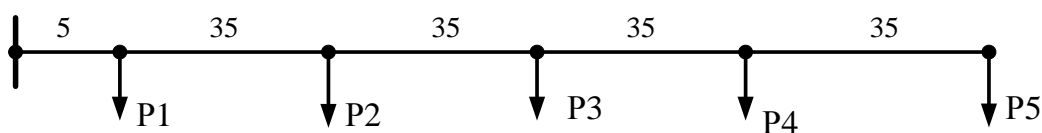
2 задание:

$P_1=P_7=5 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,9); P_2=P_3= 7,5 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,93); P_4=P_5= P_6=15 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,9);$
 $P_8= 20 \text{ кВт} (\cos\varphi = 0,85); P_9=P_{10}= P_{11}=5 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,93)$



6 вариант

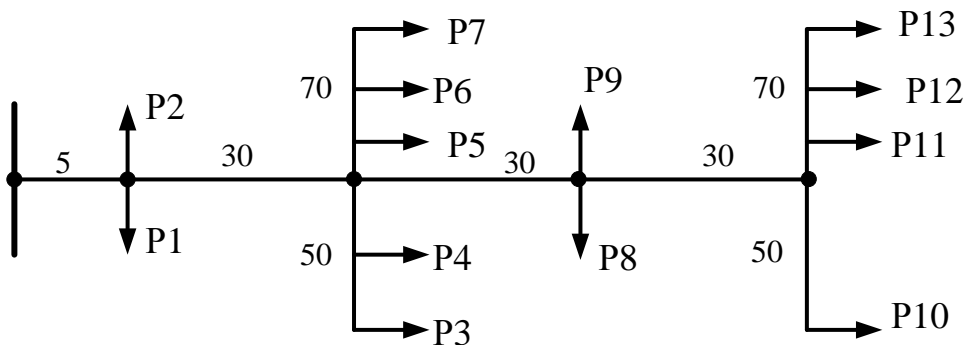
1 задание:



$P_1=20 \text{ кВт}, P_2=5 \text{ кВт}, P_3=15 \text{ кВт}, P_4=18 \text{ кВт}, P_5=11 \text{ кВт}, \cos\varphi = 0,85;$

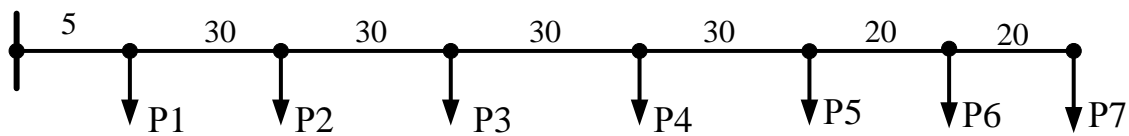
2 задание:

$P_1=P_2=5 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,9); P_8=P_9= 7,5 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,93); P_3=P_4= 20 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,8);$
 $P_5=P_6= P_7=18 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,85); P_{10}= 25 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,8); P_{11}=P_{12}= P_{13}=5 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,93);$



7 вариант

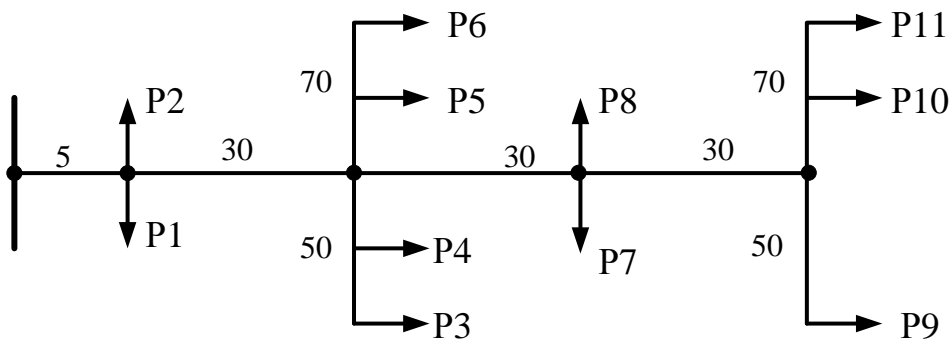
1 задание:



$P_1=15 \text{ кВт}$, $P_2=15 \text{ кВт}$, $P_3=15 \text{ кВт}$, $P_4=15 \text{ кВт}$, $P_5=15 \text{ кВт}$, $P_6=15 \text{ кВт}$, $P_7=15 \text{ кВт}$, $\cos\varphi = 0,9$;

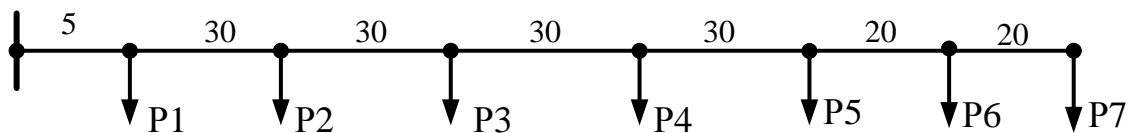
2 задание:

$P_1=P_2=7,5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_7=P_8= 15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_3=P_4= 12 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_5=P_6= 18 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_9= 20 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $P_{10}=P_{11}= 15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$);



8 вариант

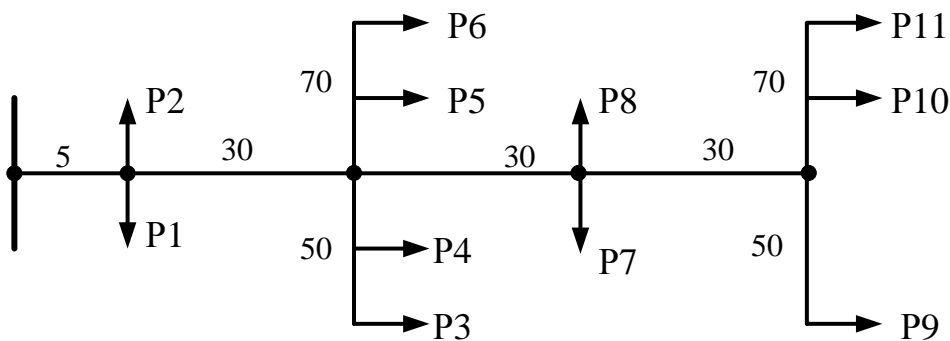
1 задание:



$P_1=5 \text{ кВт}$, $P_2=5 \text{ кВт}$, $P_3=5 \text{ кВт}$, $P_4=5 \text{ кВт}$, $P_5=5 \text{ кВт}$, $P_6=5 \text{ кВт}$, $P_7=5 \text{ кВт}$, $\cos\varphi = 0,94$;

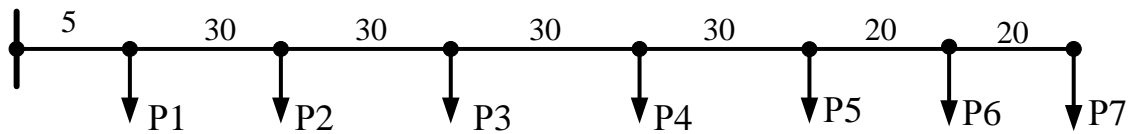
2 задание:

$P_1=P_2=15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_7=P_8= 15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_3=P_4= 12,8 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_5=P_6= 18 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_9= 22 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$); $P_{10}=P_{11}= 12,8 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$);



9 вариант

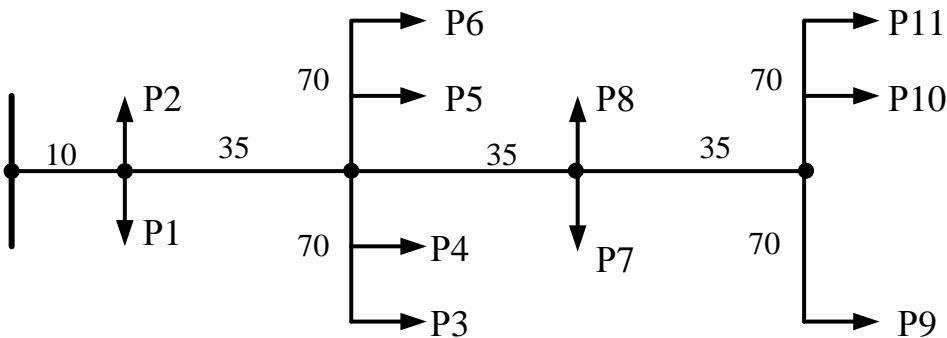
1 задание:



$P_1=5$ кВт, $P_2=7$ кВт, $P_3=11$ кВт, $P_4=9$ кВт, $P_5=15$ кВт, $P_6=7$ кВт, $P_7=10$ кВт, $\cos\varphi = 0,9$;

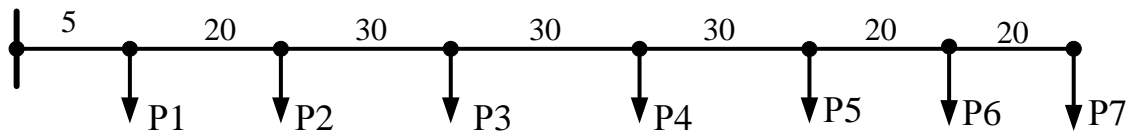
2 задание:

$P_1=10$ кВт ($\cos\varphi=0,8$); $P_2=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_7=5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_8=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_3=P_4= 20$ кВт ($\cos\varphi=0,85$); $P_5=P_6= 12$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_9= 30$ кВт ($\cos\varphi=0,87$);
 $P_{10}=P_{11}= 5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$);



10 вариант

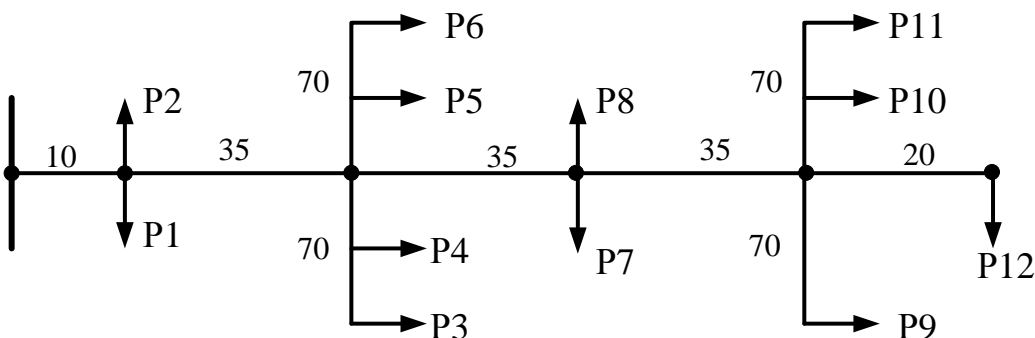
1 задание:



$P_1=12$ кВт, $P_2=9$ кВт, $P_3=7$ кВт, $P_4=11$ кВт, $P_5=15$ кВт, $P_6=18$ кВт, $P_7=21$ кВт, $\cos\varphi = 0,8$;

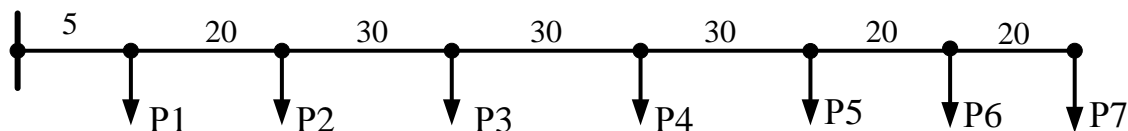
2 задание:

$P_1=7$ кВт ($\cos\varphi=0,8$); $P_2=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$); $P_7=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$); $P_8=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_3=P_4= 12,8$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_5=P_6= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_9= 22$ кВт ($\cos\varphi=0,87$);
 $P_{10}=P_{11}= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);



11 вариант

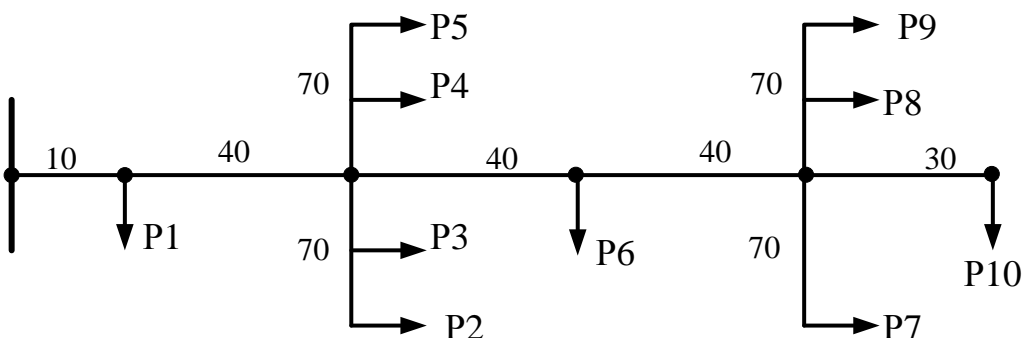
1 задание:



$P_1=18$ кВт, $P_2=19$ кВт, $P_3=12$ кВт, $P_4=15$ кВт, $P_5=10$ кВт, $P_6=9$ кВт, $P_7=18$ кВт, $\cos\varphi = 0,8$;

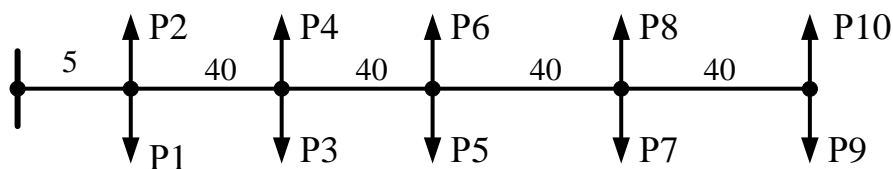
2 задание:

$P_1=15$ кВт ($\cos\varphi=0,89$); $P_6=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_{10}=20$ кВт ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_2=P_3= 12,8$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_4=P_5= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_7= 20$ кВт ($\cos\varphi=0,87$);
 $P_8=P_9= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);



12 вариант

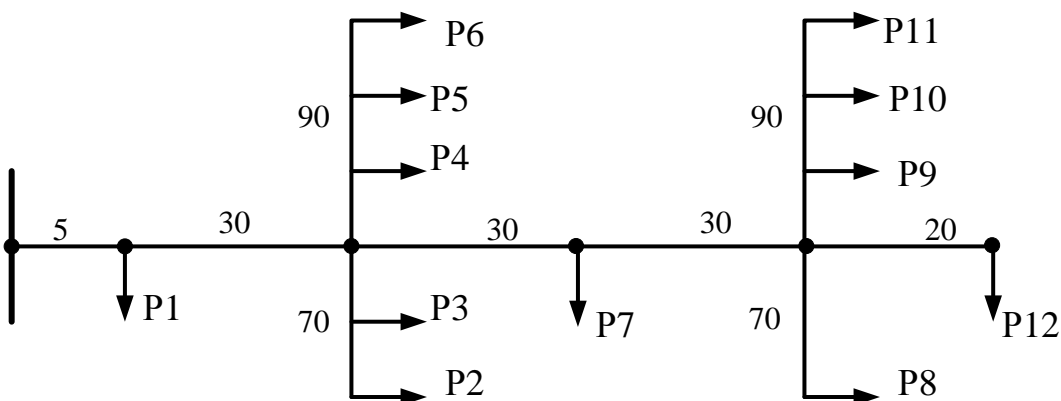
1 задание:



$P_1=P_2=19$ кВт; $P_3=P_4=15$ кВт; $P_5=P_6=P_7= P_8=7,5$ кВт; $P_9=P_{10}= 12,8$ кВт; $\cos\varphi = 0,9$;

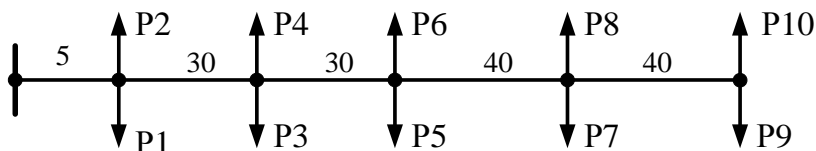
2 задание:

$P_1=20$ кВт ($\cos\varphi=0,85$); $P_7=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$); $P_{12}=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$);
 $P_2=P_3= 10$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_4=P_5= P_6=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_8= 15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_9=P_{10}= P_{11}=5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$);



13 вариант

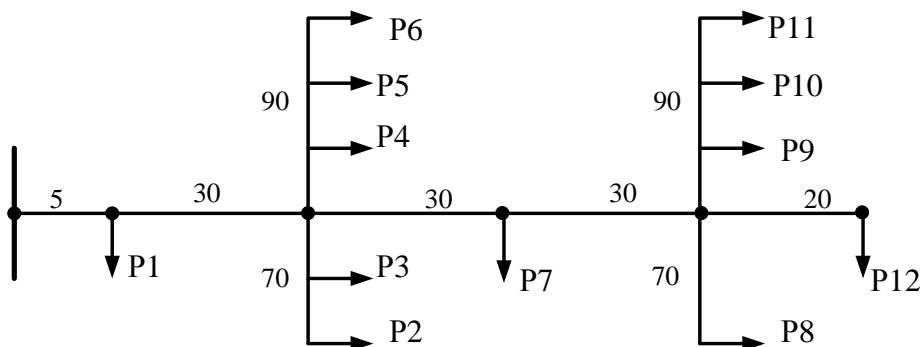
1 задание:



$P_1=P_2=10$ кВт; $P_3=P_4=7,5$ кВт; $P_5=P_6=P_7=P_8=15$ кВт; $P_9=P_{10}=5$ кВт; $\cos\varphi = 0,93$;

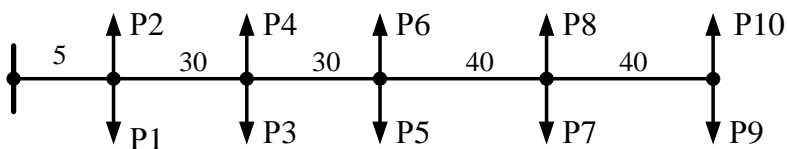
2 задание:

$P_1=12$ кВт ($\cos\varphi=0,85$); $P_7=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_{12}=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_2=P_3=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$); $P_4=P_5=P_6=7,5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_8=20$ кВт ($\cos\varphi=0,9$);
 $P_9=P_{10}=P_{11}=5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$);



14 вариант

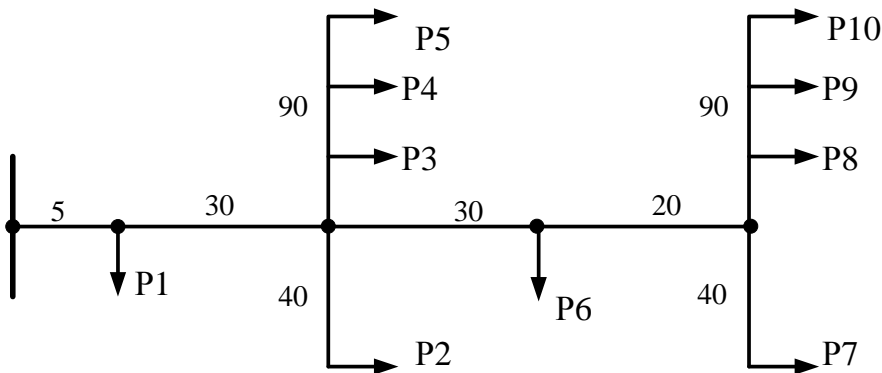
1 задание:



$P_1=P_2=12$ кВт; $P_3=P_4=7,5$ кВт; $P_5=P_6=P_7=P_8=5$ кВт; $P_9=P_{10}=15$ кВт; $\cos\varphi = 0,93$;

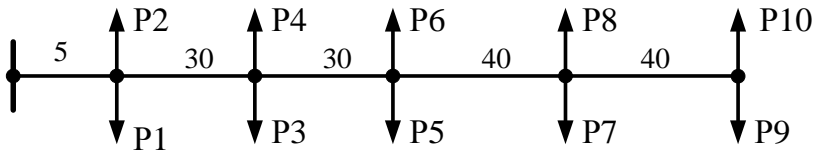
2 задание:

$P_1=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_6=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_2=20$ кВт ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_3=P_4=P_5=7,5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$); $P_7=22$ кВт ($\cos\varphi=0,8$);
 $P_8=P_9=P_{10}=5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$);



15 вариант

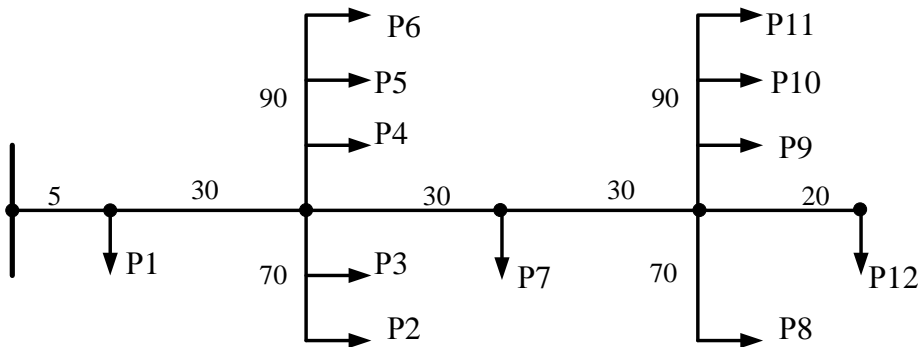
1 задание:



$P_1=P_2=7,5$ кВт; $P_3=P_4=15$ кВт; $P_5=P_6=P_7=P_8=5$ кВт; $P_9=P_{10}=20$ кВт; $\cos\varphi = 0,9$;

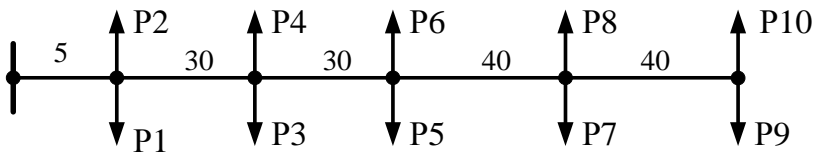
2 задание:

$P_1=8$ кВт ($\cos\varphi=0,85$); $P_7=10$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_{12}=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$);
 $P_2=P_3=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_4=P_5=P_6=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$); $P_8=18$ кВт ($\cos\varphi=0,8$);
 $P_9=P_{10}=P_{11}=7,5$ кВт ($\cos\varphi=0,93$);



16 вариант

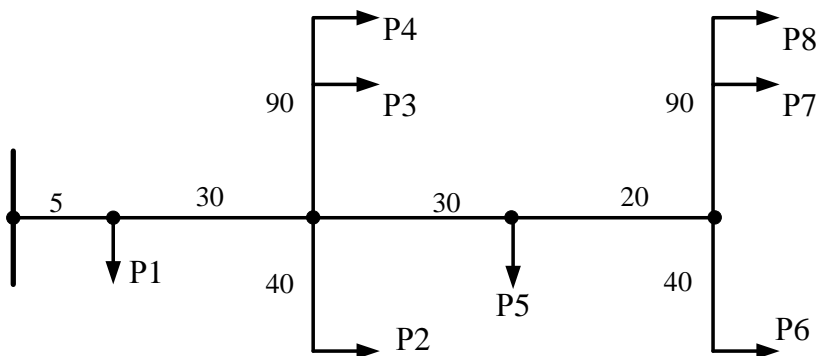
1 задание:



$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=5$ кВт; $P_9=P_{10}=15$ кВт; $\cos\varphi = 0,9$;

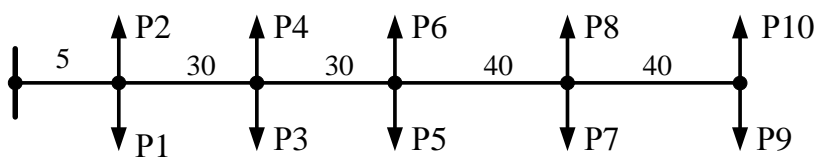
2 задание:

$P_1=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_5=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_2=12,8$ кВт ($\cos\varphi=0,93$);
 $P_3=P_4=5$ кВт ($\cos\varphi=0,94$); $P_7=P_8=15$ кВт ($\cos\varphi=0,9$); $P_6=18$ кВт ($\cos\varphi=0,8$);



17 вариант

1 задание:

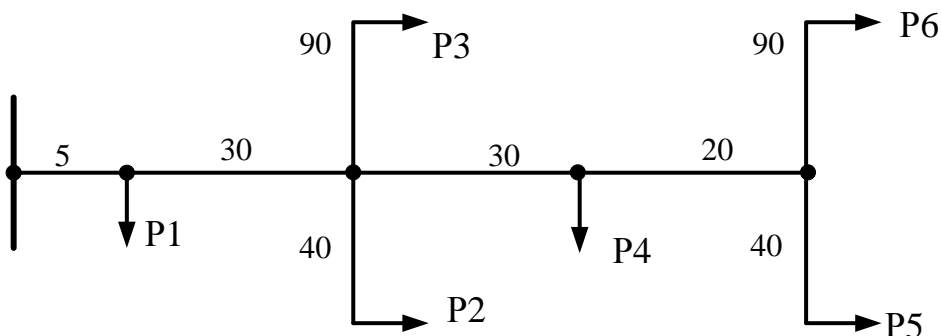


$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}= 7,5 \text{ кВт}; \quad \cos\varphi = 0,93;$$

2 задание:

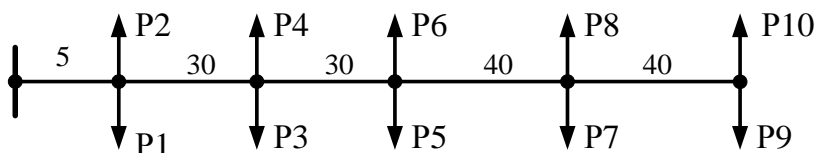
$$P_1=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_2=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_3=12,8 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93);$$

$$P_4= 5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,94); P_5= 7,5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_6= 18 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,8);$$



18 вариант

1 задание:

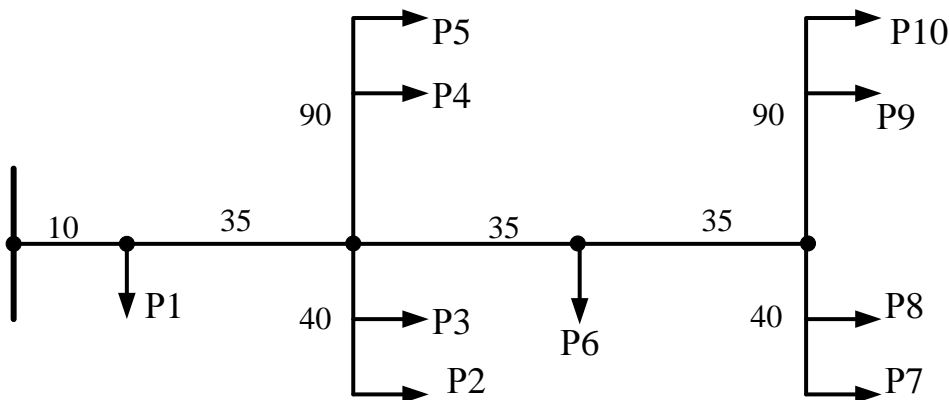


$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}= 15 \text{ кВт}; \quad \cos\varphi = 0,9;$$

2 задание:

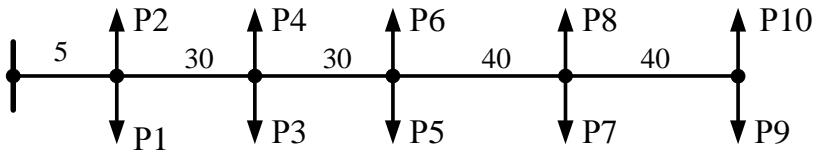
$$P_1=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_6=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_2=P_3=12,8 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93);$$

$$P_4=P_5= 5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,94); P_7=P_8= 7,5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_9=P_{10}= 10 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,8);$$



19 вариант

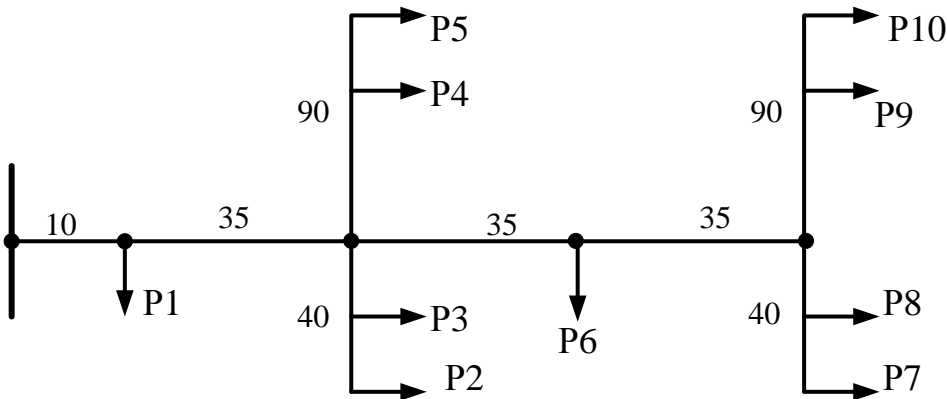
1 задание:



$P_1=P_2=5$ кВт; $P_3=P_4=P_5=P_6=7,5$ кВт; $P_7=P_8=P_9=P_{10}=15$ кВт; $\cos \varphi = 0,9$;

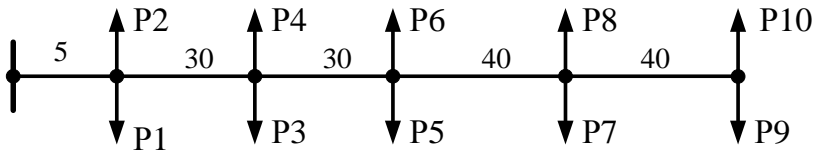
2 задание:

$P_1=5$ кВт ($\cos \varphi=0,94$); $P_6=5$ кВт ($\cos \varphi=0,94$); $P_2=P_3=20$ кВт ($\cos \varphi=0,85$);
 $P_4=P_5=15$ кВт ($\cos \varphi=0,9$); $P_7=P_8=7,5$ кВт ($\cos \varphi=0,93$); $P_9=P_{10}=18$ кВт ($\cos \varphi=0,8$);



20 вариант

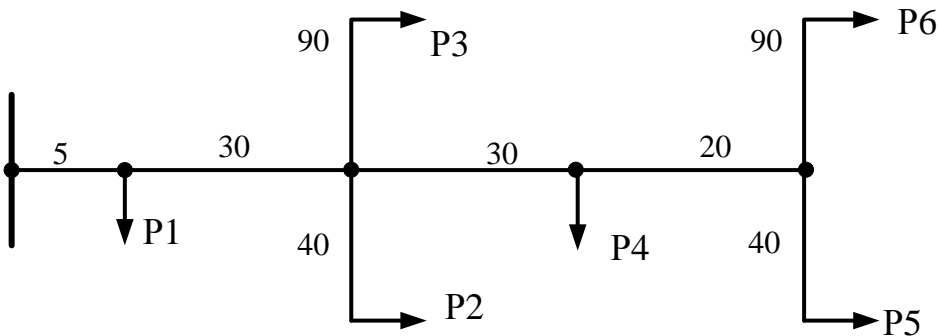
1 задание:



$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}=10$ кВт; $\cos \varphi = 0,87$;

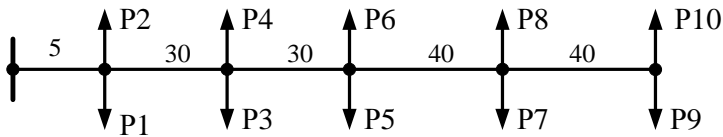
2 задание:

$P_1=12,8$ кВт ($\cos \varphi=0,93$); $P_2=12,8$ кВт ($\cos \varphi=0,93$); $P_3=15$ кВт ($\cos \varphi=0,9$);
 $P_4=5$ кВт ($\cos \varphi=0,94$); $P_5=15$ кВт ($\cos \varphi=0,9$); $P_6=18$ кВт ($\cos \varphi=0,8$);



21 вариант

1 задание:

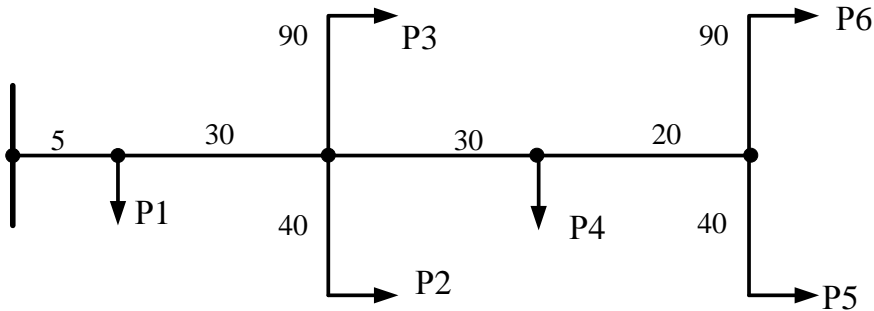


$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}= 12 \text{ кВт}; \quad \cos\varphi = 0,85;$$

2 задание:

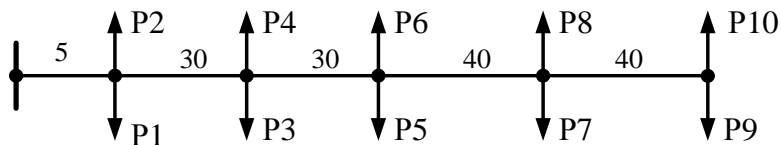
$$P_1=11 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_2=20 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85); P_3=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9);$$

$$P_4= 11 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_5= 15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_6= 12 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9);$$



22 вариант

1 задание:

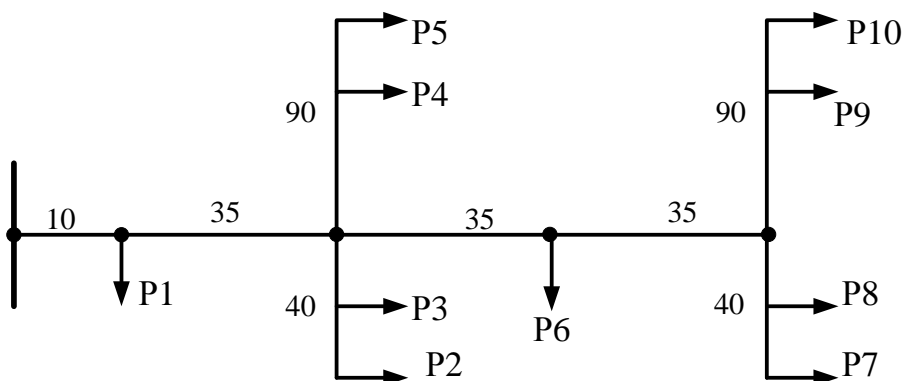


$$P_1=P_2=5 \text{ кВт}; P_3=P_4=P_5=P_6=15 \text{ кВт}; P_7= P_8=P_9=P_{10}= 7,5 \text{ кВт}; \quad \cos\varphi = 0,93;$$

2 задание:

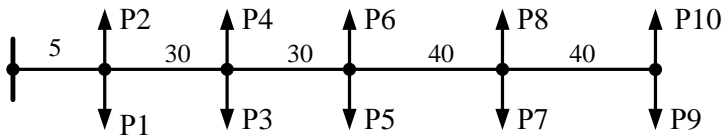
$$P_1=12 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85); P_6=5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,94); P_2=P_3=20 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85);$$

$$P_4=P_5= 15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_7=P_8= 5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_9=P_{10}= 12,8 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,8);$$



23 вариант

1 задание:

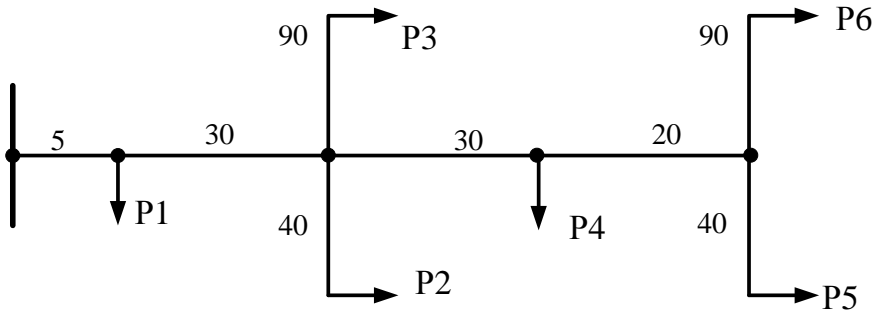


$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}= 12 \text{ кВт}; \quad \cos \varphi = 0,85;$$

2 задание:

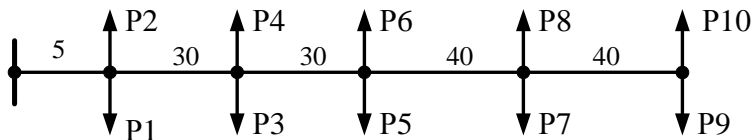
$$P_1=11 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_2=20 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85); P_3=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9);$$

$$P_4= 11 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_5= 15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_6= 12 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9);$$



24 вариант

1 задание:

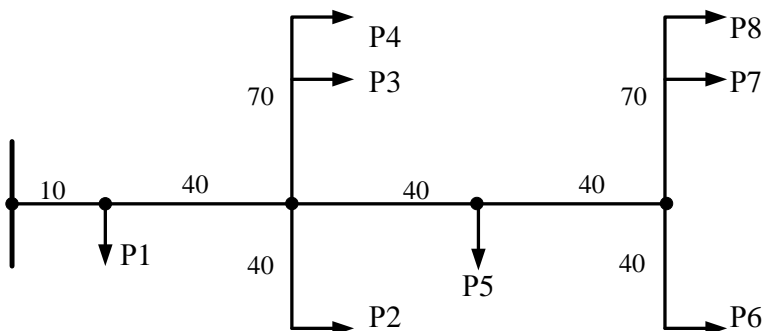


$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}= 15 \text{ кВт}; \quad \cos \varphi = 0,9;$$

2 задание:

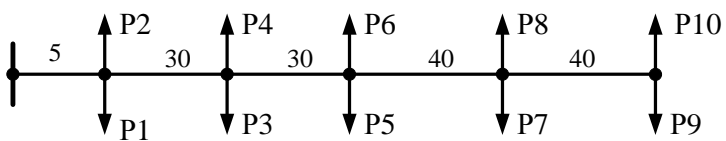
$$P_1=7,5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_2=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_3=P_4=5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,94);$$

$$P_5= 22 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,87); P_6= 12,8 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_7=P_8= 5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,94);$$



25 вариант

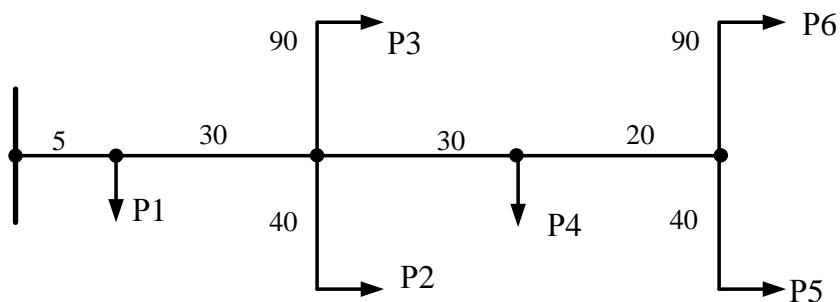
1 задание:



$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8=P_9=P_{10}= 15 \text{ кВт}; \quad \cos \varphi = 0,9;$$

2 задание:

$$P_1=15 \text{ кВт } (\cos \varphi=0,9); P_2=10 \text{ кВт } (\cos \varphi=0,85); P_3=15 \text{ кВт } (\cos \varphi=0,9);$$
$$P_4= 15 \text{ кВт } (\cos \varphi=0,9); P_5= 5 \text{ кВт } (\cos \varphi=0,94); P_6= 5 \text{ кВт } (\cos \varphi=0,94);$$



ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 19

ТЕМА: Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор изолированных проводов воздушных линий 0,38 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета сечений изолированных проводов воздушных линий; воспитание таких профессиональных качеств, как точность, развитие логического мышления через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Расчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

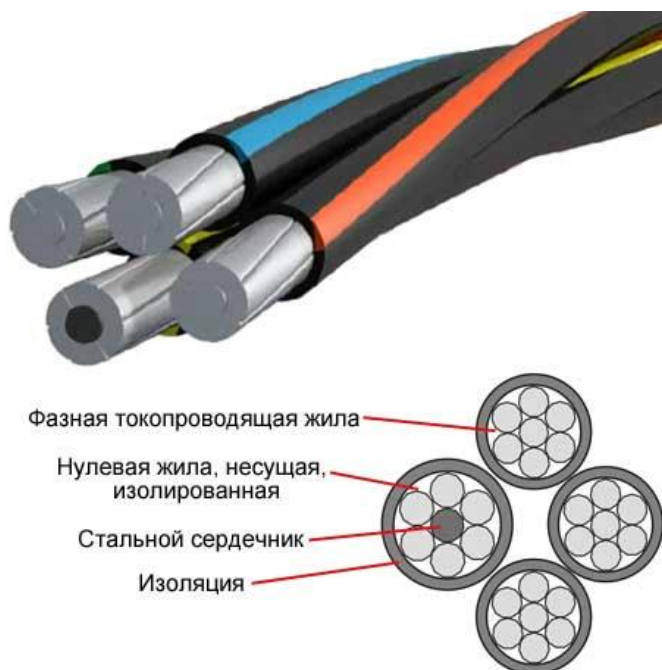
ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Расшифруйте маркировку провода СИП.
2. Что означает буква А в маркировке СИП-2А?
3. Каким образом изолированные провода СИП-2 крепятся к опорам?

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие теоретические данные.

Провода с маркировкой СИП-2 и СИП-2А имеют аналогичную с предыдущими марками конструкцию, за исключением изоляции, которая состоит из «сшитого» полиэтилена. Подобные марки получили применение в монтаже линий электропередач напряжением до 1000 В, которые подвержены воздействиям атмосферных факторов.



Данный провод СИП используют для изготовления магистральных линий и ответвлений к местным пунктам потребления в районах, где преобладает умеренный и холодный климат.

Токоведущие жилы самонесущих проводов обозначений СИП-2 и СИП-2А могут выдерживать длительный нагрев до 90°C. В процессе монтажа необходимо обращать внимание на то, чтобы бы было выполнено соблюдение необходимого (минимально допустимого) радиусного изгиба, который должен составлять не менее чем десять наружных диаметров провода.

Расчет сечения проводов СИП проводится методом экономической плотности тока и проверяется по допустимому току и потере напряжения.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схемы задач № 1 и № 2.

Определить расчетный ток линий по формуле:

$$I_p = S_p / \sqrt{3} * U_n$$

ЗАДАНИЕ №3.

Определить сечения воздушных линий с учетом экономической плотности тока по формуле: $F = I_p / j_{эк}$

где $j_{эк}$ принимается согласно таблиц экономической плотности тока для проводов из разных металлов. Значение $j_{эк}$ зависит от продолжительность использования максимума $T_{макс}$.

Данный метод применяется для выбора проводов СИП-0,4кВ. При выборе сечений необходимо рассчитать отдельно их значения на отпайках и на магистрали.

Таблица экономической плотности тока для проводов из разных металлов:

Проводники	Продолжительность использования максимума нагрузки, ч		
	более 1000 до 3000	более 3000 до 5000	более 5000
Неизолированные провода и шины:			
Медные	2,5	2,1	1,3
Алюминиевые	1,3	1,1	1,0
Кабели с бумажной и провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с жилами:			
Медными	3,0	2,5	2,0
Алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией с жилами:			
Медными	3,5	3,1	2,7
Алюминиевыми	1,9	1,7	1,6

ЗАДАНИЕ №4.

Выбрать марку провода СИП из таблицы.

Таблица маркировок и допустимых токовых нагрузок проводов, рассчитанные при температуре окружающей среды 25°C, скорости ветра 0,6 м/с и интенсивности солнечной 3×35+1×50			160	3,2
3×35+1×54,6 радиации 1000 Вт/м ² , а также допустимые односекундные токи короткого замыкания.			160	3,2
Число и номинальное сечение фазных и нулевой несущей жил, мм ²	Допустимый ток нагрузки, А	Односекундный ток короткого замыкания, кА		
1×16+1×25	105	1,5		
3×16+1×25	100	1,5		
3×25+1×35	130	2,3		
3×25+1×54,6	130	2,3		
3×50+1×50			195	4,6
3×50+1×54,6			195	4,6
3×50+1×70			195	4,6

3×70+1×54,6	240	6,5
3×70+1×70	240	6,5
3×70+1×95	240	6,5
3×95+1×70	300	8,8
3×95+1×95	300	8,8
3×120+1×95	340	7,2
4×16+1×25	100	1,5
4×25+1×35	130	2,3

ЗАДАНИЕ № 5.

Провести проверку сечения по допустимому току по соотношению:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_p.$$

где $I_{\text{доп.}}$ – допустимый ток нагрузки при данном сечении провода, А;

$I_{\text{доп.}}$ принимается из таблицы маркировки проводов СИП.

Провести проверку сечения по потере напряжения.

Потеря напряжения на участке воздушной линии определяется по формуле:

$$\Delta U_p = S_p \cdot L / c \cdot F_p.$$

где L – длина участка, м;

c – коэффициент, учитывающий материал токоведущей жилы и систему напряжения, $c = 44$ для алюминия при 380 В;

F_p – сечение фазного провода, мм².

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задач и схемы (выполнить расчеты обеих задач).
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Перечислите достоинства изолированных проводов ВЛ.
2. Описать конструкцию проводов СИП-2.
3. Написать величину удельного реактивного сопротивления для проводов СИП.

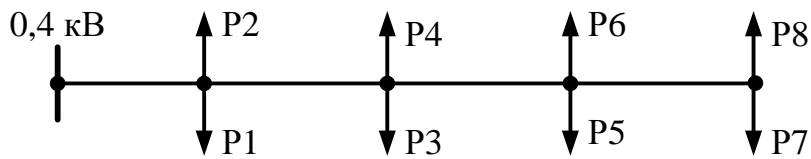
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

1 вариант

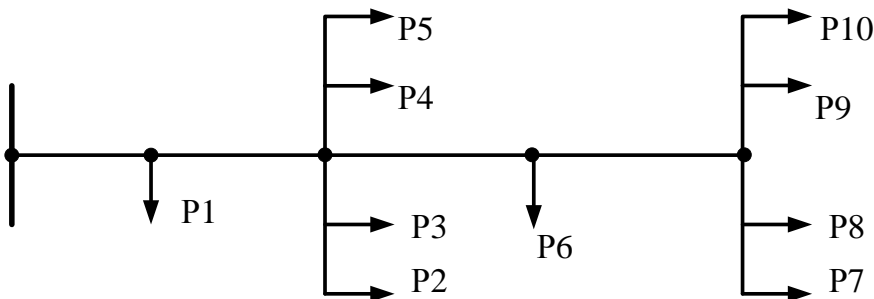
1 задача:



$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8 = 15 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

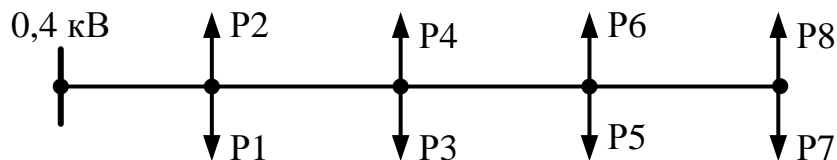
2 задача:

$P_1=25 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $P_2=P_3=15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,9$); $P_4=P_5=10 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_6=30 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $P_7=P_8=7,5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,94$); $P_9=P_{10}=5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,94$); $L_{\text{пр}}=35 \text{ м}$.



2 вариант

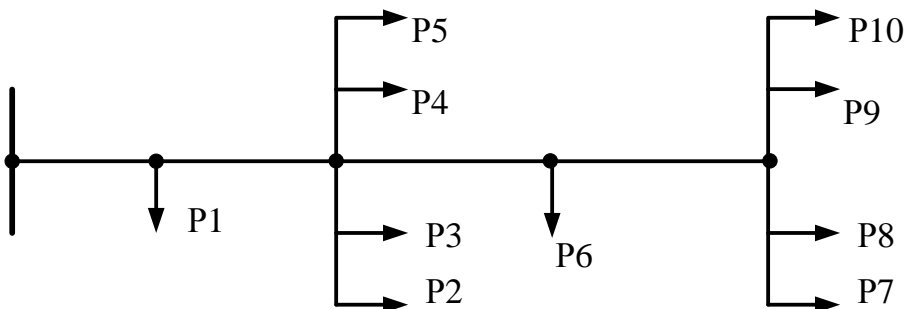
1 задача:



$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7=P_8 = 5 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,94$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

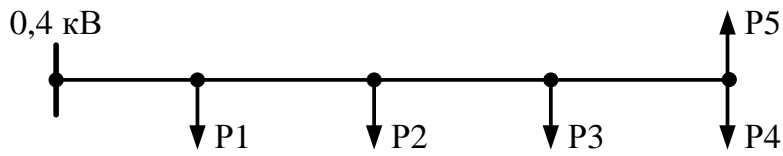
2 задача:

$P_1=5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,93$); $P_2=P_3=20 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $P_4=P_5=18 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,85$);
 $P_6=5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,93$); $P_7=P_8=25 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $P_9=P_{10}=20 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi=0,8$); $L_{\text{пр}}=30 \text{ м}$.



3 вариант

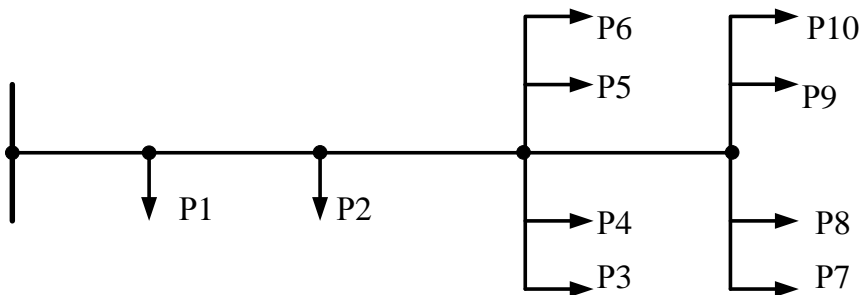
1 задача:



$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=25 \text{ кВт}; \cos\varphi=0,8; L_{\text{лп}}=35 \text{ м.}$$

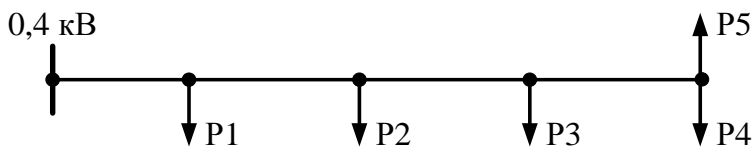
2 задача:

$P_1=15 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,9)$; $P_2=20 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,8)$; $P_3=P_4=18 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,85)$;
 $P_5=P_6=5 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,93)$; $P_7=P_8=21 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,85)$; $P_9=P_{10}=12 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,85)$;
 $L_{\text{лп}}=30 \text{ м.}$



4 вариант

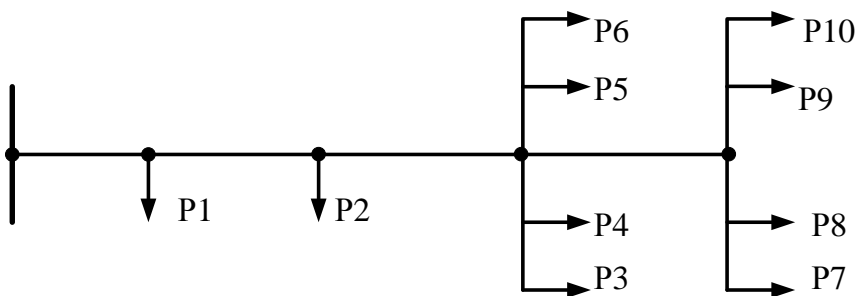
1 задача:



$$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=25 \text{ кВт}; \cos\varphi=0,8; L_{\text{лп}}=35 \text{ м.}$$

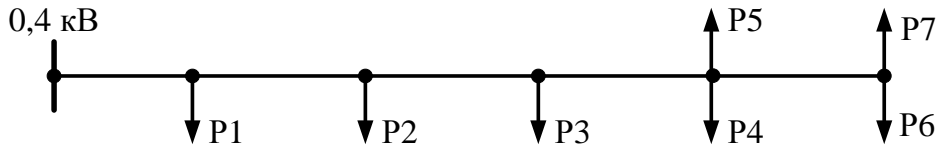
2 задача:

$P_1=18 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,8)$; $P_2=25 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,85)$; $P_3=P_4=20 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,85)$;
 $P_5=P_6=10 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,87)$; $P_7=P_8=15 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,9)$; $P_9=P_{10}=25 \text{ кВт} (\cos\varphi=0,85)$;
 $L_{\text{лп}}=35 \text{ м.}$



5 вариант

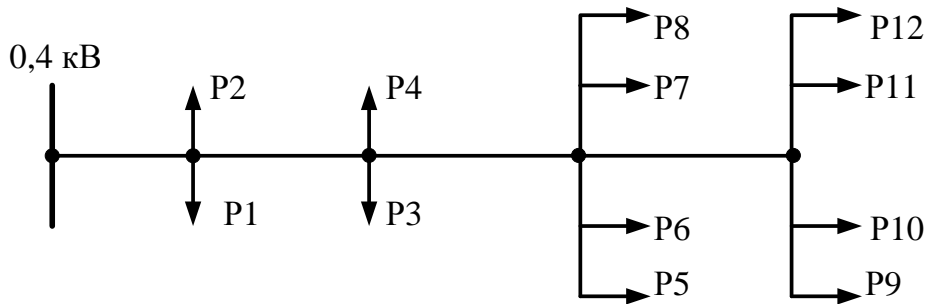
1 задача:



$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7= 7,5 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,93; L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}.$

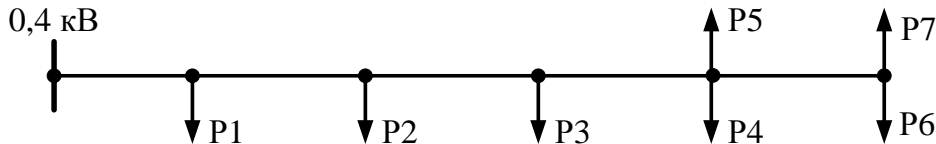
2 задача:

$P_1=5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,94); P_2=15 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_3=P_4= 20 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85);$
 $P_5= P_6= 8 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85); P_7= P_8=18 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,8); P_9= P_{10}=12 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85);$
 $P_{11}= P_{12}=12,8 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); L_{\text{пр}}=35 \text{ м}.$



6 вариант

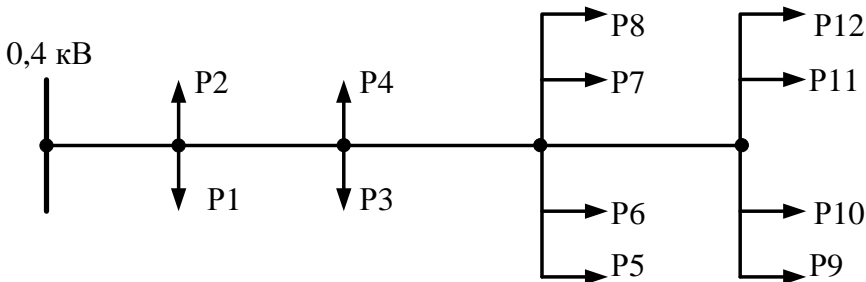
1 задача:



$P_1=P_2=P_3=P_4=P_5=P_6=P_7= 20 \text{ кВт}; \cos\varphi = 0,8; L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}.$

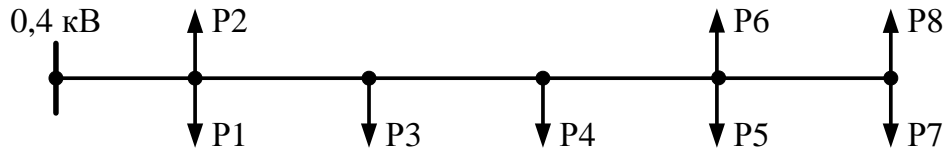
2 задача:

$P_1=7,5 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,93); P_2=11 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,87); P_3=18 \text{ кВт}; P_4= 20 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,85);$
 $P_5= P_6= 12,8 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,9); P_7= P_8=20 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,8); P_9= P_{10}=22 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,8);$
 $P_{11}= P_{12}=25 \text{ кВт} (\cos \varphi=0,8); L_{\text{пр}}=35 \text{ м}.$



7 вариант

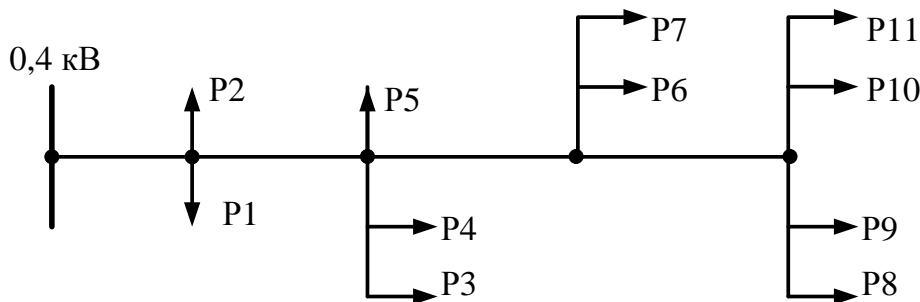
1 задача:



$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 12,8 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,94; L_{\text{лп}} = 35 \text{ м.}$$

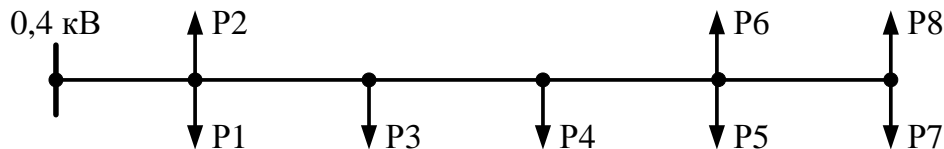
2 задача:

$P_1 = P_2 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_3 = P_4 = 20 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_5 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$);
 $P_6 = P_7 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,94$); $P_8 = P_9 = 12 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$); $P_{10} = P_{11} = 10 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$);
 $L_{\text{лп}} = 35 \text{ м.}$



8 вариант

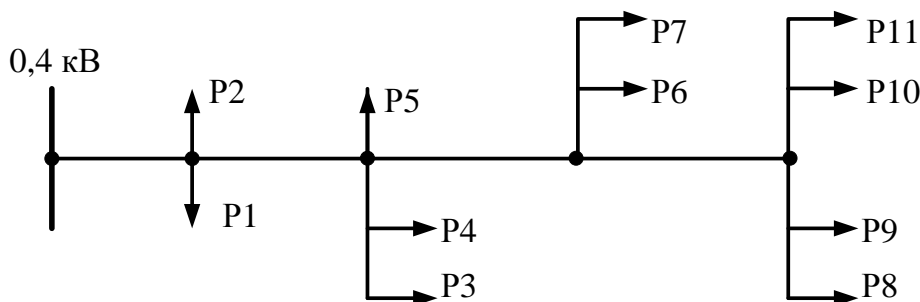
1 задача:



$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 7,5 \text{ кВт}; P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 12,8 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,93; L_{\text{лп}} = 35 \text{ м.}$$

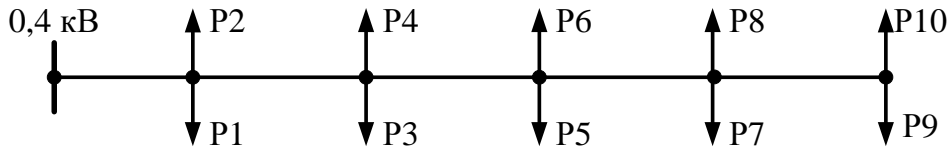
2 задача:

$P_1 = P_2 = 30 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_3 = P_4 = 12 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_5 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $P_6 = P_7 = 7,5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,94$); $P_8 = P_9 = 18 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_{10} = P_{11} = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $L_{\text{лп}} = 30 \text{ м.}$



9 вариант

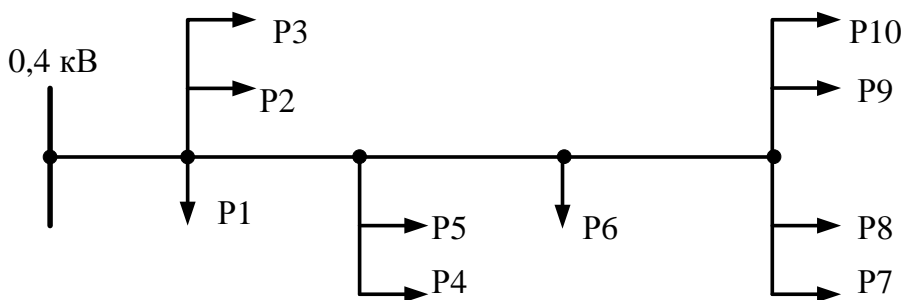
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 15 \text{ кВт}$; $P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = P_9 = P_{10} = 12,8 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

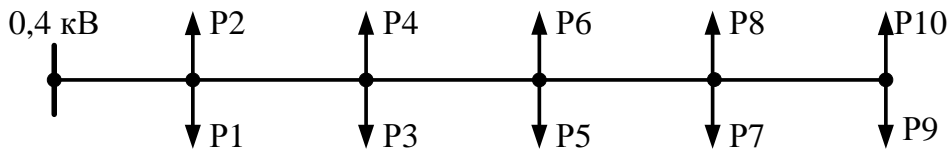
2 задача:

$P_1 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_2 = P_3 = 12,8 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_4 = P_5 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,93$);
 $P_6 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_7 = P_8 = 20 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_9 = P_{10} = 11 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$);
 $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.



10 вариант

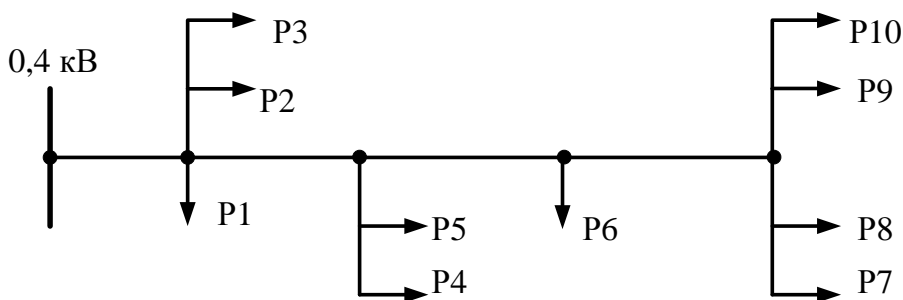
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 20 \text{ кВт}$; $P_7 = P_8 = P_9 = P_{10} = 15 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.

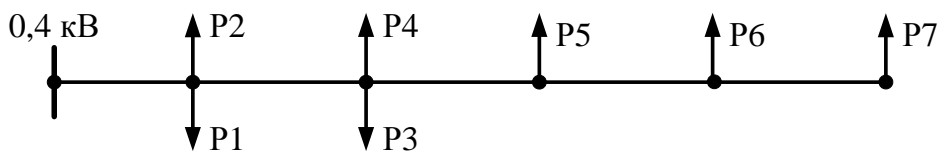
2 задача:

$P_1 = 31 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$); $P_2 = P_3 = 10 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_4 = P_5 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $P_6 = 40 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_7 = P_8 = 14 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_9 = P_{10} = 18 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$);
 $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.



11 вариант

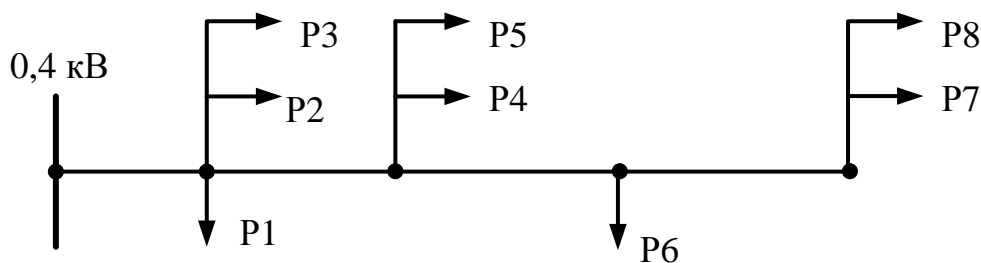
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 25 \text{ кВт}$; $P_5 = P_6 = P_7 = 12 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,8$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

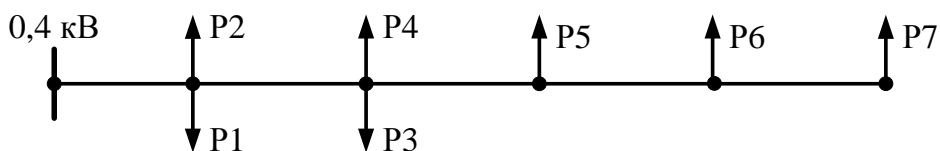
2 задача:

$P_1 = 40 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_2 = P_3 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,94$); $P_4 = P_5 = 18 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$);
 $P_6 = 22 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_7 = P_8 = 20 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$);
 $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.



12 вариант

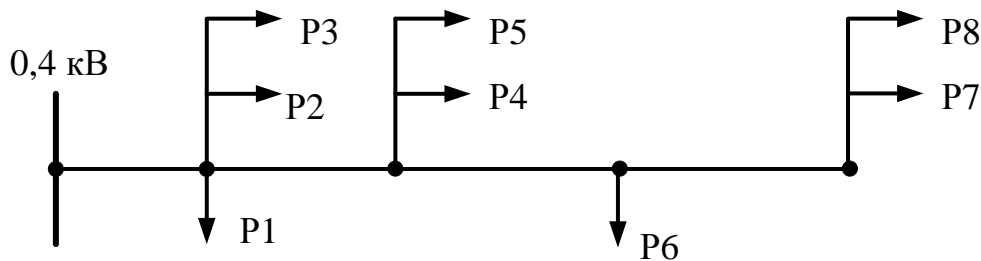
1 задача:



$P_1 = P_2 = 40 \text{ кВт}$; $P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 7,5 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,83$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

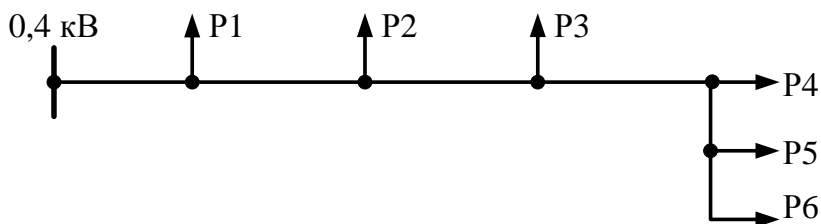
2 задача:

$P_1 = 37 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_2 = P_3 = 9 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$); $P_4 = P_5 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $P_6 = 28 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_7 = 18 \text{ кВт}$; $P_8 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$);
 $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



13 вариант

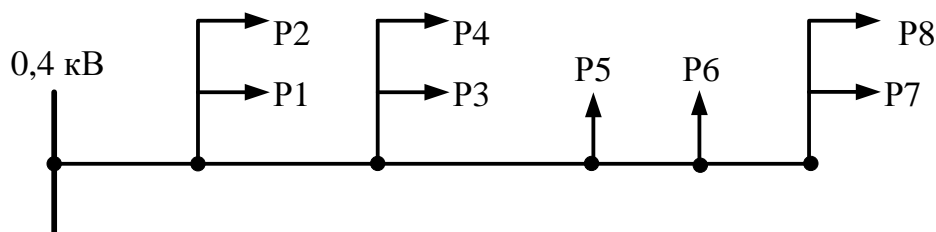
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = 20 \text{ кВт}$; $P_4 = P_5 = P_6 = 15 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,85$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

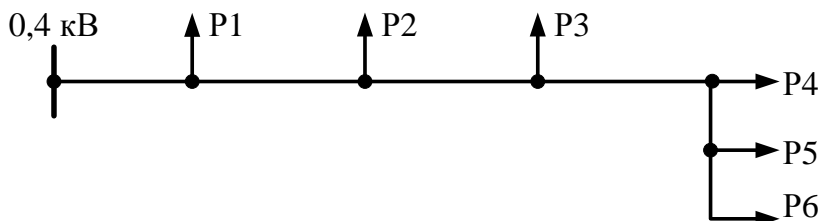
2 задача:

$P_1 = P_2 = 22 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_3 = P_4 = 18 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$); $P_5 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $P_6 = 30 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_7 = P_8 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$);
 $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



14 вариант

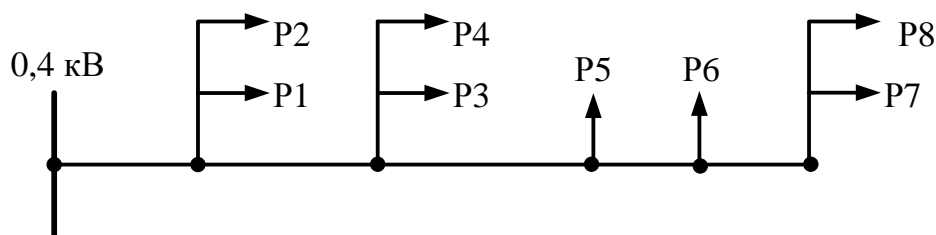
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = 25 \text{ кВт}$; $P_4 = P_5 = P_6 = 19 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,8$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

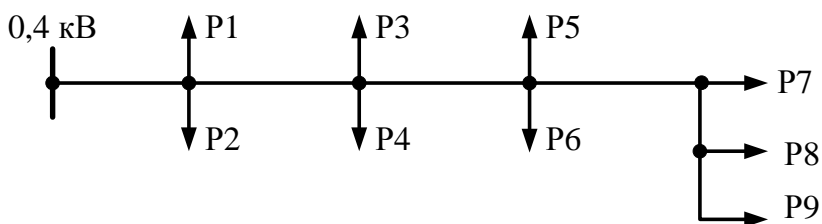
2 задача:

$P_1 = P_2 = 35 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_3 = P_4 = 12 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_5 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$);
 $P_6 = 11 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_7 = P_8 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



15 вариант

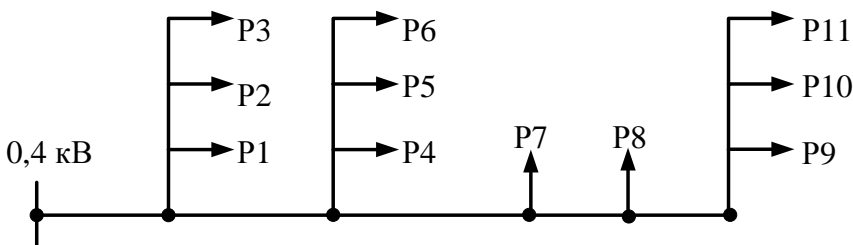
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 5 \text{ кВт}$; $P_7 = P_8 = P_9 = 15 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

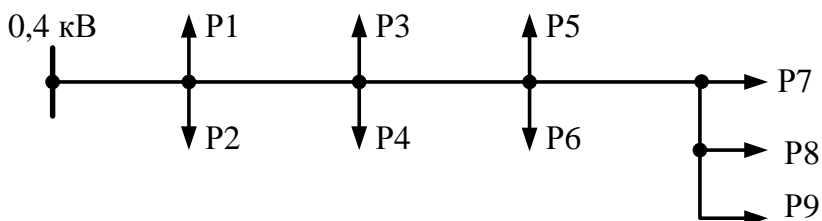
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 20 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_4 = P_5 = P_6 = 12,8 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_7 = 21 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_8 = 18 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_9 = P_{10} = P_{11} = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



16 вариант

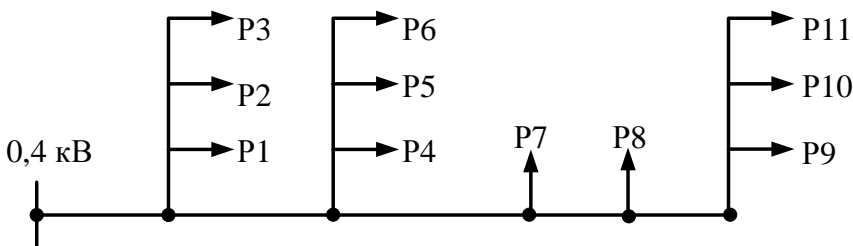
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 7,5 \text{ кВт}$; $P_7 = P_8 = P_9 = 22 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

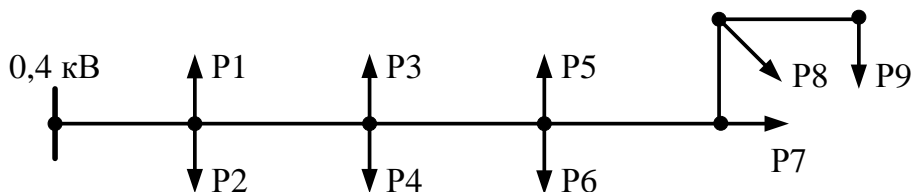
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 33 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$); $P_4 = P_5 = P_6 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,94$); $P_7 = 20 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_8 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_9 = P_{10} = P_{11} = 9 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



17 вариант

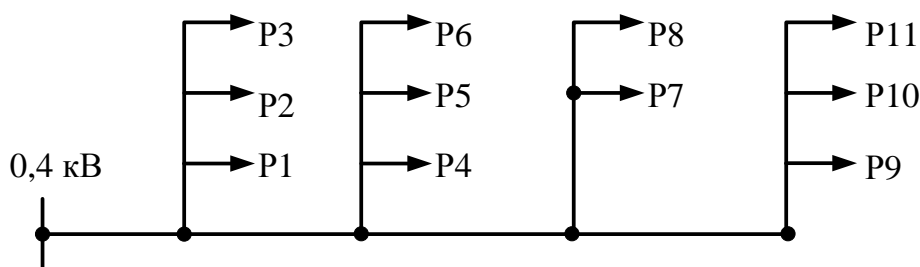
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 28 \text{ кВт}$; $P_7 = P_8 = P_9 = 16 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,8$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

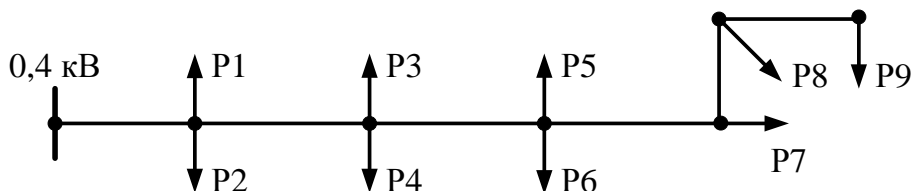
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_4 = P_5 = P_6 = 12 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_7 = 10 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$);
 $P_8 = 9 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,85$); $P_9 = P_{10} = P_{11} = 18 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,87$);
 $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



18 вариант

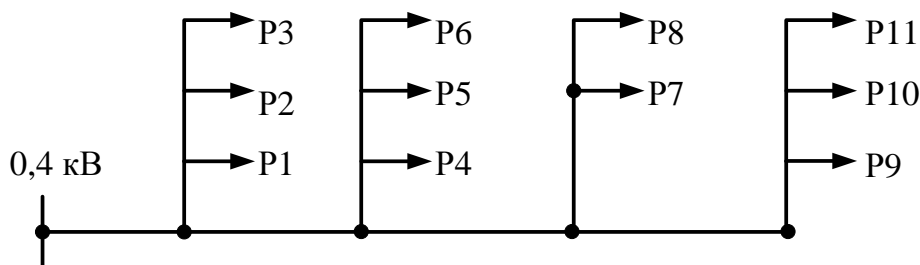
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 12 \text{ кВт}$; $P_5 = P_6 = 20 \text{ кВт}$; $P_7 = P_8 = P_9 = 15 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,85$; $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.

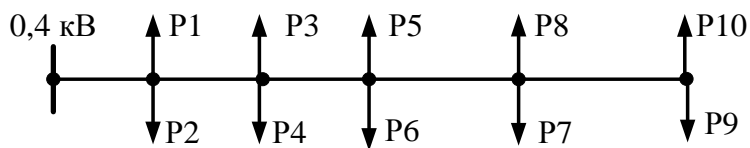
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_4 = P_5 = P_6 = 7 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_7 = P_8 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $P_9 = P_{10} = P_{11} = 11 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.



19 вариант

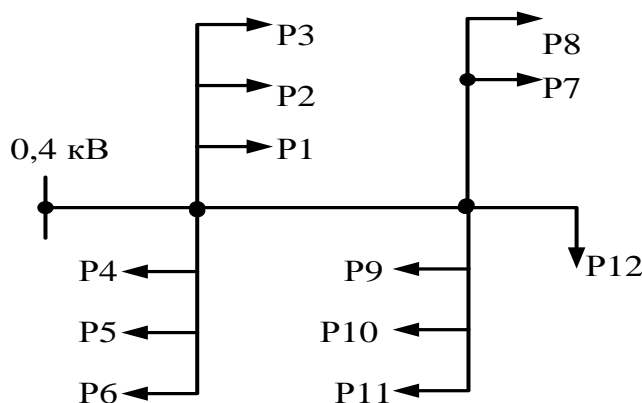
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = P_9 = P_{10} = 15 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.

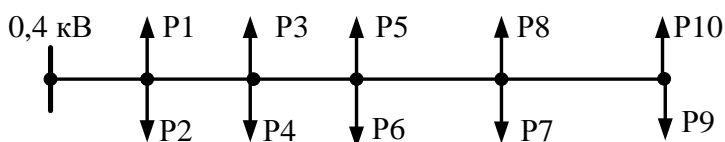
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_4 = P_5 = P_6 = 7,5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,93$); $P_7 = P_8 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$);
 $P_9 = P_{10} = P_{11} = 12,8 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,93$); $P_{12} = 20 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $L_{\text{пр}} = 30 \text{ м}$.



20 вариант

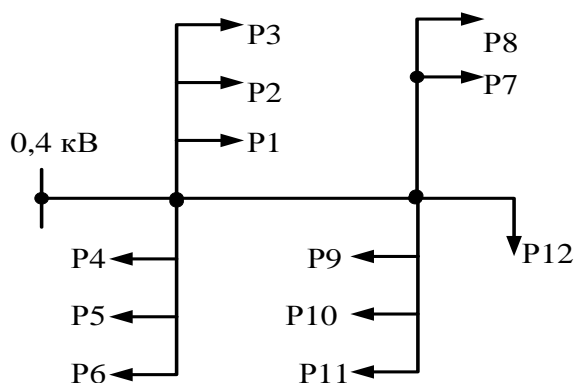
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = P_9 = P_{10} = 7,5 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,93$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

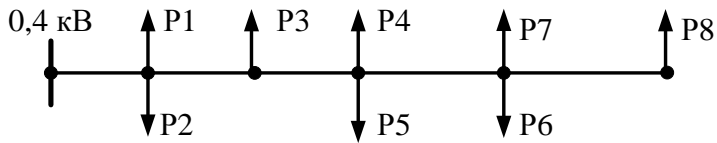
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,94$); $P_4 = P_5 = P_6 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_7 = P_8 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,94$);
 $P_9 = P_{10} = P_{11} = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_{12} = 7 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



21 вариант

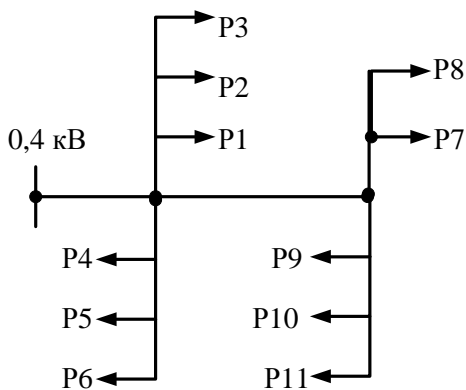
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 18 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,8$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

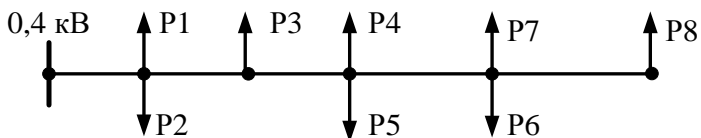
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 7,5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,93$); $P_4 = P_5 = P_6 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $P_7 = P_8 = 20 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_9 = P_{10} = P_{11} = 15 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



22 вариант

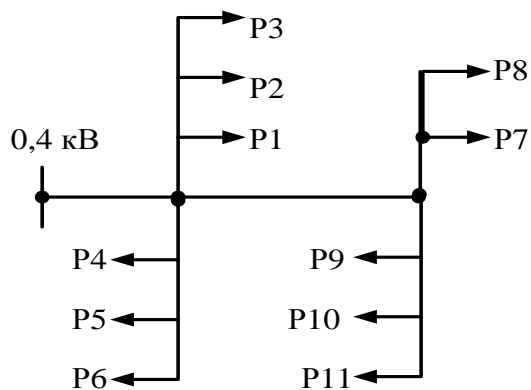
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 18 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,8$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

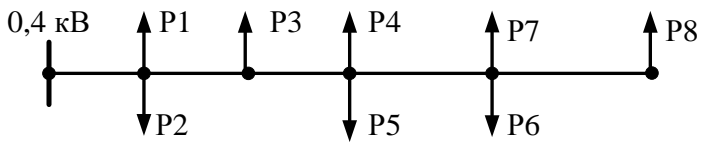
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_4 = P_5 = P_6 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,94$); $P_7 = P_8 = 10 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,8$); $P_9 = P_{10} = P_{11} = 12,8 \text{ кВт}$ ($\cos \varphi = 0,9$); $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



23 вариант

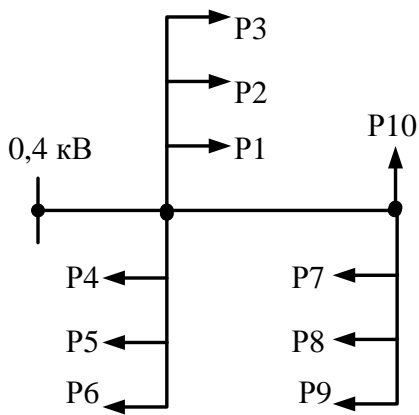
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = 15 \text{ кВт}$; $P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 12,8 \text{ кВт}$; $P_8 = 20 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

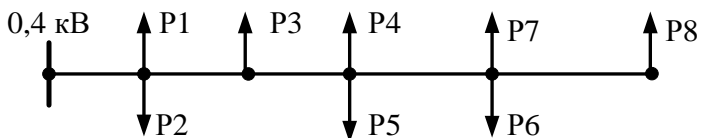
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 12 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,8$); $P_4 = P_5 = P_6 = 8 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,9$);
 $P_7 = P_8 = P_9 = 25 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,8$); $P_{10} = 5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,94$); $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



24 вариант

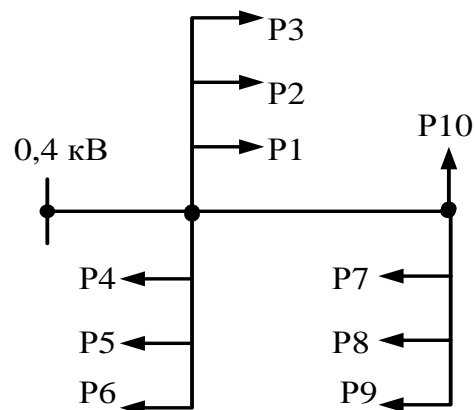
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = 12,8 \text{ кВт}$; $P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 7,5 \text{ кВт}$; $P_8 = 25 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,9$; $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.

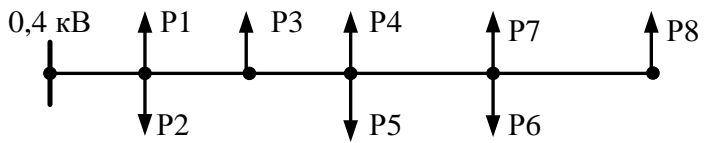
2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,94$); $P_4 = P_5 = P_6 = 15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,9$);
 $P_7 = P_8 = P_9 = 7,5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,94$); $P_{10} = 18 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,8$); $L_{\text{пр}} = 35 \text{ м}$.



25 вариант

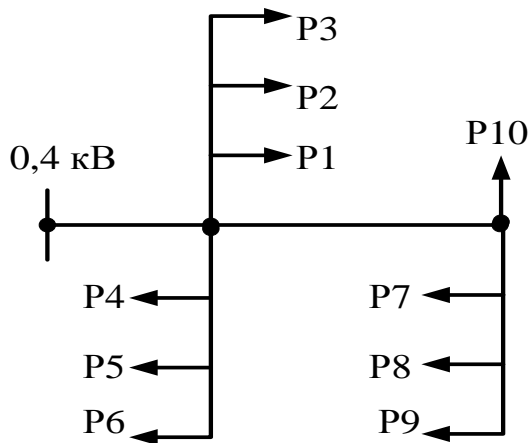
1 задача:



$P_1 = P_2 = P_3 = 5 \text{ кВт}$; $P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 7,5 \text{ кВт}$; $P_8 = 12 \text{ кВт}$; $\cos\varphi = 0,93$; $L_{\text{лп}} = 35 \text{ м}$.

2 задача:

$P_1 = P_2 = P_3 = 10 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,8$); $P_4 = P_5 = P_6 = 18 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,85$);
 $P_7 = P_8 = P_9 = 5 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,9$); $P_{10} = 15 \text{ кВт}$ ($\cos\varphi = 0,94$); $L_{\text{лп}} = 35 \text{ м}$.



ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 20

ТЕМА: Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт замкнутых сетей с двусторонним питанием.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета замкнутых сетей; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Перечислите схемы замкнутых сетей.
2. Назовите преимущества замкнутых сетей перед разомкнутыми.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие теоретические данные.

В расчетной работе рассматривается линия с двухсторонним питанием. Напряжения источников имеют одинаковую величину 10 кВ и совпадают по фазе. Необходимо учесть, что выбранное сечение провода одинаковое на всех участках. Произвести расчет линии при условии её двустороннего питания: определить мощности на участках в нормальном режиме, проверить выбранное сечение на потерю напряжения, определить напряжения в точках.

Мощности, передаваемые от источников питания определяются по формулам:

$$S_{\text{уч.}} = \sum S_{\text{уч.п}} * L_{\text{ист.-уч.}} / L_{\text{лин.}}$$

Такие же выражения используются для определения активной и реактивной мощностей. Для проверки правильности расчета определяют баланс мощностей:

$$\sum P_{\text{уч.ист.}} = \sum P_{\text{нагр.}}$$

где $P_{\text{уч.ист.}}$ – мощности участков от источников,

$P_{\text{нагр.}}$ – мощности нагрузок на линии.

Сечение линии определяется по эквивалентной мощности по формуле:

$$S_{\text{экв.}} = S_{\text{уч.}} * K_{\text{д}}$$

где $K_{\text{д}}$ – коэффициент динамики роста нагрузок (0,7).

Выбранный провод проверяется по допустимой потере напряжения:

$$\Delta U_{\text{уч.}} = ((P_{\text{уч.}} * R_0 + Q_{\text{уч.}} * X_0) L_{\text{уч.}}) / U_{\text{ном.}}$$

Допустимая потеря напряжения не должна превышать 5% в нормальном режиме.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить развернутую схему задачи. Рассчитать реактивные мощности нагрузок по формуле: $Q = P * \operatorname{tg} \varphi$, где $\operatorname{tg} \varphi = \sin \varphi / \cos \varphi$

Определить мощности участков, расположенные у источников по формулам:

$$P_{A-1} = (P_1(L_{1-2} + L_{2-3} + L_{3-B}) + P_2(L_{2-3} + L_{3-B}) + P_3 * L_{3-B}) / L_{A-B}$$

$$P_{B-3} = (P_3(L_{3-2} + L_{2-1} + L_{1-A}) + P_2(L_{2-1} + L_{1-A}) + P_1 * L_{1-A}) / L_{A-B}$$

Определить реактивные мощности участков по формулам:

$$Q_{A-1} = (Q_1(L_{1-2} + L_{2-3} + L_{3-B}) + Q_2(L_{2-3} + L_{3-B}) + Q_3 * L_{3-B}) / L_{A-B}$$

$$Q_{B-3} = (Q_3(L_{3-2} + L_{2-1} + L_{1-A}) + Q_2(L_{2-1} + L_{1-A}) + Q_1 * L_{1-A}) / L_{A-B}$$

Составить баланс активных и реактивных мощностей:

$$P_{A-1} + P_{B-3} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$Q_{A-1} + Q_{B-3} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Если баланс соблюдается, значит мощности определены верно.

ЗАДАНИЕ № 3.

Определить активные мощности всех участков и найти точку токораздела.

$$P_{1-2} = P_{A-1} - P_1; \quad P_{3-2} = P_{B-3} - P_3$$

Рассчитать реактивные мощности всех участков

$$Q_{1-2} = Q_{A-1} - Q_1; \quad Q_{3-2} = Q_{B-3} - Q_3$$

ЗАДАНИЕ № 4.

Определить полную мощность наиболее загруженного участка по формуле:

$$S_{p.} = \sqrt{P_{\text{уч.}}^2 + Q_{\text{уч.}}^2}$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Определить сечение провода методом экономических интервалов. Для этого найти эквивалентную мощность: $S_{\text{экв.}} = S_{p.} * K_{\text{д.}}$. Выбрать сечение из таблицы:

Район по гололеду	Сечение провода, мм ²	Интервал мощностей в расчетный период, кВА		
		10 лет	7 лет	5 лет
I – II	25	До 450	До 365	До 320
	35	450 – 770	365 – 630	320 – 550
	50	770 – 950	630 – 775	550 – 675
	70	950 – 1385	775 – 1130	675 – 990
	95	1385 – 1800	1130 – 1470	990 – 1285
	120	Более 1800	Более 1470	Более 1285
III – IV	35	До 660	До 540	До 470
	50	660 – 685	540 – 560	470 – 490
	70	685 – 1260	560 – 1030	490 – 900
	95	1260 – 1705	1030 – 1390	900 – 1215
	120	Более 1705	Более 1390	Более 1215

ЗАДАНИЕ № 6.

Проверить выбранное сечение по потере напряжения по формуле:

$$\Delta U_{\text{уч.}} = ((P_{\text{уч.}} * R_{\text{уд.}} + Q_{\text{уч.}} * X_{\text{уд.}}) L_{\text{уч.}}) / U_{\text{ном.}}$$

Выразить полученное значение потерь напряжения в процентном соотношении по формуле:

$$\Delta U_{\text{уч.}} \% = \Delta U_{\text{уч.}} * 100\% / U_{\text{ном.}}$$

Проверить потери напряжения по соотношению: $\Delta U_{\text{доп.}} \geq \Delta U_{\text{уч.}}$

ЗАДАНИЕ № 7.

Свести данные расчета в таблицу:

P_1 , кВт	P_2 , кВт	P_3 , кВт	P_{A-1} , кВт	P_{B-3} , кВт	$S_{p.\text{макс.}}$, кВА	Марка и сечение провода	Длина участка L_{A-1} , км	Длина участка L_{1-2} , км	Длина участка L_{2-3} , км	Длина участка L_{3-B} , км	Напряжение номинальное, $U_{\text{ном.}}$, В

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схему.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Привести схематический пример сложной замкнутой сети.
2. Пояснить понятие «точка токораздела»; что это означает для нагрузки?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Расчет замкнутой линии напряжением 10 кВ. Выбрать сечение провода и проверить на потерю напряжения.

Вариант	Мощности нагрузок, кВт			Длины участков					Район по гололеду	U _{доп.}	Срок расчета, лет
	P ₁	P ₂	P ₃	L _{A-1}	L ₁₋₂	L ₂₋₃	L _{3-B}	cos φ			
1	500	300	400	3	4	4	2	0.82	3	5	7
2	600	350	550	3	3	4	1	0.90	3	5	7
3	240	320	500	4	5	3	2	0.94	3	5	7
4	600	500	400	2	2	3	2	0.84	3	5	7
5	400	600	500	5	2	4	2	0.88	2	5	7
6	200	380	220	3	4	4	3	0.82	3	5	7
7	300	500	400	4	3	2	3	0.90	2	5	7
8	580	350	400	3	4	3	2	0.84	3	5	7
9	600	150	500	3	2	2	2	0.92	2	5	7
10	300	150	340	5	2	2	2	0.94	3	5	7
11	400	230	600	3	4	4	2	0.82	2	5	7
12	500	300	550	3	4	2	2	0.94	2	5	7
13	500	250	700	4	4	2	2	0.82	2	5	7
14	300	400	600	3	3	3	2	0.88	2	5	7
15	200	500	300	5	2	4	2	0.85	3	5	7
16	500	300	350	2	4	4	2	0.90	3	5	7
17	350	300	500	3	4	4	2	0.92	3	5	7
18	400	600	500	2	3	3	2	0.82	2	5	7
19	650	350	750	3	2	4	3	0.94	2	5	7
20	200	350	550	4	2	2	3	0.85	2	5	7
21	550	350	150	3	3	3	3	0.9	3	5	7
22	100	500	800	3	2	2	3	0.86	2	5	7
23	240	520	820	5	2	2	2	0.94	2	5	7
24	200	500	300	2	2	2	3	0.85	2	5	7
25	180	220	260	5	2	2	4	0.86	3	5	7

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 21

ТЕМА: Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт замкнутых сетей с двусторонним питанием в аварийном режиме.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета замкнутых сетей в аварийном режиме; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Написать формулу расчета мощностей на линии с двухсторонним питанием в аварийном режиме.
2. Назовите преимущества замкнутых сетей перед разомкнутыми.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Допустимая потеря напряжения в аварийном режиме не должна превышать 5% от напряжения в точке токораздела. При расчете сечение принимается из предыдущей задачи.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Выписать данные из таблицы результатов расчетов в ПР № 18.

Данные для расчета:

$P_1, \text{кВт}$	$P_2, \text{кВт}$	$P_3, \text{кВт}$	$P_{A-1}, \text{кВт}$	$P_{B-3}, \text{кВт}$	$S_{p.\text{макс.}}, \text{кВА}$	Марка и сечение провода	Длина участка $L_{A-1}, \text{км}$	Длина участка $L_{1-2}, \text{км}$	Длина участка $L_{2-3}, \text{км}$	Длина участка $L_{3-B}, \text{км}$	Напряжение номинальное, $U_{\text{ном}}, \text{В}$

Рассмотреть две ситуации аварийного режима:

- при обрыве провода на участке А-1;
- при обрыве провода на участке В-3.

Начертить схемы двух аварийных режимов.

ЗАДАНИЕ № 3.

Определить активные и реактивные мощности всех участков для 1 аварийного режима. Формулы для расчета написать самостоятельно.

Определить активные и реактивные мощности всех участков для 2 аварийного режима. Формулы для расчета написать самостоятельно.

ЗАДАНИЕ № 4.

Определить полную мощность наиболее загруженного участка по формуле:

$$S_{p.} = \sqrt{P_{\text{уч.}}^2 + Q_{\text{уч.}}^2}$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Сечение провода выбрано для нормального режима и записано в таблице. Проверить его по потере напряжения в аварийном режиме: определить потерю напряжения в точке наименьшего напряжения.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какие линии называются замкнутыми?

2. Каковы их преимущества и недостатки по сравнению с разомкнутыми?
3. Чем характеризуется точка токораздела мощностей?
4. Какие дополнительные снижения напряжения допускаются в линиях с двухсторонним питанием при отключении одного из источников?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Данные заданий взять из ПР № 18 (в таблице результатов расчета).

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 22

ТЕМА: Расчёт разомкнутых и замкнутых сетей.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Построение графика замкнутых сетей в нормальном и аварийном режимах.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета замкнутых сетей в нормальном и аварийном режимах; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Написать формулу расчета мощностей на линии с двухсторонним питанием в аварийном режиме.
2. Напишите формулу определения потерь напряжения для участка замкнутой линии.
3. Запишите допустимые значения отклонения напряжения в нормальном режиме для замкнутой линии.
4. Запишите формулу расчета отклонения напряжения при аварийном режиме от отклонения напряжения в нормальном режиме.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Допустимая потеря напряжения в аварийном режиме не должна превышать 5% от напряжения в точке токораздела. При расчете сечение принимается из предыдущей задачи.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схемы линии с двухсторонним питанием:

- в нормальном режиме (со своими размерами расстояний между нагрузками) в масштабе, отметить точку токораздела;

- для двух аварийных режимов (со своими размерами расстояний между нагрузками) в масштабе.

Выписать данные мощностей нагрузок и участков из расчета линии с двухсторонним питанием в нормальном режиме (ПР № 18) и аварийном режиме (ПР № 19).

ЗАДАНИЕ № 3.

Рассчитать потери напряжения на участках линии в нормальном режиме (формулы записать самостоятельно). Определить напряжения в точках расположения нагрузок по формулам:

$$U_1 = U_{\text{ист.А}} - \Delta U_{\text{уч.А-1}}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{уч.1-2}}$$

$$U_3 = U_{\text{ист.В}} - \Delta U_{\text{уч.В-3}}$$

Формулы для расчета необходимо корректировать в зависимости от места расположения точки токораздела.

ЗАДАНИЕ № 4.

Рассчитать потери напряжения на участках линии в аварийных режимах (формулы записать самостоятельно). Определить напряжения в точках расположения нагрузок по формулам:

1. В аварийном режиме при обрыве провода В-3

$$U_1 = U_{\text{ист.А}} - \Delta U_{\text{уч.А-1}}$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{\text{уч.1-2}}$$

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{\text{уч.2-3}}$$

2. В аварийном режиме при обрыве провода А-1

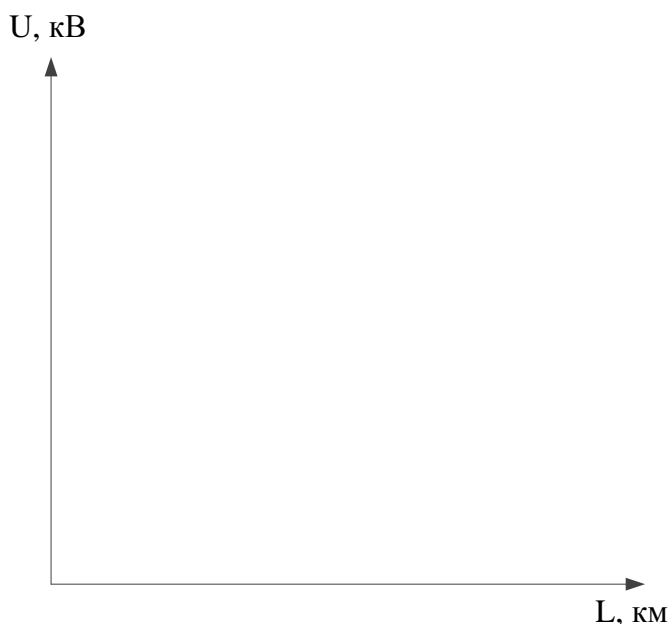
$$U_3 = U_{\text{ист.В}} - \Delta U_{\text{уч.В-3}}$$

$$U_2 = U_3 - \Delta U_{\text{уч.3-2}}$$

$$U_1 = U_2 - \Delta U_{\text{уч.2-1}}$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Начертить графики зависимости напряжения от расстояния:



На графике выбрать масштаб по оси X и отметить расположение точек нагрузок с учетом расстояний между ними.

На графике выбрать масштаб по оси Y (начинается масштаб не от нуля, а от точки, немного ниже минимального напряжения в аварийном режиме).

Нанести на график точки значений напряжений в нормальном и аварийных режимах. Должно получиться три графика зависимости напряжений от расстояний.

ЗАДАНИЕ № 6.

Рассчитать отклонение напряжения между величиной напряжения в точке токораздела и величиной наименьшего напряжения в аварийном режиме.

Сделать вывод по расчетам.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Назовите применение сложных и сложнозамкнутых сетей.
2. Пояснить процесс электроснабжения нагрузок замкнутых сетей в аварийных режимах.
3. Как определить уравнивающий ток замкнутой сети? Полезен он или вреден?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Данные заданий взять из ПР № 18 и ПР № 19.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 23

ТЕМА: Токи короткого замыкания.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет токов короткого замыкания методом относительных единиц.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета токов короткого замыкания в системах; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать токи короткого замыкания.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Назвать виды токов коротких замыканий.
2. Перечислить причины возникновения токов короткого замыкания.
3. Запишите коэффициент для определения двухфазного тока короткого замыкания.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

При расчете токов короткого замыкания данным методом сопротивление электрической цепи приводят к базисным условиям, то есть задают базисные значения мощности и напряжения. Для упрощения расчетов принимают значение базисной мощности 100 МВА или сумме мощностей всех генераторов. Базисное напряжение $U_б$ определяют для каждой ступени с помощью базисного коэффициента $K_б=1,05$. Базисный ток $I_б = S_б / (\sqrt{3} * U_б)$, кА.

Относительные сопротивления электрической цепи, приведенные к базисным условиям, определяют по следующим формулам:

1. относительное базисное сопротивление системы:

$$X_{с*} = S_б / S_{к.ш.} \quad \text{или} \quad X_{с*} = I_б / I_{к.ш.}$$

2. относительное базисное реактивное и активное сопротивления трансформатора:

$$X_{б.т.*} = U_к / 100 * S_б / S_{н.т.} \quad R_{б.т.*} = \Delta P_к * S_б / S_{н.т.}^2$$

где $\Delta P_к$ – потери в обмотках трансформатора, кВт. (табличное значение, принимается из технических характеристик трансформатора)

3. относительное базисное активное и реактивное сопротивления линии:

$$X_{б.л.*} = X_{уд.л} * L * S_{б} / U_{б}^2. \quad R_{б.л.*} = R_{уд.л} * L * S_{б} / U_{б}^2.$$

где $X_{уд.л}$, $R_{уд.л}$ – реактивное и активное сопротивления линии в одном километре, Ом/км.

4. результирующие сопротивления до точек короткого замыкания:

$$Z_{рез.*} = \sqrt{X_{рез.}^2 + R_{рез.}^2}$$

5. базисные токи в точках короткого замыкания: $I_{б} = S_{б} / (\sqrt{3} * U_{б})$

6. трехфазные токи короткого замыкания в точках КЗ: $I_{к.з.}^{(3)} = I_{б} / Z_{рез.*}$

7. двухфазные токи короткого замыкания в точках КЗ: $I_{к.з.}^{(2)} = 0,87 * I_{к.з.}$

8. ударные токи в точках короткого замыкания: $I_y = \sqrt{2} * K_y * I_{к.з.}$

где K_y – коэффициент ударный (1...1,52)

9. мощность в точке короткого замыкания: $S_k = \sqrt{3} * U * I_{к.з.}^{(3)}$

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить расчетную схему задачи № 1. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания ΔP_k , напряжение короткого замыкания U_k .

Таблица технических данных силовых трансформаторов:

Тип	S _н , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U _к , %	I _х , %	Z _т , Ом	Z _{т0} , Ом
			ΔP _х , кВт	ΔP _к , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129
ТМ	1000	Y / Δ	2,75	12,2	6,5	1,5	-	-
ТМ	1600	Y / Δ	3,65	16,6	6,5	1,5	-	-
ТМ	2500	Y / Δ	6,8	25	6,5	1,1	-	-
ТМ	4000	Y / Δ	6,7	33,5	7,5	1	-	-
ТМ	6300	Y / Δ	13,5	46,5	7,5	0,9	-	-

Рассчитать значения базисных напряжений для каждой ступени по формуле:

$$U_{б} = U_{ном.} * K_{б}$$

ЗАДАНИЕ № 3.

Рассчитать сопротивления схемы замещения по соответствующим формулам.

- сопротивление системы: $X_c^* = S_6 / S_{к.ш.}$ или $X_c^* = I_6 / I_{к.ш.}$

- сопротивления линии напряжением 35 кВ:

$$X_{б.л.}^* = X_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2 \quad R_{б.л.}^* = R_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2$$
$$Z_{рез.}^* = \sqrt{X_{б.л.}^{*2} + R_{б.л.}^{*2}}$$

- реактивное сопротивление трансформатора напряжением 35/10 кВ:

$$X_{б.т1.}^* = U_k / 100 * S_6 / S_{н.т1.}$$

- сопротивления линии напряжением 10 кВ:

$$X_{б.л.}^* = X_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2 \quad R_{б.л.}^* = R_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2$$
$$Z_{рез.}^* = \sqrt{X_{б.л.}^{*2} + R_{б.л.}^{*2}}$$

- сопротивления трансформатора напряжением 10/0,4 кВ:

$$R_{б.т2.}^* = \Delta P_{к.} * S_6 / S_{н.т.}^2$$

$$X_{б.т2.}^* = \sqrt{(U_k / 100)^2 - (\Delta P_{к.} / S_{н.т2.})^2} * S_6 / S_{н.т2.}^2$$

ЗАДАНИЕ № 4.

Рассчитать результирующие сопротивления схемы замещения по соответствующим формулам для каждой точки короткого замыкания:

$$Z_{рез.к}^* = \sqrt{(\sum R_{рез.})^2 + (\sum X_{рез.})^2}$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Рассчитать базисные токи в точках короткого замыкания по формулам:

$$I_6 = S_6 / (\sqrt{3} * U_6)$$

Определить трехфазные токи короткого замыкания в точках короткого замыкания по формулам:

$$I_{к.з.}^{(3)} = I_6 / Z_{рез.}^*$$

Определить двухфазные токи короткого замыкания в точках:

$$I_{к.з.}^{(2)} = 0,87 * I_{к.з.}^{(3)}$$

Определить ударные токи в точках короткого замыкания:

$$I_y = \sqrt{2} * K_y * I_{к.з.}^{(3)}$$

Определить мощность в точке короткого замыкания:

$$S_k = \sqrt{3} * U * I_{к.з.}^{(3)}$$

ЗАДАНИЕ № 4.

Начертить расчетную схему задачи № 2. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания ΔP_k , напряжение короткого замыкания U_k .

ЗАДАНИЕ № 5.

Рассчитать сопротивления схемы замещения по соответствующим формулам.

- сопротивление системы: $X_c^* = S_6 / S_{к.ш.}$ или $X_c^* = I_6 / I_{к.ш.}$

- сопротивления линии напряжением 35 кВ:

$$X_{б.л.}^* = X_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2 \quad R_{б.л.}^* = R_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2$$
$$Z_{рез.}^* = \sqrt{X_{б.л.}^{2*} + R_{б.л.}^{2*}}$$

- реактивное сопротивление трансформатора напряжением 35/10 кВ:

$$X_{б.т1.}^* = U_k / 100 * S_6 / S_{н.т1.}$$

- сопротивления участков линий напряжением 10 кВ:

$$X_{б.л.}^* = X_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2 \quad R_{б.л.}^* = R_{уд.л} * L * S_6 / U_6^2$$
$$Z_{рез.}^* = \sqrt{X_{б.л.}^{2*} + R_{б.л.}^{2*}}$$

- сопротивления трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ:

$$R_{б.т2,3,4}^* = \Delta P_k * S_6 / S_{н.т2,3,4}^2$$

$$X_{б.т2,3,4}^* = \sqrt{(U_k / 100)^2 - (\Delta P_k / S_{н.т2,3,4})^2} * S_6 / S_{н.т2,3,4}^2$$

ЗАДАНИЕ № 6.

Базисные токи в точках короткого замыкания, рассчитанные в задаче № 1, подходят для задачи № 2, если значение S_6 не изменялось.

Определить трехфазные токи короткого замыкания в точках короткого замыкания по формулам:

$$I_{к.з.}^{(3)} = I_6 / Z_{рез.}^*$$

Определить двухфазные токи короткого замыкания в точках:

$$I_{к.з.}^{(2)} = 0,87 * I_{к.з.}^{(3)}$$

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.

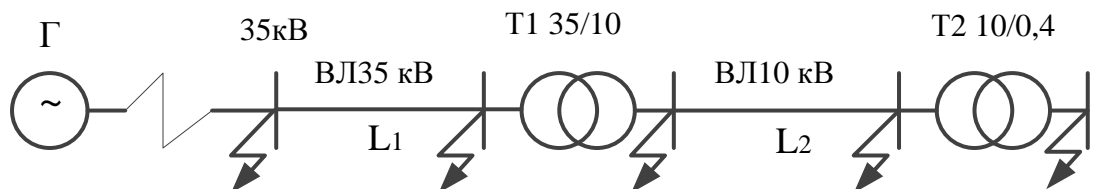
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

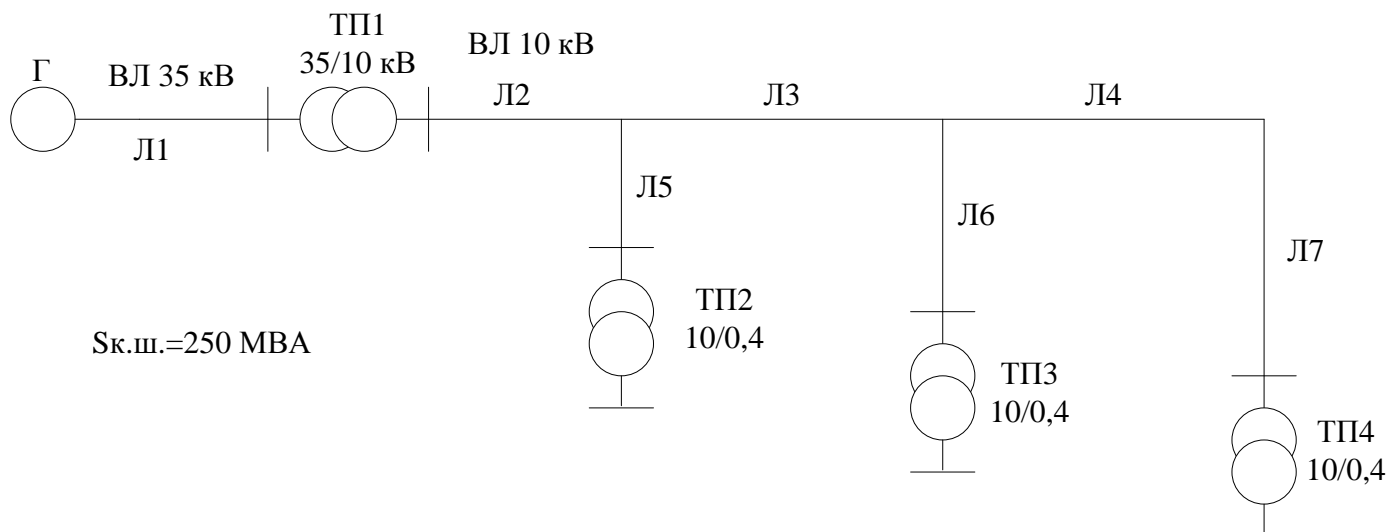
Варианты заданий

Задача № 1

Вариант	$S_{к.ш.},$ МВА	$I_{к.ш.},$ кА	$S_{ном.т.1},$ кВА	$L_1,$ км	Марка провода	$S_{ном.т.2},$ кВА	$L_2,$ км	Марка провода
1	100	-	1000	10	АС50	100	8	А95
2	150	-	1000	12	АС50	63	6	А95
3	200	-	1000	15	АС50	40	10	А95
4	250	-	2500	15	АС70	160	7	А95
5	300	-	2500	20	АС70	250	11	А70
6	350	-	2500	20	АС70	400	12	А70
7	400	-	1600	25	АС70	250	13	А70
8	-	1,65	1600	8	АС50	160	14	А70
9	-	2,4	1000	10	АС50	100	13	А70
10	-	3,2	1000	15	АС50	63	12	А70
11	-	4	1600	20	АС70	100	11	А70
12	-	5	2500	20	АС70	160	10	А70
13	-	6	4000	25	АС70	250	8	АС50
14	-	6,5	4000	30	АС70	400	9	АС50
15	100	-	1600	12	АС50	250	7	АС50
16	150	-	1600	15	АС50	160	6	АС50
17	200	-	2500	10	АС50	100	7	А70
18	250	-	1600	15	АС70	63	8	А70
19	300	-	2500	20	АС70	40	9	А70
20	350	-	4000	25	АС70	100	10	А70
21	400	-	4000	20	АС95	160	12	АС50
22	450	-	6300	25	АС95	250	13	АС50
23	-	1,65	1000	10	АС50	400	14	АС50
24	-	2,4	2500	15	АС50	250	15	АС50
25	-	3,2	2500	8	АС50	160	10	А95
26	-	4	1600	12	АС70	100	9	А95



Задача № 2



№ вар.	Мощности ТП, кВА				Данные воздушных линий (марка провода/длина, км)						
	S1	S2	S3	S4	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7
1	1000	63	250	100	A50/10	A35/4	A95/3	A50/2	A35/3	A70/2	A95/2
2	1600	100	400	160	A70/20	A50/5	A50/2	A95/5	A70/3	A35/2	A50/4
3	2500	160	630	250	A95/24	A70/3	A70/4	A50/3	A95/2	A70/4	A70/5
4	4000	250	63	250	A50/15	A95/9	A35/1	A70/2	A50/4	A95/6	A35/3
5	6300	400	40	400	A70/25	A35/5	A95/2	A35/2	A70/5	A50/5	A95/5
6	1000	630	100	630	A95/12	A50/6	A50/4	A70/4	A35/3	A70/6	A50/6
7	1600	40	160	63	A50/8	A70/7	A70/5	A50/3	A70/3	A35/4	A70/1
8	2500	63	25	40	A70/14	A95/8	A35/3	A70/4	A95/2	A70/2	A35/3
9	4000	100	250	100	A95/18	A35/2	A95/3	A35/4	A50/4	A50/3	A70/5
10	6300	160	400	160	A50/18	A50/4	A50/2	A95/6	A70/5	A95/5	A70/3
11	1000	250	630	25	A70/22	A70/5	A70/4	A50/5	A35/3	A50/6	A35/3
12	1600	400	63	250	A95/28	A95/7	A35/1	A70/6	A50/2	A70/1	A95/5
13	2500	630	40	400	A50/11	A35/3	A70/3	A35/4	A50/2	A35/3	A95/5
14	4000	40	100	630	A70/19	A50/6	A50/3	A95/2	A95/3	A70/2	A50/6
15	6300	63	160	63	A95/20	A70/2	A70/3	A50/4	A50/2	A95/6	A70/1
16	1000	100	25	40	A50/13	A95/7	A95/5	A70/5	A70/4	A50/5	A35/3
17	1600	160	250	100	A70/21	A35/4	A50/6	A35/3	A35/1	A70/6	A70/4
18	2500	250	400	160	A95/28	A50/5	A70/1	A70/2	A70/4	A35/4	A95/5
19	4000	400	630	25	A50/9	A70/3	A35/3	A50/3	A35/3	A95/2	A95/3
20	6300	630	63	400	A70/15	A95/9	A70/3	A95/6	A35/2	A50/4	A50/2
21	1000	40	40	630	A95/21	A35/5	A70/3	A50/5	A95/5	A70/5	A70/4
22	1600	100	100	63	A50/12	A50/3	A95/3	A70/6	A50/6	A35/3	A35/1
23	2500	160	160	40	A70/15	A70/4	A50/2	A35/4	A70/1	A95/4	A70/3
24	4000	400	25	100	A95/18	A95/6	A70/4	A70/2	A35/3	A50/3	A35/2
25	6300	160	40	250	A70/8	A70/7	A35/1	A50/4	A70/4	A70/2	A50/3

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 24

ТЕМА: Токи короткого замыкания.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчет токов короткого замыкания методом именованных единиц.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета токов короткого замыкания в сетях 10/0,4 кВ; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать токи короткого замыкания.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Этим методом пользуются при расчетах токов короткого замыкания в схемах с одной ступенью напряжения, а также в сетях напряжением 380/220 В. При расчете учитывают активное и реактивное сопротивления элементов схемы, сопротивления контактных поверхностей коммутационных аппаратов выключателей, переключателей (15...20 мОм) и короткое замыкание на шинах напряжением 0,4 кВ трансформаторных подстанций. Напряжение, подведенное к силовому трансформатору, считают неизменным и равным номинальному.

В электрических сетях 380/220В, выполненных с глухозаземленной нейтралью, рассчитывают трех-, двух- и однофазные токи короткого замыкания.

Порядок расчета следующий:

1. Составляется упрощенная расчетная схема в однолинейном изображении, вводя в нее все элементы, влияющие на силу тока короткого замыкания (трансформаторы, линии электропередач), намечаются точки короткого замыкания.
2. Составляется эквивалентная схема замещения по расчетной.
3. Определяются сопротивления элементов схемы замещения:

сопротивления трансформатора

$$R_T = \Delta P_K * U_{НОМ}^2 / S_{НОМ.Т.}^2; \quad Z_T = U_K * U_{НОМ}^2 / (100 S_{НОМ.Т.});$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$$

сопротивления линий $R_L = R_{уд.} \cdot L$; $X_L = X_{уд.} \cdot L$; $Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$

сопротивление петли $Z_{\Pi} = \sqrt{(2R_L)^2 + (2X_L)^2}$

4. Результирующие сопротивления до точек короткого замыкания:

- до точки К1: $Z_{K1} = Z_T + Z_a$,

где Z_a – сопротивление контактов ($Z_a = 15 \dots 20$ мОм).

- до точки в конце линии: $Z_{K2} = Z_T + Z_L$.

5. Токи коротких замыканий в точках определяются по закону Ома

$$I_{K1}^{(3)} = U_{ном} / \sqrt{3} \cdot Z_{K1}; \quad I_{K1}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{K1}^{(3)}; \quad I_{K2}^{(3)} = U_{ном} / \sqrt{3} \cdot Z_{K2};$$

$$I_{K2}^{(1)} = U_{\phi} / (Z_{\Pi} + 1/3 \cdot Z_{T0})$$

где Z_{T0} – сопротивление трансформатора при однофазном коротком замыкании (принимается из технических характеристик трансформатора).

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить расчетную схему задачи № 1. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания ΔP_K , напряжение короткого замыкания U_K .

Таблица технических данных силовых трансформаторов 10/0,4 кВ:

Тип	S _н , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U _к , %	I _х , %	Z _т , Ом	Z _{т0} , Ом
			ΔРх, кВт	ΔРк, кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129

ЗАДАНИЕ № 3.

Рассчитать сопротивления схемы замещения по соответствующим формулам.

- сопротивления трансформатора напряжением 10/0,4 кВ:

$$Z_T = U_K \cdot U_{ном}^2 / (100 S_{ном.т.})$$

- сопротивления линий 0,38 кВ:

$$R_{\text{л}} = R_{\text{уд.}} \cdot L; \quad X_{\text{л}} = X_{\text{уд.}} \cdot L; \quad Z_{\text{л}} = \sqrt{R_{\text{л}}^2 + X_{\text{л}}^2}$$

- сопротивления петли:

$$Z_{\text{п}} = \sqrt{(2R_{\text{л}})^2 + (2X_{\text{л}})^2}$$

- сопротивления до точек короткого замыкания:

$$\text{до точки К1: } Z_{\text{к1}} = Z_{\text{т}} + Z_{\text{а}},$$

$$\text{до точек в конце линий: } Z_{\text{к2}} = Z_{\text{т}} + Z_{\text{л}}.$$

ЗАДАНИЕ № 4.

Определить токи коротких замыканий в точках:

$$\text{- в точке К1} \quad I_{\text{к1}}^{(3)} = U_{\text{ном}} / \sqrt{3} \cdot Z_{\text{к1}}; \quad I_{\text{к1}}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\text{к1}}^{(3)};$$

$$\text{- в точке К2} \quad I_{\text{к2}}^{(3)} = U_{\text{ном}} / \sqrt{3} \cdot Z_{\text{к2}}; \quad I_{\text{к1}}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\text{к2}}^{(3)};$$

- ток однофазного КЗ в конце линий:

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = U_{\text{ф}} / (Z_{\text{п}} + 1/3 \cdot Z_{\text{т0}})$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Начертить расчетную схему задачи № 2. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания $\Delta P_{\text{к}}$, напряжение короткого замыкания $U_{\text{к}}$.

Выполнить расчеты для задачи № 2 по заданиям № 3 и № 4.

ЗАДАНИЕ № 6.

Начертить расчетную схему задачи № 3. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания $\Delta P_{\text{к}}$, напряжение короткого замыкания $U_{\text{к}}$.

Выполнить расчеты для задачи № 3 по заданиям № 3 и № 4.

ЗАДАНИЕ № 7.

Начертить расчетную схему задачи № 4. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания $\Delta P_{\text{к}}$, напряжение короткого замыкания $U_{\text{к}}$.

Выполнить расчеты для задачи № 4 по заданиям № 3 и № 4.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задач и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.

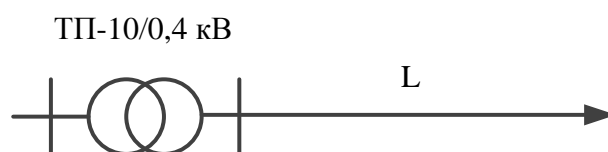
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Задача № 1.

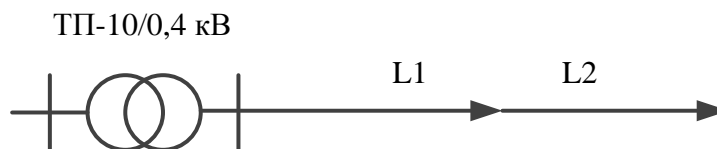
Расчет токов К.З. в сети напряжением 380/220В методом именованных величин.



Вариант	$S_{\text{ном.т.}}$, кВА	L_1 , м	Марка провода
1	40	270	СИП-2 3×35+1×35
2	160	550	СИП-2 3×50+1×50
3	100	350	СИП-2 3×70+1×70
4	250	610	СИП-2 3×70+1×70
5	630	700	СИП-2 3×95+1×95
6	63	160	СИП-2 3×35+1×35
7	25	100	СИП-2 3×35+1×35
8	400	690	СИП-2 3×95+1×95
9	160	320	СИП-2 3×70+1×70
10	250	460	СИП-2 3×70+1×70
11	100	580	СИП-2 3×50+1×50
12	630	740	СИП-2 3×95+1×95
13	400	610	СИП-2 3×70+1×70
14	250	500	СИП-2 3×70+1×70
15	63	130	СИП-2 3×50+1×50
16	40	170	СИП-2 3×35+1×35
17	400	720	СИП-2 3×70+1×70
18	100	390	СИП-2 3×50+1×50
19	250	440	СИП-2 3×70+1×70
20	160	480	СИП-2 3×50+1×50
21	100	330	СИП-2 3×70+1×70
22	400	590	СИП-2 3×95+1×95
23	630	700	СИП-2 3×95+1×95
24	250	290	СИП-2 3×70+1×70
25	100	340	СИП-2 3×50+1×50
26	160	370	СИП-2 3×50+1×50

Задача № 2.

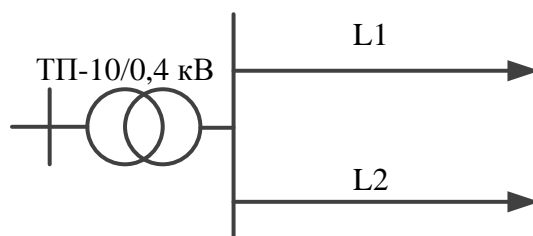
Расчет токов К.З. в сети напряжением 380/220В методом именованных величин.



Вариант	$S_{\text{ном.т.}}$, кВА	L_1, L_2 , м	Марки проводов
1	100	300, 150	АС70, А35
2	250	200, 300	АС50, А35
3	160	300, 190	АС70, АС50
4	630	310, 440	АС95, А50
5	400	250, 180	АС50, А35
6	160	360, 430	АС70, А35
7	40	300, 180	АС70, А35
8	100	190, 180	АС70, АС35
9	400	220, 270	АС95, АС70
10	100	260, 300	АС50, А35
11	160	310, 330	АС70, АС50
12	100	260, 190	АС50, А35
13	63	210, 230	АС50, А35
14	630	200, 170	АС59, А50
15	100	230, 160	АС70, АС50
16	160	270, 150	АС50, А35
17	160	320, 110	АС70, АС50
18	160	300, 120	АС70, А50
19	400	240, 130	АС95, АС50
20	630	180, 140	АС95, АС70
21	160	220, 140	АС70, АС50
22	250	190, 140	АС50, А35
23	160	300, 110	АС50, А35
24	160	330, 100	АС70, А50
25	400	240, 190	АС95, А50
26	100	260, 130	АС70, А35

Задача № 3.

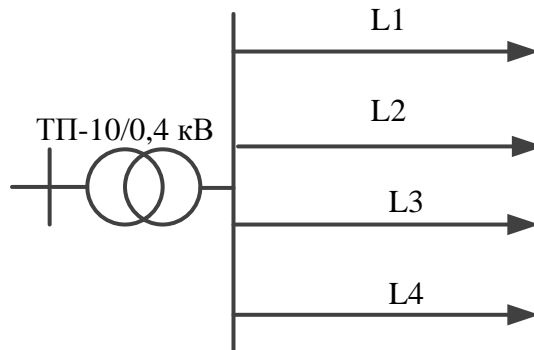
Расчет токов К.З. в сети напряжением 380/220В методом именованных величин.



Вариант	$S_{\text{ном.т.}}, \text{кВА}$	$L_1, L_2, \text{м}$	Марки проводов
1	400	350, 280	АС70, АС50
2	160	200, 170	А50, А70
3	100	400, 290	А70, А50
4	63	500, 300	А50, А35
5	40	160, 300	А50, АС70
6	63	400, 280	А50, АС70
7	100	280, 320	А50, АС70
8	160	290, 380	А50, АС70
9	250	300, 170	АС70, АС50
10	400	160, 400	АС70, АС50
11	250	370, 340	АС70, АС35
12	160	500, 350	АС70, АС50
13	100	300, 330	АС50, АС70
14	63	290, 370	А70, АС50
15	160	400, 230	А70, А50
16	100	170, 350	А70, АС50
17	100	220, 310	АС50, АС70
18	160	330, 220	А50, АС70
19	250	440, 330	АС70, А35
20	400	110, 340	АС70, АС50
21	250	230, 190	АС50, А35
22	160	190, 340	А70, А50
23	100	400, 310	А70, А50
24	63	300, 200	А70, А50
25	63	340, 290	АС50, АС35

Задача № 4.

Расчет токов К.З. в сети напряжением 380/220В методом именованных величин.



Вариант	$S_{ном.т.}, \text{кВА}$	$L_1, L_2, L_3, L_4, \text{м}$	Марки проводов
1	400	100, 350, 280, 120	АС70, АС50, А35, А70
2	160	200, 200, 170, 150	А50, А70, АС50, А35
3	100	300, 290, 230, 240	А70, А50, АС35, АС50
4	63	300, 300, 340, 140	А50, АС70, А35, АС70
5	40	400, 160, 300, 110	А50, АС70, А35, А70
6	63	400, 400, 280, 220	А50, АС70, АС50, А35
7	100	300, 280, 320, 100	А50, АС70, АС50, А35
8	160	400, 290, 380, 230	А50, АС70, АС35, АС50
9	250	400, 300, 170, 120	А50, АС70, АС50, А35
10	400	500, 160, 400, 210	А50, АС70, АС50, А70
11	250	400, 370, 340, 240	А50, АС70, АС35, АС70
12	160	500, 350, 290, 150	А70, АС70, АС50, А35
13	100	300, 230, 330, 230	А50, АС50, АС70, АС70
14	63	300, 290, 370, 240	А70, АС50, А35, А70
15	160	300, 230, 360, 400	А70, А50, АС50, А35
16	100	500, 170, 350, 90	А70, А50, АС50, А35
17	100	300, 220, 310, 210	А50, АС50, АС70, А35
18	160	500, 330, 220, 80	А50, АС70, А35, А70
19	250	400, 440, 330, 110	АС50, АС70, А35, АС70
20	400	400, 110, 340, 100	АС50, АС70, АС50, А35
21	250	500, 230, 190, 300	А50, АС50, А35, АС50
22	160	500, 190, 340, 220	А70, А50, АС50, А70
23	100	400, 240, 310, 190	А70, А50, АС70, А35
24	63	300, 500, 200, 170	А70, А50, А35, АС50
25	63	350, 340, 290, 240	АС50, А50, АС50, А70

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 25

ТЕМА: Токи короткого замыкания.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт токов короткого замыкания методом практических единиц.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета токов короткого замыкания в системах; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать токи короткого замыкания.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

При расчете токов короткого замыкания методом практических единиц сопротивление электрической цепи приводят к базисному напряжению.

1. Если сопротивления даны в Омах:

$$X_{б.} = X * (U_{б.} / U_{н.})^2 \quad R_{б.} = R * (U_{б.} / U_{н.})^2$$

где $X_{б.}$, $R_{б.}$ – значения сопротивлений элементов цепи, приведенные к базисному напряжению.

2. Если сопротивления даны в относительных единицах:

$$X_{б.} = X_{*} * U_{б.}^2 / S_{н.} \quad R_{б.} = R_{*} * U_{б.}^2 / S_{н.}$$

где $S_{н.}$ – номинальная мощность элементов цепи.

За базисное напряжение принимают среднее номинальное напряжение той ступени, где находится точка КЗ. Если сопротивления элементов заданы в относительных единицах (генераторы, трансформаторы, реакторы), то перевод их в практические, приведенные к базисному напряжению по формулам:

- для системы $X_{с.б.} = X_{*с.} * U_{б.}^2 / S_{н.с.}$

- для генератора $X_{г.б.} = X_{*г.} * U_{б.}^2 / S_{н.г.}$

- для трансформатора $Z_{г.т.} = U_k * U_{б.}^2 / (100 * S_{н.т.})$
 $R_{б.тр.} = \Delta P_k * U_{б.}^2 / S_{н.т.}$

$$X_{б.тр.} = \sqrt{Z_{г.т.}^2 - R_{б.тр.}^2}$$

где ΔP_k – потери в обмотках трансформатора, кВт. (табличное значение, принимается из технических характеристик трансформатора)

Приведенное индуктивное сопротивление линии:

$$X_{б.л.} = X_{л.} * (U_{б.} / U_{н.})^2$$

где $X_{л.} = X_{уд.} * L$, Ом

L – длина линии, км.

Приведенное индуктивное сопротивление линии:

$$R_{б.л.} = R_{л.} * (U_{б.} / U_{н.})^2$$

где $R_{л.} = R_{уд.} * L$, Ом

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить расчетную схему задачи № 1. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания ΔP_k , напряжение короткого замыкания U_k .

Таблица технических данных силовых трансформаторов:

Тип	S_n , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U_k , %	I_x , %	Z_t , Ом	$Z_{т0}$, Ом
			ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129
ТМ	1000	Y / Δ	2,75	12,2	6,5	1,5	-	-
ТМ	1600	Y / Δ	3,65	16,6	6,5	1,5	-	-
ТМ	2500	Y / Δ	6,8	25	6,5	1,1	-	-
ТМ	4000	Y / Δ	6,7	33,5	7,5	1	-	-
ТМ	6300	Y / Δ	13,5	46,5	7,5	0,9	-	-

Рассчитать значения базисных напряжений для каждой ступени по формуле:

$$U_{б.} = U_{ном.} * K_{б.}$$

ЗАДАНИЕ № 3.

Привести все сопротивления к среднему базисному значению $U_{б.ср.}=10,5$ кВ

Рассчитать сопротивления схемы замещения по соответствующим формулам.

- сопротивление системы: $X_{с.б.} = U_{б.}^2 / S_{к.с.}$

- сопротивления линии напряжением 35 кВ:

$$X_{б.л35} = X_{уд.л} * L * U_{б.} / U_{ср.б.}^2 \quad R_{б.л35} = R_{уд.л} * L * U_{б.} / U_{ср.б.}^2$$

- реактивное сопротивление трансформаторов напряжением 35/10 кВ:

$$X_{б.т1} = X_{б.т2} = U_{к.} * U_{б.}^2 / 100 * S_{н.т1.}$$

- сопротивления линии напряжением 10 кВ:

$$X_{б.л10} = X_{уд.л} * L * U_{б.} / U_{ср.б.}^2 \quad R_{б.л10} = R_{уд.л} * L * U_{б.} / U_{ср.б.}^2$$

- сопротивления трансформатора напряжением 10/0,4 кВ:

$$Z_{б.т3} = U_{к.} * U_{б.}^2 / 100 * S_{н.т3.}$$

$$R_{б.т3.} = \Delta P_{к.} * U_{б.}^2 / S_{н.т3}^2$$

$$X_{б.т3.*} = \sqrt{Z_{б.т3}^2 - R_{б.т3.}^2}$$

ЗАДАНИЕ № 4.

Рассчитать результирующие сопротивления схемы замещения по соответствующим формулам для каждой точки короткого замыкания:

$$Z_{рез.к} = \sqrt{(\sum R_{рез.})^2 + (\sum X_{рез.})^2}$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Рассчитать базисные токи в точках короткого замыкания по формулам:

$$I_{б.} = S_{б.} / (\sqrt{3} * U_{б.})$$

Определить трехфазные токи короткого замыкания в точках короткого замыкания по формулам:

$$I_{к.з.}^{(3)} = I_{б.} / Z_{рез.}$$

Определить двухфазные токи короткого замыкания в точках:

$$I_{к.з.}^{(2)} = 0,87 * I_{к.з.}^{(3)}$$

Определить ударные токи в точках короткого замыкания:

$$I_y = \sqrt{2} * K_y * I_{к.з.}^{(3)}$$

ЗАДАНИЕ № 6.

Начертить расчетную схему задачи № 2. Начертить схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания. Выписать данные

трансформаторов, необходимые для расчета: потери мощности короткого замыкания ΔP_k , напряжение короткого замыкания U_k .

Провести для схемы задачи № 2 расчеты в соответствии с заданиями с № 3 до № 5.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

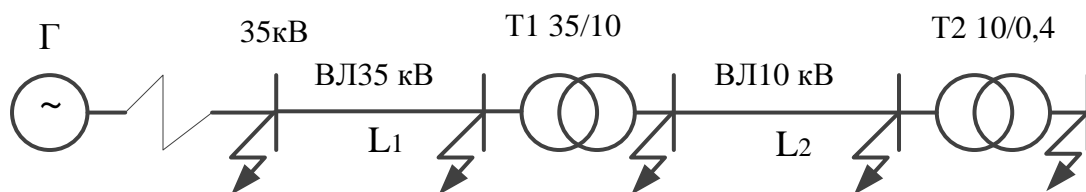
1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи и схемы.
3. Выполнить поочередно все задания.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

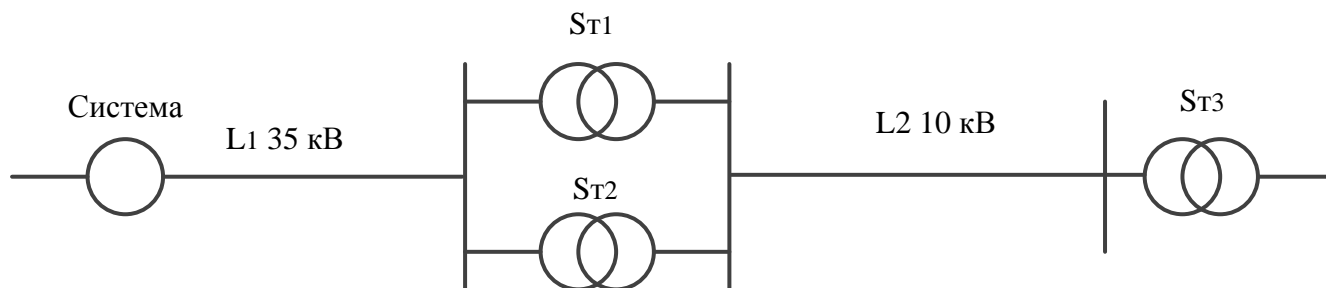
Варианты заданий

Задача № 1.



№ варианта	$S_{к.ш.}, \text{MBA}$	L1, км	Марка провода 35кВ	Мощность T1, кВА	L2, км	Марка 1 провода 10кВ	L3, км	Марка 2 провода 10кВ	Мощность T2, кВА
1	100	7	AC95	1000	3	A50	6	A35	40
2	400	9	AC70	1600	5	AC70	3	AC70	250
3	500	4	AC50	2500	4	AC95	8	AC50	160
4	300	8	AC95	4000	2	AC35	9	AC95	63
5	200	5	AC70	6300	6	AC50	7	A50	100
6	250	2	AC50	1000	7	AC70	3	A35	400
7	350	13	AC95	1600	1	AC50	8	AC70	630
8	450	11	AC70	2500	9	AC95	4	AC50	160
9	550	12	AC50	4000	8	AC35	5	AC95	250
10	150	17	AC95	6300	5	AC70	3	A50	40
11	100	8	AC70	1000	7	AC95	4	A35	63
12	400	9	AC50	1600	9	A50	2	AC70	100
13	500	7	AC95	2500	6	AC70	4	AC50	400
14	300	9	AC70	4000	4	AC95	7	AC95	250
15	200	4	AC50	6300	2	AC35	9	A50	100
16	250	8	AC95	1000	3	AC50	8	A35	63
17	350	5	AC70	1600	7	AC95	6	AC70	40
18	450	2	AC50	2500	1	AC70	12	AC50	25
19	550	13	AC95	4000	9	AC95	7	AC95	160
20	150	11	AC70	6300	8	AC35	5	A50	250
21	100	12	AC50	1000	5	AC70	8	A35	100
22	300	17	AC95	1600	7	AC95	4	AC70	63
23	400	8	AC70	2500	9	AC50	3	AC50	400
24	200	9	AC50	4000	6	AC70	5	AC95	630
25	500	11	AC95	6300	4	AC95	6	A50	160

Задача № 2.



Вариант	$S_{к.с.}, \text{MBA}$	$L_1,$ марка/длина	$S_{T1} = S_{T2},$ кВА	$L_2,$ марка/длина	$S_{T3}, \text{кВА}$
1	130	AC70/30	1600	A50/18	100
2	200	AC50/20	1000	A35/7	160
3	250	AC95/25	2500	A70/15	250
4	400	AC50/10	4000	A95/20	400
5	180	AC95/40	6300	A50/18	630
6	300	AC50/34	1600	A35/7	63
7	350	AC70/26	1000	A70/15	100
8	310	AC50/24	2500	A95/20	160
9	600	AC95/28	4000	A50/18	250
10	650	AC50/18	6300	A35/7	400
11	500	AC95/42	1600	A70/15	630
12	550	AC50/32	1000	A95/20	63
13	510	AC70/36	2500	A50/18	100
14	330	AC50/21	4000	A35/7	160
15	370	AC95/26	6300	A70/15	250
16	380	AC50/14	1600	A95/20	400
17	320	AC95/42	1000	A50/18	630
18	260	AC50/37	2500	A35/7	63
19	280	AC70/35	4000	A70/15	100
20	210	AC50/26	6300	A95/20	160
21	140	AC95/21	1600	A50/18	250
22	170	AC50/14	1000	A35/7	400
23	190	AC95/46	2500	A70/15	630
24	200	AC50/33	4000	A95/20	63
25	220	AC70/38	6300	A50/18	100

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 26

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение выключателей до 1000 В.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить свойства и освоить методику выбора автоматических выключателей; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Краткие теоретические сведения

Автоматические выключатели (АВ) постоянного и переменного тока выпускаются в одно-, двух- и трехполюсном исполнении. Они предназначены для нормальной коммутации и защиты электрических цепей от различных аварийных режимов: токов короткого замыкания и перегрузки, снижения или исчезновения напряжения, изменения направления тока и других. Устройства, реализующие функции защиты в автоматических выключателях, называются расцепителями.

Расцепители АВ, типовые схемы которых приведены на рис. 1 могут реагировать на различные виды повреждений.

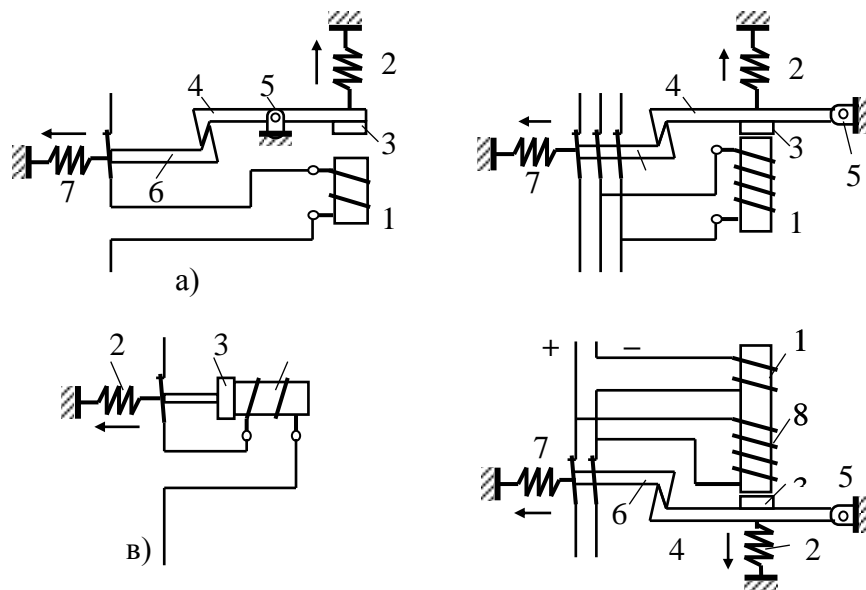


Рисунок 1 - Схемы расцепителей автоматических выключателей:
а – максимального тока; б – минимального напряжения; в – минимального тока; г – обратной мощности

Расцепители автоматов максимального тока (рис. 1-а) реагируют на повышение тока в цепи сверх установленного допустимого значения. В нормальном рабочем положении контакты выключателя замкнуты. Пружина 2 создает усилие, достаточное для удержания рычага 6, механически связанного с контактами, защелкой 4. Как только ток превысит установленное значение, усилие, развиваемое электромагнитом 1, превысит противодействие пружины 2, и притянет якорь 3. Механически связанная с якорем защелка 4 повернется относительно оси 5 по часовой стрелке и освободит рычаг 6. Под действием пружины 7 контакты автоматического выключателя разомкнутся. Путем регулирования натяжения пружины 2 можно регулировать и уставку расцепителя. Включение автоматического выключателя после срабатывания осуществляется вручную.

Расцепители автоматов минимального напряжения (рис. 1-б) реагируют на понижение ниже допустимого уровня напряжения в защищаемых цепях, поэтому катушка электромагнита 1 у них включается в сеть параллельно. В нормальном рабочем положении усилие, развиваемое электромагнитом 1 больше силы противодействия пружины 2, поэтому якорь 3 притянут к электромагниту, а защелка 4 удерживает рычаг 6. Если напряжение станет меньше допустимого, усилия электромагнита 1 окажется недостаточно для удержания якоря 3, и защелка 4 повернется вокруг оси 5 по часовой стрелке, освобождая рычаг 6. Под действием пружины 7 контакты разомкнутся. Уставка напряжения регулируется с помощью пружины 2.

Расцепители автоматов минимального тока (рис.1-в) ограничивают нижний предел тока, и применяются в цепях возбуждения синхронных машин и машин постоянного тока. Они удерживают контакты в замкнутом положении до тех пор, пока ток в катушке электромагнита 1 имеет значение, достаточное для того, чтобы

притягивать якорь 3, преодолевая противодействие пружины 2. Как только ток уменьшится до нормируемого минимального значения, натяжение пружины 2 станет больше силы притяжения якоря 2 к электромагниту, контакты выключателя разомкнутся.

Расцепители обратной мощности и обратного тока (рис. 1–г) применяются в цепях постоянного тока для контроля их полярности. Полный магнитный поток, от которого зависит тяговое усилие электромагнита, создается в результате взаимодействия потоков последовательной катушки 1 и параллельной катушки 8. При нормальном направлении мощности потоки эти направлены согласно, и результирующий магнитный поток создает усилие, достаточное для того, чтобы якорь 3 преодолел противодействие пружины 2, а защелка 4 удерживала рычаг 6. Если полярность тока в цепи изменится на противоположную, результирующий магнитный поток резко уменьшится, поскольку потоки катушек 1 и 8 в этом случае будут направлены встречно. В результате защелка 4 освободит рычаг 6, и под действием пружины 7 контакты разомкнутся и разорвут защищаемую цепь.

Большинство **АВ** имеют комбинированную защиту, реагирующую на несколько видов аварийных режимов.

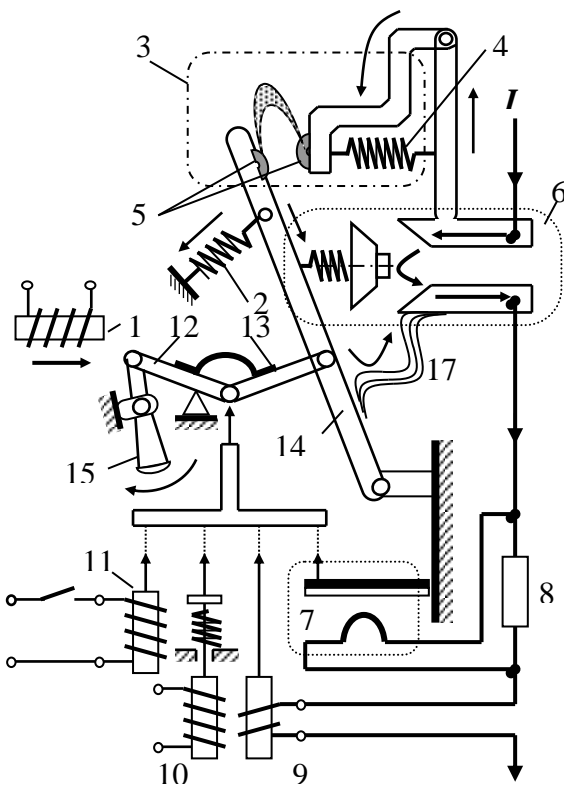


Рисунок 2 - Устройство универсального

Устройство универсального выключателя показано на рис. 2. Механизм свободного расцепления, состоящий из шарнирно связанных рычагов 12, 13, 14 и опоры, обеспечивает отключение, при котором скорость расхождения контактов не зависит от действий оператора. Механизм включается вручную путем поворота рукоятки 15 по часовой стрелке. Вначале замыкаются дугогасительные контакты 5,

находящиеся в камере 3 (их удар смягчается пружиной 4), затем – система главных контактов 6. При этом пружина 2 растягивается. Автоматическое отключение происходит под действием одного из расцепителей. Для защиты от длительных, но относительно небольших по величине перегрузок используется тепловой расцепитель 7, содержащий биметаллическую пластину и нагревательный элемент, подключенный параллельно резистору 8. Время срабатывания теплового расцепителя зависит от величины тока перегрузки. Расцепитель максимального тока состоит из катушки с сердечником 9 и якорька. Если ток в катушке многократно превысит номинальное значение, якорек притянется к сердечнику, и переместит механизм расцепления вверх, выводя рычаги из «мертвого» положения. Предварительно взведенная пружина 2 оттягивает рычаг 14 влево и размыкает контакты выключателя. В расцепителе минимального напряжения 10 также имеются сердечник с катушкой и якорек. Если напряжение на катушке находится в допустимых пределах, якорек преодолевает сопротивление пружины и притягивается к сердечнику. При уменьшении напряжения пружина преодолевает сопротивление якорька и, воздействуя на рычаги механизма расцепления, отключает автомат. Срабатывание любого из расцепителей приводит к «излому» рычагов, после которого автомат необходимо включать в следующей последовательности. Вначале рукоятку 15 поворачивают до упора против часовой стрелки, чем взводят механизм свободного расцепления. Рычаги 12 и 13 выпрямляются и создают жесткую связь. Затем рукоятку 15 поворачивают в противоположном направлении, замыкая контакты выключателя. Рычаги при этом занимают «мертвое» положение. Ручное отключение производится поворотом рукоятки 15, дистанционное – путем замыкания контакта в цепи катушки электромагнита 11. Дистанционное включение можно осуществлять автоматически, с помощью электромагнита 1.

Основными характеристиками автоматических выключателей являются номинальное напряжение ($U_{a,ном}$) и номинальный ток ($I_{a,ном}$).

Номинальным напряжением АВ называется напряжение, при котором нормируются его технические характеристики.

Номинальным током называется установленное изготовителем значение тока, протекающего через автоматический выключатель при указанной контрольной температуре окружающей среды, при котором он может работать в течение неограниченно длительного времени.

Расцепители автоматических выключателей также характеризуются номинальным током $I_{рц,ном}$, под которым понимается наибольший ток, протекание которого не вызывает срабатывания, током срабатывания $I_{рц,ср}$ и временем срабатывания $t_{ср}$. Зависимость этого времени от величины тока срабатывания называется защитной характеристикой. Тепловые расцепители осуществляют максимальную токовую защиту. Сочетание теплового и электромагнитного расцепителей позволяет осуществлять двухступенчатую защиту. При относительно

небольших перегрузках она действует с зависимой выдержкой времени, а при коротких замыканиях – без выдержки времени.

В качестве примера на рис. 3 показаны защитные характеристики комбинированных расцепителей автоматических выключателей широко распространенной серии **A 3110**.

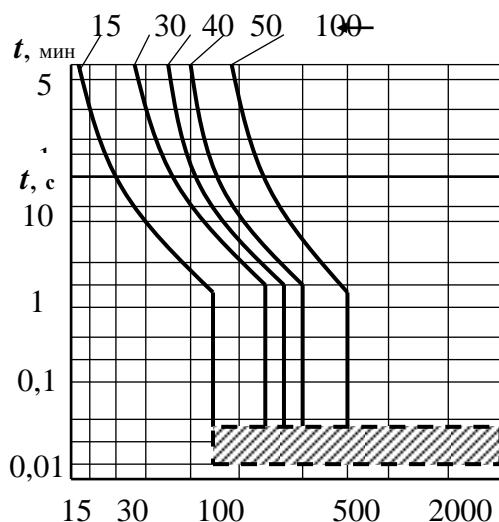


Рисунок 3 - Защитные характеристики комбинированных расцепителей автоматических

Существует большое количество автоматических выключателей, которые различаются между собой по типу расцепителей и осуществляемых защит, конструкции, и другим критериям.

Автоматические выключатели серии **A 3700** на номинальные токи до 630 А выпускаются в двух модификациях – селективные (С), и токоограничивающие быстродействующие (Б). Селективные выключатели снабжаются полупроводниковыми расцепителями серии РП, которые обеспечивают двухступенчатую токовую защиту и могут настраиваться в условиях эксплуатации. Расцепитель выключателя типа **A 3790 С** содержит три ступени токовой защиты. Первая ступень обеспечивает отключение без выдержки времени (токовую отсечку) при токах свыше 20 кА. Вторая ступень – токовая отсечка с выдержкой времени, позволяет осуществлять селективную защиту нескольких последовательных участков сети. Токовая отсечка в этом случае имеет независимую регулируемую выдержку времени: 0,1; 0,25 и 0,4 с. Третья ступень – максимальная токовая защита, позволяет изменить наклон защитных характеристик расцепителя таким образом, что при токе, равном $6I_{\text{р.н.ном}}$ можно получить выдержки времени, равные 4, 8 и 16 с. Все быстродействующие выключатели снабжаются полупроводниковыми расцепителями с токовой отсечкой без выдержки времени. Токоограничивающее устройство под действием электродинамических сил размыкает контакты выключателя прежде, чем ток короткого замыкания достигает максимального значения.

Автоматические выключатели серии «Электрон» на номинальные токи до 6300 А и предельно отключаемые токи до 100 кА снабжены регулируемыми

полупроводниковыми расцепителями типа РМТ. Они позволяют выполнять трехступенчатую токовую защиту с зависимой и независимой выдержкой времени третьей ступени. Выдержка времени второй ступени может устанавливаться на 0,25; 0,45 и 0,7 с.

Автоматические выключатели серии ВА в зависимости от их назначения и номинального тока содержат различные комбинации тепловых, электромагнитных и полупроводниковых расцепителей. Селективные выключатели ВА 55 и ВА 75 имеют три ступени защиты и допускают дискретную регулировку номинального тока полупроводниковых расцепителей типа БПР. Выдержки времени при токе $6I_{\text{рц.ном}}$ составляют 4, 8 и 16 с. Выдержка времени второй ступени защиты устанавливается равной 0,1; 0,2 или 0,3 с. Не селективные выключатели ВА 51 и ВА 52 имеют электромагнитные и тепловые расцепители, или только электромагнитные. Электромагнитные расцепители осуществляют первую ступень защиты, а тепловые – третью.

Выбор автоматов производится:

- по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;
- по роду тока и его значению $I_{\text{ном}} \leq I_{\text{ном}}$, $I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}$;
- по конструктивному выполнению;
- по предельно отключаемому току.

Селективные автоматы, действующие с выдержкой времени при к.з. проверяются по условию $I_{\text{п.о}} \leq I_{\text{отк}}$, где $I_{\text{п.о}}$ – действующее значение периодической составляющей тока трехфазного к.з. в начальный момент; $I_{\text{отк}}$ – действующее значение предельного тока отключения автоматического выключателя.

Токоограничивающие (быстродействующие) автоматы проверяются по условию $I_y^{(3)} \leq I_{\text{отк}}$;

- по электродинамической стойкости $i_y \leq i_{\text{пр.с}}$.

Быстродействующие автоматы благодаря токоограничивающему эффекту на электродинамическую стойкость не проверяются.

По термической стойкости проверяются только селективные автоматы $B_k \leq I_T^2 t_T$, где $i_{\text{пр.с}}$ – амплитудное значение предельного тока к.з.; I_T – предельный ток термической стойкости; t_T – длительность протекания тока термической стойкости.

Снятие защитной характеристики теплового расцепителя автоматического выключателя

Схема электрических соединений учебно-лабораторного стенда, используемая для снятия защитных (время-токовых) характеристик АВ показана на рис. 4.

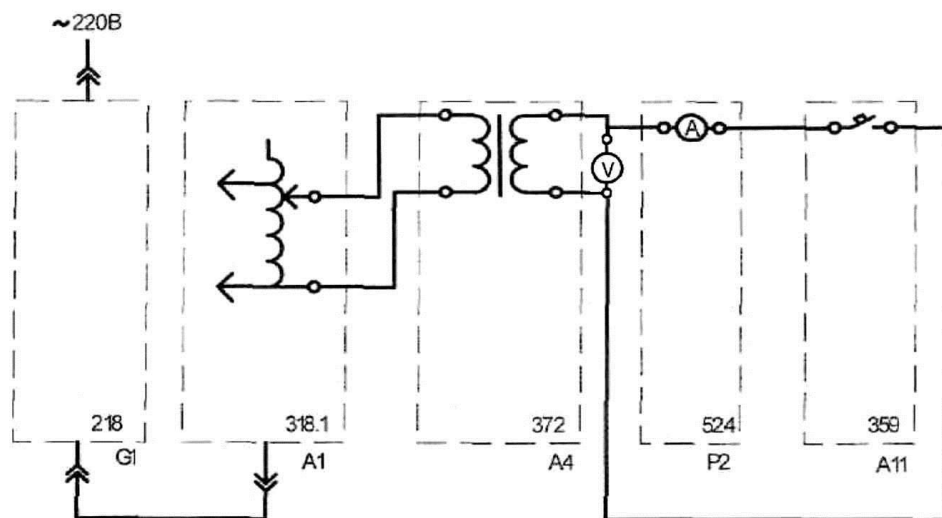


Рисунок 4 – схема электрических соединений стенда для снятия защитных характеристик автоматического

Перечень аппаратуры стенда для снятия времятоковой характеристики

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~220В/16А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~0...240В/2А
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА/ 220/24В
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	-230 В/0,5 А
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А/ 0,01...999с

Выполнение работы:

Последовательность действий при снятии времятоковой характеристики:

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" автотрансформатора A1.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.
- Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» измерителя тока и времени P2.
- Регулировочной рукояткой автотрансформатора A1 выставьте напряжение на выходе трансформатора A4 равным 15 В.
- Включите выключатель A11.
- Включите выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора A1.

- После отключения выключателя А11. считайте показания тока I и времени t , высвечивающиеся на индикаторах измерителя тока и времени Р2, и занесите их в таблицу.

Таблица: Зависимость выдержки времени реле от уставки.

U, В	15	12	10	7	5
I, с					
t, с					

- Отключите выключатель «СЕТЬ» автотрансформатора А1.
- Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 против часовой стрелки, выставив следующее (12 В) значение напряжения.
- Спустя, например, 5 минут повторите операции, начиная с включения выключателя А11, и заканчивая поворотом регулировочной рукоятки автотрансформатора А1.
- Операции повторяйте до тех пор, пока после включения выключателя «СЕТЬ» автотрансформатора А1 выключатель А11 не перестанет отключаться.
- Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора А1, измерителя тока и времени Р2.
- Используя данные таблицы..., постройте искомую времятоковую характеристику $t=f(I)$ автоматического воздушного выключателя
- Используя данные таблицы, постройте искомую зависимость выдержки времени от уставки электромагнитического реле времени $t_2=f(t_1)$.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать условия выбора автоматических выключателей.
3. Изучить конструкцию, характеристики, и методы выбора автоматических выключателей, получить у преподавателя индивидуальное задание на расчет.
4. Снять защитную характеристику АВ на учебно-лабораторном стенде.
5. Рассчитать уставки тепловых и электромагнитных расцепителей и выбрать АВ для индивидуальной и групповой защиты указанных в задании ЭД.
6. Сделать выводы.
7. ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Назначение автоматических выключателей.
2. Область применения автоматических выключателей.
3. Требования к автоматическим выключателям.
4. Классификация автоматических выключателей.

5. Основные параметры, характеризующие автоматические выключатели.
6. Конструкция автоматических выключателей.
7. Принцип действия автоматических выключателей.
8. Достоинства и недостатки автоматических выключателей.
9. Условия выбора автоматических выключателей.
2. Перечислить типы расцепителей АВ и пояснить принцип их действия.
3. Что такое защитная характеристика АВ? Как она снималась в лабораторной работе?
4. Что такое селективность действия АВ? Зачем в некоторых АВ применяют три ступени защиты?
5. По каким параметрам выбираются АВ?
6. Как обеспечивается защита ЭД с помощью АВ?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 27

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение выключателей выше 1000 В.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить свойства и освоить методику выбора автоматических выключателей; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Выключатели нагрузки предназначены для отключения и включения токов нагрузки до 400 А в сетях 6-10 кВ, но не отключают токи короткого замыкания (поэтому последовательно с ними обязательна установка предохранителей).

Выключатели нагрузки выбирают:

1. По напряжению
2. По току
3. По отключающей способности
$$I_{\text{раб. макс}} \leq I_{\text{откл. ном}}$$
4. Проверяются на электродинамическую устойчивость:
 - а) по действующему значению тока
 - б) по амплитудному значению
5. Проверяются на термическую устойчивость

Выполнение работы:

1. Записать технические данные выключателя, помещенные на табличке.
2. Разобрать полюс выключателя ВМП и ознакомиться с устройством его основных узлов.
3. Найти каналы поперечного дутья и карманы и установить путь газового дутья.

4. Ознакомиться с устройством и работой розеточного контакта выключателя.
5. Проследить путь тока через выключатель от ввода до вывода.
6. Изучить конструкцию выключателей ВМТ-110.

7. По справочным данным на щитке выключателя ознакомиться с характеристиками выключателя нагрузки.

8. Рассмотреть устройство выключателей нагрузки без предохранителей и в комплекте с предохранителями.

9. Ознакомиться с работой привода, проведя ручное включение и отключение выключателя.

10. Разобрать дугогасительную камеру выключателя, ознакомиться с ее устройством.

11. Проследить работу основных и дугогасительных контактов.

Оформление отчета

1. Цель работы.
2. Характеристику выключателя.
3. Разрез фазы выключателя серии ВМП-10 с обозначением основных конструктивных элементов.
4. Разрез фазы выключателя ВМТ-110.
5. Эскиз выключателя нагрузки с обозначением основных элементов.
6. Эскиз дугогасительной камеры выключателя.
7. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы выключателя.
2. Какие типы масляных выключателей Вам известны?
3. Из каких основных узлов состоит масляный малообъемный выключатель?
4. Как устроена дугогасительная камера выключателя?
5. Каково назначение воздушной подушки в выключателе ВМП?
6. Как устроен розеточный контакт выключателя?
7. Каковы особенности конструкции выключателя ВМТ?
8. Назовите достоинства и недостатки малообъемных масляных выключателей
9. Для чего предназначен выключатель нагрузки?
10. Принцип гашения дуги в выключателях нагрузки.

11. Можно ли выключателем нагрузки отключать участки с коротким замыканием?

12. Нужно ли последователь с выключателем нагрузки устанавливать разъединители для создания видимого разрыва цепи?

13. Сколько пар контактов на фазу имеет выключатель нагрузки?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 28

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение измерительных трансформаторов тока.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить свойства и освоить методику выбора трансформаторов тока; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Цель работы: Изучить назначение, области применения и конструкции трансформаторов тока (ТТ). Исследовать характеристики и режим работы трансформаторов тока.

Общие сведения:

Трансформатор тока должен обеспечить требуемую точность измерения, т.е. его погрешности не должны выходить за пределы допустимых для данного класса точности величин. Для ТТ установлены пять классов точности: 0,2; 0,5; 1; 3; 10. За обозначение класса точности принята величина наибольшей допустимой токовой погрешности в процентах при токе $(100+120)\%$ номинального. Трансформаторы тока класса 0,2 применяются в качестве образцовых, а также для специальных лабораторных измерений, где необходима высокая точность; 0,5 – для питания приборов денежного расчета (счетчиков); 1, 3, 10 или Р для питания щитовых приборов или реле. Каждому классу точности соответствует определенная вторичная нагрузка при номинальном коэффициенте мощности, равном 0,8.

По конструкции различают две основные группы измерительных трансформаторов тока: **одновитковые** и **многовитковые**.

Одновитковые трансформаторы наиболее просты в изготовлении. Применение получили три характерные конструкции одновитковых трансформаторов: **стержневые, шинные и встроенные**.

Стержневые ТТ изготавливают для напряжений до 35 кВ и номинальных первичных токов от 400 до 1500 А. В качестве примера в лаборатории 2-37 на плакате показан трансформатор типа ТПОЛ-10 (Т – трансформатор тока, П – проходной, О – одновитковый, Л – с литой изоляцией) для номинального напряжения 10 кВ. Первичная обмотка выполнена в виде прямолинейного стержня с зажимами на концах. На стержень поверх изоляции надеты два кольцевых магнитопровода с вторичными обмотками. Магнитопроводы вместе с вторичными обмотками залиты эпоксидным компаундом и образуют монолитный блок в виде проходного изолятора. Блок снабжен фланцем с отверстиями для болтов для крепления трансформатора.

Шинные ТТ изготавливают для напряжений до 20 кВ и номинальных первичных токов до 18 кА. Эти трансформаторы не имеют первичных обмоток. Вместо них при монтаже ТТ через центральное отверстие в его изоляторе пропускают шину, которая и выполняет роль первичной обмотки. Использование шины в качестве первичной обмотки уменьшает число контактных соединений и уменьшает монтажные работы. В лаборатории 2-37 для знакомства с конструкцией установлен шинный трансформатор тока типа ТШЛП-10 (Т – трансформатор; Ш – шинный; Л – с литой изоляцией; П – для плоских шин; сравни ТПШЛ – здесь П – проходной).

Встроенные ТТ предназначены для установки на вводах 35 кВ и выше масляных баковых выключателей и силовых трансформаторов.

Многовитковые ТТ изготавливают для всей шкалы номинальных напряжений и для номинальных первичных токов до 1000-1600 А, т.е. применительно к условиям, когда необходимая степень точности не может быть обеспечена при одном первичном витке. Для напряжений 6-10 кВ изготавливают катушечные и петлевые трансформаторы тока. В лаборатории установлен петлевой трансформатор тока типа ТПЛ-10.

Для напряжений 35-220 кВ изготавливают ТТ наружной установки типа ТФН (ТТ с фарфоровой изоляцией наружной установки). Для напряжений 330, 500, 750 и 1150 кВ изготавливают каскадные трансформаторы. В лаборатории установлен многовитковый трансформатор типа ТФН-35М на 35 кВ модернизированный.

В электрических установках сельской электрификации широкое применение в сетях до 1000 В нашли катушечные трансформаторы тока типов ТК и ТКМ, в установках 6-10 кВ типов ТКЛ, ТПЛ, ТПЛМ, ТВЛМ, в сетях 35 кВ – типов ТПОЛ, ТФН, ТФНД (Ф – фарфоровая изоляция, Н – наружной установки, Д – с сердечником для дифференциальной защиты).

Концы первичных и вторичных обмоток ТТ имеют заводскую маркировку. Концы первичной обмотки обозначаются буквами Л1 и Л2, концы вторичной обмотки – буквами И1 и И2.

При эксплуатации ТТ следует помнить, что работа его с разомкнутой вторичной обмоткой недопустима, т.к. в этом случае исчезает размагничивающее

действие потока, созданного током вторичной обмотки. Магнитопровод насыщается, что обуславливает наведение на вторичной обмотке несинусоидальной ЭДС, амплитуда которой может достигать десятков киловольт. Такой режим опасен для изоляции и для обслуживающего персонала, кроме того, насыщение сердечника может быть необратимым. Поэтому при необходимости замены измерительного прибора или реле вторичная обмотка предварительно замыкается накоротко.

ТТ выпускаются только в однофазном исполнении для отдельного включения в каждую фазу. В зависимости от назначения измерений в трехфазной сети применяют один, два или три ТТ. Схемы соединения трансформаторов, применяемые для включения измерительных приборов, приведены на рис.

Итак, ТТ характеризуются следующими особенностями:

- режим работы ТТ близок к КЗ, так как сопротивление нагрузки, подключенной ко вторичной обмотке мало;
- значение первичного тока не зависит от сопротивления нагрузки вторичной цепи, а определяется только параметрами первичной цепи;
- режим холостого хода ТТ, т.е. разрыв его вторичной цепи, является аварийным режимом, так как он сопровождается резким возрастанием ЭДС E_2 , что опасно для обслуживающего персонала, вызывает сильный нагрев трансформатора и может привести к его повреждению.

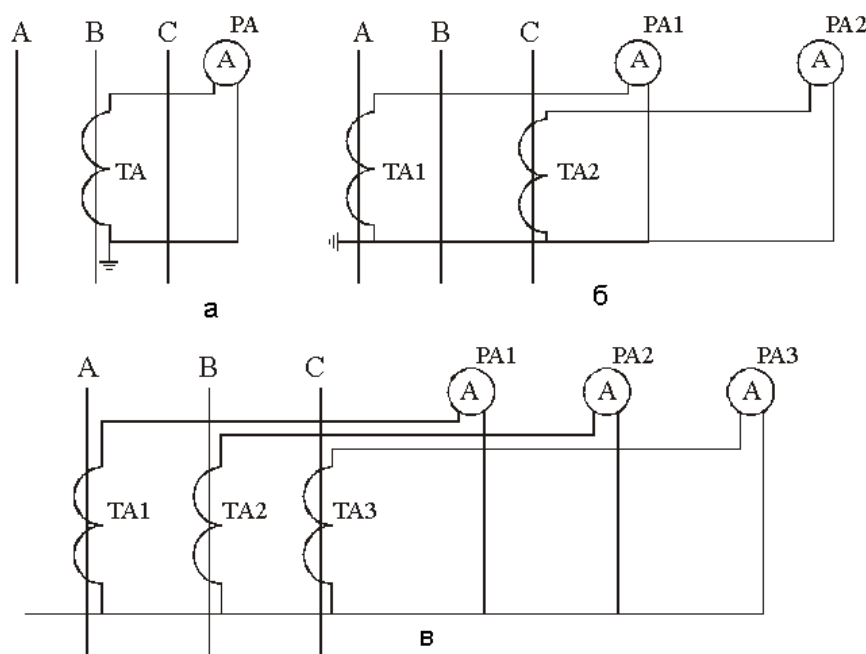


Рис. Схемы соединения ТТ и измерительных приборов

а – включение приборов в одну фазу; б – включение приборов в неполную звезду; в – включение приборов в полную звезду

Трансформаторы тока выбирают:

1. По напряжению (формула (6.8.1));

2. По току: $I_{\text{раб.макс}} \leq I_{\text{ном}}$

Номинальный ток первичной обмотки $I_{1\text{ном}}$ должен быть как можно ближе к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешности.

3. По конструкции и классу точности:

Если к трансформаторам тока подключаются приборы денежного расчета (счетчики), то трансформатор должен работать в классе точности 0,5.

4. Трансформаторы тока проверяют на электродинамическую устойчивость: $I_k \leq I_{\text{дин}}$

$$\text{или } i_k \leq \sqrt{2} \cdot k_d \cdot I_{1\text{ном}}$$

где k_d – кратность динамической стойкости по каталогу;

$I_{1\text{ном}}$ – номинальный ток первичной обмотки;

$I_{\text{дин}}$ – ток динамической стойкости по каталогу.

6. Трансформаторы тока проверяют на термическую устойчивость:

$$B_k \leq (k_t \cdot I_{1\text{ном}})^2 \cdot t_t$$

где k_t – кратность термической стойкости по каталогу, если для трансформатора тока в справочнике указан ток I_t , проверка осуществляется по формуле (6.8.9).

6. Трансформаторы тока проверяют на класс точности.

Проверка состоит в том, что выбирается сечение соединительных проводов приборов с трансформаторами тока такими, чтобы суммарная нагрузка вторичной обмотки трансформатора не превышала допустимую в выбранном классе точности:

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}},$$

где Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока;

$Z_{2\text{ном}}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Индуктивное сопротивление токовых цепей несоизмеримо меньше активного, поэтому им пренебрегают, то есть: $B_k \leq (k_t \cdot I_{1\text{ном}})^2 \cdot t_t$.

$$Z_2 = r_2.$$

Вторичная нагрузка r_2 состоит из сопротивления приборов ($r_{\text{приб}}$), сопротивления проводов ($r_{\text{пров}}$) и переходного сопротивления контактов ($r_{\text{конт}}$):

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пров}} + r_{\text{конт}}.$$

Сопротивление приборов определяется по выражению:

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{ном}}^2}$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;

$I_{2\text{ном}}$ – вторичный номинальный ток трансформатора тока (1 или 5 А)

Сопротивление контактов принимается 0,05 Ом при двух-трех приборах и 0,1 Ом при большем числе приборов.

Чтобы трансформатор тока работал в выбранном классе точности, необходимо выдержать условие: $r_{\text{приб}} + r_{\text{пров}} + r_{\text{конт}} \leq Z_{2\text{ном}} = r_{2\text{ном}}$,

отсюда $r_{\text{пров}} = r_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{конт}}$.

Зная $r_{\text{пров}}$, можно определить сечение соединительных проводов:

$$F = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}}$$

где ρ – удельное сопротивление материала провода. Для алюминиевых проводов $\rho_{\text{ал}} = 0,0283 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; медных – $\rho_{\text{м}} = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

$l_{\text{расч}}$ – расчетная длина, зависящая от схемы соединения трансформаторов тока. Возможные схемы соединения трансформаторов тока приведены на рис.

Фактическое расстояние l от приборов до трансформаторов тока зависит от напряжения электроустановки и местных условий. Ориентировочно при учебном проектировании его можно принимать следующим:

Линии 110 кВ – 75-100 м;

Линии 35 кВ – 60-75 м;

Линии 6-10 кВ – 4-6 м.

Указания к выполнению работы

1. Изучить конструкции ТТ на различные уровни напряжения по плакатам, имеющимся в лаборатории, ознакомиться с конструкцией и внешним видом ТТ, установленных в лаборатории, изучить материалы [1, стр. 271-279].

2. Проверить полярность выводов первичной и вторичной обмоток.

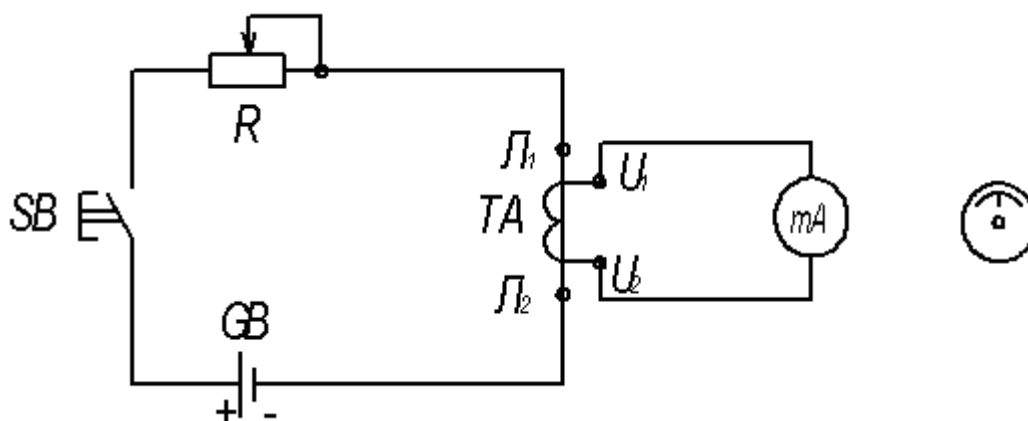


Рис. Схема испытания трансформаторов тока при проверке полярности выводов

Проверка однополярности выводов первичной и вторичной обмоток ТТ производится по схеме рис. 6.4.1. В схеме испытаний используются: аккумулятор или сухая батарея на напряжение 6 В, магнитоэлектрический поляризованный прибор, направление отклонения подвижной системы которого зависит от направления тока в его обмотке (миллиамперметр с двусторонней шкалой) и кнопка SB.

Зная, что положительному направлению тока в первичной цепи (от зажима L_1 к зажиму L_2) соответствует направление тока во вторичной обмотке от конца (зажим I_2) к началу (зажим I_1), можно по направлению отклонения стрелки прибора определить однополярные выводы обмоток ТТ. Направление отклонения стрелки прибора фиксируется в момент замыкания кнопки, когда вследствие переходного процесса во вторичной цепи трансформатора тока по правилу Ленца индуцируется ток. Например, если в момент замыкания рубильника стрелка прибора при указанной полярности источника и прибора отклонится вправо (момент положительный), направление тока в обмотке прибора будет слева направо, а во вторичной обмотке трансформатора, наоборот, справа налево. Таким образом, правый зажим прибора укажет конец вторичной обмотки I_2 , а левый – ее начало I_1 . При размыкании рубильника стрелка прибора при тех же условиях отклонится влево, так как направление индуцированного тока изменится на противоположное.

Произвести проверку полярности выводов всех ТТ, установленных на стенде.

3. Снять вольтамперные характеристики ТТ (характеристики намагничивания).

Для снятия вольтамперной характеристики необходимо собрать схему.

Вольтамперная характеристика (характеристика намагничивания) трансформатора представляет собой зависимость напряжения на зажимах вторичной обмотки U_2 от тока намагничивания $I_{\text{нам}}$ при разомкнутой вторичной цепи ($Z_n = \infty$). Вольт-амперные характеристики $U_2 = f(I_{\text{нам}})$ позволяют:

- судить об исправности ТТ (в частности, может быть выявлено витковое замыкание, при наличии которого кривая располагается ниже типовой и имеет неправильную форму);
- судить о работе ТТ при совместном использовании их в схемах дифференциальных защит, так как при почти совпадающих характеристиках (однотипных ТТ) токи небаланса будут малы и наоборот;
- определить с достаточной для практик точностью погрешность ТТ.

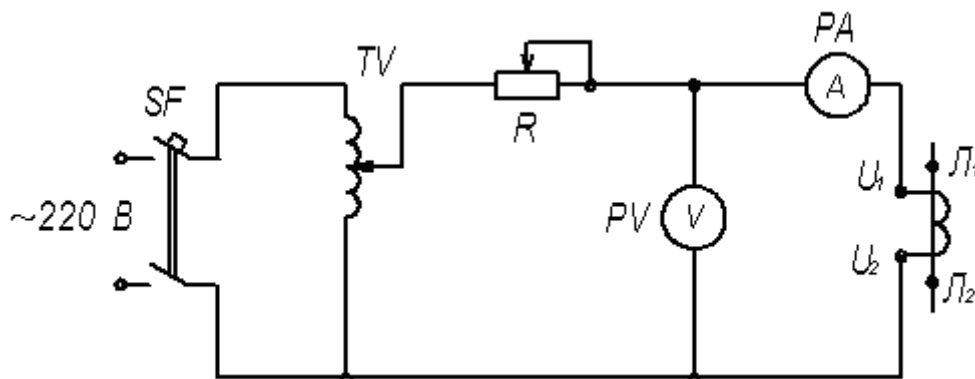


Рис. Схема испытания трансформаторов тока при снятии характеристики намагничивания

Снять характеристики намагничивания $U_2 = f(I_{\text{нам}})$ для всех трансформаторов тока, установленных на стенде. Для получения характеристик произвести измерения при шести-восьми значениях тока. Напряжение и ток увеличивать до насыщения магнитопровода, когда небольшое повышение напряжения вызывает резкое увеличение тока.

Результаты измерений записать в таблицу 6.1. Построить кривые намагничивания для всех трансформаторов, построение выполнить в одном масштабе для всех кривых.

Сделать вывод об исправности и одностипности трансформаторов тока.

Таблица: Результаты измерения характеристики намагничивания трансформатора

Номер трансформатора тока на стенде	
U_2 , В	
$I_{\text{нам}}$, А	

4. Определить коэффициенты трансформации ТТ, используя ТА1 в качестве образцового. Собрать схему рис. 6.4.3. Измерения производить при четырех-пяти различных значениях тока. Результаты испытаний занести в таблицу.

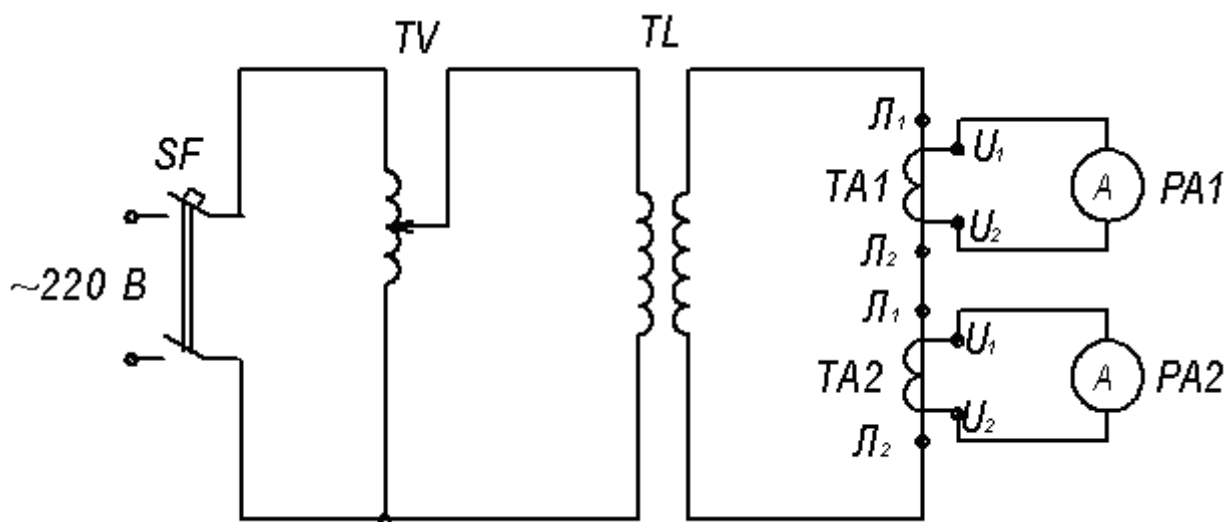


Рис. Схема для определения коэффициента трансформации трансформатора тока.

Таблица: Результаты измерений для определения коэффициента трансформации трансформаторов тока

Номер трансформатора тока на стенде №				
№ п/п	I_{20} (образцовый)	$I_{2и}$ (испытуемый)	$I_1 = K_{Io} \cdot I_{20}$	$K_{Ии} = I_1 / I_{2и}$
1				
2				
3				
4				

По формуле рассчитать коэффициенты трансформации каждого трансформатора. Объяснить несовпадение результатов расчетных значений коэффициентов трансформации при различных значениях токов нагрузки.

Оформление отчета

1. Цель работы.
2. Паспортные данные трансформаторов тока, установленных в лаборатории (на стенде).
3. Схемы включения трансформаторов тока.
4. Схемы для испытания трансформаторов тока.
5. Результаты измерений.
6. Анализ результатов измерений.
7. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности конструкций трансформаторов тока?
2. В каком режиме работает трансформатор тока?
3. Какие погрешности вносят трансформаторы тока в измерения?
4. Что такое класс точности трансформатора тока? Какие классы точности Вы знаете?
5. Для чего заземляют вторичные обмотки трансформатора тока?
6. Почему нельзя допускать работу трансформатора тока в режиме холостого хода?
7. С какой целью снимаются вольт-амперные характеристики трансформаторов тока?
8. Какие схемы соединения трансформаторов тока Вы знаете?
9. На какие первичные и вторичные токи выпускаются трансформаторы тока?

10. Как определить расчетную длину проводов, соединяющих приборы с трансформаторами тока при различных схемах соединения трансформаторов?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 29

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение измерительных трансформаторов напряжения.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить свойства и освоить методику выбора трансформаторов напряжения; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Цель работы: Изучить назначение, области применения и конструкции трансформаторов тока (ТТ). Исследовать характеристики и режим работы трансформаторов тока.

Общие сведения:

Трансформаторы напряжения предназначены для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 или $100/\sqrt{3}$ В и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения. Схема включения однофазных трансформатора напряжения показана на рис., первичная обмотка включена на напряжение сети, а ко вторичной обмотке подключены параллельно катушки измерительных приборов. Для безопасности обслуживания один вывод вторичной обмотки заземлен. Трансформатор напряжения в отличие от трансформатора тока работает в режиме, близком к холостому ходу, так как сопротивление параллельных катушек приборов и реле большое.

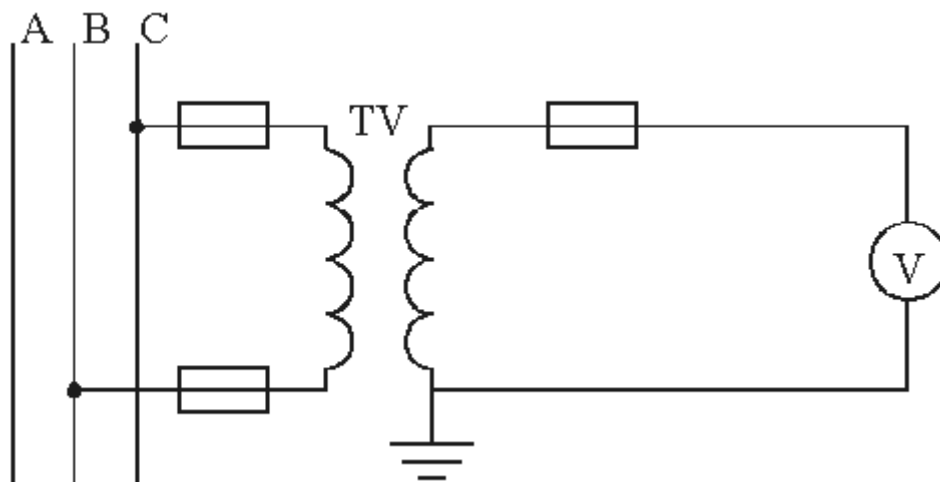


Рис. Схема включения однофазного трансформатора напряжения

Трансформаторы напряжения вносят в измерения погрешность по напряжению:

$$\Delta U\% = \frac{K_U \cdot U_2 - U_1}{U_2} \cdot 100$$

и угловую погрешность δ . Так же как и в трансформаторах тока, вектор вторичного напряжения сдвинут относительно вектора первичного напряжения не точно на угол 180° . Это и определяет угловую погрешность.

Для трансформаторов напряжения установлены четыре класса точности: 0,2; 0,5; 1 и 3. За обозначение класса точности принята величина наибольшей допустимой погрешности по напряжению в процентах. Погрешность зависит от конструкции магнитопровода, магнитной проницаемости стали и от $\cos \varphi$ вторичной нагрузки. В конструкции трансформаторов напряжения предусматривается компенсация погрешности по напряжению путем некоторого уменьшения числа витков первичной обмотки, а также компенсация угловой погрешности за счет специальных компенсирующих обмоток.

Суммарное потребление обмоток измерительных приборов и реле, подключенных ко вторичной обмотке трансформатора напряжения, не должно превышать номинальную мощность трансформатора напряжения, так как это приводит к увеличению погрешностей.

В зависимости от назначения могут применяться трансформаторы напряжения с различными схемами соединения обмоток. Для измерения трех междуфазных напряжений можно использовать два однофазных двухобмоточных трансформатора НОМ, НОС, НОЛ, соединенных по схеме открытого треугольника, а также трехфазный двухобмоточный трансформатор НТМК, обмотки которого соединены в звезду. Для измерения напряжения относительно земли могут применяться три однофазных трансформатора, соединенных по схеме Y_0/Y_0 или трехфазный трехобмоточный трансформатор НТМИ. В последнем случае обмотка, соединенная в звезду, используется для присоединения измерительных приборов, а к обмотке, соединенной в разомкнутый треугольник, присоединяется реле защиты

от замыканий на землю. Таким же образом в трехфазную группу соединяются однофазные трехобмоточные трансформаторы типа ЗНОМ и каскадные трансформаторы НКФ. Для возможности замера напряжения фаз относительно земли нулевую точку звезды первичных обмоток заземляют.

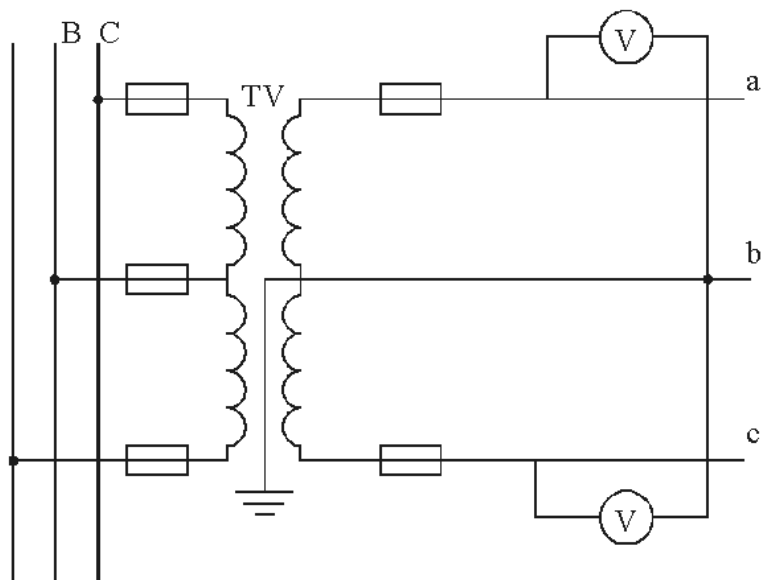


Рис. Схема включения однофазных трансформаторов напряжения в “открытый треугольник”.

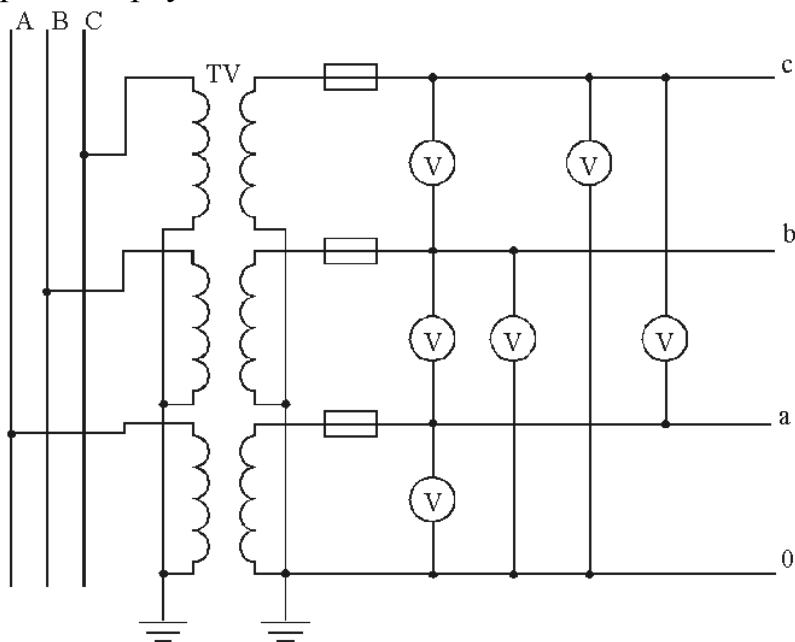


Рис. Схема включения однофазных трансформаторов напряжения по схеме “звезда-звезда”.

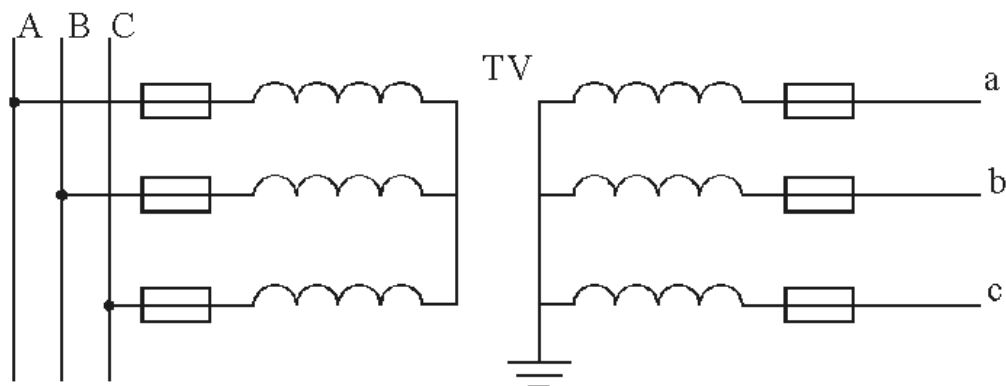


Рис. Схема включения трехфазных трансформаторов напряжения по схеме “звезда–звезда”

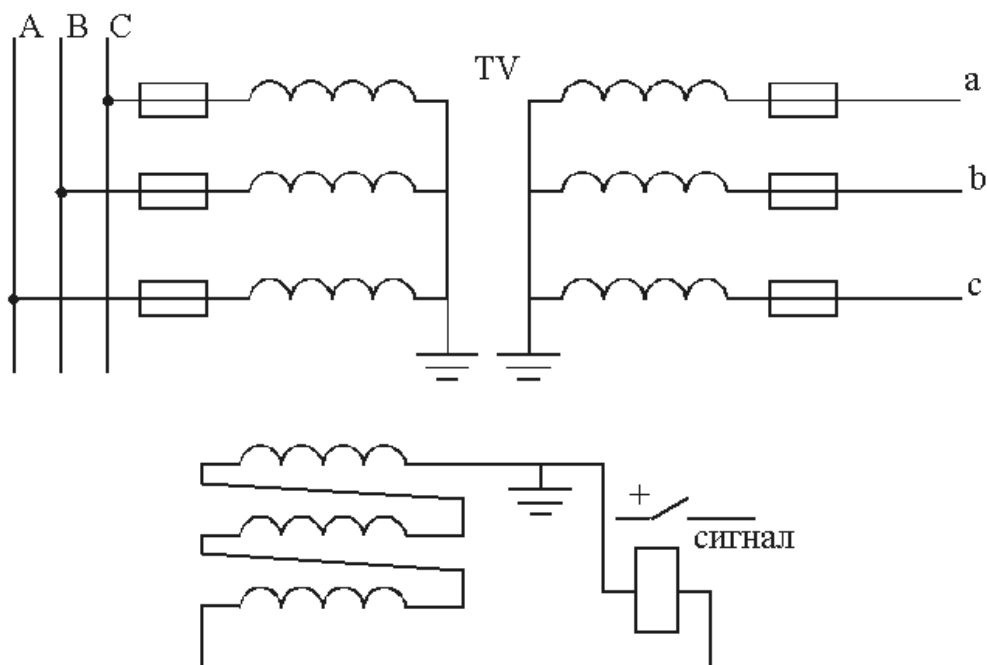


Рис. Схема включения трехфазного трансформатора напряжения НТМИ

Следует отличать однофазные двухобмоточные трансформаторы НОМ-6, НОМ-10, НОМ-15, НОМ-35 от однофазных трехобмоточных ЗНОМ-15, ЗНОМ-20, ЗНОМ-35. Двухобмоточные трансформаторы имеют два ввода ВН и два ввода НН, их можно соединить по схемам открытого треугольника, звезды, треугольника. У трехобмоточных трансформаторов один конец обмотки ВН заземлен, единственный ввод ВН расположен на крышке, а вводы НН – на боковой стенке бака. Обмотка ВН рассчитана на фазное напряжение, основная обмотка НН – на $100/\sqrt{3}$ В, дополнительная обмотка – на $100/3$ В. Такие трансформаторы называются заземляемыми и соединяются по схеме, показанной на рис.

Конструктивно трансформатор напряжения во многом похож на силовой трансформатор небольшой мощности для той же ступени напряжения. Однако в виду малой мощности для трансформаторов напряжения никаких специальных мер для охлаждения, в отличие от силовых трансформаторов, не применяется. По числу фаз различают однофазные и трехфазные трансформаторы напряжения, а по роду изоляции – сухие и масляные. Трехфазные трансформаторы напряжения применяются до напряжения 18 кВ, однофазные трансформаторы напряжения с масляной изоляцией применяются на напряжение 6-1150 кВ в закрытых и открытых распределительных устройствах. В этих трансформаторах обмотки и магнитопровод залиты маслом, которое служит для изоляции и охлаждения

Буквы в обозначении типа трансформатора напряжения расшифровываются:

Н – трансформатор напряжения, О – однофазный, Т – трехфазный, С – сухой, М – масляный, К – для КРУ с компенсирующей обмоткой или при напряжении 110

кВ и выше – каскадный, З – с одним заземленным выводом высокого напряжения, И – для контроля изоляции, Ф – в фарфоровой крышке, Д – для подключения делителей напряжения, Е – емкостный, Л – с литой изоляцией.

Обмотки сухих трансформаторов выполняют эмалированным, лакированным проводом. Изоляцией между обмотками служит электрокартон. Такие трансформаторы выпускаются на напряжение не выше 6 кВ типов НОС-0,5; НОСК-6; НТС-0,5. Масляные трансформаторы напряжения НОМ-10 и НТМК (трехстержневые), НТМИ-10 (пятистержневые) используют в высоковольтных установках напряжением 6 и 10 кВ.

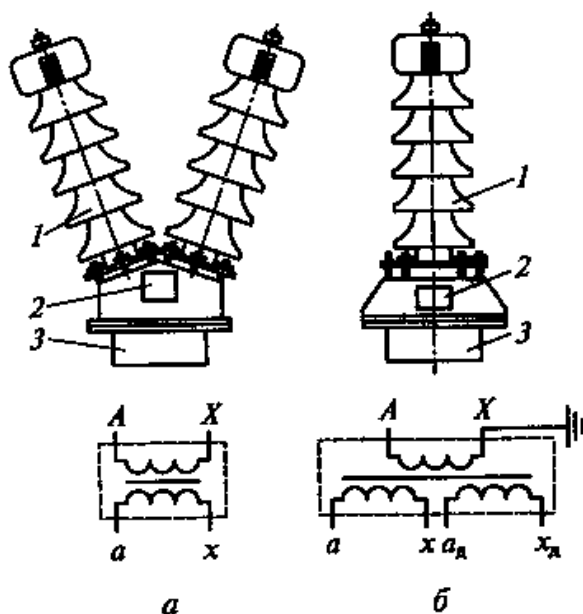


Рис. Трансформаторы напряжения однофазные масляные: а – типа НОМ-35; б – типа ЗНОМ-35; 1 – ввод высокого напряжения; 2 – коробка вводов НН; 3 – бак.

В установках 110 кВ и выше применяются трансформаторы напряжения каскадного типа НКФ. Они состоят из нескольких ступеней (каскадов), изолированных друг от друга. Число ступеней определяется номинальным напряжением из расчета приблизительно 50 кВ на каждую ступень. Трансформаторы каскадного типа имеют меньшую массу и стоимость из-за облегчения изоляции за счет равномерного распределения обмотки высокого напряжения по нескольким магнитопроводам.

Чем выше напряжение, тем сложнее конструкция и дороже трансформатор напряжения, поэтому в установках 500 кВ и выше применяются трансформаторные устройства, присоединенные к конденсаторам высокочастотной связи ВС с помощью конденсатора отбора мощности СВ. Напряжение снимается с СВ (10-15 кВ), подается на трансформатор TV, чтобы вторичное напряжение TV не зависело от нагрузки, в цепь включен реактор LR. Такое устройство получило название емкостного делителя напряжения (НДЕ).

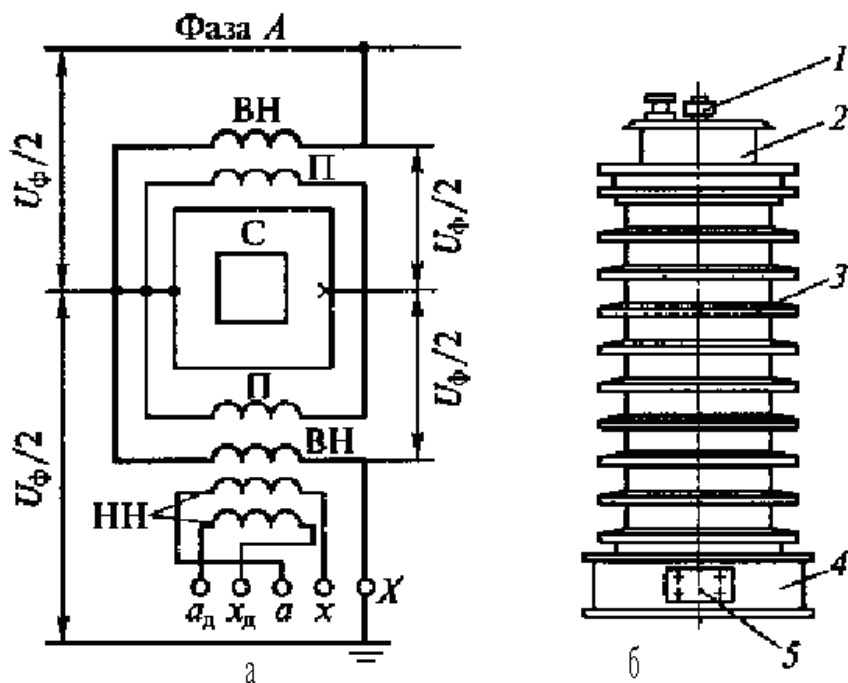


Рис. Трансформатор напряжения НКФ-110:
 а – схема; б – конструкция: 1 – ввод высокого напряжения; 2 – маслорасширитель; 3 – фарфоровая рубашка; 4 – основание; 5 – коробка вводов НН.

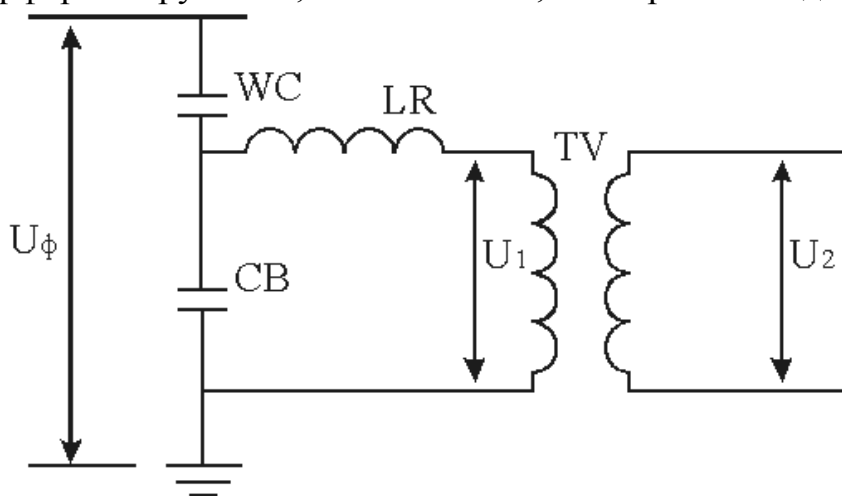


Рис. Схема емкостного делителя напряжения.

В трехфазной системе измерению подлежат: а) линейные напряжения; б) напряжения проводов относительно земли; в) напряжение нулевой последовательности, появляющиеся при замыкании на землю.

В сетях с незаземленными нейтралями (сети 6-35 кВ) измерение напряжения фаз относительно земли необходимо для контроля за состоянием изоляции. При замыкании одной из фаз на землю стрелка вольтметра этой фазы станет на нулевую отметку, а вольтметры двух других фаз вместо фазных будут показывать линейные напряжения.

Для сигнализации появления замыкания на землю в сети используют однофазные трансформаторы напряжения с дополнительными вторичными обмотками, которые соединяют по схеме открытого треугольника (схема

включения как для трехфазного трансформатора напряжения, приведенная на рис.). При однофазном замыкании в сети у зажимов разомкнутого треугольника появляется напряжение, соответствующее тройному напряжению нулевой последовательности.

Возможность использования трехфазного трансформатора напряжения для контроля изоляции зависит от выполнения его магнитопровода. Трехфазный трансформатор напряжения с трехстержневым магнитопроводом нельзя использовать для измерения напряжения фаз относительно земли. Для этого необходимо было бы заземлить нулевую точку звезды первичной обмотки. Тогда при замыкании одной из фаз в стержнях магнитопровода появились бы магнитные потоки нулевой последовательности, равные по величине и совпадающие по фазе. Эти потоки замыкались бы по случайным путям с большим магнитным сопротивлением. В результате токи намагничивания резко бы возросли, что приведет к увеличению погрешностей, а главное к опасному перегреву обмоток. Поэтому для контроля изоляции применяют трехфазные пятистержневые трансформаторы напряжения НТМИ (рис.), потоки нулевой последовательности в которых замыкаются по крайним стержням магнитопровода, и не вызывают чрезмерного перегрева трансформатора напряжения.

В сельских электроустановках наиболее часто применяют трехобмоточный пятистержневой трансформатор НТМИ-10, который используют для питания точных приборов, а также контроля изоляции цепи 10 кВ.

Анализ опыта эксплуатации измерительных трансформаторов напряжения типа ЗНОМ и НТМИ в сетях с изолированной нейтралью показывает, что примерно 30% общего числа их повреждений связано с возникновением феррорезонансных перенапряжений. Возможность повреждения из-за феррорезонансных перенапряжений при однофазных замыканиях на землю, а также при феррорезонансных колебаниях по другим причинам фактически является изначально заложенным конструктивным недостатком указанных типов трансформаторов. В настоящее время разработаны и выпускаются антирезонансные трансформаторы напряжения НАМИ (рис.).

Трансформаторы серии НАМИ содержат в одном баке два трансформатора – прямой (он же и обратной) и нулевой последовательностей. Трансформатор прямой последовательности трехфазный, трехстержневой, без боковых ярм. Его первичные обмотки соединены в звезду с изолированной от земли нейтралью. Между этой нейтралью и землей включена первичная обмотка однофазного трансформатора нулевой последовательности. Схема соединения основной вторичной обмотки повторяет схему первичной обмотки. Дополнительная вторичная обмотка “ $3U_0$ ” расположена на стержне трансформатора нулевой последовательности. На трех стержнях первого трансформатора помещается компенсационная обмотка, соединенная в замкнутый треугольник без внешних выводов.

Трансформаторы напряжения серии НАМИ 6-10-35 кВ, собранные по приведенной схеме, внедряются на подстанциях России с 1995 г.

Трансформаторы напряжения защищают от коротких замыканий во вторичных цепях установкой плавких предохранителей на стороне низшего напряжения. Для защиты электроустановок от повреждений последовательно с трансформаторами напряжения со стороны обмотки высокого напряжения также устанавливают предохранители до напряжения 35 кВ включительно.

Для более высоких напряжений плавкие предохранители с необходимой отключающей способностью отсутствуют. При этих напряжениях ограничиваются установкой на стороне высшего напряжения разъединителей.

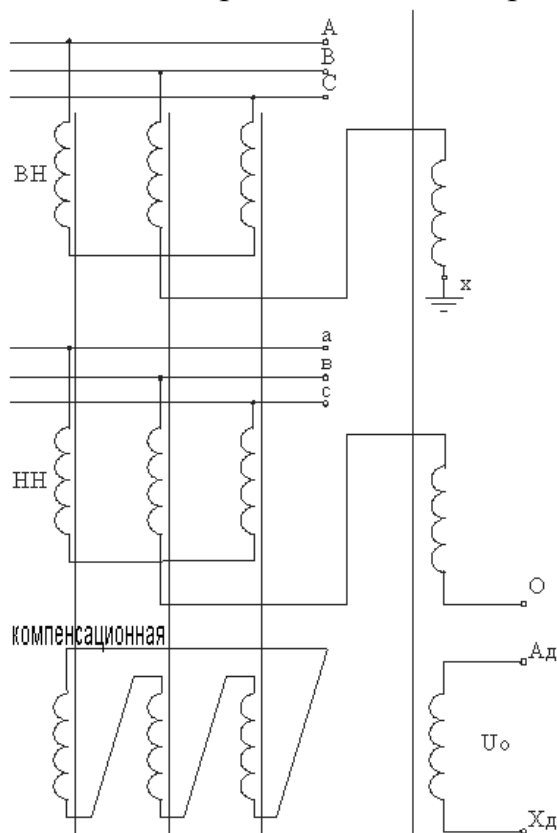


Рис. Схема соединения обмоток антирезонансного трансформатора напряжения НАМИ-6-10-35 кВ.

Трансформаторы тока и напряжения служат для подключения измерительных приборов и устройств релейной защиты.

Указания к выполнению работы

Указания к выполнению работы

1. Ознакомиться с конструкцией трансформаторов напряжения НОМ, ЗНОМ, НТМ, НТМИ, НАМИ, НКФ, НДЕ.
2. Записать паспортные данные трансформаторов напряжения, установленные в лаборатории.
3. Изучить возможные схемы соединения трансформаторов напряжения.

4. Начертить векторную диаграмму напряжений при замыкании фазы сети на землю в сети с изолированной нейтралью.

Оформление отчета

1. Цель работы.
2. Выписать паспортные данные трансформаторов напряжения, установленных в лаборатории.
3. Начертить схемы включения трансформаторов напряжения.
4. Начертить схемы для испытания трансформаторов напряжения.
5. Начертить векторную диаграмму напряжений при замыкании одной фазы в сетях с изолированными нейтралью.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности конструкции трансформаторов напряжения?
2. Что называется классом точности трансформатора напряжения?
3. В каком режиме работает трансформатор напряжения?
4. От чего зависят погрешности трансформатора напряжения?
5. Почему нельзя применять для контроля изоляции трехфазный трехстержневой трансформатор напряжения?
6. В чем разница в показаниях вольтметров в схеме контроля изоляции при замыкании на землю в сети с изолированной нейтралью?
7. Почему необходимо заземлять нейтраль первичной обмотки трансформатора напряжения в схеме контроля изоляции?
8. В чем состоит конструктивная разница трансформаторов напряжения типов НАМИ и НТМИ?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 30

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Подключение счетчиков учёта электрической энергии.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить схемы подключения счетчиков и выбор; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

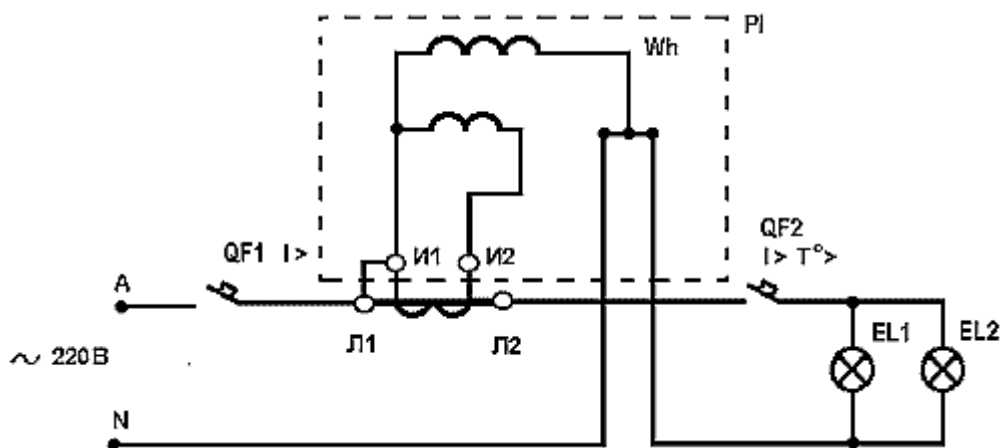


Рис. Схема включения однофазного счетчика в сеть через трансформатор тока

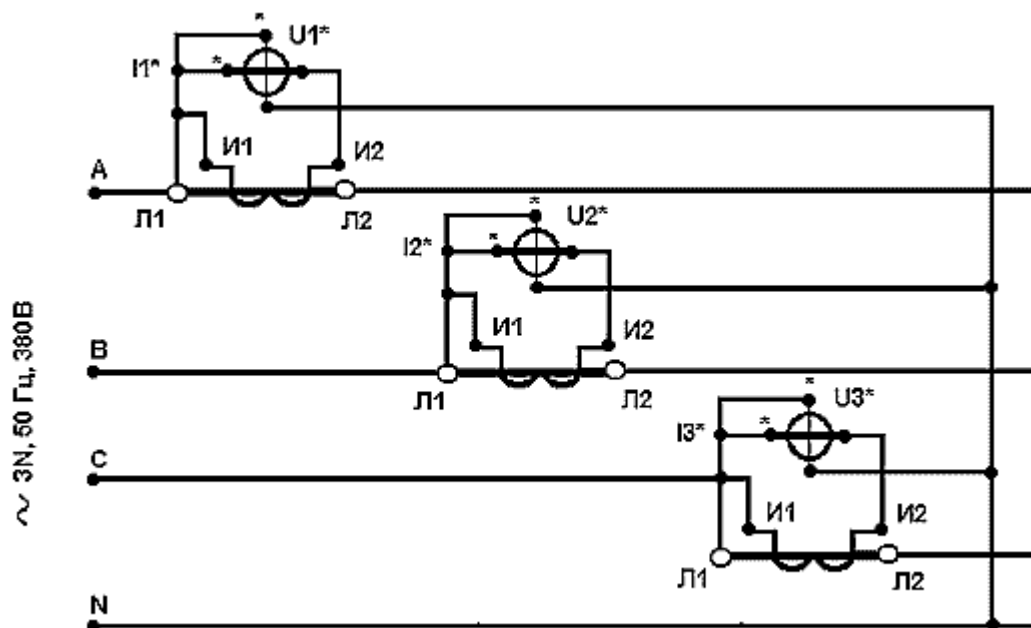


Рис. Схема включения счётчика активной энергии в сеть через трансформаторы тока в четырёхпроводной системе



Рис. Общий вид счетчика ЦЭ 6822

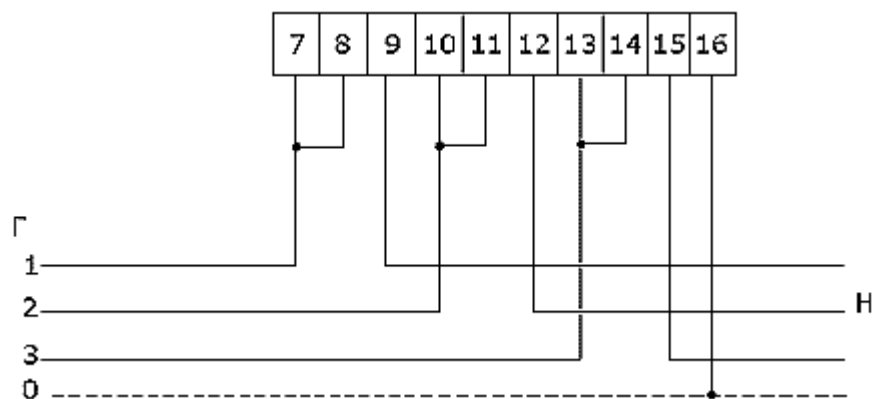


Рис. Схема подключения счетчика ЦЭ 6822

Порядок выполнения работы

Опыт 1.

1. Собрать схему.

2. Записать технические данные измерительных приборов и аппаратов в соответствующую таблицу протокола. Записать паспортные данные счетчика.

3. Определить цену деления приборов.

4. После тщательной проверки схемы студентами и преподавателем, предупредив всех членов бригады, произвести включение схемы. Включив схему и убедившись, что все приборы работают нормально, приступить к выполнению лабораторной работы.

Перед тем, как начать проверку счетчика, нужно убедиться в том, что счетчик не имеет самохода. Для этого необходимо выключить нагрузку. При этом согласно ГОСТу, диск не должен вращаться.

Установить номинальный ток нагрузки – 5А при номинальном напряжении. Записать показания счетного механизма до начала проверки и по истечению трех минут работы счетчика. Результаты проверки записать в таблицу 1.

Повторить измерения при меньшей нагрузке – соответственно 4А, 3А, 2А и 1А. Устанавливая поочередно реостатами нагрузку от 5 до 1 ампера, производить запись показания приборов в таблицу 1, одновременно подсчитывая число оборотов диска за три минуты.

5. Обработка результатов проверки производится следующим образом:

1.1. Оценка погрешности измерений.

В зависимости от того, в каких единицах отсчитывается время t , электроэнергия измеряется в кВт*час или Вт*с.

Погрешность измерений

$$\Delta W = [(W_{\text{изм}} - W)/W] \times 100, \%$$

где $W_{\text{изм}}$ – измеренной (по прибору) значение потребленной электроэнергии;

W – расчетное значение потребленной электроэнергии

$$W = Pt.$$

1.2. Расчет относительной погрешности электросчетчика.

Относительная погрешность счетчика

$$\gamma_{\text{отн}} = [(C_{\text{н}} - C_0) / C_0] \times 100, \%$$

где C_0 – действительная постоянная счетчика, определяемая по соотношению

$$C_0 = W / n \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{об}};$$

$C_{\text{н}}$ – номинальная постоянная счетчика – паспортное значение, определяемое по данным, приведенным на щитке прибора; например: 1 кВт×час соответствует 1200 оборотов диска счетчика – в этом случае

$$C_{\text{н}} = \frac{1000 \cdot 3600}{1200} = 3000 \text{ Вт} \cdot \text{с} / \text{об}.$$

6. Оформить отчет по работе, согласно общим методическим указаниям. Построить график зависимости $\gamma_{\text{отн}} = f(I)$. График строится ломаными линиями, которые получаются при соединении полученных точек. Начало графика лежит в точке пересечения осей координат. Дать заключение о пригодности счетчика к эксплуатации.

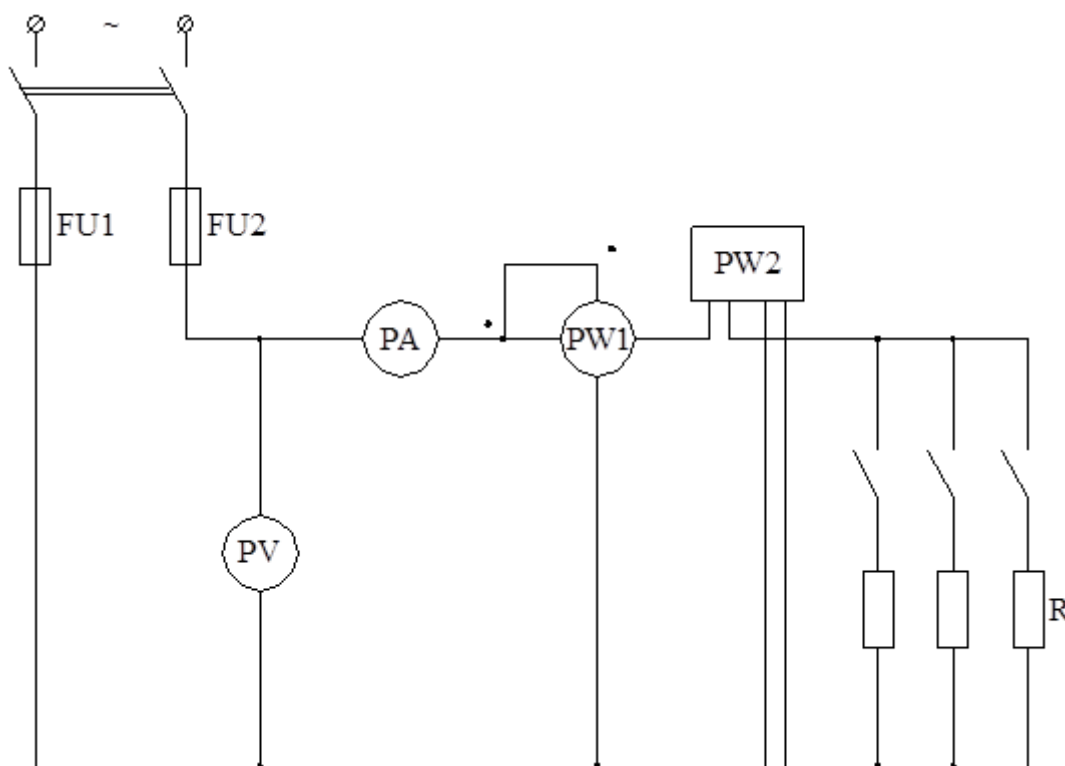


Рисунок 1. Схема включения однофазного счетчика электроэнергии

Таблица 1

	Измерения	Вычисления						
U	I	P	t	W	n	ΔW	$\gamma_{\text{отн}}$	

Опыт 2:

1. Изучите конструкцию однофазного счётчика размещённого на лабораторном стенде и трехфазного – на стенде наглядных пособий, расположенном над лабораторным стендом.

2. На лабораторном стенде изучите монтажную схему группового щитка с однофазным счётчиком в совокупности с нагрузкой, защитной аппаратурой и измерительными приборами.

3. Определите с помощью мегомметра или мультиметра номера клемм блока зажимов, к которым подсоединены лампы накаливания EL1...EL3, однофазный индукционный счётчик PI и автоматические выключатели QF2...QF4.

4. На лабораторном стенде монтажными проводами соберите схему, изображённую на рис.

После проверки преподавателем схемы осуществите её включение автоматическим выключателем QF1.

Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей категорически запрещается.

Во избежание попадания осколков лампы накаливания в случае взрыва колбы по какой-либо причине, лампы необходимо закрыть защитным колпаком.

При возникновении аварийных ситуаций: зашкаливании приборов, появлении запаха дыма и возникновении прочих аварийных режимов – немедленно отключите автоматический выключатель QF1 и сообщите о неисправности лаборанту или преподавателю.

5. С помощью QF2, QF3 и QF4 установите номинальный ток и в течение 3 - 5 минут «прогрейте» счётчик.

6. Установите нагрузку $0,5I_n$, $0,75I_n$, I_n и определите время по секундомеру для каждого значения нагрузки соответствующее 50 оборотам диска счётчика.

7. По данным п. 6 произведите расчёты и постройте зависимость $g=f(I_n)$.

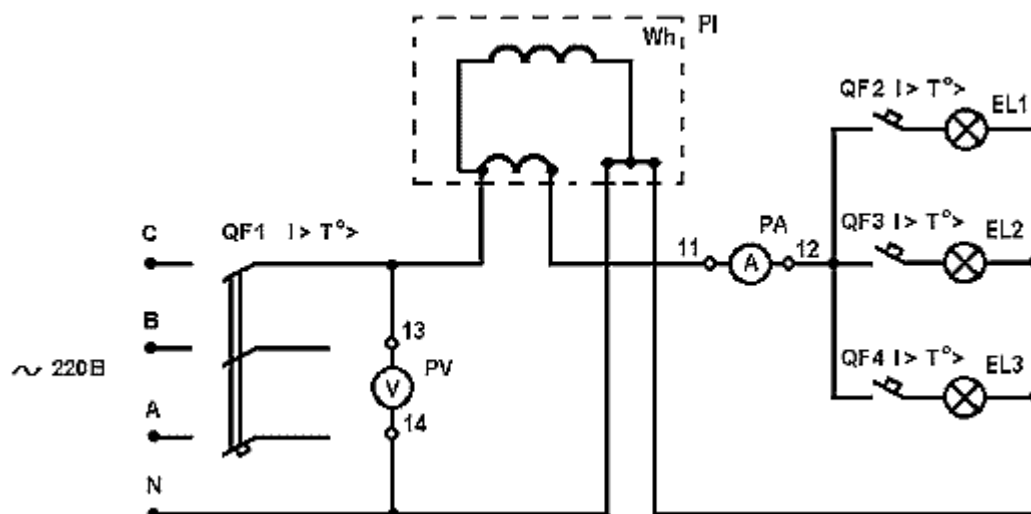


Рис. Схема подключения однофазного индукционного счётчика

Таблица

	Измерено				Вычислено				Примечание
	U, В	I, А	t, с	n, об	C _н , Вт·с/об	W, Втс	C _д , Втс/об	g, %	
0,5 I _н									
0,75I _н									
I _н									

Оформление отчета

1. Название и цель работы.
2. Краткое описание группового щитка и принципа работы однофазного счетчика.
3. Начертите схемы.
4. Заполните таблицу.
5. Сделайте выводы о пригодности счетчика к работе.
6. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как включается ваттметр для измерения активной мощности в цепи переменного тока?
2. Для чего сердечник катушки выполняется из электротехнической стали, а не из ферромагнитного материала?
3. Как изменяются показания ваттметра и амперметра при вытягивании сердечника из катушки?

4. Как изменяются активное сопротивление катушки и ее индуктивность при вытягивании сердечника?
5. Как изменяются коэффициент мощности катушки и ее реактивная мощность при вытягивании сердечника?
6. Как изменяются полное сопротивление катушки и напряжение на ее зажимах при вытягивании сердечника?
7. Как определить величину коэффициента мощности по показаниям приборов схемы?
8. Какие виды мощности и энергии различают в цепях переменного тока?
9. Объясните принцип действия электросчетчика.
10. Как проводится проверка электросчетчика методом ваттметра и секундомера?
11. Что называется постоянной электросчетчика и в каких единицах она измеряется?
12. По каким формулам определяются погрешности электросчетчика?
13. Как устроен однофазный индукционный счетчик?
14. Каким образом определить самоход счетчика?
15. Почему при наличии самохода счетчик не пригоден для работы?
16. Как можно изменить пределы измерения счетчика?
17. Как устроен электронный счетчик?
18. Какие преимущества имеет электронный счетчик электроэнергии перед индукционным?
19. Что понимается под многотарифным учетом электроэнергии?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 31

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор автоматических выключателей. Проверка чувствительности срабатывания защиты.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора защитной аппаратуры; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Автоматическим выключателем, называются электрические двух-трехпозиционные аппараты, предназначенные для автоматического размыкания силовых электрических цепей при коротких замыканиях, недопустимых перегрузках и снижении напряжения, а также для нечастых включений электродвигателей. В зависимости от назначения автоматы изготавливаются одно-, двух-, трехполюсными. Независимо от конструкции и назначения все автоматы состоят из следующих основных узлов: токоведущей и дугогасительной системы, узла расцепителей, узла привода и механических передач.

1. Токоведущая система должна отвечать следующим требованиям:

- пропускать номинальный ток в течение как угодно длительного времени;
- обеспечивать многократное отключение предельных токов короткого замыкания;
- иметь малое время отключения.

2. Дугогасительная система должна обеспечивать гашение дуги при всех возможных режимах сети.

3. Расцепители автоматических выключателей должны реагировать на изменение электрических величин и производить отключение автомата в кратчайшее время.

4. Узел привода должен сообщать контактам силу, необходимую для включения автомата в самом тяжелом случае – при существующем коротком замыкании.

Выбор автоматических выключателей определяется:

- требованиями и особенностями электроустановки;
- требованиями по обеспечению бесперебойного и безопасного электроснабжения;
- оптимизацией затрат.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему в трехполюсном исполнении, включая в схему элементы задания.

Рассчитать мощность на шинах 0,4 кВ. Записать условие выбора мощности силового трансформатора. Выбрать марку силового трансформатора, выписать его характеристики, используя таблицу технических характеристик.

Таблица технических характеристик силовых трансформаторов:

Тип	S _н , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U _к , %	I _х , %	Z _т , Ом	Z _{т0} , Ом
			ΔР _х , кВт	ΔР _к , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129

ЗАДАНИЕ № 3.

Рассчитать токи короткого замыкания. Начертить расчетную схему и схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания.

Результаты расчета токов КЗ занести в таблицу.

Точка КЗ	Место КЗ	Токи КЗ, А		
		$I_{КЗ}^{(3)}$	$I_{КЗ}^{(2)}$	$I_{КЗ}^{(1)}$
К1	Шина 0,4 кВ ТП			
К2	В конце линии 1			
К3	В конце линии 2			
К4	В конце линии 3			

ЗАДАНИЕ № 4.

Выполнить выбор защитной аппаратуры линий и отключающего аппарата на вводе.

Определяем расчетный ток на шинах 0,4 кВ по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Условия выбора автоматического выключателя на вводе:

1. Напряжение выключателя должно соответствовать напряжению сети. Необходимо выбрать марку автоматического выключателя, рассчитанного для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 380/660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц.

2. Номинальный ток выключателя выбирается по условию: $I_{н.а.} \geq I_p$.

3. Ток теплового расцепителя выбирается по условию: $I_{н.р.} \geq I_p$.

Защита отходящих линий 0,38 кВ осуществляется автоматическими выключателями. Выбрать автоматические выключатели с учетом расчетных токов линий, которые предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузках и недопустимых снижениях напряжения, а также для нечастых (до 30 в сутки) оперативных включений и отключений электрических цепей.

Определяем расчетный ток на линиях 0,38 кВ по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Условия выбора автоматических выключателей:

1. Номинальные токи автоматов определяются по условию:

$$I_{н.а.} \geq I_p.$$

2. Номинальные токи тепловых расцепителей определяются по условию:

$$I_{н.т.} \geq I_p.$$

3. Номинальные токи электромагнитных расцепителей определяются по выражению:

$$I_{э.р.} = K_{э} * I_{н.т.}$$

Проверка электромагнитных расцепителей на автоматическое срабатывание осуществляется по условию:

$$I_{э.р.} < I_{кз}^{(1)}$$

Проверка автоматического выключателя на динамическую устойчивость осуществляется по условию:

$$I_{д.у.} > I_{уд.}$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Выполнить спецификацию выбранного оборудования:

№ ВЛ	Наименование	Графическое обозначение на схеме	Марка	$I_{н.а.}$, А	$I_{н.т.}$, А	$I_{э.р.}$, А	$I_{д.у.}$, кА
1							
2							
3							
На вводе							

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Перечислить марки автоматических выключателей, используемые для защиты воздушных и кабельных линий.
2. Записать функциональное назначение автоматических выключателей.

3. Записать устройство, назначение, принцип срабатывания защитных расцепителей автоматических выключателей.
4. Описать устройство, назначение, принцип действия дугогасительного устройства.
5. Как подключается однополюсный автоматический выключатель.
6. Перечислить типы автоматических выключателей по кратности электромагнитного расцепителя, написать пределы кратностей для каждого типа.
7. Записать путь прохождения тока по автоматическому выключателю в нормальном режиме.
8. Показать маркировку автоматических выключателей.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Схема электроснабжения 0,38 кВ содержит три воздушные линии, выполненные голыми проводами. Известны марки провода, мощности и длины линий. Необходимо выбрать защиту линий, отключающий аппарат на вводе, выполнить проверку чувствительности срабатывания защиты.

Вариант	S ₁ , кВА	S ₁ , кВА	S ₁ , кВА	L ₁ , м	L ₁ , м	L ₁ , м	Марка провода		
							ВЛ1	ВЛ2	ВЛ3
1	54	36	27	200	190	180	АС70	АС50	А50
2	73	45	20	150	250	400	АС95	АС70	А50
3	56	43	26	360	390	470	АС95	АС70	А50
4	44	33	36	250	410	380	А50	АС50	А50
5	37	46	35	300	290	350	А50	АС70	А50
6	47	25	31	380	420	390	АС70	АС50	А50
7	38	52	35	200	190	180	А50	АС70	А50
8	57	43	39	150	250	400	АС70	АС50	А50
9	62	41	37	300	290	350	АС95	АС70	А50
10	42	36	51	380	420	390	АС70	АС50	АС95
11	37	39	46	360	390	470	А50	АС50	АС95
12	31	42	38	250	410	380	А50	АС70	АС70
13	53	37	41	250	410	380	АС70	АС95	АС70
14	38	35	46	300	290	350	А50	АС70	АС95
15	43	53	28	380	420	390	АС70	АС70	А50
16	26	24	45	200	190	180	А50	А50	АС70
17	37	29	50	150	250	400	АС70	АС50	АС95
18	28	47	39	150	250	400	А50	АС70	АС95
19	53	38	35	300	290	350	АС95	АС50	А50
20	46	44	38	380	420	390	АС70	АС95	АС70
21	60	34	39	200	190	180	АС95	АС50	АС70
22	41	52	26	150	250	400	АС70	АС70	А50
23	47	38	35	150	250	400	АС70	А50	АС70
24	52	42	32	300	290	350	АС95	АС70	А50
25	39	36	47	380	420	390	АС70	АС50	АС95

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 32

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор предохранителей. Проверка чувствительности срабатывания защиты.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора защитной аппаратуры; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Плавкий предохранитель – это коммутационный аппарат однократного действия, который при токе больше заданной величины размыкает электрическую цепь путем расплавления плавкой вставки, нагреваемой током.

Наиболее распространенные материалы плавких вставок – медь и цинк реже применяются свинец и серебро. Отличаясь большим конструктивным разнообразием, предохранители могут быть распределены на 3 типа.

- открытая плавкая вставка в воздухе или в полый фарфоровой трубке;
- разборные;
- засыпные.

Открытая плавкая вставка в воздухе может применяться для защиты от сверхтоков лишь в сетях с небольшими токами короткого замыкания. С увеличением токов короткого замыкания растут размеры дуги, что приводит к перекрытию между проводами.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему в трехполюсном исполнении, включая в схему элементы задания.

Рассчитать мощность на шинах 0,4 кВ. Записать условие выбора мощности силового трансформатора. Выбрать марку силового трансформатора, выписать его характеристики, используя таблицу технических характеристик.

Таблица технических характеристик силовых трансформаторов:

Тип	S _н , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U _к , %	I _х , %	Z _т , Ом	Z _{т0} , Ом
			ΔР _х , кВт	ΔР _к , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129

ЗАДАНИЕ № 3.

Рассчитать токи короткого замыкания. Начертить расчетную схему и схему замещения, отметить точки, в которых проводится расчет токов короткого замыкания.

Результаты расчета токов КЗ занести в таблицу.

Точка КЗ	Место КЗ	Токи КЗ, А		
		I _{кз} ⁽³⁾	I _{кз} ⁽²⁾	I _{кз} ⁽¹⁾
К1	Шина 0,4 кВ ТП			
К2	В конце линии 1			
К3	В конце линии 2			
К4	В конце линии 3			

ЗАДАНИЕ № 4.

Выполнить выбор защитной аппаратуры линий и отключающего аппарата на вводе.

Определяем расчетный ток на шинах 0,4 кВ по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Условия выбора плавкогопредохранителя на вводе:

1. Напряжение предохранителя должно соответствовать напряжению сети. Необходимо выбрать марку предохранителя, рассчитанного для эксплуатации в электроустановках с номинальным рабочим напряжением до 380/660 В переменного тока частоты 50 и 60 Гц.

2. Номинальный ток предохранителя выбирается по условию: $I_{н.а.} \geq I_p$.

3. Ток номинальный вставки выбирается по условию: $I_{н.р.} \geq I_p$.

Защита отходящих линий 0,38 кВ осуществляется плавкими предохранителями. Выбрать предохранители с учетом расчетных токов линий, которые предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях и перегрузках.

Определяем расчетный ток на линиях 0,38 кВ по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Условия выбора плавких предохранителей:

1. Номинальные токи предохранителей определяются по условию:

$$I_{н.а.} \geq I_p$$

2. Токи номинальные вставок определяются по условию:

$$I_{н.в.} \geq I_p$$

Проверка чувствительности срабатывания предохранителей осуществляется по условию:

$$3 * I_{н.в} < I_{кз}^{(1)}$$

Проверка предохранителя на динамическую устойчивость осуществляется по условию:

$$I_{д.у.} > I_{уд.}$$

ЗАДАНИЕ № 5.

Выполнить спецификацию выбранного оборудования:

№ ВЛ	Наименование	Графическое обозначение на схеме	Марка	I _{н.а.} , А	I _{н.в.} , А	I _{д.у.} , кА
1						
2						
3						
На вводе						

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условие задачи.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Перечислить марки предохранителей, используемые для защиты воздушных и кабельных линий.
2. Записать функциональное назначение предохранителей.
3. Записать устройство, назначение, принцип срабатывания вставок плавких предохранителей.
4. Описать принцип гашения дуги в предохранителях различной конструкции.
5. Как подключается плавкий предохранитель.
6. Что необходимо установить на вводе при защите предохранителем?
7. Дать понятие «селективность защиты».
8. Показать маркировку плавких предохранителей.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Схема электроснабжения 0,38 кВ содержит три воздушные линии, выполненные голыми проводами. Известны марки провода, мощности и длины линий. Необходимо выбрать защиту линий, отключающий аппарат на вводе, выполнить проверку чувствительности срабатывания защиты.

Вариант	S ₁ , кВА	S ₂ , кВА	S ₃ , кВА	L ₁ , м	L ₂ , м	L ₃ , м	Марка провода		
							ВЛ1	ВЛ2	ВЛ3
1	37	22	41	260	300	200	A70	A50	AC95
2	38	26	43	180	300	220	A70	A50	A70
3	28	36	46	400	290	270	A50	AC70	AC95
4	29	33	43	330	245	276	A35	A50	AC70
5	25	31	48	285	190	160	A50	AC70	AC95
6	36	25	35	260	300	200	A70	A50	AC95
7	25	35	36	180	300	220	A70	A50	A70
8	41	20	38	400	290	270	AC95	A35	AC70
9	26	37	22	330	245	276	A35	AC70	A50
10	22	38	29	285	190	160	A70	A50	A35
11	21	28	37	500	370	300	A50	AC70	AC95
12	37	29	31	280	300	377	A70	A50	AC95
13	33	25	27	390	270	350	A70	A50	A70
14	35	36	22	500	370	300	A50	AC70	A35
15	38	25	26	280	300	377	A50	A35	A50
16	39	41	28	390	270	350	A50	AC70	AC35
17	36	33	26	208	266	357	A50	A50	A35
18	41	27	22	170	377	358	AC96	A50	A50
19	43	24	28	160	300	386	A70	A50	AC95
20	46	22	37	150	367	256	A70	A50	A70
21	43	26	33	110	246	366	AC95	A50	AC70
22	48	29	35	140	235	256	AC95	A35	A50
23	35	33	38	280	246	364	A50	AC70	AC95
24	36	28	39	300	366	266	A70	A50	AC95
25	38	28	36	200	257	233	A70	A50	A70

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 33

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Выбор разъединителей. Выбор измерительных трансформаторов.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора защитной аппаратуры; воспитание таких профессиональных качеств, как логическое мышление через умение анализировать расчёты.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Трансформаторы тока выбирают по номинальному напряжению, номинальному току первичной цепи, классу точности, номинальной мощности вторичной цепи и проверяют на электродинамическую и термическую устойчивость при протекании сквозных токов короткого замыкания. Если трансформаторы тока предназначены для питания цепей релейной защиты, то их проверяют на десятипроцентную погрешность.

Трансформаторы тока выбирают по классу точности в зависимости от типа и класса точности присоединяемых к ним приборов. Трансформаторы тока класса точности 0,2 применяют в лабораторных условиях; класса точности 0,5 применяют для питания счетчиков электроэнергии и других приборов с классом точности 1 и 1,5; а класса точности 1 – для включения ваттметров, фазометров, контрольных счетчиков, реле мощности и реле сопротивления; класса точности 3 – для питания амперметров и токовых реле; класса точности 10 – для питания токовых реле, встроенных в привод выключателей, и оперативных цепей релейной защиты.

Выбор трансформатора тока по мощности сводится к сравнению его номинальной вторичной мощности с расчетной вторичной нагрузкой.

Разъединители выше 1 кВ используют для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи под напряжением, создания ее

видимого разрыва, а также для работы в сетях с малым током замыкания на землю. Разъединители бывают внутренней и наружной установки.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Выписать данные задачи № 1. Начертить часть схемы в трехполюсном исполнении, включая в схему элементы задания.

Рассчитать мощность на шинах 0,4 кВ. Записать условие выбора мощности силового трансформатора. Выбрать марку силового трансформатора, выписать его характеристики, используя таблицу технических характеристик.

Таблица технических характеристик силовых трансформаторов:

Тип	S _н , кВА	Схема соединения	Потери мощности		Ук, %	I _х , %	Z _т , Ом	Z _{т0} , Ом
			ΔР _х , кВт	ΔР _к , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129

ЗАДАНИЕ № 3.

Определяем расчетный ток на шинах 0,4 кВ по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Записать условия выбора трансформатора тока.

Определить ток на шинах 0,4 кВ в форсированном режиме по формуле:

$$I_{p.ф.} = I_p \cdot K_{ф.}$$

Определить номинальное значение тока первичной обмотки трансформатора тока. Выбрать марку трансформатора и выписать его технические характеристики в таблицу.

Таблица технических характеристик трансформатора тока:

Марка	$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$	$I_{\text{н.1}}, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$S_2, \text{ВА}$	Класс точности

ЗАДАНИЕ № 4.

Выписать данные задачи № 2. Начертить схематическое обозначение в трехполюсном исполнении.

Рассчитать ток короткого замыкания на шинах 0,4 кВ. Рассчитать ток короткого замыкания на шинах 10 кВ по формуле:

$$I_{\text{к.ВН}}^{(3)} = I_{\text{к.НН}}^{(3)} * K_3 / K_U$$

где K_3 – коэффициент запаса, $K_3=1,3$;

K_U – коэффициент трансформации по напряжению, $K_U = U_{\text{ВН}} / U_{\text{НН}}$

Определить расчетный ток на стороне 10 кВ. Определить ударный ток на стороне 10 кВ. Записать условия выбора разъединителя. Выбрать марку разъединителя и оформить его технические характеристики в таблице.

Таблица технических характеристик разъединителя:

Тип разъединителя	$U_{\text{ном.}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$I_{\text{д.у.}}, \text{А}$	$I_{\text{т.у.}}, \text{А}$	Тип привода

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задач.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Перечислить марки трансформаторов тока на напряжение 0,66 кВ.
2. Запишите функциональное назначение трансформаторов тока.
3. Запишите возможные номинальные значения токов вторичной обмотки трансформатора тока.
4. В каком режиме работает трансформатор тока?
5. Напишите формулу определения коэффициента трансформации трансформатора тока.

6. Перечислить марки разъединителей на напряжение.
7. Запишите функциональное назначение разъединителей.
8. Опишите конструкцию разъединителей.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Задача № 1.

Выбрать марку трансформатора тока и выписать его технические характеристики.

Вариант	U_{BH} , кВ	U_{HH} , кВ	S_{p1} , кВА	S_{p2} , кВА	S_{p3} , кВА	K_{ϕ}
1	10	0,4	75	46	55	1,2
2	10	0,4	58	49	46	1,1
3	10	0,4	37	47	75	1
4	10	0,4	58	44	47	1,1
5	10	0,4	47	42	57	1,2
6	10	0,4	74	38	68	1
7	10	0,4	48	39	58	1,1
8	10	0,4	60	36	75	1
9	10	0,4	59	39	66	1,2
10	10	0,4	57	59	89	1
11	10	0,4	53	52	85	1,1
12	10	0,4	47	58	84	1,2
13	10	0,4	49	55	65	1
14	10	0,4	43	63	79	1,1
15	10	0,4	47	68	69	1
16	10	0,4	63	66	64	1,2
17	10	0,4	64	72	70	1
18	10	0,4	68	47	85	1,1
19	10	0,4	60	46	83	1,2
20	10	0,4	77	64	57	1
21	10	0,4	73	55	74	1,1
22	10	0,4	75	57	63	1
23	10	0,4	74	53	77	1,2
24	10	0,4	73	46	95	1
25	10	0,4	63	48	79	1,1

Задача № 2.

Выбрать марку разъединителя и выписать его технические характеристики.

Вариант	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	S _{н.т.} , кВА
1	10	0,4	250
2	10	0,4	160
3	10	0,4	400
4	10	0,4	630
5	10	0,4	100
6	10	0,4	160
7	10	0,4	250
8	10	0,4	400
9	10	0,4	250
10	10	0,4	160
11	10	0,4	400
12	10	0,4	630
13	10	0,4	100
14	10	0,4	160
15	10	0,4	250
16	10	0,4	400
17	10	0,4	160
18	10	0,4	400
19	10	0,4	630
20	10	0,4	250
21	10	0,4	160
22	10	0,4	100
23	10	0,4	400
24	10	0,4	250
25	10	0,4	630

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 34

ТЕМА: Электрическая аппаратура.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Комплектование распределительных шкафов.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику комплектования распределительных шкафов; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

РУНН распределительное устройство 0.4 кВ классификация:

Признаки классификации	Исполнение
По назначению шкафов РУНН распределительное устройство 0.4 кВ	Шкаф ввода Шкаф секционирования Шкаф отходящих линий Шкаф резервного ввода от ДЭС Шкаф кабельный Шкаф шинный
По способу установки автоматических выключателей	Со стационарными автоматическими выключателями С выдвижными автоматическими выключателями
По способу ввода напряжения	Шинами Кабелем
По способу выполнения выводов отходящих линий шинами и кабелем в РУНН распределительное устройство 0.4 кВ	Вывод вверх Вывод вниз Выводы вверх и вниз
По числу отходящих линий По виду обслуживания шкафов РУНН распределительного устройства 0.4 кВ	От 1 до 8 Одностороннего Двухстороннего
По взаимному расположению щитов из шкафов РУНН распределительного устройства 0.4 кВ	От 1 до 8
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP21 IP31

Значение параметров РУНН распределительного устройства 0.4 кВ для типов КТП

Наименование параметра	Значение параметров РУНН распределительного устройства 0.4 кв для типов КТП				
	КТП-400	КТП-630	КТП-1000	КТП-1600	КТП-2500
Мощность силового трансформатора, кВА	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Номинальный ток сборных шин НН, А	630	1000	1500	2300	4100
Ток термической стойкости сборных шин в течении 1с на стороне НН, кА	20	25	25	31,5	40
Ток электродинамической стойкости сборных шин на стороне НН, кА	30	50	50	70	100
	100	160	160	250	400
	160	200	200	320	630
	250	250	250	400	800
		320	320	630	1000
Номинальный ток отходящих линий, А		400	400	800	1600
			630	1000	
			800	1600	
			1000		
Масса, кг	В зависимости от заказа по набору шкафов РУНН распределительного устройства 0.4 кв				

В РУНН распределительном устройстве 0.4 кВ устанавливаются аппараты защиты, измерительные приборы, средства релейной защиты и автоматики, а также вспомогательные устройства со всеми внутренними электрическими соединениями главных и вспомогательных цепей.

В РУНН распределительном устройстве 0.4 кВ напряжение 0,4 кВ через вводные автоматические выключатели подается на сборные шины, от сборных шин через линейные автоматические выключатели к потребителю.

Конструкция РУНН распределительного устройства 0.4 кВ позволяет выполнить любую комбинацию автоматических силовых выключателей выдвижного или стационарного исполнения отечественного (серий ВА, «Электрон» или импортного производства (серий SentronVL, WL фирмы Siemens, серий Compact NS, NT, NSX, Masterpact NT и NW фирмы Schneider Electric и SACE Emax, Tmax фирмы ABB).

Каждый шкаф разделен на отсеки выключателей и релейный отсек, где установлена аппаратура управления автоматики и учета электроэнергии, а также отсек шин, где размещены сборные шины, шинные ответвления для кабельных и шинных присоединений и трансформаторы тока.

Ошиновка ввода и сборные шины РУНН распределительного устройства 0.4 кВ, а также вводной выключатель выполняются на ток, равный номинальному току силового трансформатора с коэффициентом $1,3 \cdot I_n$. Распределительное устройство низкого напряжения однострансформаторной подстанции состоит из одной секции шкафов РУНН распределительного устройства 0.4 кВ.

Секция – это набор шкафов, состоящих из одного шкафа ввода и одного или нескольких шкафов отходящих линий.

Распределительное устройство низкого напряжения двухтрансформаторной подстанции состоит из двух секций и одного шкафа секционирования. Наличие двух секций позволяет обеспечивать бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией при отключении одного из вводов через шкаф секционирования. В качестве коммутирующего аппарата в шкаф секционирования могут быть установлен выключатель или разъединитель.

При работе двухтрансформаторных подстанций предусмотрена схема АВР. Возможна реализация схемы АВР как на электромеханических реле, так и на микропроцессорной аппаратуре. Если РУНН оборудовано дополнительным вводом от дизельной электростанции (ДЭС), при исчезновении напряжения на главных вводах включается данный ввод. Отключение ввода от ДЭС происходит при появлении напряжения на одном из основных вводов.

Распределительные устройства до 1000 В выполняются в помещениях в специальных шкафах (щитах). В зависимости от назначения распределительные устройства 220/380 В (класс напряжения 0,4 кВ) могут быть выполнены для питания потребителей либо исключительно для собственных нужд электроустановки.

Конструктивно **распределительные устройства 0,4 кВ** имеют защитные аппараты (автоматические выключатели, плавкие предохранители), рубильники, выключатели-разъединители и соединяющие их сборные шины, а также клеммные колодки для подключения кабельных линий потребителей.

Помимо силовых цепей в низковольтных щитах может быть установлен ряд дополнительных устройств и вспомогательных цепей, а именно:

- приборы учета электроэнергии и трансформаторы тока;
- цепи индикации и сигнализации положения коммутационных аппаратов;
- измерительные приборы для контроля напряжения и тока в различных точках распределительного устройства;

- устройства сигнализации и защиты от замыканий на землю (для сетей конфигурации IT);
- устройства автоматического ввода резерва;
- цепи дистанционного управления коммутационными аппаратами с моторными приводами.

К низковольтным распределительным устройствам можно также отнести щиты постоянного тока, осуществляющие распределение постоянного тока от преобразователей, аккумуляторных батарей для питания оперативных цепей электрического оборудования и устройств релейной защиты и автоматики.

Содержание и порядок выполнения работы

1. Прописать условия выбора и марку оборудования распределительных устройств 0,4 кВ и 10 кВ:

- выбор защиты силового трансформатора от токов короткого замыкания,
- выбор защиты сетей и оборудования от перенапряжений,
- выбор разъединительного устройства со стороны 0,4 кВ и 10 кВ для отключения секций и силового трансформатора,
- выбор измерительных трансформаторов и прибора учета электроэнергии,
- выбор оборудования для защиты отходящих линий от токов короткого замыкания и перегрузок.

2. Ознакомиться с конструкцией КРУ.

3. Определить марки и технические характеристики аппаратуры, установленной в ячейках КРУ.

4. Проверить выбор технических данных расчетами.

5. Подготовить отчет по практической работе.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать тему, название работы, цель.
2. Записать условия выбора оборудования.
3. Начертить схему комплектования распределительных устройств 0,4 кВ и 10 кВ.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Как могут подключаться подстанции к сети с двумя центрами питания?
2. Чем отличается распределительный пункт от подстанции?
3. Какие требования предъявляются к схемам распределительных устройств?
4. Какие известны блочные схемы подстанций?
5. В чем сущность схем по типу мостика и по типу четырехугольника?
6. Чем отличается секция шин от системы шин?
7. Каково назначение секционного, шиносоединительного и обходного выключателей?
8. Как подключается линия в схеме с двумя секциями шин и обходной системой шин?
9. Как подключается линия в схеме с двумя системами шин и обходной системой шин?
10. Какие известны схемы распределительных устройств низшего напряжения одно- и двухтрансформаторных подстанций?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 35

ТЕМА: Трансформаторные подстанции.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение комплектного распределительного устройства 0,4кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику комплектования распределительных шкафов; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

РУНН распределительное устройство 0.4 кВ классификация:

Признаки классификации	Исполнение
По назначению шкафов РУНН распределительное устройство 0.4 кв	Шкаф ввода
	Шкаф секционирования
	Шкаф отходящих линий
По способу установки автоматических выключателей	Шкаф резервного ввода от ДЭС
	Шкаф кабельный
	Шкаф шинный
По способу ввода напряжения	Со стационарными автоматическими выключателями
	С выдвижными автоматическими выключателями
	Шинами
По способу выполнения выводов отходящих линий шинами и кабелем в РУНН распределительное устройство 0.4 кв	Кабелем
	Вывод вверх
	Вывод вниз
По числу отходящих линий По виду обслуживания шкафов РУНН распределительного устройства 0.4 кв	Выводы вверх и вниз
	От 1 до 8
	Одностороннего
	Двухстороннего

По взаимному расположению щитов из шкафов
РУНН распределительного устройства 0.4 кв
Степень защиты по ГОСТ 14254-96

От 1 до 8
IP21
IP31

Значение параметров РУНН распределительного устройства 0.4 кВ для типов КТП

Наименование параметра	Значение параметров РУНН распределительного устройства 0.4 кв для типов КТП				
	КТП-400	КТП-630	КТП-1000	КТП-1600	КТП-2500
Мощность силового трансформатора, кВА	400	630	1000	1600	2500
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Номинальный ток сборных шин НН, А	630	1000	1500	2300	4100
Ток термической стойкости сборных шин в течении 1с на стороне НН, кА	20	25	25	31,5	40
Ток электродинамической стойкости сборных шин на стороне НН, кА	30	50	50	70	100
Номинальный ток отходящих линий, А	100	160	160	250	400
	160	200	200	320	630
	250	250	250	400	800
		320	320	630	1000
		400	400	800	1600
			630	1000	
			800	1600	
Масса, кг			1000		
	В зависимости от заказа по набору шкафов РУНН распределительного устройства 0.4 кв				

В РУНН распределительном устройстве 0.4 кВ устанавливаются аппараты защиты, измерительные приборы, средства релейной защиты и автоматики, а также вспомогательные устройства со всеми внутренними электрическими соединениями главных и вспомогательных цепей.

В РУНН распределительном устройстве 0.4 кВ напряжение 0,4 кВ через вводные автоматические выключатели подается на сборные шины, от сборных шин через линейные автоматические выключатели к потребителю.

Конструкция РУНН распределительного устройства 0.4 кВ позволяет выполнить любую комбинацию автоматических силовых выключателей выдвижного или стационарного исполнения отечественного (серий ВА, «Электрон» или импортного производства (серий SentronVL, WL фирмы Siemens, серий Compact NS, NT, NSX, Masterpact NT и NW фирмы Schneider Electric и SACE Emax, Tmax фирмы ABB).

Каждый шкаф разделен на отсеки выключателей и релейный отсек, где установлена аппаратура управления автоматики и учета электроэнергии, а также отсек шин, где размещены сборные шины, шинные ответвления для кабельных и шинных присоединений и трансформаторы тока.

Ошиновка ввода и сборные шины РУНН распределительного устройства 0.4 кВ, а также вводной выключатель выполняются на ток, равный номинальному току силового трансформатора с коэффициентом $1,3 \cdot I_n$. Распределительное устройство низкого напряжения одотрансформаторной подстанции состоит из одной секции шкафов РУНН распределительного устройства 0.4 кВ.

Секция – это набор шкафов, состоящих из одного шкафа ввода и одного или нескольких шкафов отходящих линий.

Распределительное устройство низкого напряжения двухтрансформаторной подстанции состоит из двух секций и одного шкафа секционирования. Наличие двух секций позволяет обеспечивать бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией при отключении одного из вводов через шкаф секционирования. В качестве коммутирующего аппарата в шкаф секционирования могут быть установлен выключатель или разъединитель.

При работе двухтрансформаторных подстанций предусмотрена схема АВР. Возможна реализация схемы АВР как на электромеханических реле, так и на микропроцессорной аппаратуре. Если РУНН оборудовано дополнительным вводом от дизельной электростанции (ДЭС), при исчезновении напряжения на главных вводах включается данный ввод. Отключение ввода от ДЭС происходит при появлении напряжения на одном из основных вводов.

Распределительные устройства до 1000 В выполняются в помещениях в специальных шкафах (щитах). В зависимости от назначения распределительные устройства 220/380 В (класс напряжения 0,4кВ) могут быть выполнены для питания потребителей либо исключительно для собственных нужд электроустановки.

Конструктивно **распределительные устройства 0,4 кВ** имеют защитные аппараты (автоматические выключатели, плавкие предохранители), рубильники, выключатели-разъединители и соединяющие их сборные шины, а также клеммные колодки для подключения кабельных линий потребителей.

Помимо силовых цепей в низковольтных щитах может быть установлен ряд дополнительных устройств и вспомогательных цепей, а именно:

- приборы учета электроэнергии и трансформаторы тока;
- цепи индикации и сигнализации положения коммутационных аппаратов;
- измерительные приборы для контроля напряжения и тока в различных точках распределительного устройства;
- устройства сигнализации и защиты от замыканий на землю (для сетей конфигурации IT);
- устройства автоматического ввода резерва;
- цепи дистанционного управления коммутационными аппаратами с моторными приводами.

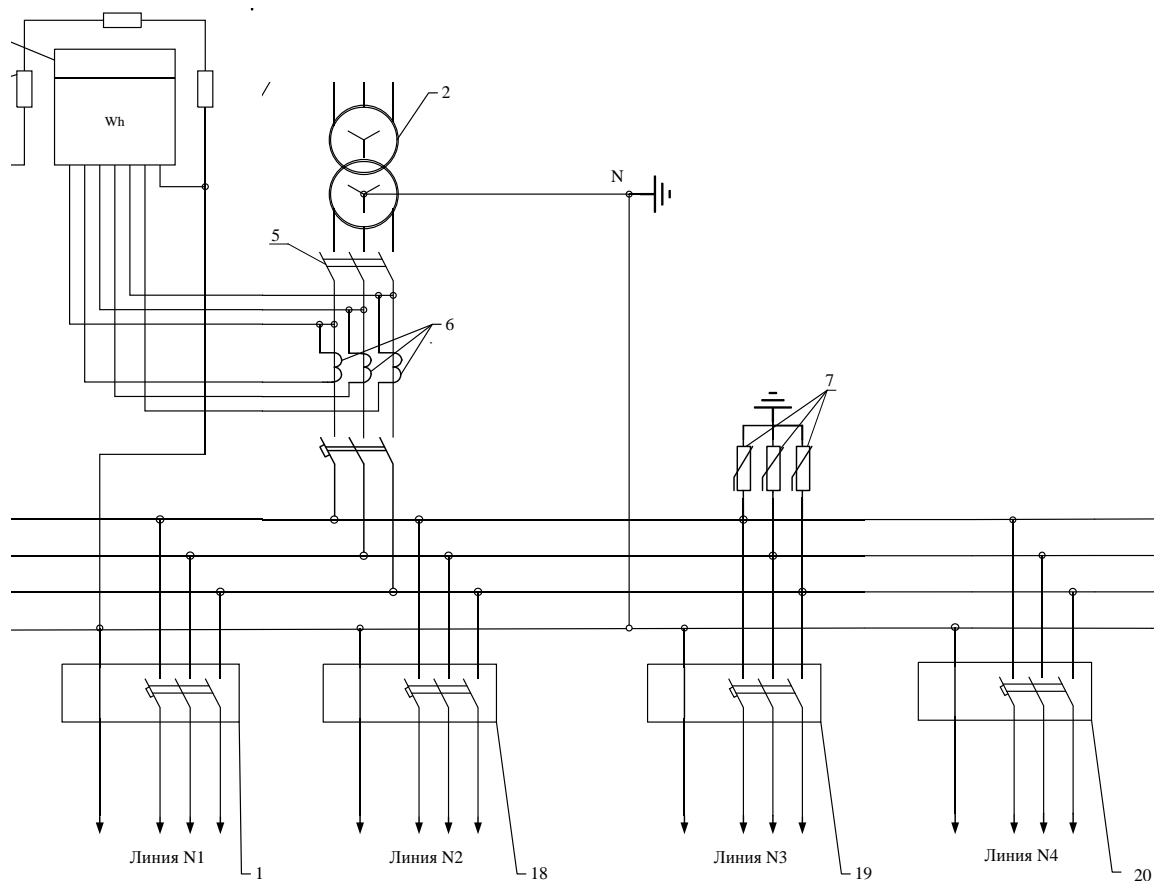
К низковольтным распределительным устройствам можно также отнести щиты постоянного тока, осуществляющие распределение постоянного тока от преобразователей, аккумуляторных батарей для питания оперативных цепей электрического оборудования и устройств релейной защиты и автоматики.

Содержание и порядок выполнения работы

1. Прописать условия выбора и марку оборудования распределительных устройств 0,4 кВ и 10 кВ:

- выбор защиты силового трансформатора от токов короткого замыкания,
- выбор защиты сетей и оборудования от перенапряжений,
- выбор разъединительного устройства со стороны 0,4 кВ для отключения секций и силового трансформатора,
- выбор измерительных трансформаторов и прибора учета электроэнергии,
- выбор оборудования для защиты отходящих линий от токов короткого замыкания и перегрузок.

2. Ознакомиться с схемой КТП (сторона НН 0,4 кВ), начертить схему РУ-0,4 кВ.



3. Определить марки и технические характеристики аппаратуры, установленной в ячейках КРУ.
4. Проверить выбор технических данных расчетами.
5. Подготовить отчет по практической работе.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать тему, название работы, цель.
2. Записать условия выбора оборудования.
3. Начертить схему комплектования распределительных устройств 0,4 кВ и 10 кВ.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что надо заземлять в электроустановках
2. Оборудование распределительных устройств до 1000 В
3. Выбор шкафов и распределительных шинопроводов
4. Автоматическое повторное включение линий в сельских распределительных сетях
5. Выявление дефектов контактных соединений распределительных устройств и воздушных линий

6. Защитные меры в электроустановках

7. Номинальные напряжения электрических сетей и области их применения

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 36

ТЕМА: Трансформаторные подстанции.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение комплектного распределительного устройства 10 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику комплектования распределительных шкафов; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Здание РУ - 10 кВ выполнено одноэтажным, с однорядным расположением ячеек КРУ, с двумя секциями, с одним коридором. Кабельные линии непосредственно из ячеек КРУ выводят наружу.

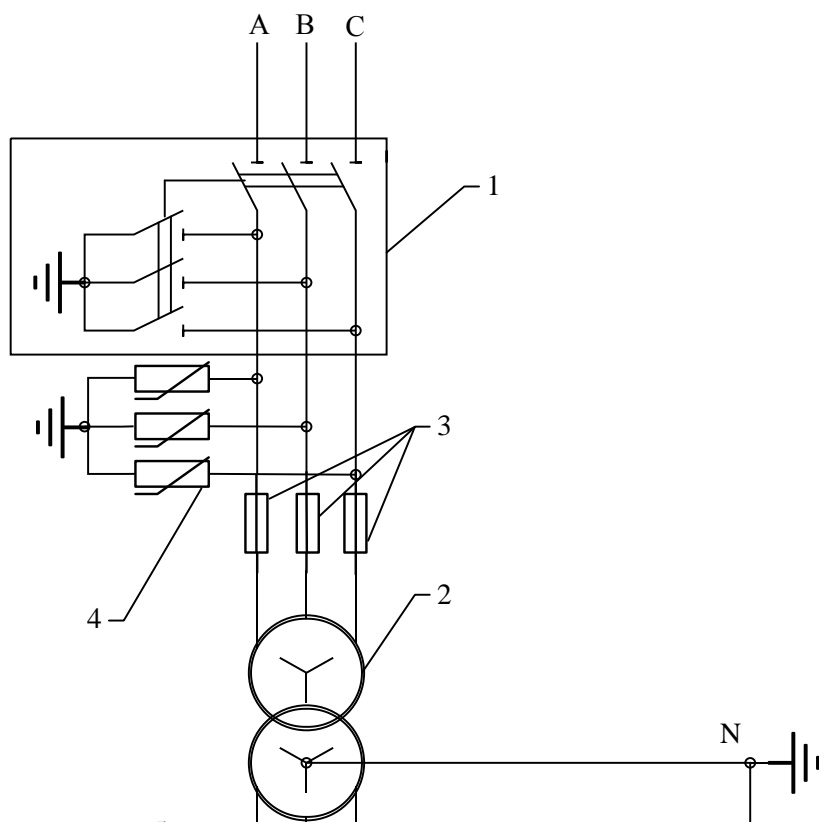
Шкаф КРУ состоит из жёсткого металлического корпуса, внутри которого размещена вся аппаратура. Для безопасного обслуживания и локализации аварий корпус разделён на отсеки металлическими перегородками и автоматически закрывающимися металлическими шторками. Выключатель с приводом ВВЭ-10-31,5/2500 ТЗ установлен на выкатной тележке. В верхней и нижней частях тележки расположены подвижные разъединяющие контакты, которые при вкатывании тележки в шкаф замыкаются с шинными и линейными неподвижными контактами. При выкатывании тележки с предварительно отключённым выключателем разъёмные контакты отключаются, и выключатель при этом будет отсоединён от сборных шин и кабельных вводов.

Содержание и порядок выполнения работы

1. Прописать условия выбора и марку оборудования распределительных устройств 10 кВ:

- выбор защиты силового трансформатора от токов короткого замыкания,
- выбор защиты сетей и оборудования от перенапряжений,
- выбор разъединительного устройства со стороны 10 кВ для отключения секций и силового трансформатора.

2. Ознакомиться с схемой КТП (сторона ВН 10 кВ), начертить схему РУ-10 кВ.



3. Определить марки и технические характеристики аппаратуры, установленной в ячейках КРУ.

4. Проверить выбор технических данных расчетами.

5. Подготовить отчет по практической работе.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать тему, название работы, цель.
2. Записать условия выбора оборудования.
3. Начертить схему комплектования распределительных устройств 0,4 кВ и 10 кВ.

4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что надо заземлять в электроустановках
2. Оборудование распределительных устройств выше 1000 В
3. Выбор шкафов и распределительных шинопроводов
4. Выявление дефектов контактных соединений распределительных устройств и воздушных линий
5. Защитные меры в электроустановках
6. Номинальные напряжения электрических сетей и области их применения

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 37

ТЕМА: Трансформаторные подстанции.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику комплектования трансформаторных подстанций; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Потребительские ТП 10/0,4 кВ по конструкции могут быть комплектные наружной установки и закрытого типа (кирпичные, блочные, панельные).

В системах электроснабжения сельского хозяйства применяются следующие типы комплектных ТП 10/0,4 кВ:

- 1 – мачтовые трансформаторные подстанции (МТП) одностолбовые мощностью 4 и 10 кВ·А (однофазные), 25-160 кВА (трехфазные);
- 2 – МТП двухстолбовые мощностью 25-250 кВА;
- 3 – КТП шкафного типа мощностью 25-250 кВА;
- 4 – КТП киоскового типа с трансформаторами мощностью 100-630 кВА;
- 5 – закрытые трансформаторные подстанции (ЗТП) с трансформаторами мощностью 160-630 кВА.

Первые четыре типа ТП выполняются тупиковыми однострансформаторными практически с единой схемой электрических соединений. Силовой трансформатор типа ТМ присоединяется к ВЛ 10 кВ через разъединитель типа РЛНД-1-10 и предохранитель типа ПКТ, а к шинам 0,4 кВ через рубильник. На отходящих линиях устанавливаются автоматические воздушные выключатели и защитные приставки,

обеспечивающие максимальную токовую защиту и защиту от однофазных КЗ, или плавкие предохранители.

Для защиты электрооборудования от атмосферных перенапряжений устанавливаются вентильные разрядники типа РВО-10 напряжением 10 кВ и РВН-0,5 напряжением 0,4 кВ или нелинейные ограничители перенапряжений – в новых разработках.

В цепи уличного освещения для автоматического управления устанавливается фотореле.

Учет расхода электроэнергии на вводе 0,4 кВ осуществляется трехфазным счетчиком типа СА4У-Н672М, включенным через трансформаторы тока типа Т-0,66.

Мачтовые (столбовые) ТП 10/0,4 кВ предназначены для электроснабжения потребителей сельского хозяйства небольшой мощности. Их достоинства следующие: простота конструкции, удобство эксплуатации, надежная работа оборудования, более низкая стоимость по сравнению с другими конструкциями ТП 10/0,4 кВ. Конструктивно МТП выполнены на концевой П-образной опоре или на железобетонной стойке ВЛ 10 кВ. Оборудование КТП шкафного типа устанавливается единым блоком на стойках на высоте 1,8 м от земли.

Для повышения удобства и безопасности обслуживания, снижения эксплуатационных издержек разработаны киосковые однотрансформаторные тупиковые КТП 10/0,4 кВ мощностью 100-250 кВА. Оборудование размещается в металлическом корпусе, состоящем из отсеков низкого (0,4 кВ), высокого (10 кВ) напряжения, находящихся по разные стороны КТП. КТП устанавливается на четырех железобетонных стойках на высоте 0,7 м от земли. ЗТП 10/0,4 кВ применяют для электроснабжения наиболее ответственных и крупных потребителей сельского хозяйства. Чаще всего на них устанавливается два трансформатора, и они имеют развитые РУ 10 и 0,4 кВ.

КТП 10/0,4 кВ представляют собой однотрансформаторные подстанции наружной установки предназначены для применения в районах с умеренным климатом (от -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$). Комплектные трансформаторные подстанции выпускаются:

- по способу подключения к ЛЭП: тупиковыми (КТПТ) или проходными (КТПП);
- по виду ввода: с воздушным вводом или с кабельным вводом.

Общий вид КТП и КТПР мощностью 25-250 кВА приведен на рисунке. КТП подключается к сети через разъединитель, который поставляется комплектно. На отходящих фидерах установлены стационарные автоматы (в КТП) и рубильники с дугогасящими камерами (в КТПР).

Подстанция получает питание по линии напряжением 10 кВ. Напряжение к силовому трансформатору Т подводится через разъединитель QS1 и предохранители FU1 - FU3 защищающие силовой трансформатор от многофазных КЗ, от выводов его вторичной обмотки через рубильник QS2 и трансформаторы тока ТА1 - ТА3 – к шинам напряжением 0,4 кВ, далее через автоматические выключатели QF1 - QF4 к линиям №1 - №4. На линиях №1 - №3 напряжением 0,38 кВ установлены максимальные реле тока КА1 - КА3 для защиты отходящих линий от однофазных коротких замыканий. К приборам уличного освещения питание поступает через предохранители FU4 - FU6 и магнитный пускатель КМ1. Автоматическое включение и отключение линии уличного освещения осуществляется посредством фотореле KV1 с фоторезистором BL1, ручное – переключателем SA1.

Защита от многофазных КЗ и перегрузки отходящих линий осуществляется автоматическими выключателями QF1 - QF4.

Учет расхода активной электроэнергии выполняется счетчиком РИ1, токовые обмотки которого питаются от трансформаторов тока ТА1 - ТА3, для поддержания нормальной температуры воздуха вблизи счетчика в зимних условиях служат резисторы R1 - R3, включаемые переключателем.

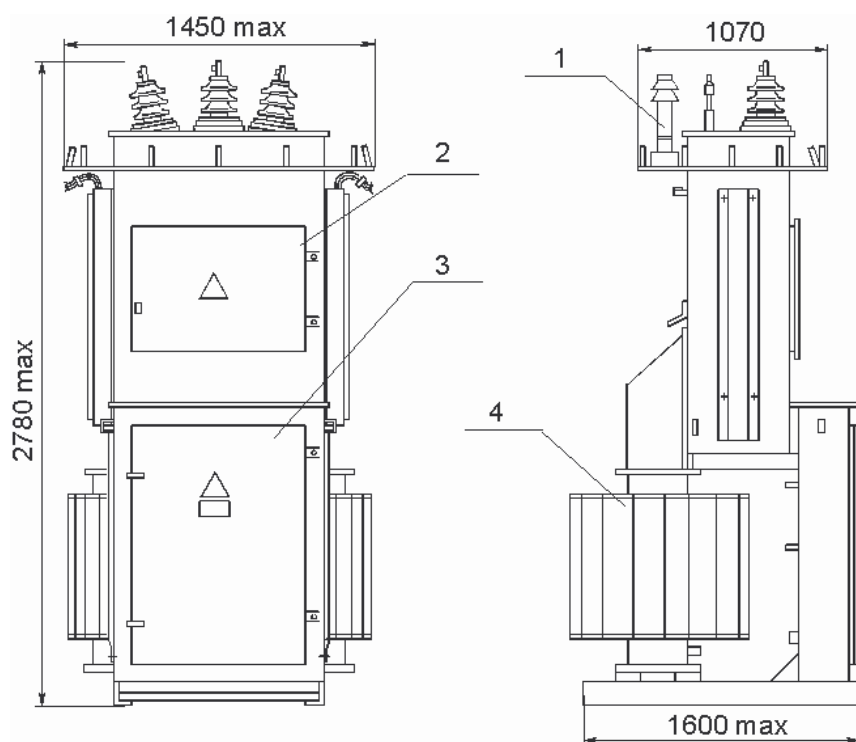


Рис. Общий вид КТП и КТПР мощностью 25-250 кВА. 1 – вентильный разрядник РВО; 2 – шкаф РУВН; 3 – шкаф РУНН; 4 трансформатор.

Контроль наличия напряжения и освещение шкафа РУНН осуществляется лампой, включаемой автоматическим выключателем SF2. Шкаф РУНН освещают лампой EL1, которую включают автоматическим выключателем SF1.

Для защиты от перенапряжения на линиях напряжением 10 кВ устанавливают разрядники FV1-FV3, а на линиях напряжением 0,38 кВ – разрядники FV4-FV6.

Вместо вентилярных разрядников на подстанциях выпускаемых в настоящее время могут быть установлены наиболее совершенные аппараты – нелинейные ограничители перенапряжений.

Комплектные трансформаторные подстанции киоскового типа применяются в основном для электроснабжения промышленных объектов и отдельных населенных пунктов. КТП киоскового типа выполняются одно – или двухтрансформаторными, наружной установки.

Общий вид КТППАС мощностью 63 - 400 кВА приведен на рисунке. Где 1, 2 – башни ввода ВН № 2 и № 1 соответственно (только для КТП с воздушным вводом); 3, 4 – шкафы ВН №1 и № 2 соответственно; 5 – шкаф трансформаторного ввода; 6 – шкаф трансформатора и РУНН; 7 – отсек трансформатора; 8 – шкаф выводов НН (только для КТП с воздушными выводами НН); 9 – отсек РУНН; 10 – кабели 0,4 кВ.

Конструктивно КТПТАС отличается от КТППАС отсутствием одной башни ввода ВН и более простой принципиальной схемой, поэтому рассмотрим принципиальную схему КТППАС.

Высоковольтный ввод в КТП киоскового типа 10 кВ выполняется кабельным или воздушным. Выводы отходящих линий 0,4 кВ кабельные и воздушные или только кабельные.

На отходящих фидерах 0,4 кВ устанавливаются автоматические выключатели стационарного или выдвижного исполнения.

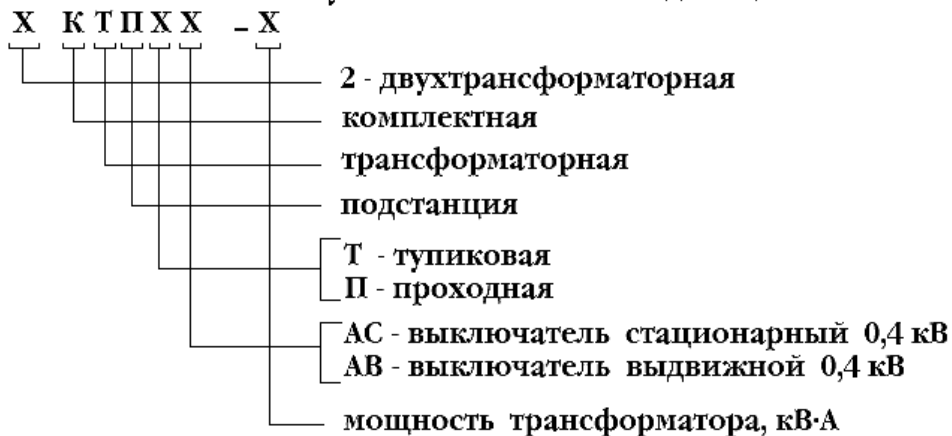
Конструктивно КТП выполняются в шкафом исполнении, основные составные части соединяются болтовыми соединениями. Конструкция КТП предусматривает ее установку на фундаменте, а также на бетонных блоках высотой 600 мм.

КТП с воздушным вводом подключается к ЛЭП 10 кВ через разъединители QS1 и QS2 которые поставляются комплектно с подстанцией и устанавливаются на ближайших опорах. Патроны высоковольтных предохранителей установлены внутри шкафа ВН КТП.

КТП обеспечивает учет активной электрической энергии, счетчиком РП1, подключенному через трансформаторы тока ТА1 - ТА3. Заводом изготовителем предусматривается возможность по требованию заказчика установки счетчика реактивной энергии, а также счетчика любой модификации (совмещенного, электронного и т.д.)

Условное обозначение КТП киоскового типа:

Условное обозначение подстанции



Для создания нормальных условий эксплуатации КТП схемой предусмотрено внутреннее освещение лампами EL1 - EL6 и обогрев аппаратуры нагревательными элементами EK1 - EK4. Лампы освещения располагаются в шкафах подстанции и включаются переключателями SA1 - SA5, их питание осуществляется от понижающего трансформатора Т2 с напряжением во вторичной цепи 42 В. Цепи освещения подстанции защищены от КЗ предохранителем FU7, также в цепи предусмотрено гнездо для подключения переносного освещения. Питание на Т2 подается через автоматический выключатель SF1. Включение электронагревателей шкафов может производиться вручную переключателем SA9 или автоматически при помощи теплового датчика ВК1 и промежуточного реле KL2. Подогрев счетчика электрической энергии PI1 в холодное время года осуществляется резисторами R1 - R3 вручную переключателем SA7.

В КТП имеется фидер уличного освещения, включаемый магнитным пускателем KM1 и защищаемый предохранителями FU4 - FU6, который оснащен устройством ручного и автоматического включения и отключения при помощи переключателя SA8. В автоматическом режиме катушка магнитного пускателя получает питание через фотореле, которое состоит из фотосопротивления BL1 и реле напряжения KV1.

Схема КТП предусматривает контроль тока амперметром PA1 установленным в цепи счетчика электрической энергии и напряжения на стороне 0,4 кВ. С помощью вольтметра PV1 подключенного через переключатель SA6, можно измерить линейные напряжения на шинах 0,4 кВ.

В КТП предусматриваются следующие виды защит:

- от атмосферных перенапряжений (при наличии воздушных линий) вентильными разрядниками FV1 - FV3 на стороне ВН и FV4 - FV6 на стороне НН;
- от междофазных коротких замыканий на шинах ВН трансформатора Т1 предохранителями FU1 - FU3;
- от перегрузки силового трансформатора с помощью теплового реле KK1, включенного через трансформаторы тока ТА4, ТА5. При перегрузке

трансформатора замыкающий контакт теплового реле КК1 замыкает цепь питания катушки промежуточного реле КЛ2, замыкающие контакты КЛ2 замыкают цепи питания независимых расцепителей автоматических выключателей QF1 - QF6, SF2, которые отключают автоматические выключатели QF1-QF6 отходящих линий и автоматический выключатель SF2 цепи обогрева шкафов;

- от перегрузки и коротких замыканий на отходящих линиях 0,4 кВ автоматическими выключателями QF1-QF6, имеющими тепловые, электромагнитные;

- от коротких замыканий цепей обогрева, цепей освещения КТП автоматическими выключателями SF1, SF2;

- КТП имеет полный комплект электрических и механических блокировок, обеспечивающих безопасную работу обслуживающего персонала.

Для предотвращения отключения рубильника QS4 под нагрузкой предусмотрена блокировка, которая работает следующим образом. При открывании панели закрывающей РУ 0,38 кВ размыкающие контакты выключателя блокировки SQ1 замыкаются и реле КЛ1 срабатывает, отключая автоматические выключатели QF1-QF6 линий № 1 - 6 и SF2 цепей обогрева оборудования КТП. Одновременно замыкающим контактом SQ1 размыкается цепь обмотки магнитного пускателя КМ и отключается линия уличного освещения (положение контактов выключателя SQ1 на рис. показано при открытой панели, закрывающей РУ 0,38 кВ).

Предусмотрены также механические блокировки, не допускающие открывания двери вводного устройства высшего напряжения при отключенных заземляющих ножах разъединителя, а также отключения заземляющих ножей разъединителя при открытой двери вводного устройства 10 кВ. Блок-замок двери вводного устройства 10 кВ и блок-замок привода заземляющих ножей имеют одинаковый секрет. К ним имеется один ключ. Во включенном положении разъединителя ключ с привода заземляющих ножей снять невозможно. После отключения главных и включения заземляющих ножей разъединителя ключ свободно снимается с привода заземляющих ножей и им можно открыть дверь устройства ввода 10 кВ.

В отличие от схемы, приведенной на рис., подстанции киокового типа могут иметь следующие особенности:

1. В КТПАС с кабельным вводом отсутствуют QS1, QS2, FV1-FV3, SQ3, SQ4.
2. В КТПАС с кабельными выводами отсутствуют КА1-КА4, FV4-FV6.
3. Линии №3 и №4 – только с кабельными выводами.
4. Цепи с QS2, YAT, SQ3, SQ4 выполняются только для КТПАС с воздушным вводом, с выключателями нагрузки имеющими электромагнит отключения.
5. В КТПАС мощностью 63-250 кВ·А отсутствует светильник EL1.

6. Штатная защита от перегрузки устанавливается только в КППАС 400 кВА
(в КТПАС остальных мощностей по заказу).

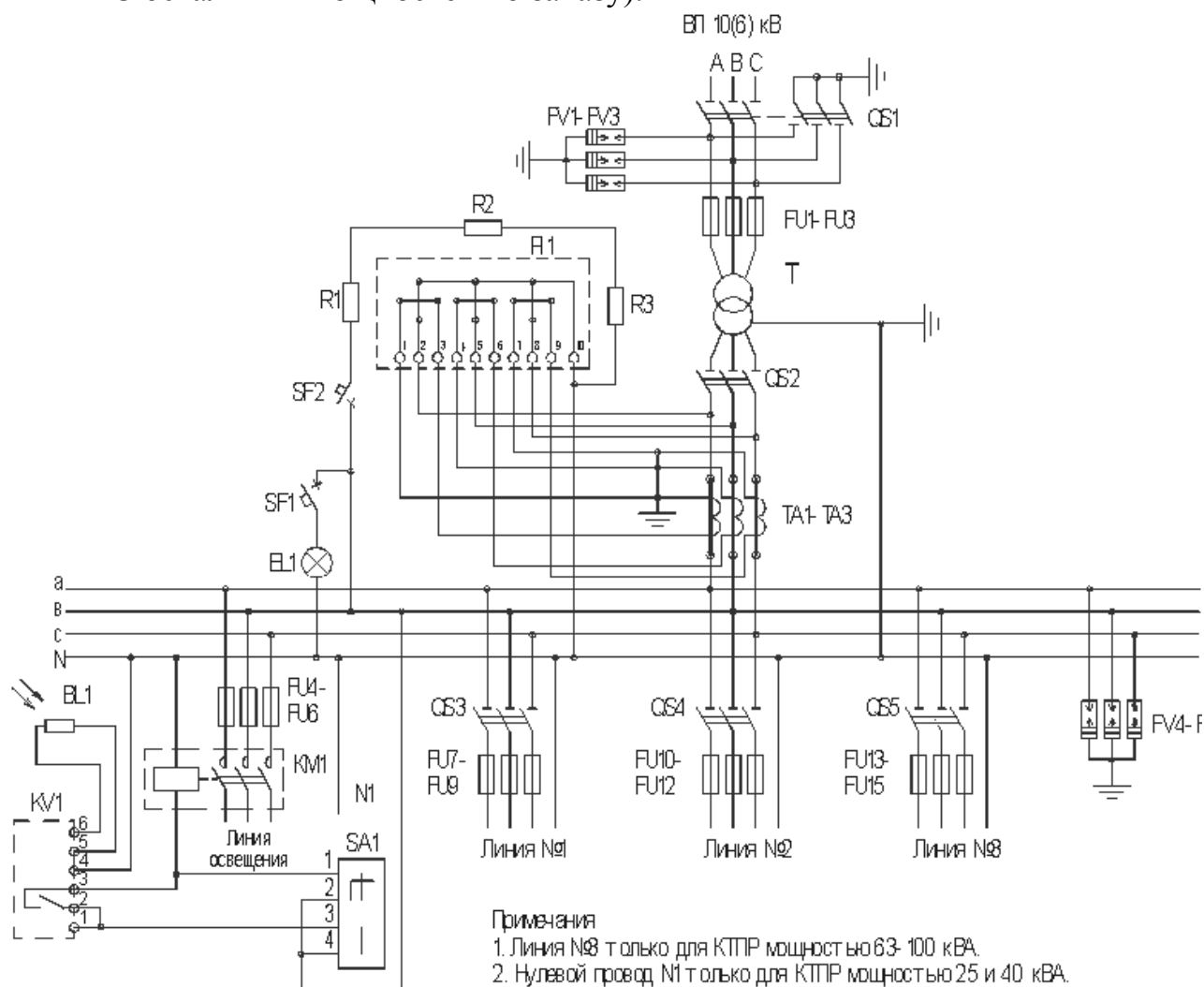
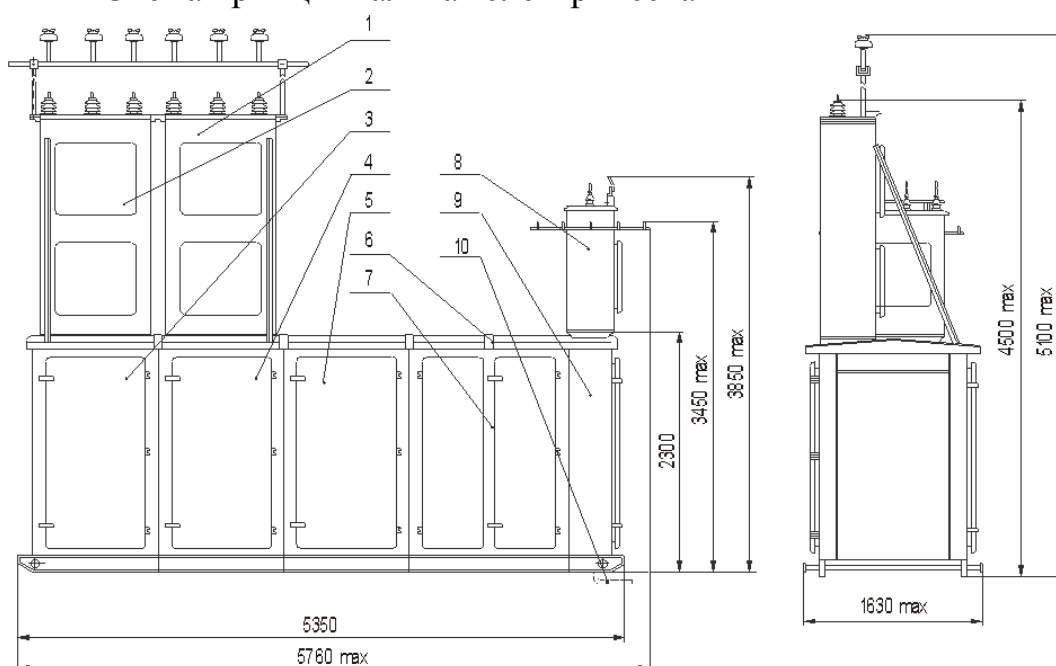


Схема принципиальная электрическая КТПР



КТП 63-400 кВА проходного типа с воздушным (кабельным) вводом ВН и воздушно.

Мачтовые трансформаторные подстанции типа МТП представляют собой однострансформаторные подстанции наружной установки.

МТП мощностью до 25 кВА монтируют на А-образной деревянной опоре. МТП мощностью 25-100 кВА монтируют на П-образной деревянной опоре или одной железобетонной. МТП мощностью 160-250 кВА – на АП-образной деревянной или П-образной железобетонной опоре. Подстанции в большинстве случаев выполняют тупиковыми.

На рис. показан общий вид МТП 10/0,4 кВ мощностью 25-100 кВА. Все оборудование размещено на железобетонной опоре.

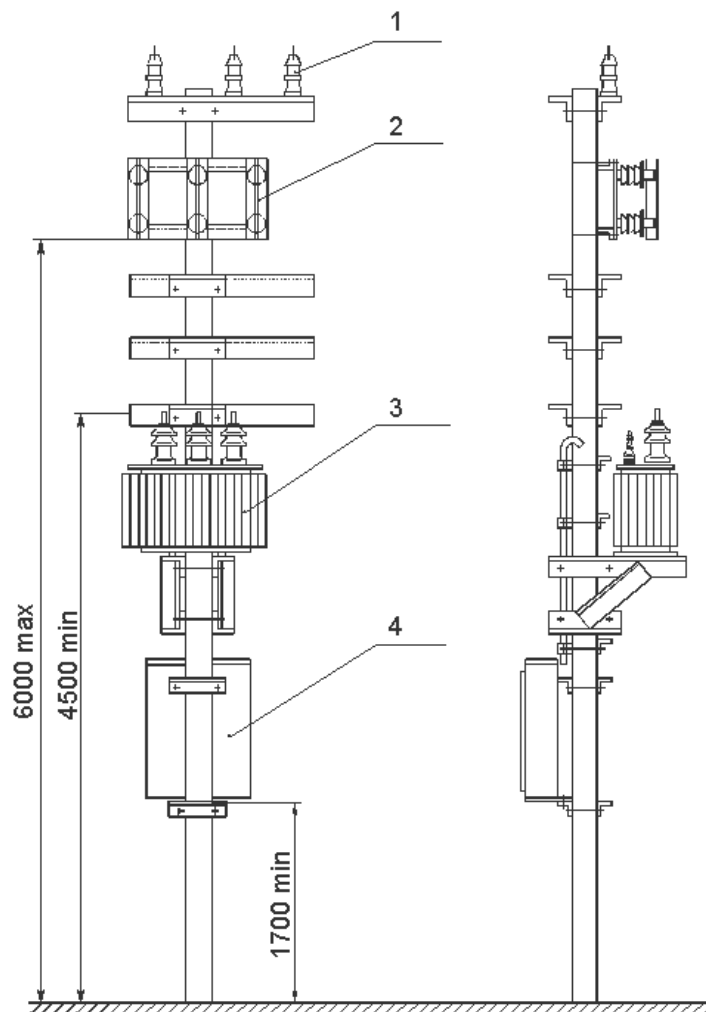
Трансформатор 3 установлен на площадке, закрепленной на опоре, изоляторы ВН трансформатора должны находиться на высоте не менее 4,5 м. МТП подключается к ЛЭП посредством разъединителя, который устанавливается на ближайшей опоре. Напряжение к трансформатору от разъединителя подается через предохранители 2. Для защиты от перенапряжений устанавливаются вентильные разрядники 1 (или ограничители перенапряжения)

РУНН 0,4 кВ 4 представляет собой металлический шкаф с установленной внутри аппаратурой. Ввод в шкаф от трансформатора и выводы к линиям 380/220 В выполнены в трубах.

МТП мощностью более 100 кВА выполняются с площадкой для обслуживания силового трансформатора. Для подъема на площадку обслуживания служит складная металлическая лестница, которая (в сложенном виде) так же, как дверцы шкафа и привод разъединителя, запирается на замок.

Заводы изготовители по желанию заказчика могут изменять количество отходящих линий НН и их токи, также МТП по желанию заказчика могут быть укомплектованы любым типом силового трансформатора.

Принципиальная электрическая схема МТП 160, 250 кВА аналогична схеме КТПР.



МТП 10/0,4 кВ мощностью 25-100 кВА

Содержание и порядок выполнения работы

1. Прописать условия выбора и марку оборудования трансформаторных подстанций КТП-10/0,4 кВ:
2. Ознакомиться с схемой КТП, начертить схему КТП в однолинейном исполнении.
3. Определить марки и технические характеристики аппаратуры, установленной в ячейках КТП.
4. Проверить выбор технических данных расчетами.
5. Подготовить отчет по практической работе.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать тему, название работы, цель.
2. Схему электрических соединений МТП 10/0,4 или 35/0,4 кВ.

3. Схему электрических соединений КТП шкафного типа.
4. Перечень оборудования (спецификации) к схемам, приведенным на рисунках.
5. Начертить схему комплектования распределительных устройств 0,4 кВ и 10 кВ.
6. Начертить внешний вид подстанции.
7. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Из каких основных частей состоит комплектная подстанция КТП?
2. На какой высоте устанавливают силовой трансформатор на мачтовой подстанции?
3. Какое оборудование для защиты трансформатора применено на подстанции?
4. Какие аппараты и приборы размещены в низковольтном шкафу подстанции?
5. Какими блокировочными устройствами снабжена мачтовая подстанция?
6. Расскажите, как подводится высокое напряжение к подстанции?
7. Какие виды защит установлены на рассмотренной подстанции?
8. Расскажите, как подводится высокое напряжение к подстанции?
9. Как устанавливается и крепится комплектная трансформаторная подстанция?
10. Как осуществляется защита от перегрузок на подстанциях?
11. Какие виды защит установлены на подстанции киоскового типа?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 38

ТЕМА: Трансформаторные подстанции.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение схем и комплектация ТП напряжением 35...110/10кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику комплектования трансформаторных подстанций; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Состав ОРУ-110 кВ- блоки 110 кВ:

- блок выключателя;
- блок разъединителя;
- блок трансформатора напряжения;
- блок ограничителей перенапряжения;
- блок приема линии с ВЧ аппаратурой;
- блок опорных изоляторов.
 - Силовой трансформатор;
 - Порталы.

Оборудование блоков 110 кВ.

- выключатели баковые: ВЭБ-110, ЗАР1DT-145, 145PM;
- выключатели колонковые: ВГП-110, WCB LTB 170, ЗАР1FG-145, ВГТ-110;
- разъединители: РГ(П)-110, , РПД-110, РГП-110;
- трансформаторы напряжения: НАМИ-110, НДКМ-110, SPB;
- трансформаторы тока: ТБМО-110, ТГМ-110;
- ячейки: PASS M0;

- силовой трансформатор.

ОРУ-35 кВ

- Блоки 35 кВ:
 - блок выключателя с ОПН (для двухобмоточного силового трансформатора);
 - блок выключателя линии (с выносным трансформатором тока);
 - блок выключателя с ОПН (для трехобмоточного силового трансформатора);
 - блок выключателя линии с ОПН и трансформатором напряжения (с выносным трансформатором тока);
 - блок перемычки;
 - блок трансформатора напряжения;
 - блок приема линии с ВЧ аппаратурой.
- Силовой трансформатор;
- Порталы.

Оборудование блоков 35 кВ

- выключатели баковые: ВГБ-35, 48PM, VOX;
- выключатели колонковые: ВГТ-35, ОНВ 40, НРЛ 72, ВВСТ 35, ВВН-СЭЩ-Э-35 ;
- разъединители: РГ-35, РГП-35, РГП-СЭЩ-35;
- трансформаторы напряжения: НАМИ-35, SPB;
- трансформаторы тока: ТГМ-35;
- силовой трансформатор.

Устройство КРУ 6(10) кВ

Комплектное распределительное устройство КРУ-6 (10) кВ на базе ячеек К-207 ЭП, К-204 ЭП, К-205 ЭП производства ЗАО «РЭП Холдинг».

Шкафы релейной защиты и автоматики

Шкафы релейной защиты и автоматики (РЗА) в конструктиве Rittal на основе микропроцессорных терминалов РЗА ведущих российских и мировых производителей: Siprotec (ф.Siemens), Sepam (ф.Schneider Electric), Сириус (ЗАО Радиус Автоматика) и др.

Номенклатура шкафов РЗА производства ЗАО «РЭПХ» включает в себя полный перечень шкафов для защиты оборудования ПС 35-110/ 6 (10) кВ:

- шкаф защиты трансформатора 35-110 кВ;
- шкаф защиты и автоматики СВ 35-110 кВ;
- шкаф регулирования напряжения трансформатора 35-110 кВ;
- шкаф дифференциальной защиты линии 110 кВ;
- шкаф дистанционной защиты линии 110 кВ;

- шкаф дистанционной защиты линии 110 кВ с ВЧ блокировкой;
- шкафы управления и др.

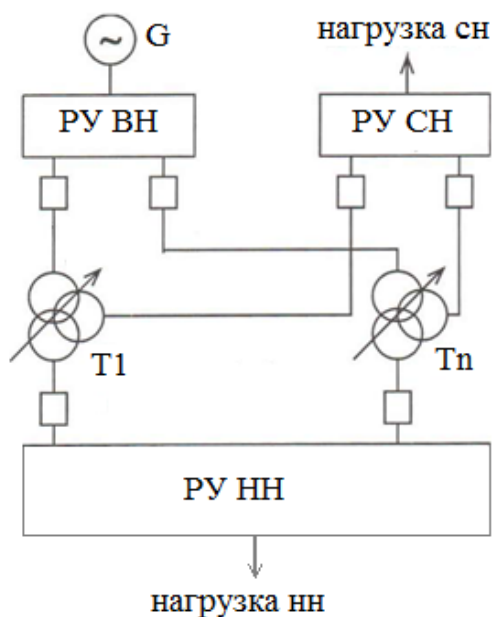


Рисунок - Структурная схема подстанций

Конструкция и основное оборудование 35кВ

В состав всех типов подстанций входят следующие поля:

- Фидер воздушного ввода - вывода с воздушной ЛЭП, размещённый на крыше модуля. Состоит из разъединителя с заземляющими ножами, ручного привода с механическими и дополнительными электромагнитными блокировками, опорных и проходных изоляторов, ограничителей перенапряжения, счетчика грозовых разрядов (оговаривается при заказе особо), медного ошинования.
- Ячейка трансформатора собственных нужд в составе сухого ТСН, защищённого разъединителем и предохранительными вставками. Имеется возможность установки в ячейке заземлителя линии (схемы Т2, П2) или сборных шин (схемы Т1, П1).
- Ячейка отходящей линии силового трансформатора с вакуумным выключателем, трансформаторами тока, заземлителем.
- Секционное поле из ячейки с вакуумным выключателем и трансформаторами тока и ячейки с выкатным элементом-разъединителем и заземлителем.

е) Измерительная ячейка с измерительными трансформаторами напряжения и заземлителем. Дополнительно могут быть установлены ограничители перенапряжения.

Особенностью конструкции ячеек типа D40 является наличие проходных изоляторов и металлических перегородок между всеми её отсеками, применение выкатных элементов с вакуумными выключателями и измерительными трансформаторами напряжения, одностороннее обслуживание ячеек из обогреваемого модуля. Перечень аппаратов, возможных для установки в различных типах ячеек по стороне высшего напряжения приведен в Таблице 4.1.

Силовые трансформаторы размещаются в специальных камерах, оборудованных масляными поддонами и дверями, обеспечивающими доступ с улицы. КТП могут комплектоваться как масляными так и сухими (с эпоксидой изоляцией) силовыми трансформаторами.

6кВ

Модули по стороне низшего напряжения состоят из ячеек КРУ Р(РТ). Каждая секция КРУ в типовом исполнении содержит вводную, измерительную, отводящую ячейки, ячейку секционного выключателя / разъединителя, ячейку выключателя конденсаторной батареи, шкаф конденсаторной батареи. Количество отводящих линий на секцию в зависимости от мощности силового трансформатора и по согласованию с заказчиком может быть от 4 до 9 (от 8 до 18 на станцию). В качестве главных аппаратов на отходящих линиях возможно применение как вакуумных выключателей, так и выключателей нагрузки. Подробно описание конструкции ячеек Р(РТ) представлено в каталогах и технической информации.

Перечень основного оборудования, возможного для установки в различных типах ячеек по стороне низшего напряжения приведен в Таблице 4.2.

Модули подстанции

Корпус модуля изготовлен на высокоточном оборудовании методом холодной штамповки из высококачественного стального листа с алюмоцинковым антикоррозионным покрытием. Все элементы корпуса (крыша, двери, боковые и внутренние панели и др.) окрашены порошковой краской. Стены, пол и потолок модуля имеют утепление 100мм или 50мм из минеральной негорючей ваты. Конструкция модуля подстанции предусматривает исполнения с различными основаниями для установки на грунте, бетонной (асфальтовой площадке), фундаментной ленте или столбах.

Аппаратура вторичных соединений размещается в релейных шкафах КРУ-6 (10) кВ. Аппаратура защиты силового трансформатора размещается в ячейках

ввода и трансформатора собственных нужд. Релейная аппаратура 35 кВ размещается в специальных навесных релейных шкафах, устанавливаемых внутри коридора КРУ. В компоновках КТПБ предусматривается использование концевых опор ВЛ-110 и 35 кВ в качестве несущих конструкций молниеотводов подстанции. Молниеотводы должны монтироваться на опорах до их установки в вертикальное положение.

В КТПБ выходы линий 6—10 кВ могут быть воздушными и кабельными. КТПБ комплектуются ячейками КРУ-6(10) кВ типа К-47 по норме 8 шт. на один силовой трансформатор независимо от исполнения КТПБ. Ячейки секционирования для двухтрансформаторных КТПБ и ячейка высокочастотной связи входят в норму 8-ми ячеек. В общем случае КТПБ комплектуется из следующих основных узлов: блоки с электрооборудованием и аппаратами, ошиновка и элементы порталных устройств ОРУ-110 кВ; блоки с электрооборудованием и аппаратами, ошиновка и порталные устройства ОРУ-35 кВ; комплектные распределительные устройства наружной установки типа КРУ-6 (10) кВ; кронштейны, элементы гибкой ошиновки, шинный мост (закрытый трехфазный токопровод) для присоединения к трансформатору ячеек ввода 6 (10) кВ, расположенных слева и справа от трансформаторов; элементы и устройства наружного освещения, грозозащиты и установки аппаратуры высокочастотной связи; инвентарно-противопожарный шкаф с комплектом инвентарных приспособлений и рукояток к приводам;

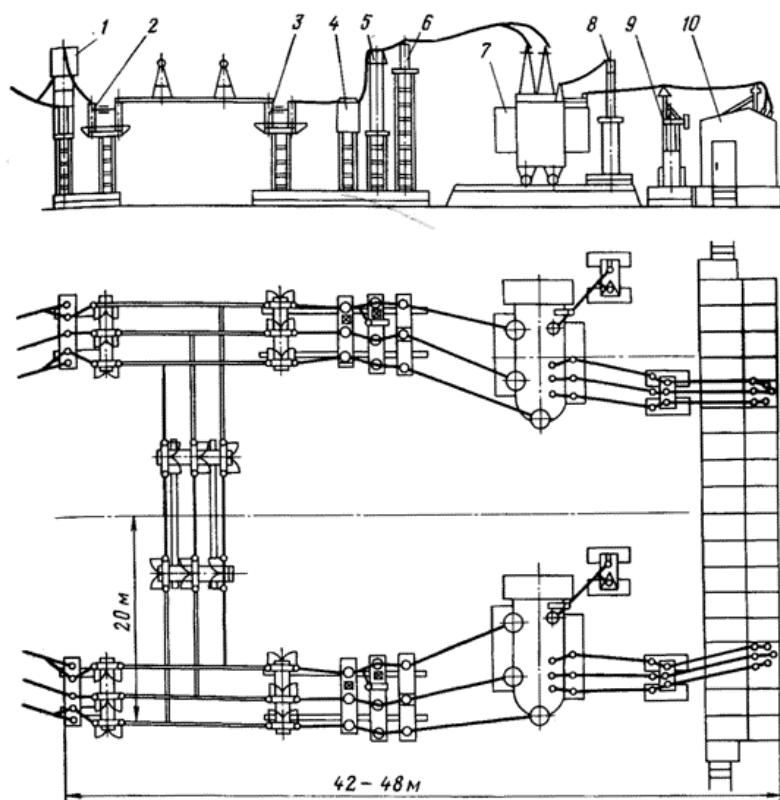


Рис.Компоновка КТПБ-110/6 (10) кВ:

1 — заградитель; 2 — линейный разъединитель; 3 — отделитель; 4 —

короткозамыкатель; 5 — трансформатор тока; 6 — разрядник 110 кВ; 7 — силовой трансформатор; 8 — разрядник 6(10) кВ; 9 — блок трансформатора собственных нужд;

Стационарные модули могут собираться в комплектные подстанции следующих типов:

- 35/10(6) кВ
- 110/10(6) кВ
- 110/35(6) кВ



Пример общего вида КТПБ(К) 35/10(6)

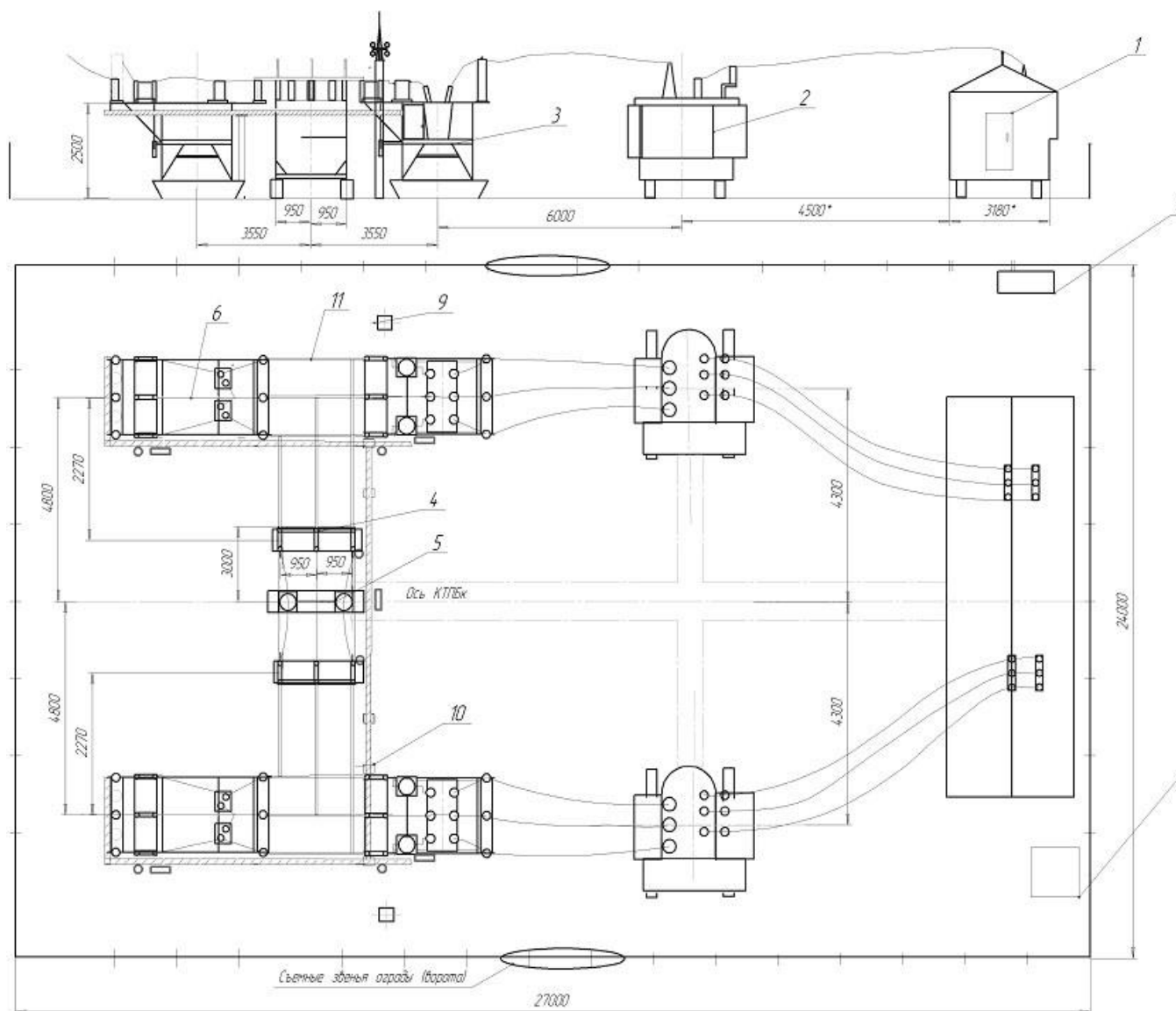


Схема электрическая принципиальная КТПБ(К) 35/10(6)

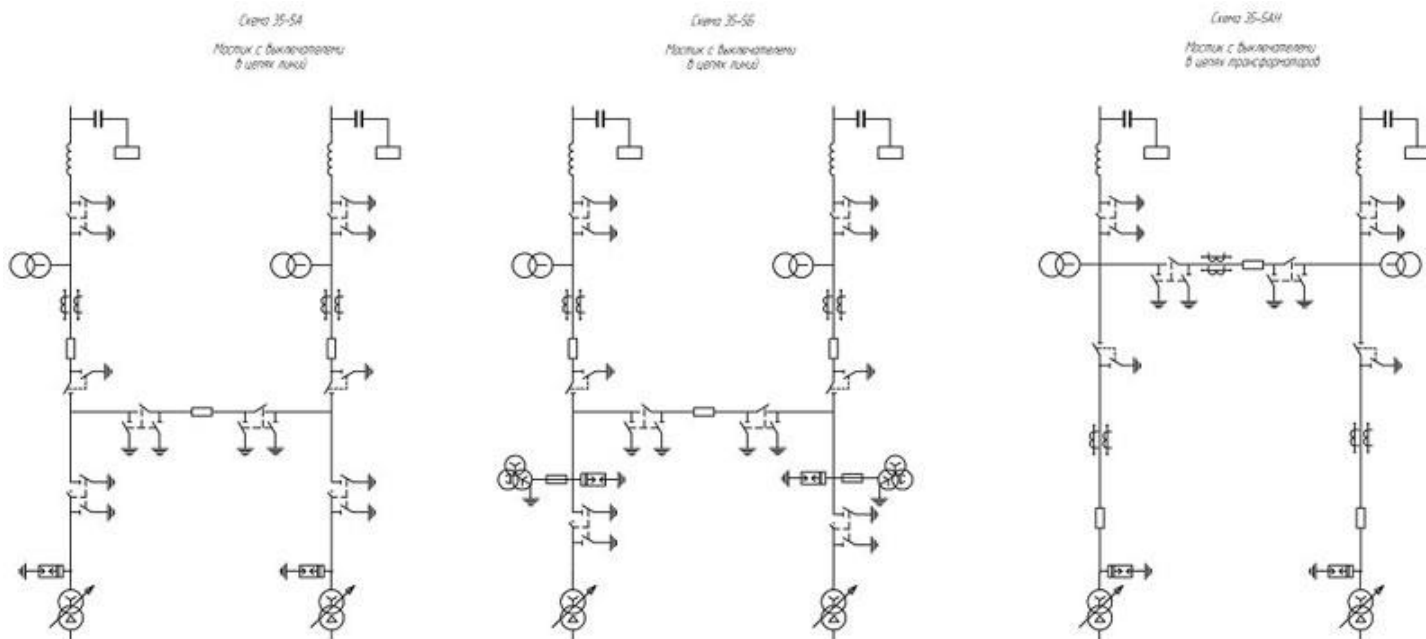


Схема электрической сети напряжением 10 кВ должна строиться по принципу кольцевания магистральных линий, обеспечивающих взаимно резервирование от независимых источников питания.

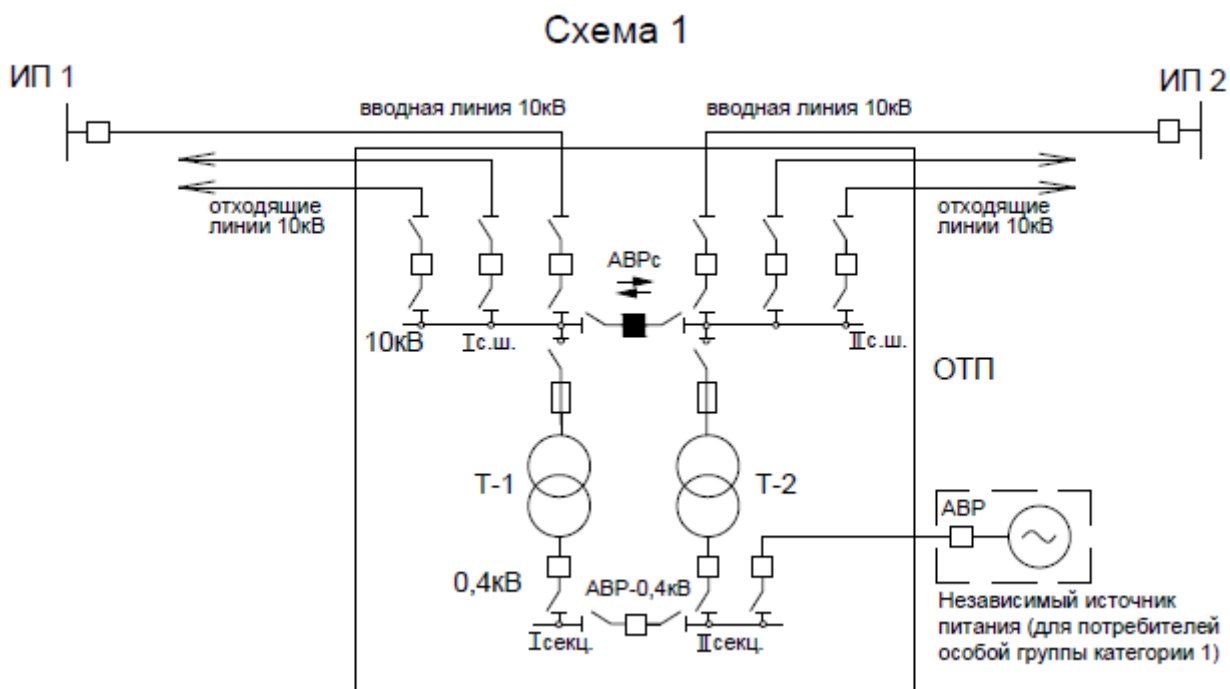


Рисунок - Схема присоединения ТП 10/0,4 кВ, питающей потребителей особой группы категории 1

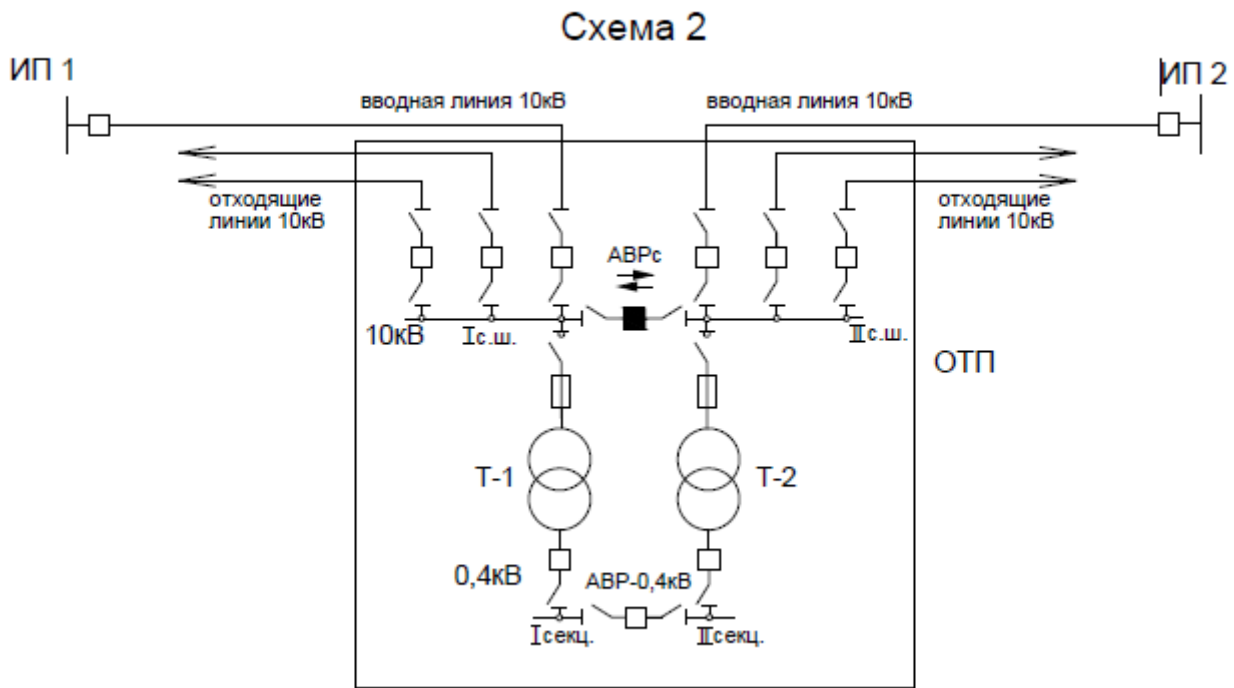


Рисунок - Схема присоединения ТП 10/0,4 кВ, питающей потребителей категории 1

Содержание и порядок выполнения работы

1. Прописать условия выбора и марку оборудования трансформаторных подстанций КТП-35...110/10 кВ.
2. Ознакомиться с схемой КТП, начертить схему КТП в однолинейном исполнении.
3. Подготовить отчет по практической работе.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать тему, название работы, цель.
2. Начертить однолинейную схему ТП 35...110/10.
4. Перечень оборудования (спецификации) к схемам, приведенным на рисунках.
5. Начертить внешний вид подстанции.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Из каких основных частей состоит трансформаторная подстанция ТП?

2. Какое оборудование для защиты трансформатора применено на подстанции?
3. Какие аппараты и приборы размещены в низковольтном шкафу 10 кВ подстанции?
4. Расскажите, как подводится высокое напряжение к подстанции?
5. Как устанавливается и крепится комплектная трансформаторная подстанция?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 39

ТЕМА: Трансформаторные подстанции.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение схем и комплектация ТП напряжением 35...10/0,4 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику комплектования трансформаторных подстанций; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Типовой состав трансформаторной подстанции ТП 35/10/6 включает в себя:

- открытое распределительное устройство 35 кВ;
- силовые трансформаторы 35/10/6 кВ;
- распределительные пункты РП-10, РП-6 производства ЕХС;
- силовые трансформаторы 10/6 кВ производства ЕХС;
- установки компенсации реактивной мощности УКРМ;
- общестанционный пункт управления ОПУ производства ЕХС.

РП, УКРМ, ОПУ расположены в отдельных модульных зданиях, оснащенных собственными системами отопления и освещения. Хотя компания ЕХС не производит оборудование с классом напряжения выше 10 кВ, однако по желанию заказчика мы можем подобрать необходимое оборудование, осуществить монтажные, пусконаладочные работы со сдачей объекта «под ключ».

Реализация подобного проекта — сложный и трудоемкий процесс. Но благодаря комплексному подходу специалистов компании ЕХС к решению всех

производственных и организационных вопросов производство монтажных и наладочных работ выполняется специалистами компании. Кроме того, большая часть оборудования, реализующего функциональные возможности ТП в целом, также выпускается предприятиями ЕХС, что гарантирует заказчику качество и надежность.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ПУНКТ РП

РП является составной частью ТП, представляет собой модульное здание со смонтированными внутри шкафами КРУ.

СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Силовые трансформаторы с литой изоляцией производятся Калининградским заводом, входящим в компанию ЕХС. Они отличаются особой надежностью и имеют ряд преимуществ (см. стр. 75 каталога). Установка трансформаторов ТСЛ возможна как на открытом воздухе, так и внутри модульного здания РП.

ОБЩЕСТАНЦИОННЫЙ ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ

ОПУ предназначен для:

- контроля и управления открытого распределительного устройства 35 кВ;
- защиты силовых трансформаторов;
- автоматического регулирования напряжения сети низшего напряжения;
- сбора информации, контроля и управления РП, РУКРМ;
- выполнения функций сигнализации.

Конструктивно ОПУ выполнен в виде комплекта шкафов, смонтированных внутри модульного здания. По заказу ОПУ может быть оборудован рабочим местом оператора. Информация с ОПУ может быть передана по любым линиям связи в центральную информационную систему.

В стандартный состав ОПУ входят:

- шкафы аккумуляторных батарей;
- шкафы автоматического управления оперативным током;
- шкафы собственных нужд;
- шкафы защиты трансформатора;
- шкафы автоматического регулирования напряжения;
- шкафы центральной сигнализации.

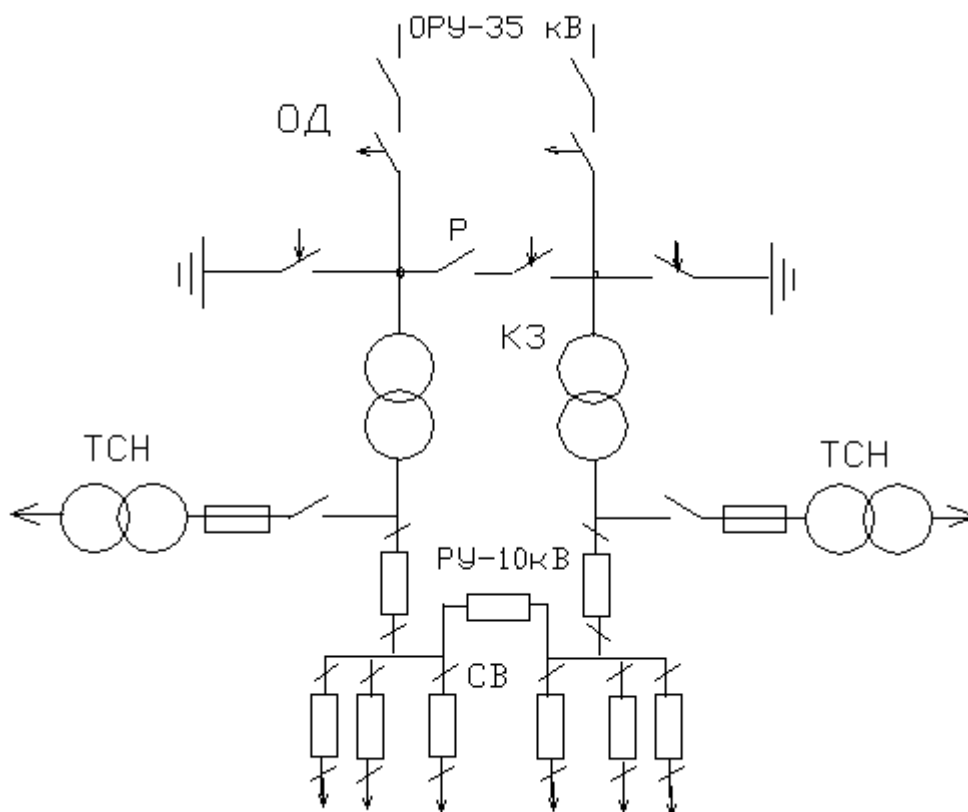


Рис. Схема трансформаторной подстанции.

Р – разъединитель; СВ – секционный выключатель; КЗ – короткозамыкатель; ОД – отделитель; ТСН- трансформатор собственных нужд; РУ- распределительное устройство; ОРУ- открытое распределительное устройство.

ОРУ-35 кВ

- Блоки 35 кВ:
 - блок выключателя с ОПН (для двухобмоточного силового трансформатора);
 - блок выключателя линии (с выносным трансформатором тока);
 - блок выключателя с ОПН (для трехобмоточного силового трансформатора);
 - блок выключателя линии с ОПН и трансформатором напряжения (с выносным трансформатором тока);
 - блок перемычки;
 - блок трансформатора напряжения;
 - блок приема линии с ВЧ аппаратурой.
- Силовой трансформатор;
- Порталы.

Оборудование блоков 35 кВ

- выключатели баковые: ВГБ-35, 48PM, VOX;

- выключатели колонковые: ВГТ-35, ОНВ 40, НРЛ 72, ВВСТ 35, ВВН-СЭЩ-Э-35 ;
- разъединители: РГ-35, РГП-35, РГП-СЭЩ-35;
- трансформаторы напряжения: НАМИ-35, SPB;
- трансформаторы тока: ТГМ-35;
- силовой трансформатор.

Устройство КРУ 6(10) кВ

Комплектное распределительное устройство КРУ-6 (10) кВ на базе ячеек К-207 ЭП, К-204 ЭП, К-205 ЭП производства ЗАО «РЭП Холдинг».

Шкафы релейной защиты и автоматики

Шкафы релейной защиты и автоматики (РЗА) в конструктиве Rittal на основе микропроцессорных терминалов РЗА ведущих российских и мировых производителей: Siprotec (ф.Siemens), Sepam (ф.Schneider Electric), Сириус (ЗАО Радиус Автоматика) и др.

Номенклатура шкафов РЗА производства ЗАО «РЭПХ» включает в себя полный перечень шкафов для защиты оборудования ПС 35-110/ 6 (10) кВ:

- шкаф защиты трансформатора 35-110 кВ;
- шкаф защиты и автоматики СВ 35-110 кВ;
- шкаф регулирования напряжения трансформатора 35-110 кВ;
- шкаф дифференциальной защиты линии 110 кВ;
- шкаф дистанционной защиты линии 110 кВ;
- шкаф дистанционной защиты линии 110 кВ с ВЧ блокировкой;
- шкафы управления и др.

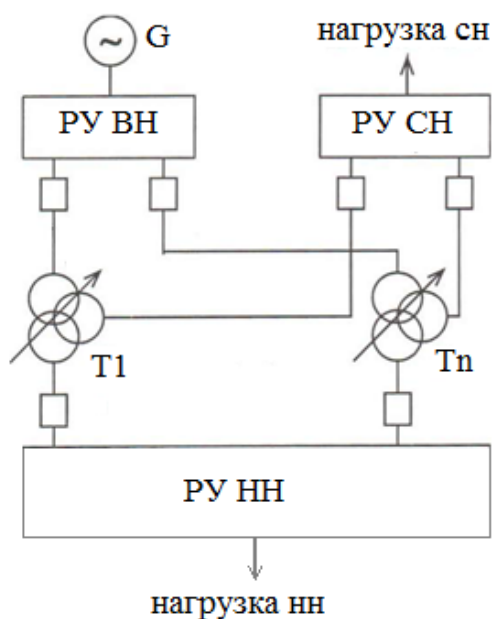


Рисунок - Структурная схема подстанций

Конструкция и основное оборудование

35кВ

В состав всех типов подстанций входят следующие поля:

- а) Фидер воздушного ввода - вывода с воздушной ЛЭП, размещённый на крыше модуля. Состоит из разъединителя с заземляющими ножами, ручного привода с механическими и дополнительными электромагнитными блокировками, опорных и проходных изоляторов, ограничителей перенапряжения, счетчика грозовых разрядов (оговаривается при заказе особо), медного ошинования.
- б) Ячейка трансформатора собственных нужд в составе сухого ТСН, защищённого разъединителем и предохранительными вставками. Имеется возможность установки в ячейке заземлителя линии (схемы Т2, П2) или сборных шин (схемы Т1, П1).
- с) Ячейка отходящей линии силового трансформатора с вакуумным выключателем, трансформаторами тока, заземлителем.
- д) Секционное поле из ячейки с вакуумным выключателем и трансформаторами тока и ячейки с выкатным элементом-разъединителем и заземлителем.
- е) Измерительная ячейка с измерительными трансформаторами напряжения и заземлителем. Дополнительно могут быть установлены ограничители перенапряжения.

Содержание и порядок выполнения работы

1. Прописать условия выбора и марку оборудования трансформаторных подстанций ТП-35...10/0,4 кВ.
2. Ознакомиться с схемой ТП, начертить схему ТП в однолинейном исполнении.
3. Подготовить отчет по практической работе.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать тему, название работы, цель.
2. Начертить однолинейную схему ТП 35...10/0,4 кВ.
4. Перечень оборудования (спецификации) к схемам, приведенным на рисунках.

5. Начертить внешний вид подстанции.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Из каких основных частей состоит трансформаторная подстанция ТП?
2. Какое оборудование для защиты трансформатора применено на подстанции?
3. Какие аппараты и приборы размещены в низковольтном шкафу 10 кВ подстанции?
4. Расскажите, как подводится высокое напряжение к подстанции?
5. Как устанавливается и крепится комплектная трансформаторная подстанция?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 40

ТЕМА: Трансформаторные подстанции.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт и выбор защиты силовых трансформаторов.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора защиты трансформаторов; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

В трансформаторах и в соединениях их с другими элементами систем электроснабжения могут возникать следующие аварийные режимы: междуфазные короткие замыкания в обмотках и на выводах, однофазные короткие замыкания на землю при работе в сетях с заземленной нейтралью и между витками обмотки. К ненормальным режимам относят: перегрузку и внешние короткие замыкания. Большинство трансформаторов на напряжение 6...10кВ мощностью до 630кВА защищают плавкими предохранителями. Для трансформаторов 6...10/0,4кВ используют предохранители ПКТ-10, для трансформаторов 35/10кВ – ПВТ-35.

При защите трансформаторов плавкими предохранителями они должны удовлетворять следующим условиям:

- номинальное напряжение предохранителей и их плавких вставок должно быть равно номинальному напряжению сети: $U_{н.пр.} = U_{н.с.}$
- номинальный ток отключения предохранителя должен равняться или быть больше максимального тока короткого замыкания в месте установки предохранителя:

$$I_{н.о.} \geq I_{к.мах.}^{(3)}$$

- номинальный ток плавкой вставки для предохранителей, защищающих трансформаторы напряжением 6 и 10 кВ со стороны высшего напряжения

$$I_{в.н.} \approx (2...3) I_{н.тр.}$$

- $I_{в.н.}$ принимается по стандартному табличному значению (Л.1.с.209).

- минимально допустимое время действия предохранителя $t_{в.}$ должно быть меньше допустимого времени протекания тока короткого замыкания по трансформатору $t_{доп.}$: $t_{в.} < t_{доп.}$

Время перегорания плавкой вставки можно определить по ампер-секундной характеристике предохранителей (Л.1.с.210). Для этого необходимо определить возможный ток короткого замыкания:

$$I_{к.расч.} = K_n * I_{к.н.} / K_T$$

где $K_n = 1,3$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс ампер-секундных характеристик предохранителей и необходимый запас;

$K_U = U_1 / U_2$ – коэффициент трансформации по напряжению;

$I_{к.н.}$ – ток трехфазного короткого замыкания на стороне низшего напряжения трансформатора.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Выписать данные задачи № 1. Начертить часть схемы в трехполюсном исполнении, включая в схему элементы задания. Начертить в схеме аппараты защиты силового трансформатора.

2. Рассчитать мощность на шинах 0,4 кВ. Записать условие выбора мощности силового трансформатора $S_{н.т.}$. Выбрать марку силового трансформатора, выписать его характеристики, используя таблицу технических характеристик.

Таблица технических характеристик силовых трансформаторов:

Тип	S_n , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U_k , %	I_x , %	Z_T , Ом	Z_{T0} , Ом
			ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129

3. Определить расчетный ток на шинах 0,4 кВ по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

4. Определить расчетный ток на стороне ВН по формуле:

$$I_{p.BH} = S_{н.т.} / \sqrt{3} * U_{BH}$$

5. Рассчитать ток короткого замыкания на шинах 0,4 кВ.

6. Рассчитать ток короткого замыкания на шинах 10 кВ по формуле:

$$I_{к.ВН}^{(3)} = I_{к.НН}^{(3)} * K_3 / K_U$$

где K_3 – коэффициент запаса, $K_3=1,3$;

K_U – коэффициент трансформации по напряжению, $K_U = U_{BH} / U_{НН}$

7. Определить ток вставки плавкой вставки $I_{в.н.}$ с учетом коэффициента намагничивания по формуле:

$$I_{в.н.} = (2 \dots 3) I_{н.тр.}$$

Выбрать величину номинального значения тока вставки по таблице.

Шкала номинальных токов плавких вставок высоковольтных предохранителей:

$I_{в.н.}, A$														
2	3	5	7,5	10	15	20	30	40	50	75	100	150	200	300

8. Выбрать марку предохранителя с учетом тока вставки.

9. По графику определить время перегорания плавкой вставки $t_{в.}$

10. Определить действительное время термической устойчивости силового трансформатора к току короткого замыкания $t_{д.}$ по формуле:

$$t_{д.} = 900 / k^2$$

где $k = I_{к.ВН}^{(3)} / I_{р.ВН}$ – кратность возрастания тока при коротком замыкании.

11. Сделать вывод по полученным данным.

ЗАДАНИЕ № 3.

1. Выписать данные задачи № 2. Начертить часть схемы в трехполюсном исполнении, включая в схему элементы задания. Начертить в схеме аппараты защиты силового трансформатора.

2. Определить расчетный ток на стороне ВН по формуле:

$$I_{р.ВН} = S_{н.т.} / \sqrt{3} * U_{ВН}$$

3. Рассчитать ток короткого замыкания на шинах 35 кВ по формуле:

$$I_{к.ВН}^{(3)} = I_{к.НН}^{(3)} * K_3 / K_U$$

4. Определить ток вставки плавкой вставки $I_{в.н.}$ с учетом коэффициента намагничивания по формуле:

$$I_{в.н.} = (2...3) I_{н.тр.}$$

Выбрать величину номинального значения тока вставки по таблице. Выбрать марку предохранителя с учетом тока вставки.

5. По графику определить время срабатывания защиты $t_{в.}$

6. Рассчитать степень селективности срабатывания защиты по формуле:

$$\Delta t = t_{в.} - t_{с.з.}$$

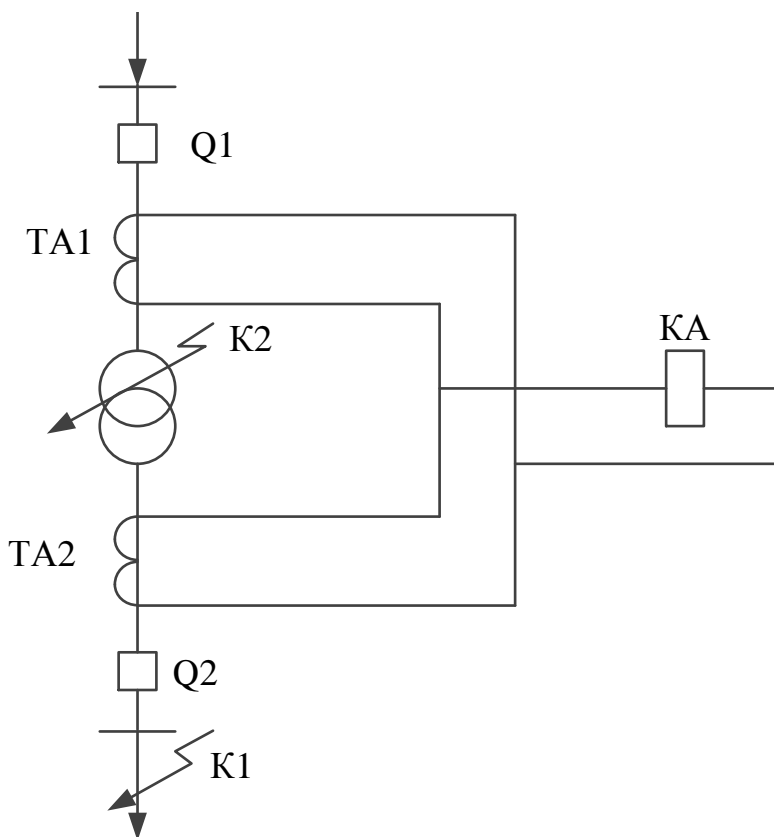
где $t_{с.з.}$ – время срабатывания защиты со стороны $U_{НН}$.

Если $\Delta t \geq 0,6$ сек., то селективность защиты обеспечена. Если $\Delta t < 0,6$ сек., то необходимо выбрать плавкую вставку на больший номинальный ток.

ЗАДАНИЕ № 4.

Начертить представленную схему продольной дифференциальной защиты трансформатора. Перечислить элементы схемы.

Записать, для какой защиты трансформатора применяется такая схема. Описать принцип действия схемы при различных аварийных ситуациях (точка короткого замыкания в К1 и в К2). Показать токи, протекающие в нормальном режиме и в режиме небаланса.



ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задач.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Перечислить марки предохранителей выше 1 кВ.
2. Запишите функциональное назначение перечисленных предохранителей.
3. Опишите конструкцию предохранителей ПКТ-10.
4. Покажите маркировку предохранителей на примере.
5. Назначение газовой защиты силового трансформатора.
6. Опишите устройство газового реле BF-80.
7. По какому принципу выбираются измерительные трансформаторы для схемы задания № 4.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Задача № 1.

Схема содержит силовой трехфазный трансформатор, три отходящие воздушные линии 0,38 кВ. Начертить аппараты защиты силового трансформатора.

Вариант	U _{ВН} , кВ	U _{НН} , кВ	S ₁ , кВА	S ₂ , кВА	S ₃ , кВА
1	10	0,4	73	55	74
2	10	0,4	75	57	63
3	10	0,4	74	53	77
4	10	0,4	73	46	95
5	10	0,4	63	48	79
6	10	0,4	47	58	84
7	10	0,4	49	55	65
8	10	0,4	43	63	79
9	10	0,4	75	46	55
10	10	0,4	58	49	46
11	10	0,4	37	47	75
12	10	0,4	58	44	47
13	10	0,4	47	42	57
14	10	0,4	74	38	68
15	10	0,4	48	39	58
16	10	0,4	60	36	75
17	10	0,4	59	39	66
18	10	0,4	57	59	89
19	10	0,4	53	52	85
20	10	0,4	63	66	64
21	10	0,4	64	72	70
22	10	0,4	68	47	85
23	10	0,4	60	46	83
24	10	0,4	77	64	57
25	10	0,4	73	55	74

Задача № 2.

Схема содержит силовой трехфазный трансформатор, отходящую воздушную линию 10 кВ. В качестве защиты силового трансформатора выбрать плавкие предохранители.

Вариант	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	$S_{н.т.}$, кВА	$t_{с.з.}$ со стороны $U_{НН}$, сек
1	10	35	1000	0,2
2	10	35	1600	0,5
3	10	35	2500	0,7
4	10	35	4000	1,1
5	10	35	6300	1,3
6	10	35	1000	0,25
7	10	35	1600	0,55
8	10	35	2500	0,8
9	10	35	4000	1,0
10	10	35	6300	1,25
11	10	35	1000	0,15
12	10	35	1600	0,4
13	10	35	2500	0,85
14	10	35	4000	1,15
15	10	35	6300	1,35
16	10	35	1000	0,3
17	10	35	1600	0,6
18	10	35	2500	0,9
19	10	35	4000	1,2
20	10	35	6300	1,1
21	10	35	1000	0,2
22	10	35	1600	0,45
23	10	35	2500	0,75
24	10	35	4000	0,95
25	10	35	6300	1,25

Тест для проверки СЕЛЬСКИЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

1. Что входит во вводное устройство КТП?

1. силовые предохранители
2. проходные изоляторы
3. разъединител.
4. Ответы 1 и 2.
5. Ответы 2 и 3.

2. Какие классы номинальных мощностей (кВА) сельских трансформаторных подстанций Вы знаете?

1. 20; 63; 100; 150; 200; 450; 620; 700.
2. 16; 25; 60; 120; 250; 450; 600; 750.
3. 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630.
4. 25; 43; 60; 100; 140; 200; 450; 600.
5. 23; 40; 63; 140; 160; 250; 400; 630.

3. Чем осуществляется защита отходящих линий 0,4 кВ на КТП от токов коротких замыканий?

1. Рубильниками.
2. Магнитными пускателями.
3. Автоматическими выключателями.
4. Разрядниками.
5. Тепловыми реле.

4. Для чего предназначена КТП?

1. Для производства и распределения электрической энергии.
2. Для распределения электрической энергии.
3. Для приёма электрической энергии.
4. Для приёма, преобразования и распределения электрической энергии.
5. Для производства и преобразования электрической энергии.

5. Для чего предназначено фотореле в комплектной трансформаторной подстанции?

1. Для защиты от перенапряжений.
2. Для сигнализации о повреждении в трансформаторе.
3. Для управления уличным освещением.
4. Для защиты от коротких замыканий.
5. Для управления коэффициентом трансформации трансформатора.

6. Какое максимальное число отходящих линий 0,4 кВ, может быть подключено к КТП-250, выпускаемых серийно в настоящее время?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3

- 4) 4
- 5) 5

7. Какое максимальное число отходящих линий 0,4 кВ, может быть подключено к КТП-160, выпускаемых серийно в настоящее время?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

8. Автоматический выключатель защищает линию 0,4 кВ от однофазных коротких замыканий, если коэффициент чувствительности $K_{\text{ч}}$:

1. Больше или равен 3.
2. Меньше или равен 3.
3. Больше или равен 1,5.
4. Меньше или равен 1,5.
5. Защищает при любом коэффициенте чувствительности.

9. В каких случаях на КТП необходимо применять трансформатор со схемой соединения "звезда-зигзаг" по сравнению со схемой "звезда-звезда с нулем"?

1. Для уменьшения токов однофазного короткого замыкания.
2. Для уменьшения потерь напряжения.
3. Для уменьшения потерь энергии.
4. Для снижения перенапряжений.
5. Для увеличения токов однофазного короткого замыкания.

10. Приборы учета электроэнергии устанавливаются на КТП:

1. В каждой отходящей линии 0,4 кВ.
2. На вводе 10 кВ.
3. На выводах трансформатора на напряжении 0,4 кВ.
4. На вводе 10 кВ и в каждой отходящей линии 0,4 кВ.
5. Ответы 2 и 3.

Таблица ответов:

№ вопроса	№ ответа	№ вопроса	№ ответа
1	4	6	4
2	3	7	3
3	3	8	1
4	4	9	5
5	3	10	3

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 41

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение защиты электрической сети 0,38кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора защиты линий электропередач; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

В сетях до 1000 В плавкие предохранители являются основным видом защиты. Принцип работы плавких предохранителей основан на тепловом действии электрического тока, проходящего по проводнику. В нормальных условиях всё тепло, выделяемое проводником, рассеивается в окружающей среде. При увеличении же тока количество выделяемого тепла увеличится, возникнет избыток тепла, который не будет успевать отводиться в окружающую среду; температура проводника при этом будет повышаться. При значительном увеличении тока температура проводника достигает значения температуры плавления металла, из которого он выполнен. Таким образом, если в определённом месте сети сделать вставку из проводника меньшего сечения или другого материала, имеющего большее сопротивление, то при увеличении тока этот проводник, называемый **плавкой вставкой**, будет нагреваться сильнее, чем другие участки сети, и при достижении опасных значений тока расплавится (перегорит) и прервёт цепь тока. Очевидно, что чем больше ток, проходящий по плавкой вставке, тем быстрее она перегорит. На этом явлении и основано действие плавких предохранителей. Плавкий предохранитель состоит из плавкой вставки, патрона или конструкции, в

которой закрепляется плавкая вставка, и иногда устройства, облегчающего гашение дуги.

Предохранители и плавкие вставки характеризуются следующими параметрами:

Номинальным напряжением ($U_{ном}$) предохранителя, для длительной работы при котором он предназначен;

Номинальным током плавкой вставки ($I_{вс.ном.}$), который вставка выдерживает неограниченно долгое время;

Номинальным током предохранителя ($I_{п.ном.}$), равным наибольшему номинальному току плавкой вставки, которая может быть установлена в данный предохранитель;

Минимальным испытательным током плавкой вставки ($I_{исп.мин.}$), при котором вставка перегорает за время более 1ч;

Максимальным испытательным током плавкой вставки ($I_{исп.макс.}$), при котором вставка перегорает за время менее 1ч;

Кратностью минимального испытательного тока:

$$K_{исп.мин.} = \frac{I_{исп.мин.}}{I_{вс.ном.}}$$

Кратностью максимального испытательного тока:

$$K_{исп.макс.} = \frac{I_{исп.макс.}}{I_{вс.ном.}}$$

Предельным отключаемым током или разрывной мощностью называется ток или мощность КЗ, которые способен разорвать (отключить) предохранитель.

Защитной характеристикой плавкой вставки называется зависимость времени с момента возникновения тока до его отключения плавкой вставкой от значения тока, проходящего через вставку, или от кратности этого тока по отношению к номинальному току вставки.

Предохранители применяются для защиты от КЗ и от перегрузки линий электропередачи, трансформаторов, электродвигателей и др. при условии, что их номинальные напряжение и ток, а так же предельный отключаемый ток соответствуют параметрам сети, если при этом обеспечиваются необходимые чувствительность и селективность их действия и использование предохранителей не препятствует применению автоматики (АПВ, АВР и др.).

Выбор предохранителей.

Выбор предохранителей осуществляется по: номинальному напряжению, предельно отключаемому току плавкой вставки, номинальному току плавкой вставки.

Номинальное напряжение предохранителей и их вставок должно выбираться равным номинальному напряжению сети:

$$U_{В.ном.} \geq U_C$$

где U_C – номинальное напряжение сети.

Предельно отключаемый ток плавкой вставки ($I_{ВС.пр}$) должен быть равен или больше максимального расчётного тока КЗ ($I_{К.мах.}$), проходящего по цепи, защищаемой предохранителем:

$$I_{ВС} \geq I_{К.мах.}$$

Номинальный ток плавкой вставки во всех случаях следует выбирать минимальным. При этом плавкая вставка не должна перегорать при прохождении по ней максимального длительного тока нагрузки, что обеспечивается при соблюдении следующего условия:

$$I_{ВС.ном.} = k_H \cdot I_H.$$

Коэффициент k_H зависит от характера нагрузки. При постоянной нагрузке он равен 1,1 – 1,2. При переменной нагрузке плавкая вставка не должна перегорать при кратковременных перегрузках, когда в защищаемой сети проходит ток, превышающий максимальный ток длительной нагрузки, вызванный пуском или самозапуском электродвигателей, технологическими перегрузками и т.д. Для выполнения этого условия номинальный ток плавкой вставки выбирают таким, чтобы при прохождении по ней тока перегрузки (I_P) время её перегорания было больше времени перегрузки, т.е.:

$$I_{ВС.ном.} = I_P / k_P. \text{ Коэффициент } k_P \text{ – коэффициент отстройки от тока перегрузки.}$$

Значение этого коэффициента принимается:

При $t_{пер.}$ 2 – 3 сек. (лёгкие условия) $k_P = 2,5$;

При $t_{пер.}$ 10сек. (тяжёлые условия) $k_P = 1,5 – 2$.

В жилых домах, бытовых и общественных помещениях, там, где сети не находятся постоянно под наблюдением электротехнического персонала, k_P принимается равным 0,8.

Селективность.

Одно из условий выбора предохранителей – обеспечение селективности их действия между собой и с релейной защитой.

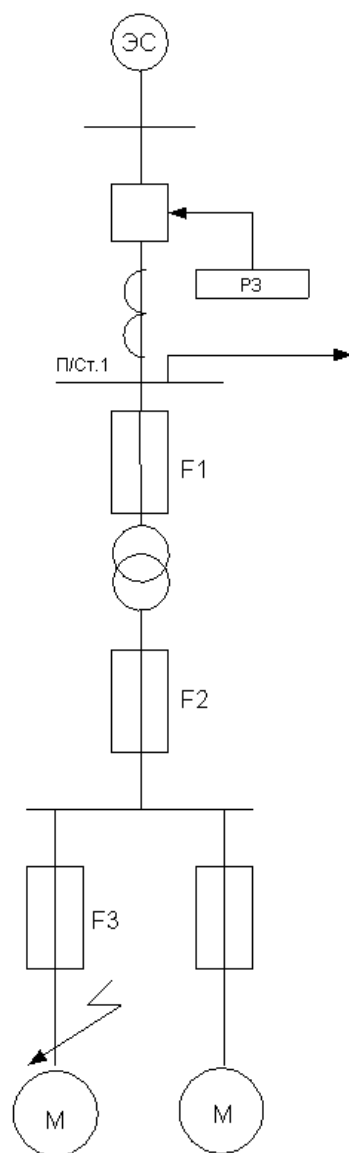


Рис. Размещение предохранителей и релейной защиты в сети:

F1 – F3 – предохранители; РЗ – релейная защита.

Это означает, что в случае повреждения одного из двигателей (как показано на рис.) должен сгореть предохранитель F3 и не должны перегорать предохранители F1, F2, а так же не должна срабатывать РЗ, установленная на выключателе. *Для правильной ликвидации повреждений все последовательно установленные предохранители и РЗ должны быть **селективны**.* Для проверки селективности необходимо сопоставить характеристики плавких вставок во всём диапазоне токов, возможных как при перегрузках, так и при КЗ.

Защитная характеристика предохранителя может быть задана заводом – изготовителем в двух видах: либо как полное время отключения, равное сумме времён плавления вставки и горения дуги, либо отдельно как время плавления и время горения дуги. При проверке селективности двух последовательно установленных предохранителей следовало бы сравнивать время плавления вставки, установленной ближе к источнику питания. На практике обычно используют

одинаковые характеристики полного времени отключения, поскольку время горения дуги не велико, а разбросы времени плавления и отключения перекрывают неточность расчётов.

При анализе характеристик одностипных предохранителей селективность следует проверять при максимальном токе трёхфазного КЗ. Если селективность при этом токе обеспечена, она будет обеспечена и при всех меньших значениях токов. У разнотипных предохранителей селективность следует проверять во всём диапазоне токов – от тока трёхфазного КЗ в месте установки дальнего предохранителя до номинального тока вставок.

Для оценки селективности действия двух последовательно установленных предохранителей можно руководствоваться правилом: *для двух одностипных предохранителей, установленных в сети напряжением до 1000В, селективность будет обеспечена, если их вставки отличаются не менее чем на две ступени шкалы номинальных токов.*

Селективное действие последовательно установленных вставок высокого напряжения типа ПК обеспечивается, если их номинальные токи отличаются не менее чем на одну ступень шкалы номинальных токов. При проверке селективности вставок по их защитным характеристикам в сети выше 1000В следует иметь в виду, что разброс характеристик регламентируется следующим образом: для любого времени отключения отклонения в значении тока не должны превосходить $\pm 20\%$.

Автоматические воздушные выключатели.

Автоматические выключатели (АВ) представляют собой аппараты, которые состоят из выключателя с мощной контактной системой для отключения тока КЗ и реле защиты, действующих на его отключение при возникновении повреждения или перегрузки. Из – за подгорания контактов автоматические выключатели допускают отключение не более чем 2 – 3 раза в час, вследствие чего они не могут применяться для частых операций в цепях управления.

АВ имеют ряд преимуществ по сравнению с предохранителями:

*большая оперативность АВ, которые всегда готовы к быстрому включению немедленно после отключения защищаемой цепи. Поэтому с помощью АВ могут быть выполнены схемы АПВ и АВР;

*АВ одновременно отключают все три фазы защищаемого присоединения.

В зависимости от типа АВ в нём устанавливаются различные реле защиты прямого действия – **расцепители**.

Электромагнитный расцепитель для защиты от КЗ представляет собой электромагнит, который при определённом токе мгновенно притягивает якорь, вследствие чего происходит отключение АВ.

Тепловой расцепитель представляет собой тепловое реле, которое реагирует на количество тепла, выделяемое в его нагревательном элементе при прохождении

тока. Под действием тепла нагревается биметаллическая пластина, которая, поворачиваясь под действием пружины вокруг оси, производит отключение АВ. Время срабатывания тепловых расцепителей тем больше, чем меньше перегрузка.

Комбинированный расцепитель, осуществляющий защиту от перегрузки и от КЗ, представляет собой комбинацию из двух расцепителей: теплового и электромагнитного. В АВ могут устанавливаться расцепители *минимального напряжения*, срабатывающие при исчезновении напряжения или при его снижении до уставки срабатывания расцепителя.

АВ характеризуются следующими параметрами:

Номинальным током, номинальным напряжением, предельным отключаемым током.

Расцепители характеризуются:

Номинальным током, током уставки.

Выбор автоматических выключателей.

Номинальное напряжение АВ должно быть выше или равно напряжению сети:

$$U_{a,ном} \geq U_c$$

Предельный допустимый ток АВ должен быть больше максимального тока КЗ, который может проходить по защищаемому участку сети:

$$I_{a,пред.} \geq I_{K,мах.}$$

Номинальный ток расцепителя должен быть не меньше расчётного тока, равного максимальному току, который может длительно проходить по защищаемому участку цепи с учётом возможной перегрузки:

$$I_{расц,ном} \geq I_{расч.}$$

АВ с таким расцепителем способен, не перегреваясь, как угодно долго пропускать расчётный ток нагрузки.

Ток уставки электромагнитного расцепителя:

$$I_{уст.} = K_p K_n I_n$$

K_p – коэффициент разброса срабатывания электромагнитных расцепителей, который равен 1,15 – 1,2;

K_n – коэффициент надёжности: для защиты электродвигателей = 1,8-2,

для защиты цепей напряжения = 2,

для остальных цепей = 1,5.

I_n – максимально возможный кратковременный расчётный ток перегрузки.

Для цепей постоянного тока расчётный ток уставки принимается на 30% больше, рассчитанного выше.

Уставка тока мгновенного срабатывания (отсечка), кратная номинальному току АВ (расчётная кратность тока срабатывания электромагнитного расцепителя):

$$K_{уст} = \frac{I_{уст}}{I_{ном}}$$

$I_{\text{ном}}$ – номинальный ток АВ.

За действительную уставку отсечки $K_{\text{уст.Д}}$ принимается ближайшее большее значение по паспортным данным соответствующего АВ. При этом действительный ток срабатывания электромагнитного расцепителя будет:

$$I_{\text{уст.Д}} = K_{\text{уст.Д}} I_{\text{ном.}}$$

Ток уставки теплового расцепителя:

$$I_{\text{уст.Т}} = K_p K_n I_{\text{ном.}}$$

$$K_p = 1,1;$$

K_n принимается: для не перегруженных цепей = 1 – 1,1 (нагревательные элементы, оперативные цепи постоянного тока и т.д.); для цепей, в которых возможны кратковременные перегрузки = 1,1 – 1,3 (пуск электродвигателей); для цепей, в которых ток проходит кратковременно = 0,15 – 0,25 (цепи электромагнитов включения выключателей).

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

Начертить схему, представленную в задании, установив аппараты для защиты линий.

ЗАДАНИЕ №3.

Определить значение расчетного тока линии, питающей нагрузку. Определить ток теплового и электромагнитного расцепителя для защиты линии, питающей нагрузку. Выбрать марку защитного аппарата, выписать его технические характеристики.

ЗАДАНИЕ №4.

Выбрать марку и сечения линий 0,38 кВ. Определить трехфазные токи короткого замыкания на шинах 0,4 кВ и линиях 0,38 кВ. Выполнить проверку выбранных аппаратов защиты на термическую и динамическую устойчивость.

ЗАДАНИЕ №5.

Определить сопротивления петли и однофазные токи короткого замыкания. Выполнить проверку выбранной аппаратуры на чувствительность срабатывания.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать тему, название работы, цель.

2. Выписать оборудование, применяемое для защиты линий электропередач. Описать принцип срабатывания защитной аппаратуры в аварийных режимах.
4. Записать условие задачи и выполнить ее решение в соответствии с заданиями.
5. Ответить на контрольные вопросы.

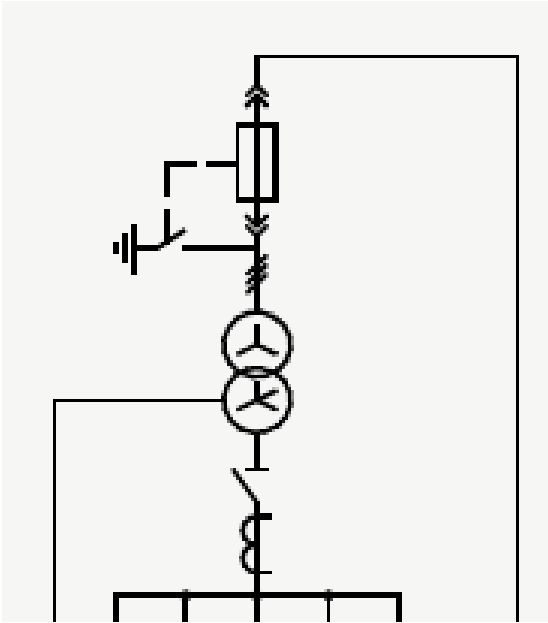
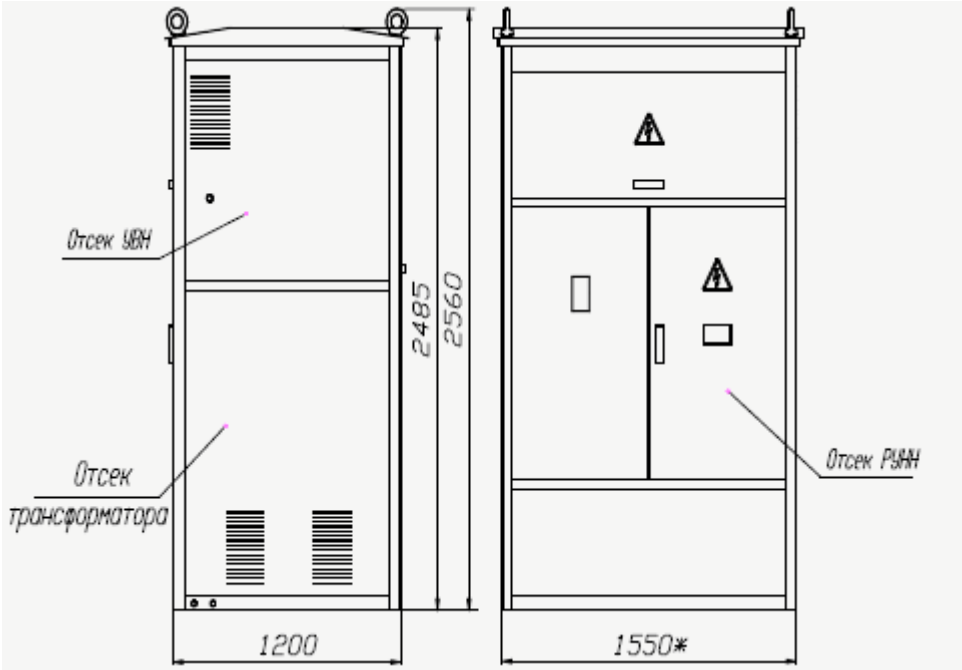
Контрольные вопросы:

1. Каково назначение устройства ЗТИ-0,4?
2. При каких условиях гарантируется правильная работа устройства ЗТИ-0,4?
3. Каким образом устройство защиты ЗТИ-0,4 получает информацию о междуфазных и однофазных к.з.?
4. Каким образом реализован измерительный орган защиты от междуфазных и однофазных к.з.?
5. Как работает элемент выдержки времени устройства ЗТИ-0,4?
6. Что представляет собой исполнительная часть устройства ЗТИ-0,4? Как она работает?
7. Каким образом устроен источник питания устройства ЗТИ-0,4?
8. Каким образом выставляется необходимая уставка защиты от междуфазных и однофазных к.з.?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий



вариант	Сосв., кВА	S ₁ , кВА	S ₂ , кВА	S ₃ , кВА	S ₄ , кВА	L ₁ , м	L ₂ , м	L ₃ , м	L ₄ , м
1	4,5	35	44	38	43	250	250	350	110
2	5	45	55	39	42	180	150	220	220
3	7	25	11	37	44	300	400	330	210
4	3	55	22	36	52	280	230	180	230
5	6	65	57	35	35	250	350	300	350
6	10	33	54	47	53	150	220	320	220
7	12	43	56	46	25	400	330	310	330

8	9	53	53	48	52	230	180	220	180
9	5	28	45	47	46	350	300	190	300
10	8	44	34	53	73	250	320	210	350
11	6	55	56	52	44	180	420	230	220
12	7	22	54	29	36	300	220	250	330
13	3	63	44	38	74	280	300	250	180
14	6	48	55	30	64	250	400	150	300
15	5	36	56	47	74	150	230	400	190
16	8	47	75	36	82	400	350	230	170
17	4	70	64	47	83	230	220	350	260
18	7	47	36	44	84	350	330	220	240
19	2,5	36	46	66	85	220	180	330	220
20	8	46	56	55	86	330	300	180	210
21	9	64	55	26	74	180	210	300	300
22	5	53	53	42	47	300	200	320	310
23	6	46	44	35	73	320	110	420	320
24	7	57	33	34	75	420	330	220	330
25	8	63	22	38	44	220	260	330	280

Технические характеристики выписать из таблицы:

Тип	S _н , кВА	Схема соединения	Потери мощности		U _к , %	I _х , %	Z _г , Ом	Z _{г0} , Ом
			ΔР _х , кВт	ΔР _к , кВт				
ТМ	25	Y / Y ₀	0,13	0,6	4,5	3,2	0,29	3,11
ТМ	40	Y / Y ₀	0,175	0,88	4,5	3	0,18	1,949
ТМ	63	Y / Y ₀	0,24	1,28	4,5	2,8	0,115	1,237
ТМ	100	Y / Y ₀	0,33	1,97	4,5	2,6	0,072	0,779
ТМ	160	Y / Y ₀	0,51	2,65	4,5	2,4	0,045	0,487
ТМ	250	Y / Y ₀	0,74	3,7	4,5	-	0,029	0,312
ТМ	400	Y / Y ₀	0,95	5,5	4,5	2,1	0,018	0,195
ТМ	630	Y / Y ₀	1,3	7,6	5,5	-	0,014	0,129
ТМ	1000	Y / Δ	2,75	12,2	6,5	1,5	-	-
ТМ	1600	Y / Δ	3,65	16,6	6,5	1,5	-	-
ТМ	2500	Y / Δ	6,8	25	6,5	1,1	-	-
ТМ	4000	Y / Δ	6,7	33,5	7,5	1	-	-
ТМ	6300	Y / Δ	13,5	46,5	7,5	0,9	-	-

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 42

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение электромагнитных реле.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить устройство и принцип срабатывания электромагнитных реле; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Лабораторная установка представляет собой:

- Стенд, содержащий плату, на которой установлено, пять электромагнитных реле различных типов. (Схема стенда приведена на рисунке 1.)
- Измерительные приборы (Вольтметр, амперметр М2038 или другие.)
- Соединительные провода.
- Источник питания постоянного тока, напряжением 5 вольт и регулируемый от 0 до 30 вольт.

1. Изучить принцип действия электромагнитных реле и герметичных контактов. Ознакомиться с системой маркировки и условного графического обозначения электромагнитных реле.

2. Ознакомиться с порядком выполнения лабораторного задания.

3. Составить таблицы с паспортными данными реле РП-7, РЭС-6, РЭС-42, РЭС-55А. Приготовить таблицы 1,2,3 для занесения результатов измерения. Привести формулы для расчета K_v , K_z , $K_{упр}$.

Лабораторное задание.

1. Определить по маркировке какие из имеющихся электромагнитных реле на стенде являются нейтральными, а какие поляризованными.

2. Определение параметров срабатывания нейтральных реле.

а) установить R1 в крайне правое (верхнее по схеме), переключатель SA1 в положение 1 (прямая полярность), переключатель SA2 в положение, соответствующее выбранному реле.

б) установить на блоке питания регулятор напряжения в крайнее левое положение.

в) медленно поворачивать ручку регулятора напряжения блока питания до тех пор пока не погаснет диод VD1 и не загорится диод VD2. Выписать показания амперметра ($I_{ср}$) и вольтметра ($U_{ср}$).

г) поворачивать ручку регулятора напряжения в обратную сторону до тех пор, пока не погаснет диод VD2. Выписать показания амперметра ($I_{отп}$) и вольтметра ($U_{отп}$).

Проделать пункты а) и б) три раза. Усредненные значения $I_{ср}$, $I_{отп}$, $U_{ср}$, $U_{отп}$ занести в таблицу 1 в строку "Прям."

д) Изменить полярность $U_{пит}$ на противоположную, путем установки переключателя SA1 в положение 2. Проделать пункты а) - г). Усредненные значения $I_{ср}$, $I_{отп}$, $U_{ср}$, $U_{отп}$ занести в таблицу 1 в строку "Обратн."

Таблица 1

Тип реле	Полярность $U_{пит}^{**}$	$I_{ср.}$ мА	$I_{отп.}$ мА	$I_{раб}^*$ мА	$U_{ср}$ В	$U_{отп.}$ В	$U_{раб}^*$ В	$R_{обм}$ Ом	$R_{обм}^*$ Ом	K_v	K_z	$K_{упр}$
----------	---------------------------	-----------------	------------------	-------------------	---------------	-----------------	------------------	-----------------	-------------------	-------	-------	-----------

Прям.

Обратн.

Примечание: * паспортные данные реле.

е) Сравнить полученные значения с паспортными данными. Сделать соответствующие выводы.

ж) Рассчитать по формулам (1), (2), (3) коэффициенты возврата, запаса и управления. Привести примеры расчетов. Полученные значения внести в таблицу 1.

$$K_v = I_{отп} / I_{ср} \quad (1)$$

$$K_z = I_{раб}^* / I_{ср} \quad (2)$$

$$K_{упр} = P_{упр} / P_0 = (I_k * U_k) / (I_{раб}^* * U_{раб}^*) \quad (3)$$

Где I_k и U_k — номинальный ток и напряжение в цепи переключаемых контактов.

з) Перейти к другому нейтральному реле и повторить пункты а)-ж).

Определение параметров срабатывания поляризованных реле.

а) установить переключатель SA1 в положение 1 (прямое питающее напряжение). Установить ручку сопротивления R1 в ноль (повернуть до упора влево). Переключатель SA2 установить в положение соответствующее выбранному реле. Записать номер светящегося диода указывающего на замкнутые контакты

б) Установить на блоке питания 0...30 В напряжение $U_{пит} = 3$ В.

в) Определить исходное состояние реле. Для этого плавно поворачивать ручку резистора R1 вправо до упора. Если при этом произойдет переключение светодиода, записать значения тока и напряжения в таблицу 2 в строку “Прям.”, при котором оно произошло. Затем отключить питание $U_{пит}$ (вынуть провод из гнезда БП) и убедиться что не происходит переключение диодов. Установить провод питания в гнездо БП и вернуть R1 в начальное положение.

г) Установить переключатель SA1 в положение 2 и выполнить действия аналогичные предыдущему пункту в). Токи и напряжения записать в строку “Обрат.” таблицы 2 со знаком “минус”.

Таблица 2.

Тип реле	Полярность $U_{пит}$	$I_{ср.}$, мА	$I_{раб}^*$, мА	$U_{ср.}$, В	$U_{раб}^*$, В	$R_{обм.}$, Ом	$R_{обм.}^*$, Ом	K_v	K_z	$K_{упр}$
-------------	-------------------------	-------------------	---------------------	------------------	--------------------	--------------------	----------------------	-------	-------	-----------

Прям.

Обрат.

Примечание: * паспортные данные реле.

д) Установить переключатель SA1 в положение 1 соответствующее прямому питанию обмотки реле и повторить пункт в). записать показания амперметра $I_{ср}$ и вольтметра $U_{ср}$ в таблицу 2 в строку “Прям” со знаком плюс. Довести R1 до упора вправо и вернуться обратно.

е) Сравнить полученные результаты токов и напряжений с паспортными данными. Сделать соответствующие выводы. Объяснить, почему токи срабатывания реле при различных направлениях имеют разные значения.

4. Определение параметров срабатывания и отпускания герконового реле (магнитного контакта).

а) Выключить блок питания $0 \dots 30 \text{ В}$.

б) Отвести магнит на максимальное расстояние от геркона.

в) Плавно подводить магнит к геркону до тех пор, пока не включится диод VD1. Записать положение магнита на шкале ($\ell_{\text{ср}}$) в миллиметрах в таблицу 3.

г) Плавно отводить магнит от геркона до тех пор, пока не погаснет диод VD1. Записать $\ell_{\text{отп}}$ магнита на шкале в таблицу 3.

д) Предложите формулу для расчета коэффициентов возврата и запаса. Объясните свой выбор.

Таблица 3.

Герметичный контакт	$\ell_{\text{ср}}, \text{ мм}$	$\ell_{\text{отп}}, \text{ мм}$	$K_{\text{в}}$	$K_{\text{з}}$
------------------------	--------------------------------	---------------------------------	----------------	----------------

е) Сделать выводы по результатам измерения.

4. Содержание отчета.

1. Название и цель лабораторной работы;
2. Измерительная схема;
3. Паспортные данные проверяемых реле;
4. Название пунктов лабораторных заданий, а также таблицы с экспериментальными данными и результатами расчетов;
5. Примеры выполнения расчетов.
6. Выводы по лабораторной работе с критической оценкой полученных результатов.

Контрольные вопросы

1. Устройство и назначение электромагнитных реле;
2. Разновидности электромагнитных реле и конструктивные особенности;
3. Основные характеристики реле;
4. Условные обозначения на схемах;
5. Описание реле согласно ЕСКД;
6. Коэффициенты $K_{\text{в}}$, $K_{\text{з}}$, $K_{\text{упр}}$;
7. Применение электромагнитных реле;
8. Полярные и неполярные электромагнитные реле.

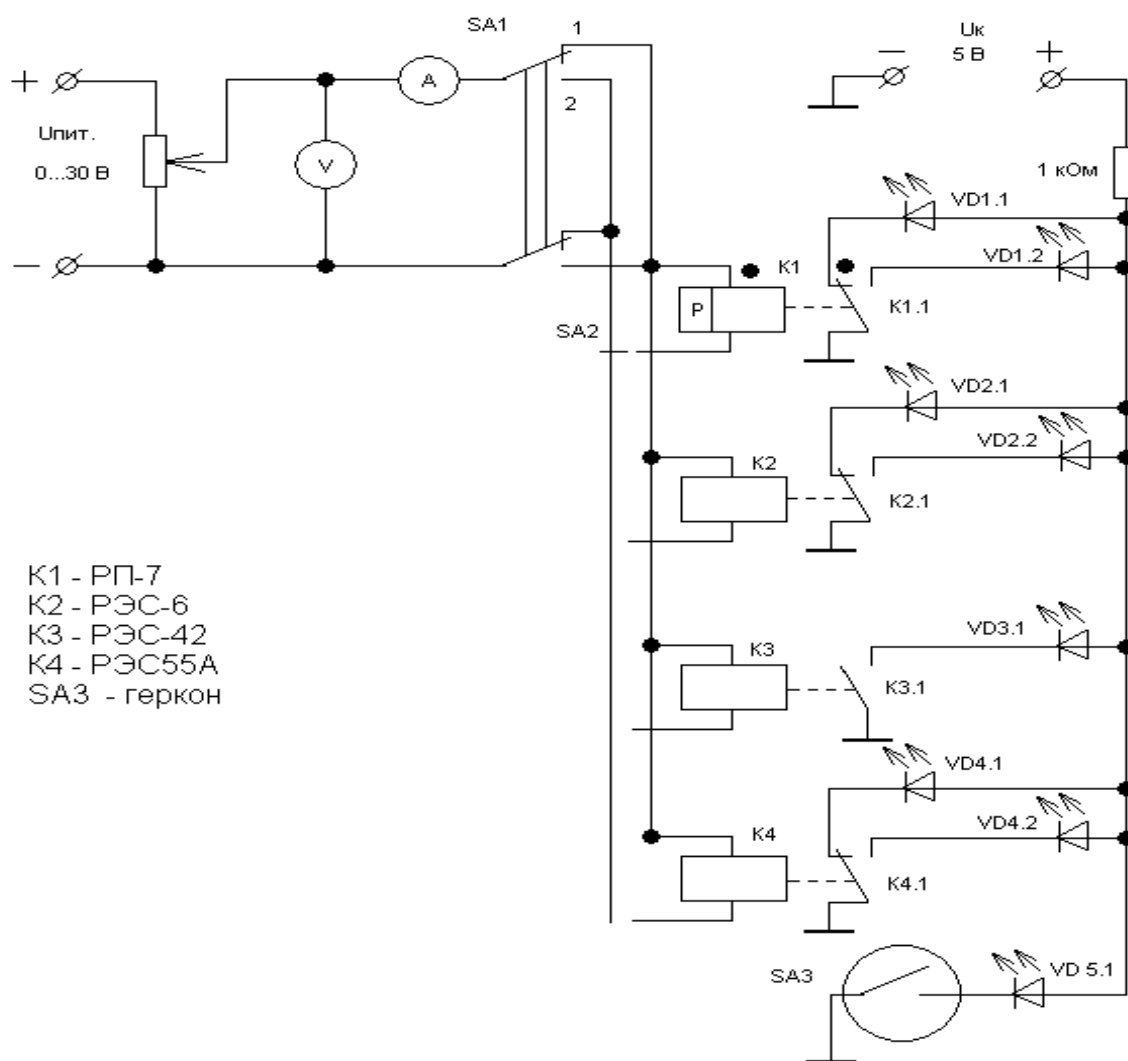


Рис.1 Схема макета для исследования характеристик электромагнитных реле

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 43

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение индукционных реле.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить устройство и принцип срабатывания индукционных реле; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Изучение и испытание токовых реле типа РТ-80 и реле времени типа ЭВ-200

Цель работы: Изучить принцип действия, конструкцию и провести испытания реле серии РТ-80 и реле времени ЭВ-200.

Общие сведения

Токовые реле типа РТ-80 и РТ-90

Реле типов РТ-80 и РТ-90 по принципу действия являются комбинированными и состоят из двух элементов: индукционного с вращающимся диском электромагнита имеющих общий магнитопровод. Конструктивное выполнение реле РТ-80 показано на рис.

Индукционный элемент состоит из электромагнита 1; подвижной рамки 13; алюминиевого диска 9, укрепленного вместе с червяком 12 на оси, стальной скобы 5, укрепленной на рамке; зубчатого сектора (сегмента) 11; тормозного постоянного магнита 10; винта регулировки уставки выдержки времени 16 с движком шкалы уставок времени 14; пружины 6, удерживающей рамку в начальном положении; винтов 4 и 8 для регулирования угла поворота рамки.

Электромагнитный элемент, представляющий собой токовое реле мгновенного действия, состоит из стального якоря 19 с укрепленным на нем коромыслом 15 для поворота якоря; регулировочного винта отсечки 18 со шкалой.

Кроме того, общими для обоих элементов являются: обмотка 22 с ответвлениями, выведенными на контактную колодку 20 с двумя контактными винтами 21; контакты реле 17 и механический указатель (флажок) срабатывания, который на рис. а, не показан.

При прохождении тока по обмотке реле в зазоре между полюсами создаются магнитные потоки, сдвинутые в пространстве и по фазе (за счет наличия на части полюса короткозамкнутого витка), которые пронизывают находящийся в зазоре диск и создают на нем вращающийся момент, рис. 8.5, б. При токе, равном 20...30% тока срабатывания, диск начинает вращаться и вращать укрепленный на его оси червяк 12. Но так как рамка 13 оттянута пружиной в крайнее положение, то червяк не входит в зацепление с зубчатым сектором.

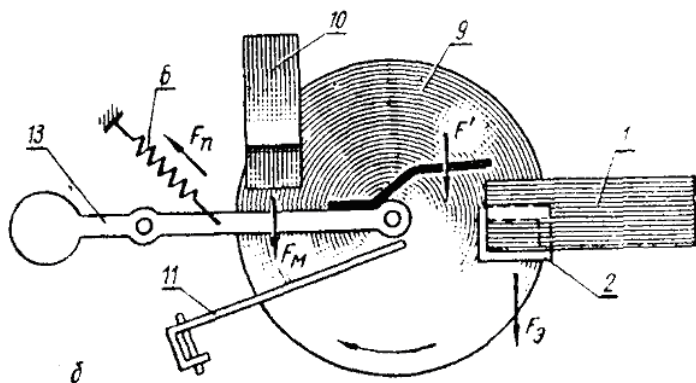
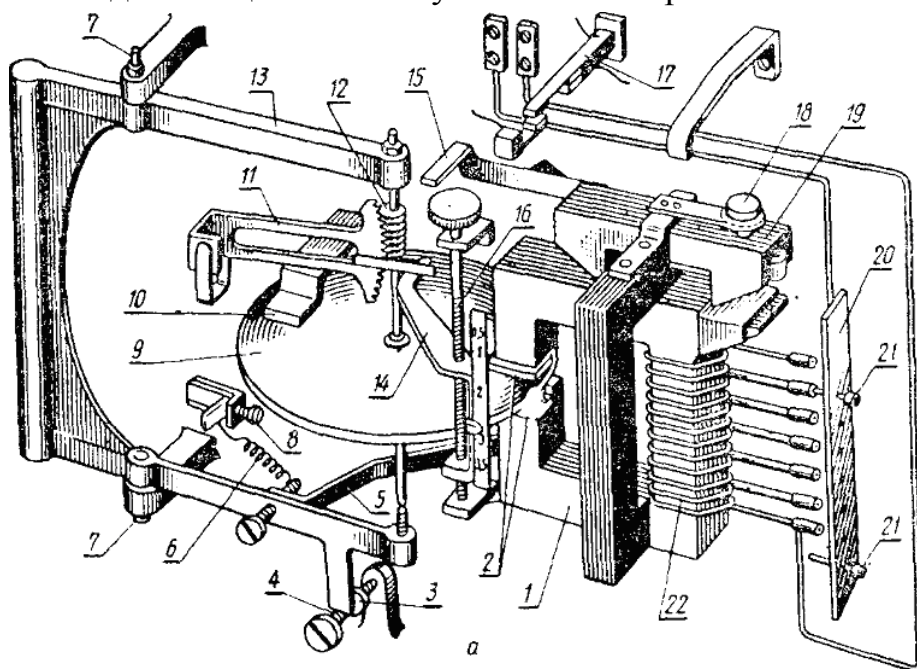


Рис. Реле серии РТ-80

При определенном значении тока в реле суммарная сила, воздействующая на диск и через него на рамку, превысит силу пружины 6. В этот момент рамка с

диском повернется, и червяк войдет в зацепление с зубчатым сектором, который начинает подниматься.

Наименьшей ток, при котором происходит зацепление червяка с зубчатым сектором, называется током срабатывания индукционного элемента реле.

По истечении некоторого времени сектор упирается своим рычагом в коромысло якоря, поворачивая его. Правый конец якоря при этом опускается и притягивается к магнитопроводу, а своим левым концом замыкает (или размыкает) контакты реле.

Скорость вращения диска зависит от протекающего по обмотке тока, то есть реле имеет зависимость от тока характеристику времени срабатывания. При увеличении тока в обмотке реле до 6-8-кратного значения от тока срабатывания реле, наступает насыщение стали электромагнита, вследствие чего при дальнейшем увеличении тока магнитный поток остается почти неизменным и реле работает с одним и тем же временем. При этом зависимая часть характеристики переходит в независимую.

Если к обмотке реле подвести сразу большой ток, достаточный для притягивания якоря электромагнитного элемента к магнитопроводу, то реле будет срабатывать без выдержки времени мгновенно. Таким образом, электромагнитный элемент может действовать как совместно с индукционным элементом, так и самостоятельно, отсекая часть характеристики при больших токах. Поэтому электромагнитный элемент называется отсечкой. Ток срабатывания отсечки регулируется путем изменения числа витков обмотки (одновременно с индукционным элементом) и, кроме того, с помощью регулировочного винта 18.

Реле типа РТ-90 имеет характеристику времени срабатывания, мало зависящую от тока, ее независимая часть начинается примерно при 3-4-кратном токе срабатывания. Реле типов РТ-85, РТ-86 и РТ-95 имеют контакты специальной усиленной конструкции и предназначены для выполнения защиты на оперативном переменном токе. Контакты этих реле рассчитаны на шунтирование и дешунтирование цепи отключающей катушки с сопротивлением до 4,5 Ом при токе до 150 А. Уставку кратности отсечки, нанесенную на регулировочном винте, изменяющим зазор между якорем и электромагнитом, регулируют в пределах от 2

$$K_{отс} = \frac{I_{с.отс}}{I_y}$$

до 8:

Уставку выдержки времени t_y , отсчитываемую по независимой части характеристики реле, наносят на шкале времени и регулируют винтам 16, изменяющим величину перемещения сегмента с рычагом, вызывающим замыкание (или размыкание) контактов реле.

Выдержка времени реле зависит от трех факторов: от уставки выдержки времени, уставки тока и силы тока, действительно протекающего в обмотке реле. На

табличке реле нанесены две крайние характеристики, соответствующие минимальной и максимальной уставкам выдержки времени. Коэффициент возврата реле (для элемента с выдержкой времени) не менее 0,8. Благодаря универсальности реле серии РТ-80, включающего в себя мгновенное токовое реле, реле с выдержкой времени, не требующего промежуточных реле для усиления контактов, оно очень широко применяется в схемах защит систем сельского электроснабжения.

Реле времени типа ЭВ-200

Реле времени предназначены для замедления действия релейной защиты, т. е. для создания выдержки времени. В нашей стране получили широкое распространение и изготавливаются промышленностью реле времени с часовыми механизмами для работы на постоянном (реле серии ЭВ-100) и переменном (реле серии ЭВ-200) оперативном токе. Основными элементами этих реле являются электромагнит и специальный часовой механизм, с помощью которого создается требуемая выдержка времени. Устройство реле времени типов ЭВ-100 и ЭВ-200 показано на рис. 8.6. При отсутствии тока в обмотке катушки 1, якорь 3, под действием возвратной пружины 4, поднимает заводной рычаг 9 часового механизма вверх до упора. При этом зубчатый сектор 10 покачивает шестерню 11 и устанавливает подвижный контакт 12 в начальное положение, одновременно растягивается рабочая пружина 15-часового механизма.

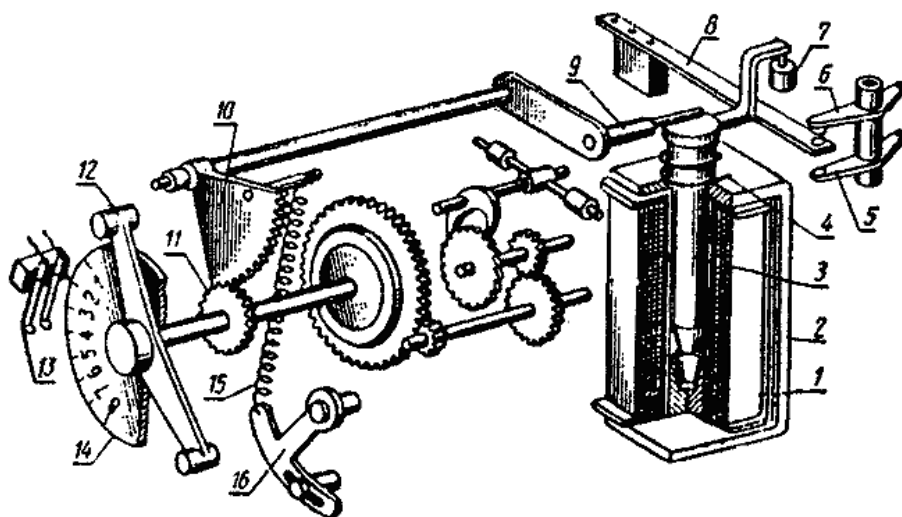


Рис. Устройство реле времени типов ЭВ-100 и ЭВ-200

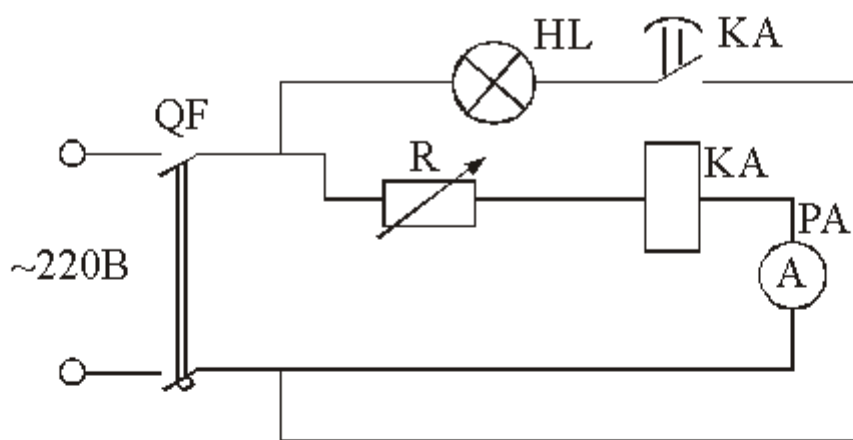
При прохождении тока в обмотке якорь 3 втягивается, освобождает рычаг 9, и под действием рабочей пружины 15, выходной вал часового механизма вместе с подвижным контактом 12, начинает поворачиваться до замыкания неподвижного контакта 13. Последним производится изменение уставки выдержки времени, закрепляя его на шкале на разном расстоянии от подвижного контакта. Реле имеют также проскальзывающие контакты 5, 6 и замыкающиеся мгновенно.

Реле серии ЭВ-200 используют в схемах релейной защиты и автоматики на переменном оперативном токе для создания выдержки времени при срабатывании (ЭВ-217, ЭВ-227, ЭВ-237, ЭВ-247) или при возврате из-за исчезновения напряжения в контролируемой цепи (ЭВ-215...ЭВ-245).

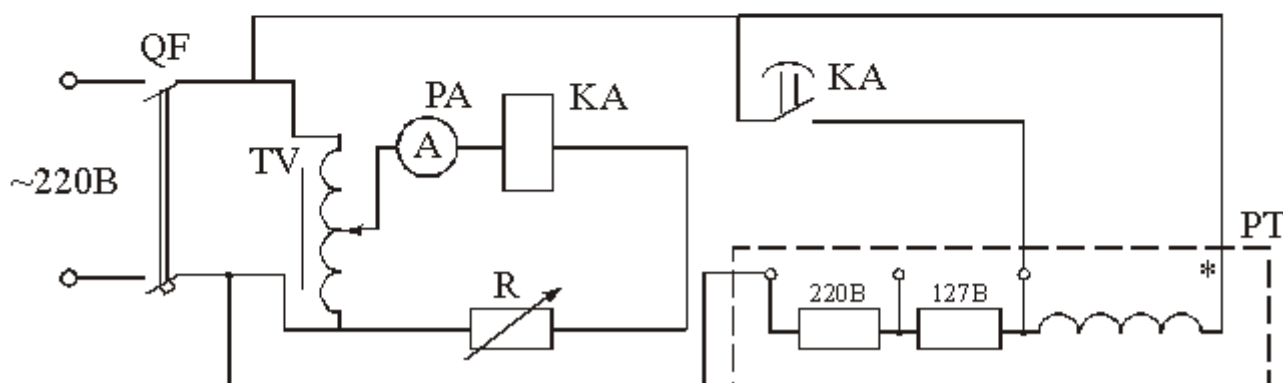
Реле этой серии отличаются от реле серии ЭВ-100 только конструкцией электромагнита, который набирается из листовой стали, и тем, что на его полюсах размещаются короткозамкнутые витки для предотвращения вибрации.

Указания к выполнению работы

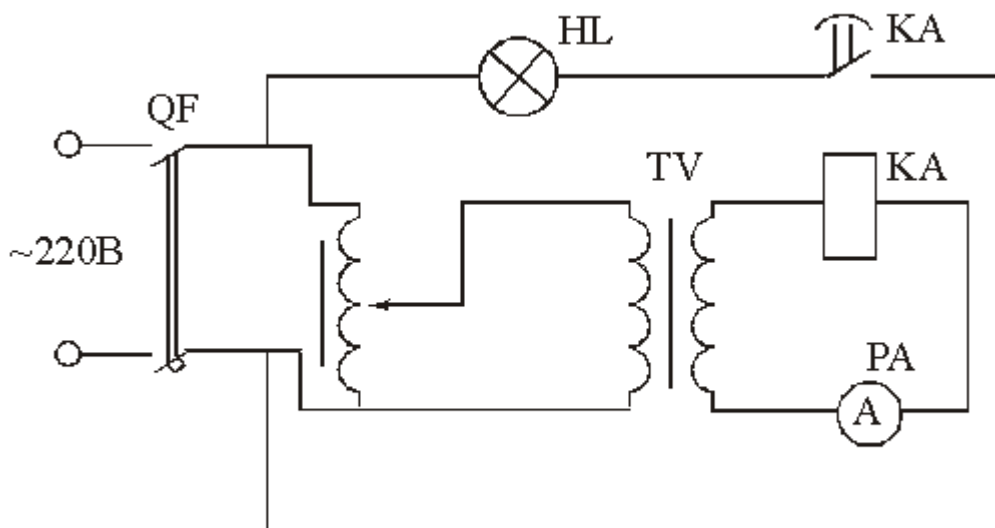
1. Записать основные технические (паспортные) данные используемых в работе реле, приборов и аппаратуры управления



а



б



б

Рис. Схемы для испытания реле РТ-83

2. Изучить принцип действия и конструкцию реле РТ-83 и реле времени ЭВ-237, представленных на стенде. Изучить принцип действия и устройство реле тока типа РТ-83, обратив внимание на магнитную систему, короткозамкнутые витки, диск, подвижную рамку, зубчатый сегмент якорь электромагнита мгновенного действия, контакты реле устройства для регулировки времени действия и тока срабатывания, винт регулировки отсечки.

Ознакомиться с принципом действия и конструкцией реле типа ЭВ-237.

3. Ознакомиться со схемами внутренних соединений реле.

4. Проверить шкалу токов срабатывания индукционного элемента реле типа РТ-83 и шкалу кратностей отсечки реле, снять временные характеристики реле – время срабатывания реле в функции от тока в обмотке реле при заданной уставке выдержки времени и неизменной уставке тока.

Для элемента с выдержкой времени собрать схему испытания реле РТ-80, (рис. а). Проконтролировать токи срабатывания и возврата индукционного реле на всех уставках. Определить коэффициенты возврата. На одной из уставок проверить ток начала работы реле. (Поставить уставку тока при плавном увеличении тока от нуля определить ток, при котором срабатывает реле, когда червяк входит в зацепление с зубчатым сегментом). Результаты измерений записать в таблицу 1.

Собрать схему рис. б. При минимальной уставке снять характеристику зависимости времени срабатывания от тока реле, снять 5-6 точек (после каждого срабатывания поднимать блинкер, на отсечке поставить максимальную уставку). Результаты измерений записать в таблицу 2.

Таблица 1. Проверка шкалы токов срабатывания и возврата индукционного элемента

Уставка на реле					
Ток срабатывания реле					
Ток возврата					
Коэффициент возврата					

Собрать схему рис. в. Установить максимальное время уставки. Проверить ток срабатывания электромагнитного элемента. Результаты измерений записать в таблицу 3.

Таблица 2. Временные характеристики реле РТ-83

Ток в обмотке I_p , А	$1,5 I_y$	$2 I_y$	$3 I_y$	$4 I_y$	$5 I_y$
t_y , С					

Таблица 3. Проверка токов срабатывания отсечки при $I_{y \min} = A$, $t_y = C$

Кратность отсечки				
Ток срабатывания отсечки				

5. Провести испытания реле времени ЭВ-237. Определить напряжение срабатывания и проверить шкалу уставок выдержки времени.

Собрать схему испытания реле времени типа ЭВ-237 (рис.).

Определить напряжения срабатывания реле, т.е. минимальное напряжение, при котором якорь реле четко до упора втягивается в катушку, (напряжение срабатывания определяется при подаче на обмотку реле напряжения толчком); плавно уменьшая напряжение, определить значение напряжения возврата реле. Полученное значение напряжения срабатывания не должно превышать $0,7 \times U_{\text{ном}}$. Напряжение возврата должно быть не менее $0,05 U_{\text{ном}}$.

Проверить время срабатывания на наибольшей, наименьшей и рабочей (заданной преподавателем) уставках по шкале при номинальном напряжении на обмотке. На каждой уставке следует производить не менее пяти измерений, полученные результаты испытаний записать в таблицу 8.8. Подсчитать абсолютные значения разброса и отклонения от уставки, сравнить полученные результаты с техническими данными в справочной литературе.

Разброс точек срабатывания определяется:

$$t\% = \frac{t_{\text{ср}} - t_y}{t_y} \cdot 100\%.$$

Сделайте вывод по работе, проанализируйте результаты испытаний реле РТ-80 и РВ-237. Сделайте выводы о влиянии регулирования отдельных уставок на другие параметры реле.

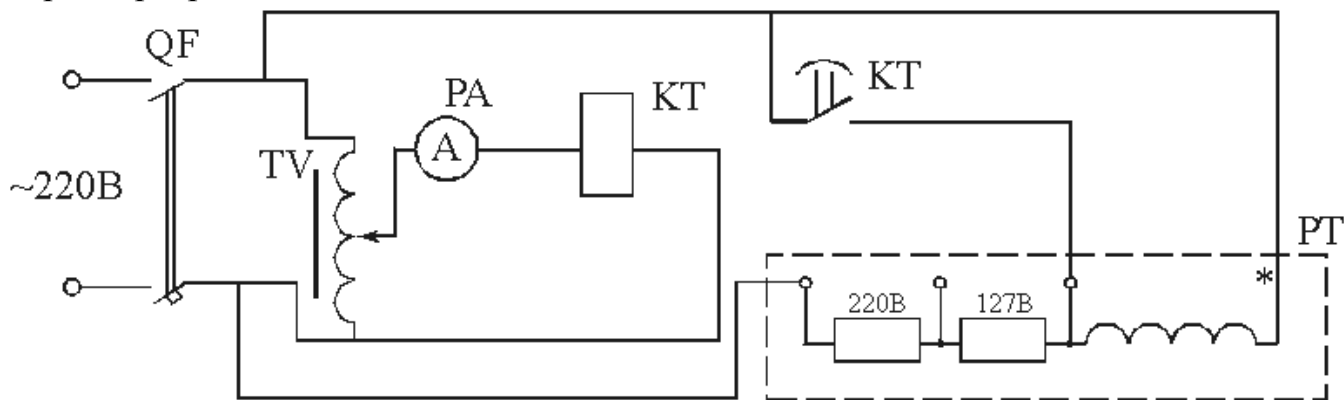


Рис. Схема испытаний реле времени

Таблица 4

Результаты испытания реле времени

Уставка по шкале	Измерения						Расчеты	
	t ₁ , с	t ₂ , с	t ₃ , с	t ₄ , с	t ₅ , с	t _{ср} , с	Разброс, с	Отклонение от уставки
Максимальная								
Минимальная								
Рабочая								

Оформление отчета

1. Цель работы.
2. Записать характеристику используемых в работе реле.
3. Начертить схемы испытания реле.
4. Заполнить таблицы с результатами испытаний.
5. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы:

1. Поясните принцип действия индукционных реле.
2. Назовите основные элементы реле тока типа РТ-80.
3. Что такое независимая, ограниченно зависимая и зависимая характеристика реле?
4. Объясните, как получается ограниченно зависимая характеристика реле РТ-80.
5. Объясните действие токовой отсечки в реле РТ-80.
6. Как регулируются параметры срабатывания реле РТ-80 в зависимой и независимой частях характеристик?
7. Как производится изменение тока срабатывания токовой отсечки реле?
8. Как производится регулирование выдержки времени у реле типа ЭВ-200?
9. В чем отличие реле РТ-81...РТ83 от РТ-85...РТ-86?

Тест для самопроверки

1. Основные требования, предъявляемые к релейной защите:

- ☐ Селективность; Быстродействие; Чувствительность; Надежность;
- ☐ Селективность; Быстродействие; Чувствительность; Избирательность;
- ☐ Чувствительность; Надежность; Быстродействие; Механическая прочность;
- ☐ Быстродействие; Чувствительность; Теплостойкость; Долговечность;
- ☐ Чувствительность; Быстродействие; Теплостойкость; Дистанционность.

2. У реле минимального действия коэффициент возврата:

- ☐ 1;
- ☐ < 1 ;
- ☐ $= 1$;
- ☐ больше или равен 1;
- ☐ меньше или равен 1.

3. Что является пусковым органом у большинства схем АВР?

- ☐ Реле тока.
- ☐ Реле времени.
- ☐ Промежуточное реле однократного действия.
- ☐ Реле минимального напряжения.
- ☐ Реле сопротивления.

4. Устройства АЧР предназначены для:

- ☐ Автоматического регулирования генераторного напряжения;
- ☐ Автоматического подключения части электроприёмников к энергосистеме.
- ☐ Автоматического отключения части электроприёмников от энергосистемы.
- ☐ Автоматической форсировки возбуждения генератора.
- ☐ Автоматического гашения поля генератора.

5. Какие защиты обладают абсолютной селективностью?

- ☐ Защиты без выдержки времени.
- ☐ Защиты с независимой выдержкой времени.
- ☐ Защиты, имеющие ограниченно-зависимую характеристику.
- ☐ Защиты, устанавливаемые в центре питания.
- ☐ Ответы 3) и 4).

6. В релейной защите сельскохозяйственных установок преимущественно используется реле:

- ☐ Электромагнитные.
- ☐ Тепловые.

- ☐ Полупроводниковые.
- ☐ Электромагнитные и индукционные.
- ☐ Индукционные.

7. Токовая направленная защита применяется в качестве основной для защиты:

- ☐ Радиальных сетей с односторонним питанием.
- ☐ Сетей с двухсторонним питанием.
- ☐ Замкнутых электрических сетей с несколькими источниками питания.
- ☐ Сборных шин подстанций.
- ☐ Пунктов секционирования.

8. Максимальной токовой защитой с независимой выдержкой времени называется защита, у которой время срабатывания не зависит:

- ☐ От выдержки времени.
- ☐ От величины тока КЗ.
- ☐ От уставки срабатывания промежуточного реле.
- ☐ От режима заземления нейтрали сети.
- ☐ От уставки срабатывания реле времени.

9. Что называется коэффициентом возврата реле?

- ☐ Отношение параметра срабатывания к параметру возврата.
- ☐ Отношение параметра возврата к параметру срабатывания.
- ☐ Отношение параметра срабатывания к номинальному значению воздействующей величины.
- ☐ Отношение параметра возврата к номинальному значению воздействующей величины.

- ☐ Отношение параметра возврата к среднему значению воздействующей величины.

10. Оперативным током называется ток, питающий:

- ☐ Цепи управления.
- ☐ Релейной защиты.
- ☐ Сигнализации и телемеханики.
- ☐ Цепи управления выключателями.
- ☐ Ответы 1, 2, 3, 4.

вопрос	ответ	вопрос	ответ	вопрос	ответ	вопрос	ответ	вопрос	ответ
1	1	3	4	5	2	7	2	9	2
2	2	4	3	6	4	8	2	10	5

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 44

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение управления, защиты, сигнализации на постоянном оперативном токе.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить устройство и применение схем управления, защиты, сигнализации на постоянном оперативном токе; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие сведения

Дистанционное управление и контроль предполагают наличие различной сигнализации. Эта сигнализация позволяет дежурному, который находится на щите управления и не видит обслуживаемые объекты, легко ориентироваться в изменениях режима их работы и быстро принимать нужные меры. В зависимости от назначения различают следующие виды сигнализации:

1. Сигнализация положения - указывает персоналу положение выключателей и других аппаратов, контролируемых со щита управления. Сигнализация положения выключателей выполняется при помощи сигнальных ламп, которые встраиваются в мнемоническую схему;

2. Аварийная сигнализация - извещает персонал об аварийном отключении выключателя от релейной защиты. Принцип действия аварийной сигнализации основан на несоответствии между положением выключателя и положением его ключа управления (КУ). Для аварийной сигнализации на щите управления предусматривается один общий звуковой сигнал (сирена), привлекающий внимание персонала, и индивидуальные световые сигналы (мигающий свет сигнальных ламп

положения выключателя), указывающий, какой именно выключатель автоматически отключился;

3. Предупреждающая сигнализация - извещает персонал о возникновении ненормального нежима работы контролируемых объектов и частей электроустановки (перегрузка генераторов и трансформаторов, опасное повышение температуры масла трансформаторов, замыкание на землю в сети с изолированной нейтрально и т.д.) или о ненормальном состоянии вторичных цепей (нарушение нормальной изоляции или целостности цепей, исчезновение или понижение напряжения питания и т.д.). Предупреждающая сигнализация приводится в действие от индивидуальных контролирующих элементов - реле, контактных термометров и т.п. При этом появляется звуковой сигнал (звонок) и индивидуальный световой сигнал (загорается табло на щите управления).

Звуковой сигнал аварийной и предупреждающей сигнализации обычно имеют центральный съём (т.е. дежурный сразу снимает звуковой сигнал нажатием специальной кнопки, расположенной на центральной панели). Индивидуальный световой сигнал аварийной сигнализации (т.е. мигание сигнальных ламп положения выключателя) прекращается переводом КУ в положение "отключено" (эта операция называется квитированием сигнала). Индивидуальный световой сигнал, предупреждающей сигнализации (световое табло) горят до устранения ненормального режима.

Кроме перечисленных трех видов сигнализации, имеются еще следующие:

4. Напоминающая сигнализация - напоминает персоналу о необходимости ознакомиться с тем, какие указательные реле защиты и автоматики сработали при данном ненормальном или аварийном режиме. Для этого на щите управления загорается табло "блнкер не поднят»;

5. Командная сигнализация - связывает щит управления с ответственными рабочими местами и позволяет дежурному щита быстро передать наиболее важные распоряжения и получить извещение об их выполнении;

6. Сигнализации вызова – приглашает персонал в помещения вспомогательных цехов, работающих без постоянного дежурного персонала, где произошло нарушение нормального состояния устройств.

Работа схемы центральной сигнализации

В схеме центральной сигнализации данной лабораторной работы аварийная и предупреждающая сигнализации имеют общий звуковой сигнал (звонок). Схема выполнена с повторностью действия, т.е. если после снятия звукового сигнала сразу же возникает еще один ненормальный режим или аварийно отключается еще один выключатель, то снова появляется звуковой сигнал.

I. Схема образования шинок сигнализации и контроль исправности цепей

Питание центральной сигнализации осуществляется двумя кабелями ЦС-1 и ЦС-2 от щита постоянного тока (ЩПТ). ЦС-1 является рабочим кабелем, ЦС-2 - резервным. Поэтому рубильник 1Р постоянно включен, а рубильник 2Р - включается только на период отсутствия напряжения в кабеле ЦС-1.

Контроль наличия напряжения в схеме центральной сигнализации осуществляется с помощью реле напряжения РК и 1РК. Эта сигнализация запитывается через контакты реле 1РК от обоих кабелей. Причем катушка 1РК запитана от кабеля ЦС-1 и питание сигнализации осуществляется через его нормально разомкнутые контакты этим же напряжением. При исчезновении напряжения на центральной сигнализации, реле РК замыкает свои нормально замкнутые контакты и включает звуковую (звонок ЗВ) и световую (световое табло СТ) сигнализацию через нормально замкнутые контакты 1РК на напряжение кабеля ЦС-2. Таким образом, осуществляется оповещение дежурного на щите об отсутствии напряжения на центральной сигнализации.

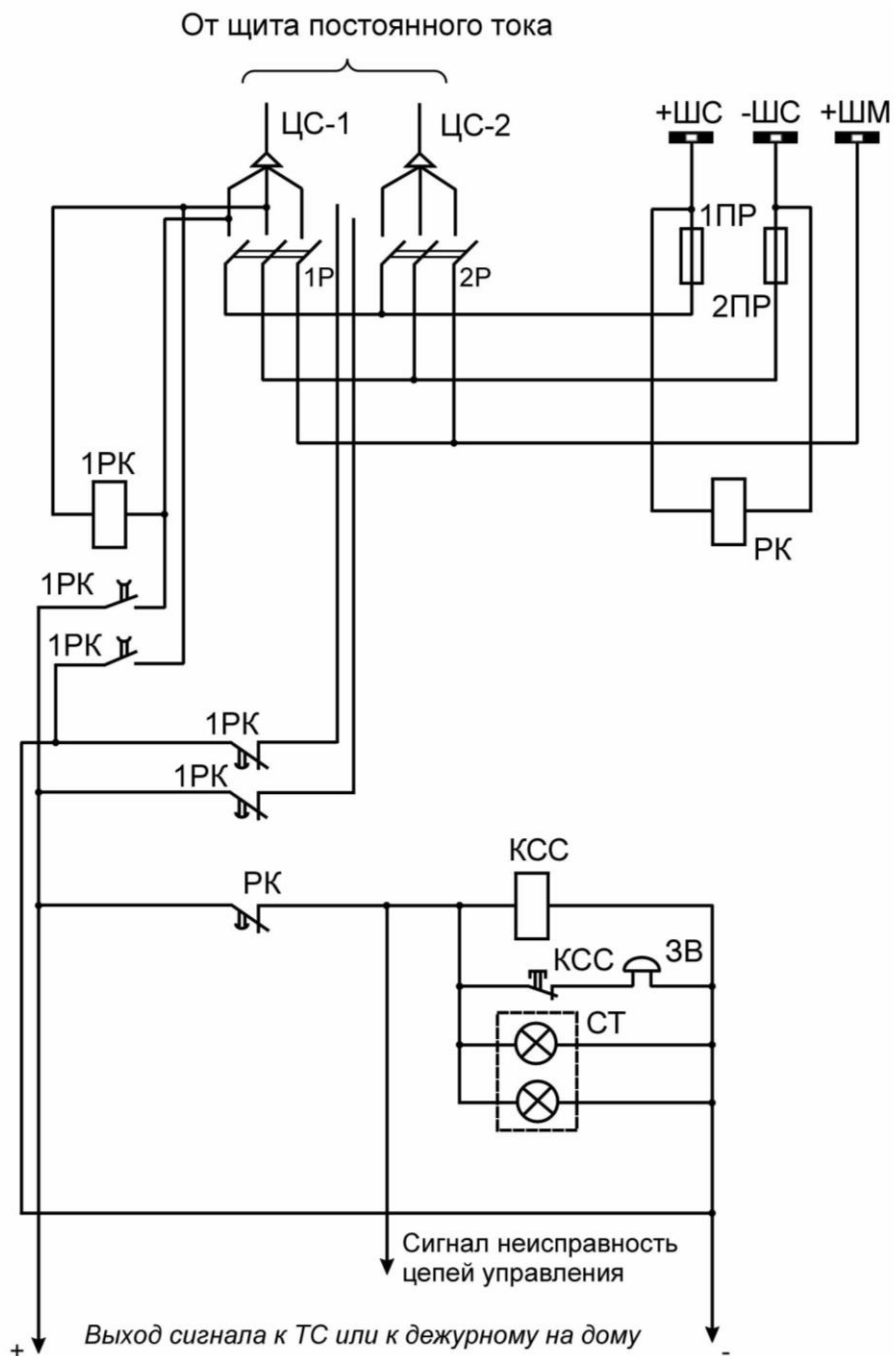


Рис. 1 Схема образования шинки сигнализации и контроль исправности цепей

Дежурный выясняет причину отсутствия напряжения и либо заменяет предохранители 1ПР, 2ПР, либо отключает рубильник 1Р и включает рубильник 2Р (если произошла потеря напряжения по причине повреждения кабеля ЦС-1). На некоторых подстанциях дежурство осуществляется на дому. Для этого, чтобы вывести местную сигнализацию (на щите) переключают ключ ПС (переключатель сигнализации, в данной схеме он не показан) при уходе дежурного на дом.

Питание центральной сигнализации осуществляется со щита постоянного тока трехжильным кабелем. По двум жилам приходят «+» и «-» питающего напряжения на шинки ШС, по третьей жиле приходит напряжение от устройства мигающего света. Шинки сигнализации +ШС и -ШС образуется после рубильников и

предохранителей 1ПР и 2ПР. Предохранители шинки мигающего света (ШМ) расположены на щите постоянного тока, а шинки сигнализации (ШС) на щите центральной сигнализации.

2. Схема образования центрального сигнала

Центральная сигнализация электрических станции и подстанции выполняется с повторностью действия, т.е. должна позволять осуществлять прием многих сигналов подряд. Для этого в схеме центральной сигнализации применяется специальное реле импульсной сигнализации РИС. Реле РИС состоит из: импульсивного трансформатора ТР, двух транзисторов Т-1 и Т-2 и поляризованного сигнального реле РС, а также делителя напряжения выполненного на резисторах. Делитель напряжения необходим для питания транзисторов напряжением 10 В, в то время как напряжения сигнализации составляет 220 В (или 110 В).

Трансформатор ТР состоит из одной первичной обмотки и двух вторичных. Первичная обмотка включается к шинке звуковой сигнализации (ШЗС). ШЗС собирает все сигналы, получаемые с контролируемых объектов. Таким образом, через первичную обмотку ТР проходит суммарный ток сигналов.

Рассмотрим работу схемы при аварийном отключении выключателя, т.е. отключении его релейной защитой. При этом возникает цепь несоответствия: реле фиксации включенного положения выключателя РФ оставляет контакты замкнутыми, а реле положения отключено РПО также замыкает контакты. Образуется следующая цепь: (+ШС) – РПО - РФ - 1С – ШЭС - первичная обмотка ТР – (-ШС).

Первичная обмотка ТР имеет малое сопротивление, поэтому ток в цепи определяется величиной сопротивления 1С и составляет около 100,0 мА.

При замыкании цепи несоответствия в первичной обмотке ТР происходит изменение тока от I_1 до I_2 ($I_2 - I_1 = 100 \text{ мА}$). Изменение тока в первичной обмотке ТР вызывает изменение магнитного потока в его сердечнике и кратковременное (импульсное) наведение ЭДС во вторичной обмотке ТР. Причем это напряжение минусом прикладывается к базе транзистора Т-2. Транзистор Т-2 открывается, ток через него увеличивается и записывает правую обмотку поляризованного реле РС. При этом РС срабатывает и замыкает свой контакт, затем срабатывает выходное реле 1РП.

1РП контактами 7-8 образует цепь питания реле 2 РП. 2 РП контактами 9-10 записывает ревун РЕВ (который осуществляет звуковой сигнал) и реле ограничения длительности сигнала РВ. С помощью контакта 7-8 2РП встает на самоудержание через кнопку центрального съема сигнала КЦС.

Одновременно 1РП контактами 9-10 и 2РП контактами 5-6 создает цепь возврата реле РС, запитав его левую обмотку. Его контакт размыкается и 1РП возвращается в исходное состояние.

Звуковой сигнал снимается либо вручную, нажатием на кнопку КЦС, либо автоматически, при замыкании контактов реле ограничения длительность сигнала РВ. Последнее имеет выдержку времени 6-8 сек., и если за это время сигнал не снят дежурным вручную, то контакт 3-5 реле РВ шунтирует катушку 2РП. 2РП при этом теряет питание размыкает все свои контакты, обеспечивая отключения ревуна РЕВ, возврат реле РВ и самого себя.

Звуковой сигнал снимается также при квитировании ключа управления. При этом контактами РФ размыкается цепь несоответствия и во вторичную обмотку ТР трансформируется импульс обратной полярности, который открывает транзистор Т-1, что вызывает возврат реле РС в исходное положение.

Реле РИС обеспечивает возможность подачи повторного сигнала, если до квитирования ключа управления первого включателя также аварийно отключается второй и т.д. Новая цепь несоответствия подключается параллельно первой, что приводит к возрастанию тока в обмотке Тр. Импульс переходного процесса трансформируется во вторичную обмотку, обуславливая новый запуск реле РС, и т.д.

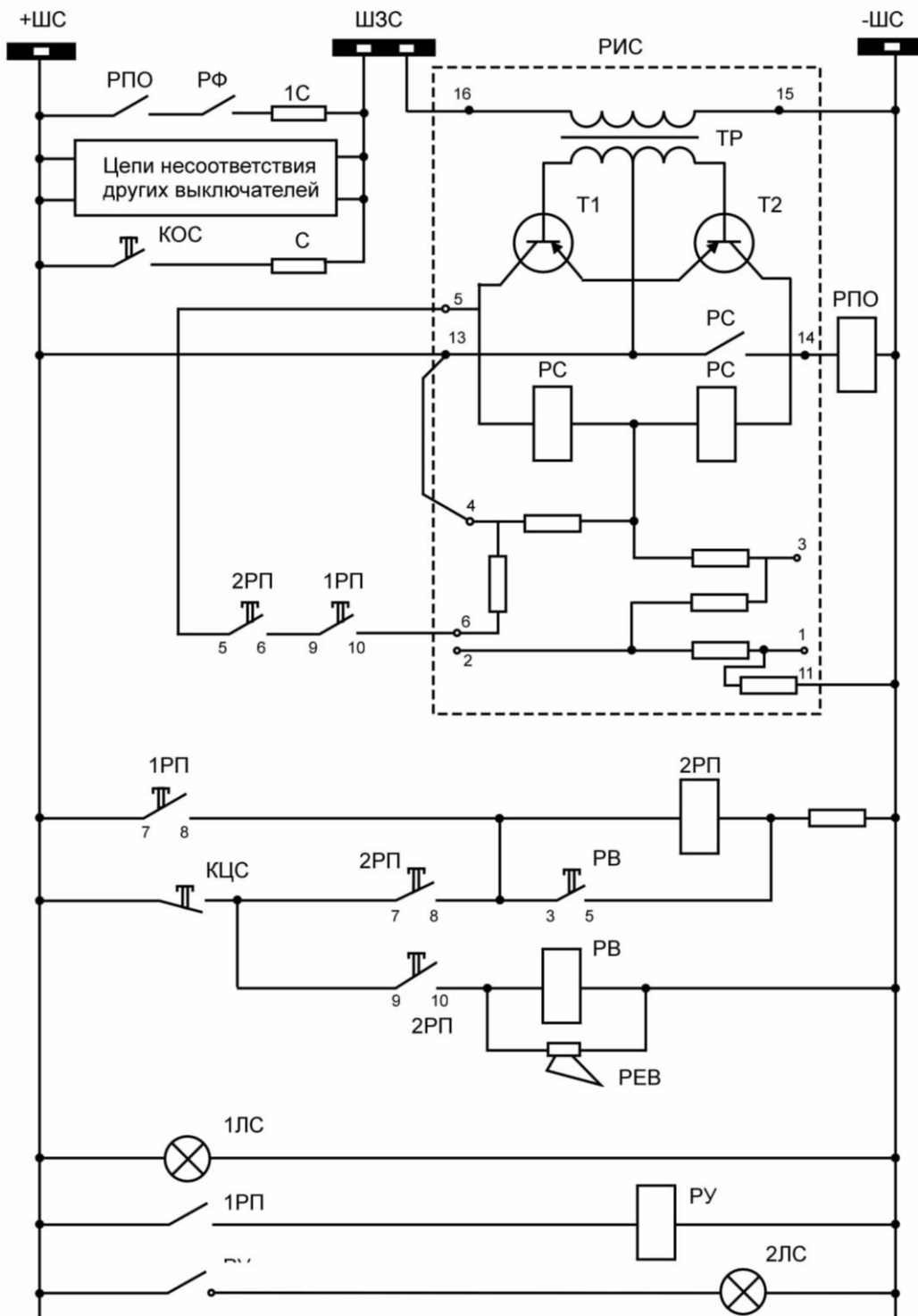


Рис.2 Схема образования центрального сигнала

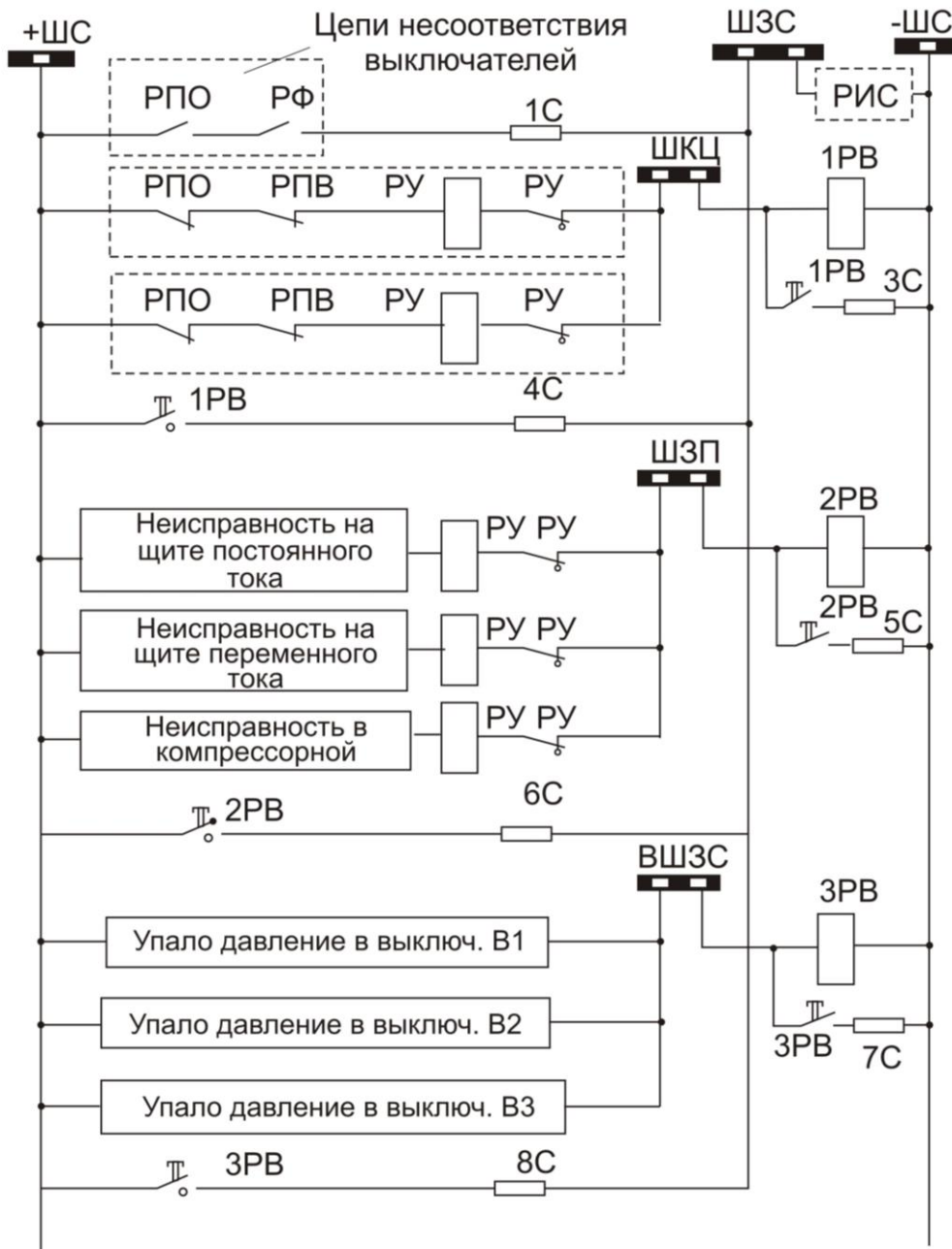


Рис.3 Схема сбора сигналов

Первичная обмотка ТР рассчитана на ток до 3 А, поэтому количество принятых сигналов может достигать 30. Для опробования звуковой сигнализации параллельно цепям несоответствия подключена кнопка опробования сигнала КОС (последовательно с сопротивлением). Световая сигнализация осуществляется с помощью лампы 2ЛС, запитанной через контакты реле РУ.

3. Схема сбора сигналов

Кроме основной шинки звуковой сигнализации ШЗС, которая передает сигнал в случае прихода аварийного сигнала (через цепи несоответствия выключателей) имеется ещё ряд шинок, которые передают сигнал с задержкой. Если сигнал кратковременный, то на центральную сигнализацию он не проходит. К таким

сигналам можно отнести временное понижение давления в воздушных включателях, кратковременные повреждения на щитах постоянного и переменного тока, в компрессорной и т.д.

Кроме того, эти шинки позволяют собирать сигналы, а на центральную сигнализацию подавать кратковременный сигнал только при появлении неисправности.

Рассмотрим конкретно назначение каждой вспомогательной шинки.

ШКЦ – шинка контроля цепей. Контролирует целостность цепей включения и отключения в схемах управления выключателями, а также наличие там оперативного напряжения. Работает следующим образом: при появлении неисправности одновременно теряют питание реле РПО и РПВ, при этом их нормальнозамкнутые контакты создают цепь через блинкер РУ и шинку ШКЦ.

От ШКЦ питается реле времени 1РВ. Реле запускается и своим проскальзывающим контактом создает кратковременный импульс на шинку ШЗС, которая через РИС выдает центральный сигнал, а реле времени 1РВ своим упорным контактом создает цепь через сопротивление ЗС параллельно катушке 1РВ. Ток в цепи блинкера РУ увеличивается и РУ срабатывает, после чего нормально замкнутый контакт блинкера разрывает эту цепь. Схема готова к приему следующего сигнала.

Таким образом, при появлении неисправностей прозвучит центральный сигнал, а по блинкеру РУ дежурный находит конкретную неисправность. Аналогичным образом работают и другие вспомогательные шинки центральной сигнализации.

Программа работы

1. Изучить схему центральной сигнализации.
2. Проверить работу сигнализации при потере напряжения питания на шинках сигнализации.
3. Опробовать работу звуковой сигнализации кнопкой КОС.
4. Определить ток срабатывания реле импульсной сигнализации РИС.
5. Опробовать действие аварийной и предупредительной сигнализации.

Содержание отчета

В отчете привести принципиальную схему центральной сигнализации и краткое описание ее работы.

Контрольные вопросы

1. Какие виды сигнализации различают в зависимости от назначения?
2. Каким образом контролируется наличие напряжения в схеме центральной сигнализации?

3. Как устроено реле импульсной сигнализации РИС?
4. Каким образом выполняется повторность действия центральной сигнализации?
5. Как осуществляется автоматический съём звукового сигнала в схеме?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 45

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Изучение схем автоматического включения резерва.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить устройство и применение схем автоматического включения резерва; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие сведения

Для повышения надежности электроснабжения потребителей их питание осуществляется одновременно от двух и более источников (линий, трансформаторов), поскольку аварийное отключение одного из них не приводит к нарушению электроснабжения потребителей. Несмотря на эти преимущества многостороннего питания потребителей, большое количество подстанций, имеющих два и более источников питания, работают по схеме одностороннего питания. Одностороннее питание имеют также секции собственных нужд электростанций. Применение схемы одностороннего питания позволяет снизить значение токов КЗ, уменьшить потери электроэнергии в питающих трансформаторах, упростить релейную защиту, создать необходимый режим по напряжению и т.п. Используются две основные схемы одностороннего питания потребителей при наличии двух источников питания.

На рисунке 2.1, а, б, г один источник включен и питает потребителей, а второй отключен и находится в резерве. В соответствии с этим первый источник называется рабочим, а второй – резервным. На рисунке 2.1, в все источники нормально включены, но работают раздельно на выделенных потребителях. Деление осуществляется с помощью секционного выключателя.

Недостатком одностороннего питания является то, что аварийное отключение рабочего источника приводит к прекращению питания потребителей. Этот

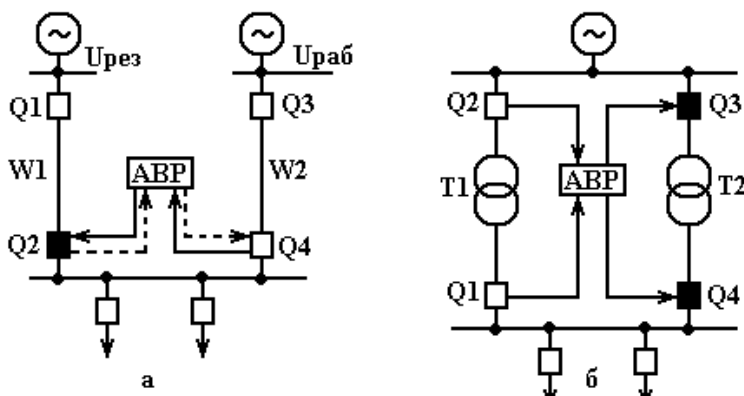
недостаток устраняется автоматическим включением резервного источника или выключателя, на котором осуществлено деление сети. Автоматическая операция в последнем случае называется автоматическим включением резервного питания – АВР.

Опыт эксплуатации показывает, что АВР является очень эффективным средством повышения надежности электроснабжения. Успешность АВР составляет 90 – 95%. Простота схем и высокая эффективность обусловили широкое применение АВР на электростанциях и в электрических сетях.

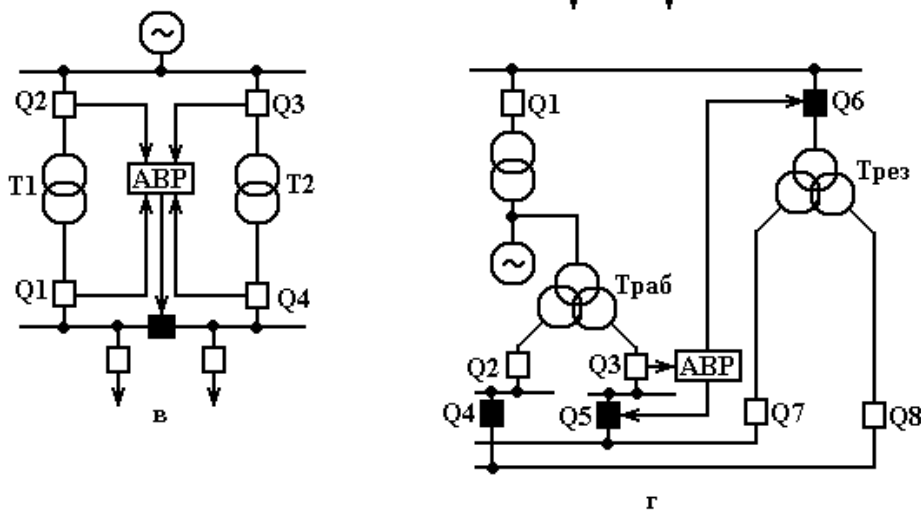
Устройства АВР предназначены для переключения потребителя на резервный источник питания при неисправности основного (рабочего) по возможности так, чтобы технологический процесс потребителя при этом не пострадал.

Классификация УАВР производится:

- по типу элементов питания (АВР линий, трансформаторов, собственных нужд и т.д.);



Рисун



- по направленности действия (одно- и многосторонние). УАВР одностороннего действия производят переключение потребителя только в одном

направлении, например, всегда с первой линии на вторую, но не способны конструктивно совершить переключение со второй линии на первую;

- по характеру резерва (АВР с явным и неявным резервом). Питающий элемент относится к явному резерву, если до действия АВР он не нес никакой нагрузки;

- по виду оборудования (АВР на выключателях, отделителях, на постоянном или переменном оперативном токе);

- по способу возврата (АВР с ручным, телемеханическим и автоматическим возвратом первичной схемы к нормальному состоянию);

- по локальности размещения (местные и сетевые АВР). Местные АВР располагаются в пределах одной электроустановки, хотя может быть и на разных панелях.

К устройствам АВР предъявляются следующие требования:

1. Схема АВР должна приходить в действие при исчезновении напряжения на шинах потребителя по любой причине, в том числе при аварийном, ошибочном или самопроизвольном отключении выключателей рабочего источника питания, а также при исчезновении напряжения на шинах, от которых осуществляется питание рабочего источника. Включение резервного источника питания допускается также при КЗ на шинах потребителей, так как многие КЗ на шинах самоликвидирующиеся.

2. Для уменьшения длительности перерыва питания потребителей команда на включение выключателя резервного источника питания должна подаваться сразу же после отключения выключателя рабочего источника.

3. Действие АВР должно быть однократным, чтобы исключить многократное включение резервного источника питания на устойчивые КЗ.

4. Схема АВР не должна приходить в действие до полного отключения выключателя рабочего источника питания, чтобы избежать включения резервного источника на КЗ в неотключившемся рабочем источнике.

5. Для того чтобы схема АВР действовала при исчезновении напряжения на шинах, питающих рабочий источник, когда его выключатель остается включенным, схема АВР должна дополняться специальным пусковым органом минимального напряжения.

6. Для ускорения отключения резервного источника питания при его включении на неустранившееся КЗ должно предусматриваться ускорение релейной защиты резервного источника после АВР. Ускоренная защита обычно действует по цепи ускорения без выдержки времени.

Ускорение защиты в системе собственных нужд электростанций и подстанций, питающих большое число электродвигателей, осуществляется с выдержкой времени до 0,5 с.

Данная выдержка времени необходима, для исключения неправильного срабатывания ускоренной защиты в случае кратковременного замыкания контактов токовых реле в момент включения выключателя под действием толчка тока, обусловленного сдвигом по фазе между напряжением энергосистемы и затухающей ЭДС тормозящихся электродвигателей, который может достигать 180°.

Схемы устройств АВР

1. Схема АВР линии на постоянном оперативном токе

Схема устройства АВР линии одностороннего действия с явным резервом на постоянном оперативном токе приведена на рисунке 2.2. В нормальном режиме подстанция Б питается по рабочей линии W1 от подстанции А, выключатель Q3 отключен. Со стороны подстанции В линия W2 постоянно включена и находится под напряжением.

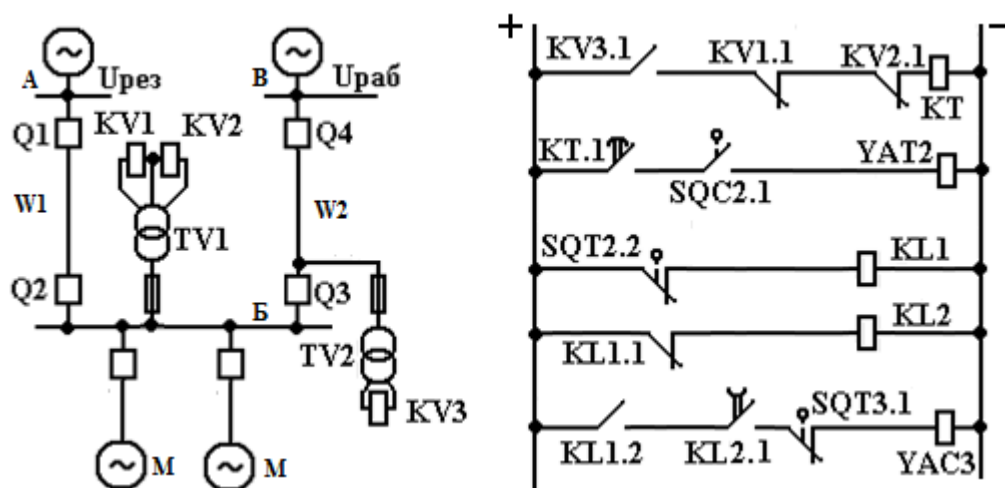


Рисунок АВР линии одностороннего действия

Пуск устройства АВР и подача сигнала на включение резервной линии (выключателя Q3) производится от блок-контактов выключателя Q2 рабочей линии W1. Для обеспечения действия устройства АВР в тех случаях, когда питание потребителей прекращается при включенном выключателе на вводе от рабочего источника (например, при повреждениях в питающей сети за пределами резервируемого объекта), в схеме предусматривается специальный пусковой орган минимального напряжения (ПОН). В задачу ПОН входит отключение выключателя Q2 рабочей линии при устойчивом исчезновении напряжения на шинах подстанции Б, после чего немедленно происходит включение резервной линии.

Для того, чтобы исключить многократное включение резервирующего выключателя на КЗ в рабочем источнике действием АВР, используется промежуточное реле однократности включения KL2 с задержкой на возврат. При отключении выключателя Q2 рабочей линии по любой причине реле KL2 обесточивается, но через замкнувшийся контакт реле KL1.2 и временно замкнутый контакт реле KL2.1 продолжает проходить сигнал на включение выключателя резервной линии. Выдержка времени на возврат реле KL2 должна быть достаточной для однократного надежного включения выключателя резервной линии.

В устройстве АВР применен ПОН с блокировкой по напряжению на резервной линии W2. Пусковой орган состоит из двух минимальных реле напряжения KV1 и KV2, определяющих исчезновение рабочего питания, контакты реле для надежности включены последовательно. Проверка наличия напряжения на

резервной линии осуществляется с помощью реле максимального напряжения KV3. Реле времени КТ необходимо для отстройки по времени ПОН от внешних коротких замыканий, отключаемых соответствующими защитами и не приводящих к полной потере рабочего питания.

При исчезновении напряжения на шинах подстанции Б срабатывают минимальные реле KV1 и KV2 и замыкают свои контакты KV1.1 и KV2.1 и при наличии напряжения на линии W2 (контакт блокирующего реле KV3.1 замкнут) пускают реле времени КТ, которое через заданную выдержку времени производит отключение выключателя Q2. Далее схема работает, как рассмотрено выше.

Эффективность работы устройства АВР определяется тем, как быстро после подачи напряжения будут достигнуты нормальные параметры производственного процесса. Это в свою очередь, зависит от времени КЗ, времени перерыва питания и от того, произойдет ли после восстановления питания самозапуск электродвигателей с достижением доаварийной производительности. При перерывах электропитания более 0,5 с, что имеет место при работе устройства АВР, асинхронные двигатели могут заметно затормозиться и даже остановиться.

При восстановлении напряжения двигатели начинают разворачиваться, потребляя при этом увеличенный ток самозапуска. В результате по питающим линиям, как правило, проходит ток, превосходящий нормальный. Увеличение тока оценивается коэффициентом пуска K_p , величина которого зависит от состава нагрузки и наличия у двигателей защиты, отключающей их при понижении напряжения. Защита минимального напряжения устанавливается на менее ответственных агрегатах, отключаемых для облегчения пуска двигателей ответственных механизмов, по условиям технологии или техники безопасности.

Длительность процесса самозапуска зависит от величины напряжения на зажимах двигателя после успешного действия АВР, момента сопротивления приводимого механизма и величины скольжения, до которой затормозился двигатель ко времени повторной подачи напряжения.

Если двигатель остановился, то после подачи напряжения он сможет развернуться и достичь нормального скольжения только в том случае, если момент M_d , развиваемый двигателем, будет больше момента сопротивления M_c нагрузки. Величина момента, развиваемого двигателем, пропорциональна квадрату напряжения на его зажимах, остаточное напряжение на зажимах двигателей, при котором еще обеспечивается самозапуск, составляет $(0,55 - 0,66) U_{ном}$.

Схема АВР двухтрансформаторной подстанции

Принцип действия схем АВР рассмотрим на примере двухтрансформаторной подстанции, приведенной на рисунке 2.3. Нормальное питание потребителей осуществляется от рабочего трансформатора Т1, а трансформатор Т2 отключен и находится в автоматическом резерве.

При отключении выключателя Q1, трансформатора Т1, по любой причине его блок – контакт SQC1.2 размыкает цепь обмотки промежуточного реле KL1. В результате реле KL1 теряет питание и с некоторой выдержкой времени размыкает свои контакты KL1.1 и LK1.2.

Блок – контакт SQT1.3 выключателя Q1, при его отключении, замыкается и подает плюс оперативного тока через ещё замкнутый контакт KL1.1 на обмотку промежуточного реле KL2, которое своими контактами KL2.1 и KL2.2 производит включение выключателей Q3 и Q4 резервного трансформатора. По истечении установленной выдержки времени реле KL1 разомкнет контакт KL1.1 в цепи обмотки промежуточного реле KL2. Если резервный трансформатор включается действием схемы АВР на устойчивое КЗ, то он отключится релейной защитой и его повторного включения не произойдет. Таким образом, реле KL1 обеспечивает однократность действия АВР и поэтому называется реле однократности включения. Реле KL1 вновь замкнет свои контакты и подготовит схему АВР к новому действию лишь после того, как будет восстановлена нормальная схема питания подстанции и будет включен выключатель Q1. Для того чтобы обеспечить действие схемы АВР при отключении выключателя Q2 от его блок – контакта SQT2.2 подается команда на электромагнит отключения YAT1 выключателя Q1. После отключения выключателя Q1 схема АВР действует, как рассмотрено выше.

С целью обеспечения действия схемы АВР при отсутствии напряжения на шинах высшего напряжения подстанции, так как в этом случае выключатели рабочего трансформатора остаются включенными, предусмотрен специальный пусковой орган. В состав пускового органа минимального напряжения входят два реле минимального напряжения KV1, KV2, реле времени КТ и реле контроля наличия напряжения, на шинах высшего напряжения резервного трансформатора, KV3. При исчезновении напряжения на высшей стороне рабочего трансформатора Т1, а следовательно и на шинах потребителя реле KV1 и KV2, подключенные к трансформатору напряжения TV1, замкнут свои контакты в цепи реле времени КТ.

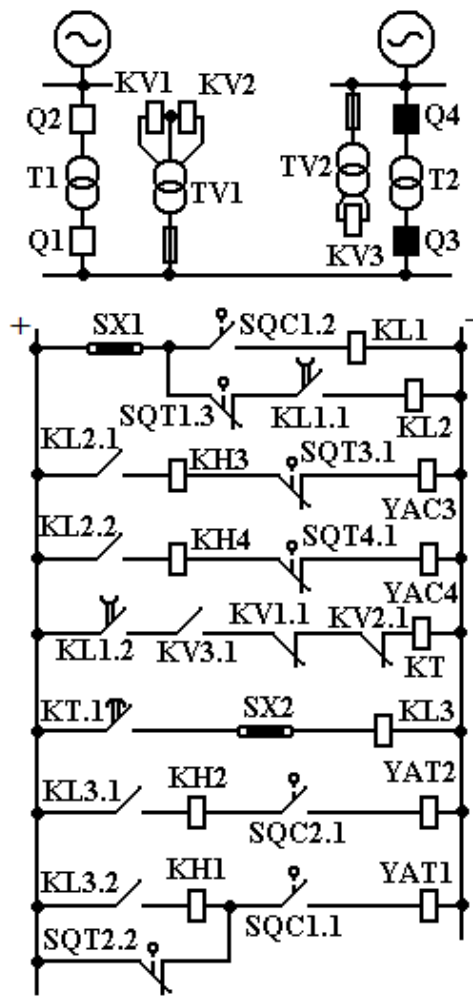


Рисунок 2.3 Схема АВР одностороннего действия трансформаторов

Последнее сработает в том случае, если на шинах высшего напряжения резервного трансформатора Т2 будет напряжение и реле КВ3 будет держать замкнутым свои контакты КВ3.1. Таким образом реле КВ3 предотвращает отключение рабочего трансформатора Т1 от пускового органа минимального напряжения при отсутствии напряжения на шинах высшего напряжения резервного трансформатора.

При срабатывании реле КТ, с помощью контакта КТ.1, подает питание на реле КЛ3. Последнее срабатывает и замыкает свои контакты КЛ3.1 и КЛ3.2 соответственно в цепях электромагнитов отключения YAT2 (Q2) и YAT1(Q1).

Схема АВР трансформаторов собственных нужд 6/0,4 кВ

На рисунке 2.4 приведена схема АВР трансформаторов СН 6/0,4 кВ обеспечивающая автоматическое включение выключателя Q4 резервного трансформатора СН и автоматического выключателя Q3 ввода резервного питания к шинам 0,4 кВ как без выдержки, так и с выдержкой времени [5].

При отключении выключателя Q2 по любой причине замыкаются вспомогательные контакты SQT2.2, SQT2.3 и размыкается контакт SQC2.1. Размыкание контакта SQC2.1 приводит к обесточиванию реле положения включено KQC2 выключателя Q2, но его контакты остаются замкнутыми, так как имеют выдержку времени на размыкание. При замыкании контактов SQT2.2 и SQT2.3 создается цепь для включения без выдержки времени соответственно

выключателя Q4 резервного трансформатора Т2 и автоматического выключателя Q3 ввода резервного питания 0,4 кВ.

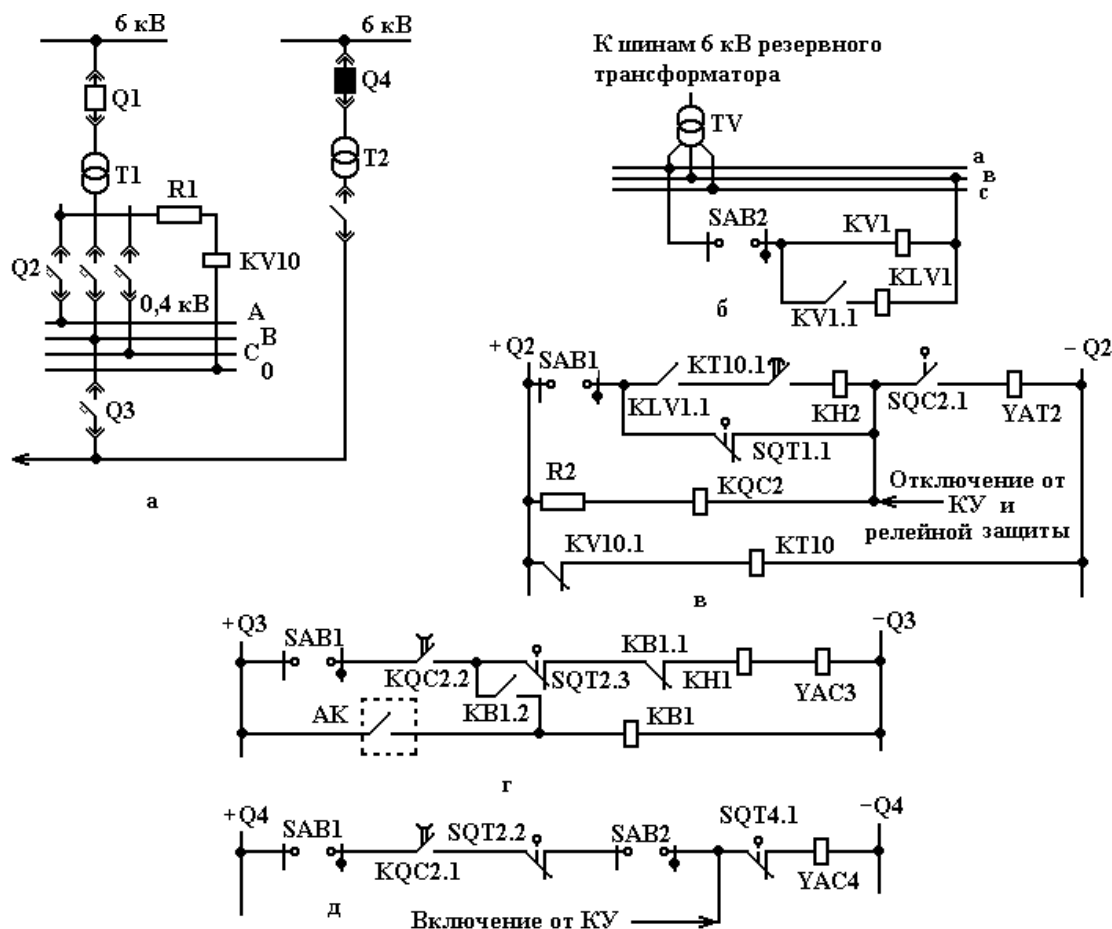


Рисунок 2.4 – Схема АВР трансформаторов собственных нужд 6/0,4 кВ

Для ускорения включения резервного питания при любом отключении выключателя Q1 предусмотрена блокировка между выключателем Q1 и автоматическим выключателем Q2 рабочего трансформатора Т1. Цепь блокировки выполнена с помощью блок – контакта SQT1.1 выключателя Q1 и заведена через контакты переключателя SAB1, и поэтому она действует только при включенном положении переключателя. При отключении выключателя Q1 замыкается его блок-контакт SQT1.1 и подается команда на отключение выключателя Q2.

Для действия схемы АВР при исчезновении напряжения на шинах 6 кВ РУСН, питающих рабочий трансформатор 6/0,4 кВ, когда выключатель Q1 остается включенным, предусмотрен пусковой орган минимального напряжения, выполненный с реле напряжения KV10 и реле времени KT10.

При исчезновении напряжения на рабочем трансформаторе замыкаются контакты реле напряжения KV10, что приводит к срабатыванию реле времени KT10, которое замыкает свои контакты в цепи отключения выключателя Q2. Автоматическое отключение последнего производится только при наличии напряжения на шинах 6 кВ резервного трансформатора собственных нужд.

Контроль этого напряжения осуществляется с помощью реле KLV1, контакты которого включены последовательно с контактами реле времени КТ10.

В данной схеме предусмотрен запрет АВР при действии защит рабочего трансформатора от внешних КЗ. При замыкании контактов выходного реле защиты срабатывает блокировочное реле KB1, которое самоудерживается своим контактом KB1.2, а контактом KB1.1 разрывает цепь включения выключателя Q3 ввода резервного питания на секцию (рисунок 2.4,г).

На рисунке 2.4 показаны цепи АВР, относящиеся к одному рабочему трансформатору. Такие же цепи выполняются и для других рабочих трансформаторов, резервируемых одним и тем же резервным трансформатором 6/0,4 кВ.

Автоматическое включение резервных электродвигателей собственных нужд

Ответственные механизмы собственных нужд электростанций выполняются парными, которые получают питание от разных секций 6,3 кВ собственных нужд. Любой из этих механизмов может быть как рабочим, так и резервным.

При отключении рабочего электродвигателя, а также при недостаточной его производительности по сигналу технологического датчика (электроконтактного манометра) устройством АВР должен включаться в работу резервный электродвигатель.

На рисунке 2.5 приведена схема АВР двигателей 6 кВ двух насосов.

Схема АВР управляется переключателем SAB с тремя фиксированными положениями. При постановке переключателя SAB в положение «1» в качестве рабочего насоса является насос N1 и оперативный ток подается на схему АВР и цепи управления выключателя Q2 резервного насоса N2.

Если в качестве рабочего насоса является насос N2 переключатель SAB ставится в положение «2» и оперативный ток подается на схему АВР и цепи управления выключателя Q1. резервного насоса.

При постановке переключателя SAB в положение «0» схема АВР выводится из работы.

замыкании контакта KSP.1 срабатывает реле KL1, имеющее выдержку времени при размыкании контактов до 0,5 с, которое замыкает контакт KL1.1, включенный параллельно контакту KSP.1, и разгружает последний при понижении давления в общей магистрали, а путем замыкания контакта KL1.2 подготавливает цепь выходного реле KL2.

При работающем насосе N2 в цепи реле KL2 замкнут контакт KQC2.1, имеющий выдержку времени при размыкании до 0,5 с, реле положения включено выключателя Q2 и разомкнут блок-контакт SQT2.1. Контакт KQC1.1 реле положения включено выключателя Q1, в цепи реле KL2, разомкнут, а блок-контакт SQT1.1 замкнут.

При отключении по любой причине выключателя Q2 замыкается его блок-контакт SQT2.1 и через еще замкнутые контакты KQC2.1 и KL1.2 получает питание реле KL2. Последнее, сработав, размыкает контакт KL2.1, в цепи реле KL1, и замыкает контакты KL2.2, KL2.3 и KL2.4. При замыкании контакта KL2.3 получает питание реле команды включить KCC1, которое без выдержки времени замыкает контакт KCC1.1 в цепи электромагнита включения YAC_{Q1} выключателя Q1. После включения выключателя Q1 размыкается блок-контакт SQT1.3. Однократность действия АВР обеспечивается размыканием контакта KQC2.1, реле положения включено, выключателя Q2 после его отключения. После замыкания контакта KL2.2 срабатывает указательное реле КН, сигнализируя о работе схемы АВР.

Схема АВР будет действовать аналогично, если в качестве рабочего насоса будет насос N1, а насос N2 будет в резерве.

При снижении давления в общей магистрали размыкается контакт KSP.1 и замыкается контакт KSP.2, что приводит к срабатыванию реле KL2 через предварительно замкнутый контакт KL1.2. Путем замыкания контакта KL2.3 получает питание реле KCC1 и включает выключатель Q1 резервного насоса в дополнение к работающему насосу. Однократность действия АВР в этом режиме обеспечивается с помощью контакта KL2.1, который размыкается с выдержкой времени около 0,5 с, после срабатывания KL2. Еще через 0,5 с после этого размыкается контакт KL1.2 и реле KL2 возвращается в исходное положение.

При ремонте одного из насосов переключатель SAB устанавливается в положение «0», АВР выводится из работы и снимается питание с реле KL3. Реле KL3 путем размыкания контактов KL3.1 и KL3.2 разрывает цепь отключения оставшегося в работе электродвигателя от групповой защиты минимального напряжения соответствующей секции собственных нужд 6,3 кВ. Нормально эта цепь предназначена для пуска АВР при исчезновении напряжения на секции собственных нужд 6,3 кВ, от которой питается электродвигатель рабочего насоса.

Задание на лабораторную работу

Изучить схемы и принцип действия устройств АВР. Объяснить требования к устройствам АВР, найти по схеме, какими элементами эти требования реализуются.

Содержание отчета

1. Записать цель работы
2. Начертить принципиальные схемы устройств АВР.
3. Привести описание работы устройства АВР линии одностороннего действия при отключении выключателя Q2 и при исчезновении напряжения на шинах потребителя.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются при выполнении схем АВР?
2. Как обеспечивается однократность действия схем АВР?
3. Для чего предназначен орган минимального напряжения?
4. Как предотвращается ложное действие пускового органа минимального напряжения при неисправностях в цепях напряжения?
5. Для чего необходима выдержка времени в пусковом органе минимального напряжения?
6. Почему включение резервного трансформатора должно происходить только после отключения рабочего?
7. Почему схема АВР должна действовать однократно?
8. Как функционирует устройство АВР резервного трансформатора собственных нужд электростанции напряжением 6кВ и 0,4 кВ?
9. Как функционирует устройство АВР электродвигателей напряжением 6 кВ?
10. Исходя из каких соображений выбирается выдержка времени реле однократности включения устройства АВР?
11. Исходя из каких соображений выбирается выдержка времени пускового органа минимального напряжения устройства АВР?
12. Как работает АВР линии одностороннего действия при отключении выключателя Q2?
13. Поясните работу АВР на двухтрансформаторной подстанции.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 46

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт максимальной токовой защиты отходящей линии.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета защиты, реагирующей на возрастание тока; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие вопросы теории.

Защиту, реагирующую на возрастание тока сверх установленного значения, называют максимальной токовой (МТЗ).

Максимальная токовая защита – это защита, реагирующая на возрастание тока сверх установленного значения. В сетях до 1кВ МТЗ выполняют плавкими предохранителями или автоматическими выключателями; в сетях напряжением выше 1кВ – с использованием релейных схем. МТЗ должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к релейной защите. Основные параметры МТЗ – это ток срабатывания и время. В схемах МТЗ применяют реле РТВ, РТ-80 (РТ-90), РТ-85, РТ-40.

Чувствительность защиты оценивают коэффициентом чувствительности $K_{\text{ч}} = (K_{\text{сх}}^3 * I_{\text{к.min}}) / (K_{\text{л}} * I_{\text{у.р.}})$. Чувствительность МТЗ считается достаточной, если $K_{\text{ч}} \geq 1,5$ в основной зоне. Устройства релейной защиты питаются от источников оперативного тока. В распределительных сетях 6..10 кВ используют трансформаторы тока, напряжения. Выбор схемы соединений трансформаторов тока и реле определяется видами повреждений, на которые должна реагировать защита, чувствительностью к ним. Зависимость между током, протекающим в реле, и током во вторичной обмотке трансформатора тока характеризуется коэффициентом схемы

$$K_{\text{сх}} = I_{\text{р}} / I_{2\text{Т.Т.}}$$

Трансформаторы тока включают последовательно в первичную цепь, а приборы защиты последовательно во вторичную. При первичном токе $I_{ном1}$ во вторичной обмотке $I_{ном2} = 5A$. Номинальный коэффициент трансформации трансформатора тока $K_I = I_{ном1} / I_{ном2}$.

Трансформатор тока выбирают по условиям:

- 1) $U_{т.т.} \geq U_{сети}$;
- 2) $I_{т.т.1} \geq I_{ном1}$;
- 3) по классу точности.

Максимальные токовые защиты сельских электрических сетей рассчитывают в следующем порядке:

- выбирают тип защит и схемы соединений трансформаторов тока;
- определяют токи срабатывания защит $I_{с.з.}$ по условию отстройки от тока

нагрузки
$$I_{с.з.} = K_H * K_{с.н.} * I_{р.мах} / K_\phi$$

где $K_H = 1,3$ – коэффициент надежности;

$K_{с.н.} = 1,1$ – коэффициент самозапуска электродвигателей;

$K_\phi = 0,7$ – коэффициент возврата.

- определяют ток срабатывания реле: $I_{с.р.} = K_{сх} * I_{с.з.} / K_{т.т.}$

где $K_{сх}$ – коэффициент схемы принимают в зависимости от схемы подключения реле.

- проверяют чувствительность защиты;
- проверяют трансформаторы тока на 10%-ю погрешность;
- согласовывают смежные защиты по чувствительности и селективности.

где $K_{сх}$ – коэффициент схемы принимают в зависимости от схемы подключения реле.

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Выписать данные задачи № 1. Начертить схему устройства защиты воздушной линии с реле, включенных через трансформаторы тока по схеме, соответствующей заданию.

2. Определить среднее значение напряжения линии с учетом коэффициента $K_{ср.} = 1,05$ по формуле: $U_{ср.} = U_{ном.} * K_{ср.}$

3. Определить максимальный рабочий ток линии по формуле:

$$I_{р.мах} = S_{уст.} / \sqrt{3} * U_{ср.}$$

4. Определить ток срабатывания защиты по формуле:

$$I_{с.з.} = K_H * K_{с.п.} * I_{р.мах} / K_B$$

5. Выбрать трансформатор тока по условию:

$$I_{н1} > I_{р.форс.} = 1,2 * I_{р.мах}$$

6. Определить коэффициент трансформации по соотношению:

$$K_{т.т.} = I_{ном1} / I_{ном2}$$

7. Рассчитать ток срабатывания реле по формуле:

$$I_{с.р.} = K_{сх} \cdot I_{с.з.} / K_{т.т.}$$

8. Выбрать марку реле, выписать значение тока $I_{у.р.}$

Таблица технических данных реле РТВ:

Реле типа РТВ	Токи уставки при срабатывании реле, А
С приводом ПП-61, ПП-67	
РТВ-I, РТВ- V	5; 6; 7,5; 10
РТВ-II, РТВ- V	5; 10; 12; 15; 17,5
РТВ-III, РТВ- IV	20; 25; 30; 35
С приводом ППМ-10, приводом выключателя ВММ-10	
РТВ- IV	5; 6; 7; 8; 9; 10
РТВ- V	11; 12; 14; 16; 18; 20
РТВ- IV	20; 22; 24; 27; 30; 35
РТВ-75	4; 5; 6; 7; 8; 9; 10
Реле типа РТМ с приводом ПП-61, ПП-67	
РТМ-I	5; 7,5; 10; 15
РТМ-II	10; 15; 20; 25
РТМ-III	30; 40; 50; 60
РТМ- IV	75; 100; 125; 150

Рассчитать действительное значение тока срабатывания защиты:

$$I_{с.з.} = I_{у.р.} \cdot K_{т.т.}$$

9. Определить чувствительность защиты в основной зоне

$$K_{ч} = (K_{сх}^3 \cdot I_{к.мин}) / (K_I \cdot I_{у.р.})$$

10. Сделать вывод по расчетам.

ЗАДАНИЕ № 3.

1. Выписать данные задачи № 2. Начертить схему устройства защиты воздушной линии с реле, включенных через трансформаторы тока по схеме, соответствующей заданию.

2. Определить среднее значение напряжения линии с учетом коэффициента $K_{ср.} = 1,05$ по формуле: $U_{ср.} = U_{ном.} \cdot K_{ср.}$

Определить суммарную мощность трансформаторов на линии $S_{уст.}$

3. Определить максимальный рабочий ток линии по формуле:

$$I_{p.max} = S_{уст.} / \sqrt{3} * U_{cp.}$$

4. Рассчитать МТЗ – индукционную часть реле. Ток срабатывания защиты с учетом максимальных значений рабочего тока:

$$I_{с.з.1} \geq K_2 * I_{p.max}$$

(для реле РТВ-85 $K_2 = 1,7$)

5. Для определения достаточной чувствительности системы защиты ток ее срабатывания должен быть:

$$I_{с.з.2} \geq I_{к2}^{(2)} / 1,5$$

Выбрать ток срабатывания защиты между значениями: $I_{с.з.1} \dots I_{с.з.2}$ по соотношению:

$$I_{с.з.1} < I_{с.з.} < I_{с.з.2}$$

6. Выбрать трансформатор тока по условию:

$$I_{н1} > I_{р.форс.} = 1,2 * I_{p.max}$$

7. Определить коэффициент трансформации по соотношению:

$$K_{т.т.} = I_{ном1} / I_{ном2}$$

8. Рассчитать ток срабатывания реле по формуле:

$$I_{с.р.} = K_{сх} * I_{с.з.} / K_{т.т.}$$

9. Выбрать марку реле, выписать значение тока $I_{у.р.}$

10. Определить параметры МТО (максимальной токовой отсечки) – электромагнитной части реле. Рассчитать ток срабатывания отсечки:

- с учетом тока КЗ в конце линии $I_{к2}^{(2)}$

$$I_{ср.01} \geq k_n * I_{к.min}$$

где $k_n = 1,5$ – коэффициент надежности для реле РТ-85

- с учетом бросков тока намагничивания потребительских ТП

$$I_{ср.02} \geq 0,25 * S_{уст.}$$

Из условий $I_{ср.01} \leq I_{ср.0}$; $I_{ср.02} \leq I_{ср.0}$ выбрать значение $I_{ср.0.р.}$

Проверить целесообразность применения МТО по условию:

$$I_{ср.0} \geq I_{к1}^{(2)} / 1,8$$

Должно получиться соотношение: $I_{ср.0.р.} < I_{ср.0}$, тогда токовая отсечка необходима.

Определить ток срабатывания реле токовой отсечки:

$$I_{ср.р.0.} > I_{ср.0} * k_{сх} / K_{т.т.}$$

Для настройки реле РТ-85 по токовой отсечке определяем кратность тока срабатывания

$$k = I_{\text{ср.р.о.}} / I_{\text{с.р.}}$$

11. По мощности $S_{\text{уст.}}$ выбрать мощность силового трансформатора.

12. По мощности силового трансформатора определить ток трансформатора по условию: $I_{\text{н.тр.}} = S_{\text{н.тр.}} / \sqrt{3} * U_{\text{ном.}}$ ($U_{\text{ном.}}=10 \text{ кВ}$)

13. Определить ток срабатывания реле РТ-40 для защиты силового трансформатора:

$$I_{\text{с.р.}} = K_{\text{н}} \cdot I_{\text{н.тр.}} / K_{\text{т.т.}} * k_{\text{в}}$$

где $K_{\text{н}} = 1,05$ – коэффициент надежности реле РТ-40;

$k_{\text{в}} = 0,8 \dots 0,9$ – коэффициент возврата для реле РТ-40.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задач.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Пояснить, от каких токов короткого замыкания защищает схема включения релейной защиты своего варианта.
2. На какие виды подразделяются токовые релейные защиты?
3. Когда применяется МТЗ?
4. Чем МТЗ отличается от ТО?
5. Как осуществляется согласование защит по чувствительности?
6. Каков принцип действия ТО?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Задача № 1.

В устройство защиты воздушной линии входят реле, включенные в трансформатор тока по заданной схеме. Напряжение на линии 10кВ. Ток двухфазного короткого замыкания в конце линии $I_{к.к.}$. Суммарная мощность трансформаторов на линии $S_{уст.}$. Определить ток уставки реле и проверить чувствительность МТЗ. Начертить схему включения релейной защиты с использованием трансформаторов тока.

№	Схема включения защиты	$I_{к.к.}^{(2)}$, А	$S_{уст.}$, кВА
1	Полная звезда	970	890
2	Неполная звезда	1500	1368
3	Полная звезда	1100	1200
4	Неполная звезда	1350	950
5	Полная звезда	990	1090
6	На разность токов двух фаз	1200	900
7	Неполная звезда	1150	1000
8	Полная звезда	980	880
9	На разность токов двух фаз	985	840
10	Неполная звезда	1120	1080
11	Неполная звезда	800	750
12	Полная звезда	880	770
13	На разность токов двух фаз	1130	920
14	Неполная звезда	1600	1470
15	Полная звезда	958	700
16	На разность токов двух фаз	886	720
17	Неполная звезда	1110	865
18	Полная звезда	995	836
19	Неполная звезда	1240	1150
20	Неполная звезда	1180	923
21	Полная звезда	980	880
22	Полная звезда	985	840
23	Неполная звезда	1120	1080
24	Неполная звезда	800	750
25	Неполная звезда	995	836
26	Полная звезда	1240	1150

Задача № 2.

В устройство защиты воздушной линии входят реле РТ-85, включенные через трансформаторы тока по заданной схеме. Напряжение на линии 10кВ. Ток двухфазного короткого замыкания в начале линии $I_{к1}^{(2)}$, в конце линии $I_{к2}^{(2)}$. Определить суммарную мощность трансформаторов на линии $S_{уст}$. Определить ток уставки реле и проверить чувствительность МТЗ. Определить параметры максимальной токовой отсечки. Выбрать ток срабатывания реле РТ-40 для защиты силового трансформатора.

№	Схема включения защиты	$I_{к1}^{(2)}$, А	$I_{к2}^{(2)}$, А	S_1 , кВА	S_2 , кВА	S_3 , кВА	S_4 , кВА
1	Полная звезда	2000	250	120	330	360	190
2	Неполная звезда	1900	300	370	290	420	130
3	Полная звезда	1800	350	300	400	450	120
4	Неполная звезда	1700	400	200	220	350	150
5	Полная звезда	1600	450	190	280	410	150
6	На разность токов двух фаз	1500	500	170	220	270	90
7	Неполная звезда	1400	550	250	300	420	100
8	Полная звезда	1300	200	200	220	180	80
9	На разность токов двух фаз	1200	350	220	160	300	80
10	Неполная звезда	1100	300	210	310	370	180
11	Неполная звезда	2000	350	200	150	250	75
12	Полная звезда	1900	400	120	300	200	70
13	На разность токов двух фаз	1800	500	200	310	330	90
14	Неполная звезда	1700	550	120	320	420	170
15	Полная звезда	1600	600	140	210	310	70
16	На разность токов двух фаз	1500	200	100	230	320	70
17	Неполная звезда	1400	450	170	200	310	85
18	Полная звезда	1300	400	240	170	240	80
19	Неполная звезда	1200	300	300	210	330	150
20	Неполная звезда	1100	350	220	330	260	90
21	Полная звезда	2000	600	210	150	110	80
22	Полная звезда	1900	550	140	170	200	80
23	Неполная звезда	1800	500	300	310	330	180
24	Неполная звезда	1700	450	210	160	140	75
25	Неполная звезда	1600	400	220	110	300	80
26	Полная звезда	1500	350	200	180	420	150

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 47

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт и выбор оборудования для защиты от набегающих волн.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику выбора защиты от перенапряжений; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети, заземляющие устройства.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Продолжите предложение:

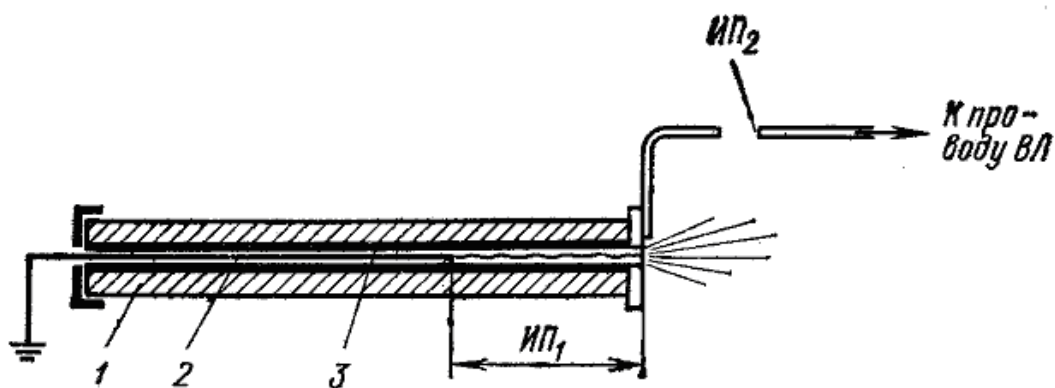
Трубчатые разрядники предназначены _____

2. Напишите, где устанавливаются трубчатые разрядники.

3. Расшифуйте маркировки трубчатых разрядников: РТФ, РТВ, РТВС

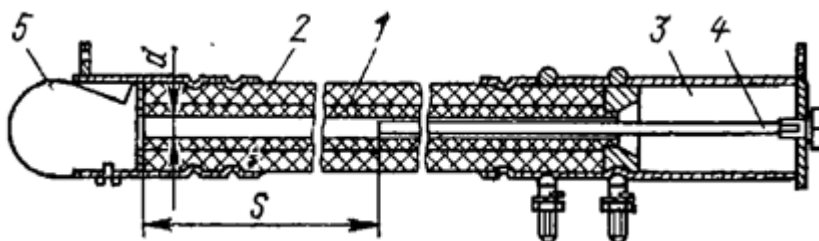
4. Начертите схему подключения трубчатых разрядников

5. Опишите по схеме устройство трубчатого разрядника марки РТ. Поясните обозначения $ИП_1$ и $ИП_2$.



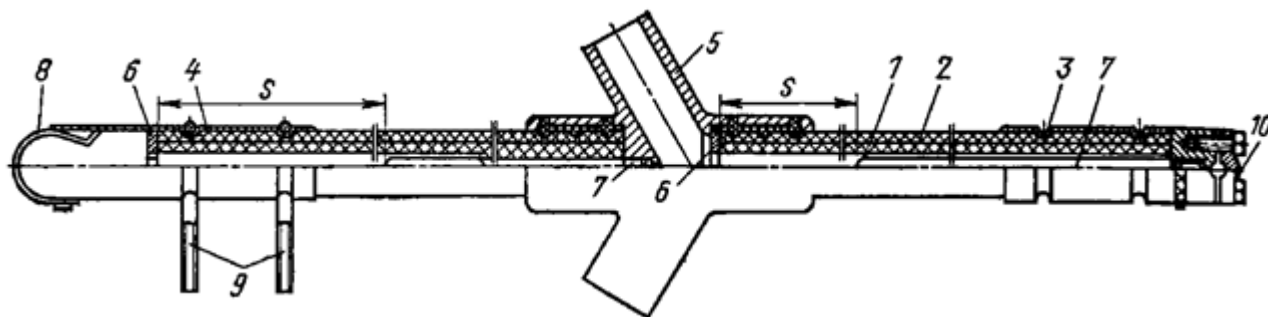
6. Описать процесс гашения искрового разряда разрядника РТ.

7. Опишите по схеме устройство трубчатого разрядника марки РТФ:



8. Опишите процесс гашения дуги разрядника РТФ.

9. Опишите по схеме устройство трубчатого разрядника марки РТВ:



10. Запишите, в чем отличия представленных видов трубчатых разрядников.

11. Запишите условия выбора трубчатых разрядников. Выполните выбор марки разрядников по справочным материалам для выбора разрядников по условию задачи № 1.

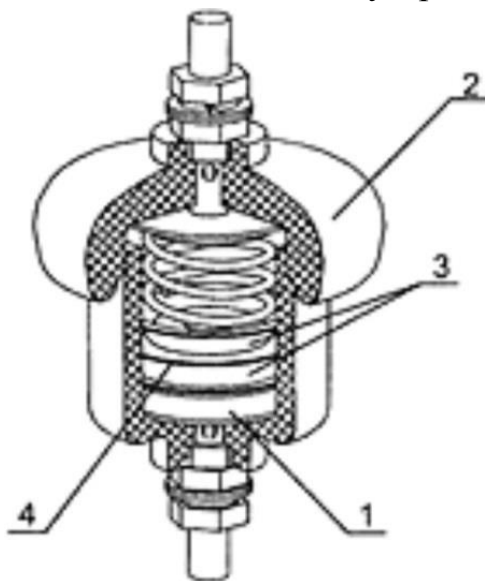
12. Начертите схему подключения трубчатых разрядников и поясните условные обозначения. Укажите минимальную высоту установки трубчатых разрядников.

ЗАДАНИЕ № 3.

1. Продолжите предложение:

Вентильные разрядники предназначены _____

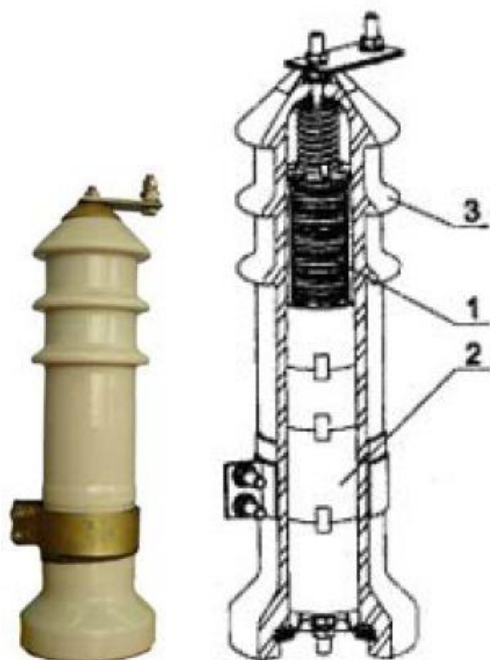
2. Напишите, где устанавливаются вентильные разрядники.
3. Расшифуйте маркировки трубчатых разрядников: РВН-10, РВН-0,5.
4. Опишите по схеме устройство вентильного разрядника марки РВН-0,5.



5. Расшифруйте структуру условного обозначения разрядника РВН-0,5 У1:

Р - _____
 В - _____
 Н - _____
 0,5 - _____
 У - _____
 1 - _____

6. Опишите по схеме устройство вентильного разрядника марки РВО-10.



7. Расшифруйте структуру условного обозначения разрядника РВО-10 У1:

Р - _____

В - _____

О - _____

10 - _____

У - _____

1 - _____

ЗАДАНИЕ № 4.

1. Продолжите предложение:

Ограничители перенапряжений предназначены _____

2. Напишите, где устанавливаются ограничители перенапряжений.

3. Расшифруйте маркировки ограничителей перенапряжений: ОПН-10, ОПН-0,5.

4. Расшифруйте маркировку:

О - _____

П - _____

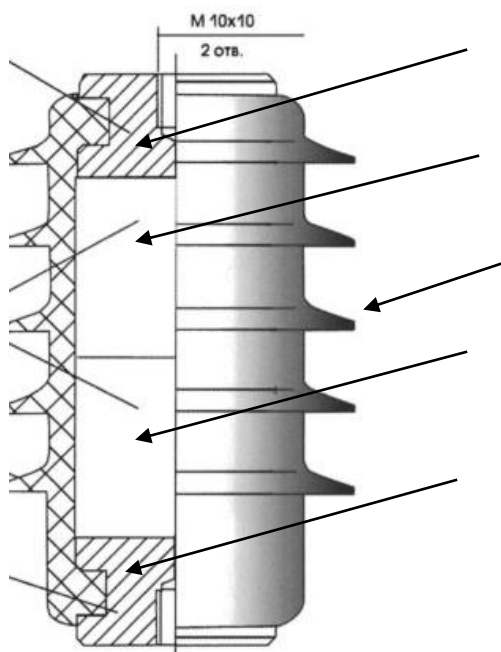
Н - _____

10 - _____

УХЛ - _____

1 - _____

5. Опишите устройство ОПН



6. Запишите условия выбора ОПН.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задачи.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Пояснить: внутренние или коммутационные перенапряжения.
2. Пояснить: внешние или атмосферные перенапряжения.
3. Опишите назначение искрового промежутка.
4. Опишите устройство искрового промежутка.
5. Где допустимо устанавливать исутовые промежутки?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Задача № 1.

Выбрать трубчатые разрядники для защиты распределительного пункта и линии 10 кВ, показать схематически установку разрядников на трёхфазной схеме.

Вариант 1.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L=3$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 4$ кА.

Вариант 2.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L=5$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 2,5$ кА.

Вариант 3.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L=7$ км. Линия выполнена проводом марки АС95. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 7$ кА.

Вариант 4.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L=2$ км. Линия выполнена проводом марки АС50. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 3,5$ кА.

Вариант 5.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L=10$ км. Линия выполнена проводом марки АС95. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 8$ кА.

Вариант 6.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 4$ км. Линия выполнена проводом марки АС50. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 1,5$ кА.

Вариант 7.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 12$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 8,5$ кА.

Вариант 8.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 5$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 5,5$ кА.

Вариант 9.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 2$ км. Линия выполнена проводом марки АС50. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 1,5$ кА.

Вариант 10.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 10$ км. Линия выполнена проводом марки АС95. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 5,5$ кА.

Вариант 11.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 3,6$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 3,9$ кА.

Вариант 12.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 12$ км. Линия выполнена проводом марки АС95. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 7,5$ кА.

Вариант 13.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 9$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 5,3$ кА.

Вариант 14.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 14$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 9,5$ кА.

Вариант 15.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 10$ км. Линия выполнена проводом марки АС95. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 7,5$ кА.

Вариант 16.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 7,2$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 8,1$ кА.

Вариант 17.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 8$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 4,5$ кА.

Вариант 18.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 11$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 7,2$ кА.

Вариант 19.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 5,6$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 3,2$ кА.

Вариант 20.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 4,3$ км. Линия выполнена проводом марки АС50. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 2,5$ кА.

Вариант 21.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 13$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 5,7$ кА.

Вариант 22.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 8,4$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 7,3$ кА.

Вариант 23.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 10$ км. Линия выполнена проводом марки АС95. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 3,5$ кА.

Вариант 24.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 7,8$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 6,1$ кА.

Вариант 25.

Данные: Расстояние от ТП 35/10кВ до РП $L = 13$ км. Линия выполнена проводом марки АС70. Ток трехфазного К.З. на шинах 10кВ подстанции $I^{(3)}_{к.з.} = 5,7$ кА.

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 48

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт и выбор молниезащитных устройств.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета молниеотводов; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать заземляющие устройства.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие вопросы теории.

Рассчитать молниезащиту – значит определить тип защиты, ее охранную зону и параметры. По степени надежности защиты различают два типа зон:

А – степень надежности защиты $\geq 99,5 \%$;

Б – степень надежности защиты $95 \dots 99,5 \%$.

Параметрами молниезащиты являются:

h – полная высота стержневого молниеотвода, м;

h_0 – высота вершины конуса стержневого молниеотвода, м;

h_x – высота защищаемого сооружения, м;

h_M – высота стержневого молниеприемника, м;

h_a – активная высота молниеотвода, м;

h_c – высота средней части двойного стержневого молниеприемника, м;

$h_{оп}$ – высота опоры троса, м;

r_0, r_x – радиусы защиты на уровне земли и на высоте защищаемого сооружения, м;

$2r_c, 2r_x$ – ширина средней части зоны двойного стержневого молниеотвода на уровне земли и на высоте защищаемого объекта, м;

$r_x + r'_x$ – ширина зоны тросового молниеотвода на уровне защищаемого сооружения, м;

α – угол защиты (между вертикалью и образующей), град;
 L – расстояние между двумя стержневыми молниеотводами, м;
 $a + 2r_{cx}$ – длина зоны двойного тросового молниеотвода на уровне защищаемого сооружения, м;
 $a + 2r_c$ – длина зоны двойного тросового молниеотвода на уровне земли, м;
 n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности в месте нахождения объекта, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Выписать данные задачи № 1.

Определить для одиночного стержневого молниеотвода параметры молниезащиты для зон.

Зона А:

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 0,85 h \\
 r_0 &= (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot h) h \\
 r_x &= (1,1 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot h) \cdot (h - 1,2 h_x) \\
 h_m &= h - h_0 \\
 h_a &= h - h_x \\
 \alpha^{(A)} &= \arctg r_0/h_0
 \end{aligned}$$

Зона Б:

$$\begin{aligned}
 h_0 &= 0,92 \cdot h \\
 r_0 &= 1,5 \cdot h \\
 r_x &= (1,5 \cdot h - 1,1 \cdot h_x) \\
 h_m &= h - h_0 \\
 h_a &= h - h_x \\
 \alpha^{(B)} &= \arctg r_0/h_0
 \end{aligned}$$

2. Определить габаритные размеры защищаемого объекта в каждой зоне молниезащиты. Для этого на расстоянии $B/2$ от средней линии параллельно проводится линия до пересечения с окружностью r_x .

Зона А:

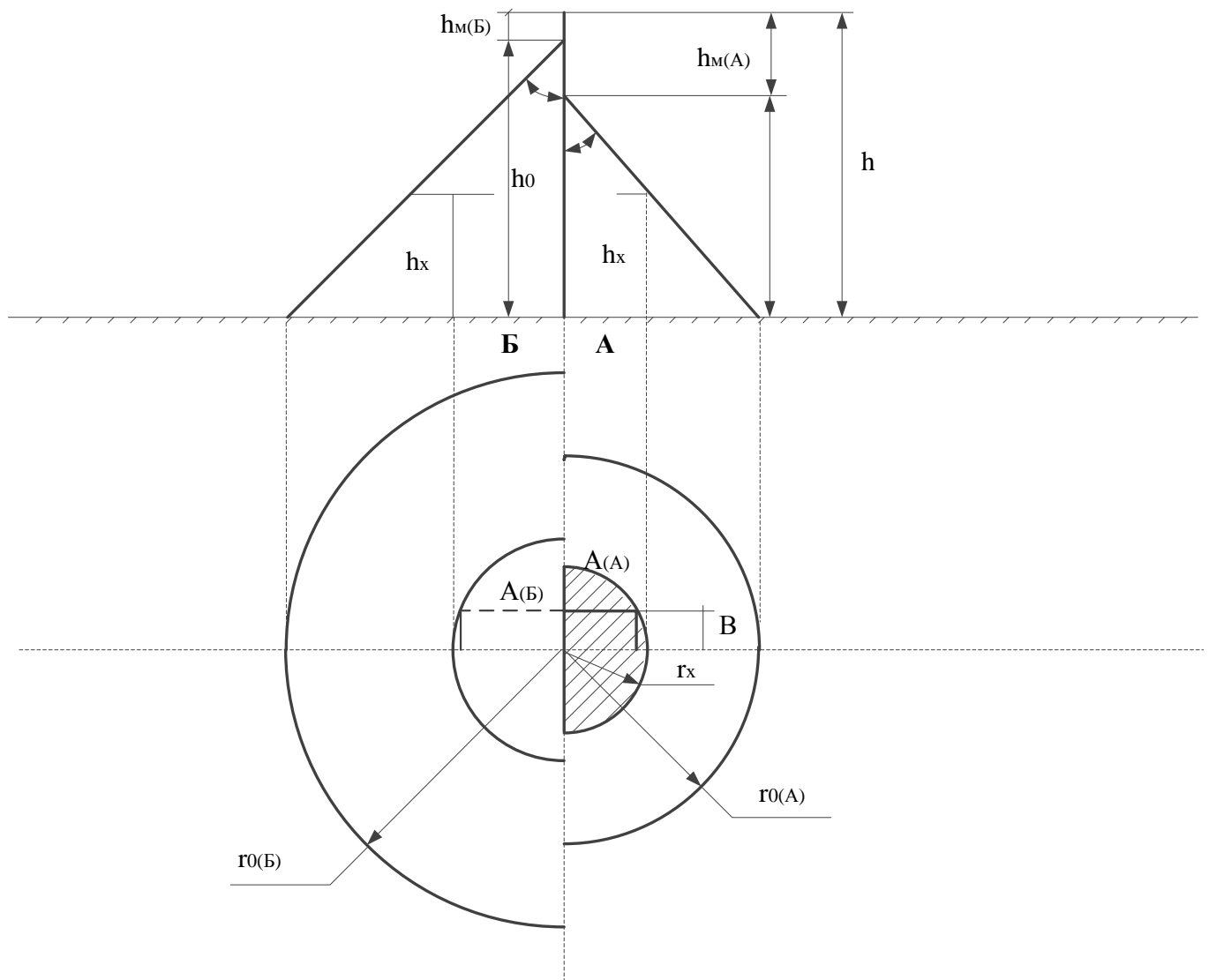
$$\begin{aligned}
 \alpha^{(A)} &= \arcsin B/2r_x^{(A)} \\
 \cos \varphi^{(A)} & \\
 A^{(A)} &= 2r_x^{(A)} \cdot \cos \varphi^{(A)} \\
 A \times B \times H, \text{ М} &
 \end{aligned}$$

Зона Б:

$$\begin{aligned}
 \alpha^{(B)} &= \arcsin B/2r_x^{(B)} \\
 \cos \varphi^{(B)} & \\
 A^{(B)} &= 2r_x^{(B)} \cdot \cos \varphi^{(B)}
 \end{aligned}$$

$$A \times B \times H, \text{ М}$$

Начертить схему зон защиты одиночного стержневого молниеотвода со своими размерами.



3. Определить возможную поражаемость защищаемого объекта в зонах при отсутствии молниезащиты.

$$N_A = [(B+6h_x) \cdot (A^{(A)} + 6h_x) - 7,7h_x^2] n \cdot 10^{-6}, \text{ поражений}$$

$$N_B = [(B+6h_x) \cdot (A^{(B)} + 6h_x) - 7,7h_x^2] n \cdot 10^{-6}, \text{ поражений}$$

Сделать вывод, в какой зоне будет больше поражений в год.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Выписать данные задачи № 2.

Определить параметры зоны А двойной тросовой молниезащиты:

$$h = h_{оп} - 2$$

$$h_0 = 0,85 \cdot h$$

$$r_0 = (1,35 - 25 \cdot 10^{-4} \cdot h) h$$

$$h_c = h_0 - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot h) \cdot (L - h)$$

$$r_{cx} = r_0 (h_c - h_x) \cdot 1/h_c$$

$$r_x = (1,35 - 25 \cdot 10^{-4} \cdot h) \cdot (h - 1,2 h_x)$$

При пересечении верхней отметки сооружения с линией в пролете определяется r'_x ,
 $\alpha = \arctg r_0/h_0$

2. Определить максимальные габариты защищаемого сооружения:

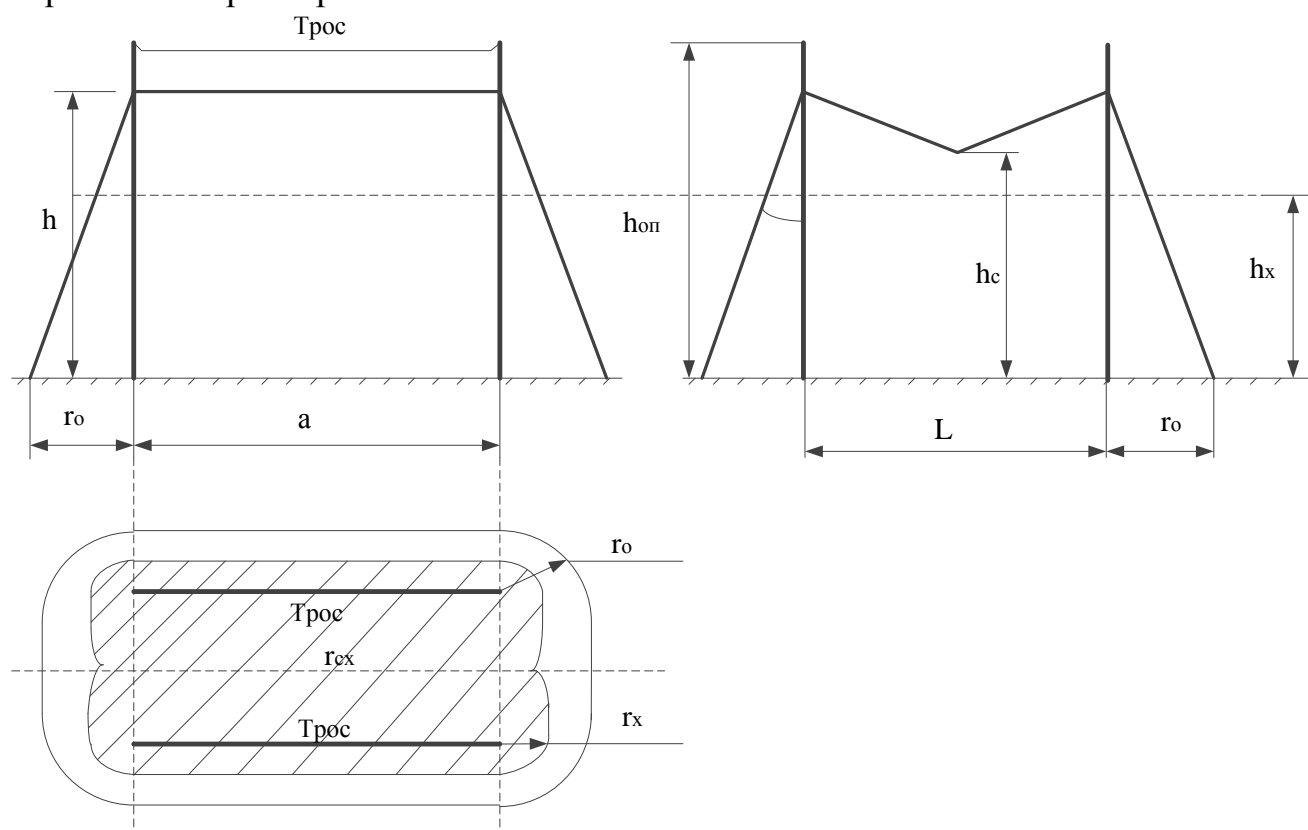
$$A = a + 2r_{cx} \text{ (A принимается как целое число)}$$

$$B = L + 2r_x \text{ (B принимается как целое число)}$$

3. Определить возможность поражения защищаемого объекта в зоне А при отсутствии молниезащиты:

$$N = [(B + 6 \cdot h_x) \cdot (A + 6 \cdot h_x) - 7,7 \cdot h_x^2] \cdot n \cdot 10^{-6}, \text{ поражений.}$$

4. Начертить схему зоны А защиты тросового молниеотвода одинаковой высоты по своим расчетным размерам.



ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задач.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Дать пояснение «Атмосферные перенапряжения».
2. Назвать причины внутренних и внешних перенапряжений.
3. Описать устройство стержневого молниеотвода.
4. Описать применение стержневого молниеотвода.
5. Описать устройство и назначение тросового молниеотвода.
6. Как оценивается коэффициент защиты тросового молниеотвода?
7. Где на ВЛ устанавливают тросовые молниеотводы?
8. Для каких ТП нет необходимости применять молниеотводы?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий Задача № 1.

Вариант	$n, \text{ км}^2 \cdot \text{год}$	$h_x, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$h, \text{ м}$
1	56	20	15	40
2	60	20	20	50
3	45	20	20	30
4	38	15	15	32
5	37	25	22	45
6	36	20	18	40
7	36	20	15	40
8	30	10	12	45
9	32	10	12	30
10	38	18	16	28
11	33	10	10	20
12	40	25	22	47
13	37	12	10	35
14	39	15	15	50
15	40	15	15	50
16	48	16	12	27
17	44	12	10	22
18	47	12	12	27
19	46	25	30	60
20	48	16	20	50
21	38	16	20	50
22	36	20	20	50
23	48	15	20	50
24	48	16	12	40
25	46	12	16	40

Задача № 2.

Вариант	$n, \text{ км}^2 \cdot \text{год}$	$h_x, \text{ м}$	$h_{оп1}, \text{ м}$	$h_{оп2}, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$a, \text{ м}$
1	56	20	40	40	35	40
2	60	20	50	50	50	60
3	45	20	30	50	40	55
4	38	15	35	35	40	50
5	37	15	32	32	20	40
6	36	15	32	22	25	30
7	36	20	40	40	35	50
8	30	10	25	25	30	40
9	32	10	30	30	40	50
10	38	25	45	45	30	50
11	33	8	22	27	30	45
12	40	8	17	17	30	35
13	37	12	35	35	25	35
14	39	15	50	50	35	45
15	40	15	50	40	30	40
16	48	16	30	30	40	55
17	44	12	22	27	35	20
18	47	12	27	27	35	25
19	46	25	40	40	25	35
20	36	12	27	27	30	45
21	48	8	17	22	25	30
22	48	8	27	27	25	20
23	38	16	27	27	40	50
24	37	10	22	22	25	40
25	40	15	50	40	30	40

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 49

ТЕМА: Защита высоковольтных и низковольтных линий и оборудования.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Расчёт заземляющих устройств.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Освоить методику расчета защитного заземления; воспитание таких профессиональных качеств, как осуществление поиска и использования информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Рассчитывать заземляющие устройства.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебный корпус № 1, кабинет № 1

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. рабочая тетрадь;
3. справочная литература.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Общие вопросы теории.

На линиях 380В независимо от типа опор заземляют металлические части (штыри, крюки, траверсы, конструкции) и выполняют повторные заземления нулевого провода, снижающие напряжение прикосновения и выполняющие грозозащитную функцию, отводя атмосферные перенапряжения в землю. Величина сопротивления повторного заземления опоры не должна превышать 30 Ом.

Заземляются первые опоры линий 380В, отходящих от ТП, и их заземляющие проводники соединяются сваркой с заземляющим устройством ТП, величина сопротивления заземления которого не должна превышать 4 Ом вместе с повторными заземлениями нулевого провода.

Повторные заземления опор устанавливают через 200 м считая от первой опоры, а также на концевых опорах и опорах, от которых запитаны вводы к ответственным производственным и коммунально-бытовым потребителям.

На линиях 10 кВ со стороны питающей подстанции на каждой фазе первой, второй и третьей опоры устанавливаются длинно-искровые разрядники (РДИ) с устройством заземления, не превышающим 30 Ом.

Заземляющие проводники - круглая сталь диаметром 6...10 мм, присоединяемая к металлическим заземляемым конструкциям и электродам заземления с помощью сварки.

Электроды заземления — заземлители длиной 2,5...5 м выполняются из круглой стали диаметром 10...18 мм, а также уголки труб, в том числе оцинкованных. Толщина стенки угловой стали не менее 4 мм, а труб-3,5 мм.

На трансформаторных пунктах заземляют нейтраль трансформатора со стороны низшего напряжения, а также все металлические кожухи и конструкции, бак трансформатора, разрядники и ограничители перенапряжений, другие аппараты.

Расчет заземляющих устройств сводится к расчету заземлителей, так как заземляющие проводники в большинстве случаев принимают согласно ПУЭ по условиям механической прочности и стойкости к коррозии. Рассчитать заземляющее устройство — это значит определить сопротивление заземлителя в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

ЗАДАНИЕ № 1.

Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.

ЗАДАНИЕ № 2.

1. Выписать данные задачи. С учетом площади, занимаемой ТП, наметить расположение заземлителей по периметру с расстоянием между вертикальными электродами 2...4 м. Выбрать длину и диаметр вертикального электрода. Определить длину полосы горизонтального заземлителя. Так как естественные заземлители не используются, то сопротивление заземляющего устройства (искусственных заземлителей) принимают равным допустимому расчетному

$$R_c = R_z = 4 \text{ Ом}$$

2. Определить расчетные удельные сопротивления грунта для горизонтальных и вертикальных заземлителей. Значения удельного сопротивления грунта ρ_{yd} принять из таблиц справочного материала

$$\rho_p = \rho_{yd} * k_c * k_l, \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

где k_c — коэффициент сезонности для электродов в зависимости от климатической зоны;

k_l — коэффициенты, учитывающие состояние грунта при измерении.

3. Определить сопротивление растеканию тока одного вертикального электрода стержневого типа

$$R_{\sigma} = 0,366 * \rho_{p\&}(lg2l/d + 0,5 lg((4h + l)/(4h - l)))/l$$

где l — длина вертикального электрода, м; d — диаметр электрода, м;

h — расстояние от поверхности земли до середины вертикального электрода, м.

4. Определить сопротивление повторного заземлителя по формуле:

$$R_{п.з.} = 30 * \rho_p / 100$$

Сопротивление повторного заземлителя не должно превышать ____? ____ Ом.

Выбрать величину, диаметр повторного заземлителя и их количество n с учетом допустимого сопротивления. Рассчитать сопротивление всех повторных заземлителей по формуле: $r_{п.з.} = R_{п.з.} / n$

5. Определить расчетное сопротивление заземления нейтрали трансформатора с учетом повторных заземлителей: $r_{иск.} = r_{п.з.} * r_3 / (r_{п.з.} + r_3)$

В соответствии с ПУЭ сопротивление заземляющего устройства при присоединении к нему электрооборудования напряжением до 1000 ВА не должно быть более _____ Ом.

6. Определить теоретическое число стержней и принять целое четное количество по формуле: $n_{т.} = R_{\epsilon} / r_{иск.}$

7. Рассчитать сопротивление полосы связи по формуле:

$$R_{Г} = 0,366 * \rho_{pz} \lg(k_{\phi} * l^2 / (d * h)) / l$$

где l – длина полосы связи, м;

d – диаметр горизонтальной полосы, м;

h – глубина заложения горизонтального заземлителя, м;

k_{ϕ} – коэффициент формы горизонтального заземлителя,

$k_{\phi}=1$ для круглого сечения, $k_{\phi}=2$ для прямоугольного заземлителя.

8. По графику справочного материала выбрать коэффициенты экранирования:

- вертикального заземлителя η_6 ,

- горизонтального заземлителя η_2 .

9. Определить действительное число стержней с учетом коэффициентов экранирования по формуле:

$$n_{д.} = R_{\epsilon} * \eta_2 (1/(r_{иск.} * \eta_6) - 1/R_{Г}) / \eta_6$$

после расчета принять четное целое число стержней n .

10. Определить действительное сопротивление искусственного заземлителя:

$$r_{иск.} = R_{\epsilon} * R_{Г} / (R_{Г} * n * \eta_6 + R_{\epsilon} * \eta_2)$$

сопротивление должно получиться не более _____ Ом.

11. Рассчитать сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода: $r_3 = r_{иск.} * r_{п.з.} / (r_{иск.} + r_{п.з.})$

12. По результатам расчета сделать вывод.

13. Начертить схему заземляющего устройства. Показать на схеме основные элементы и отметить места соединений горизонтальных полос и вертикальных заземлителей. Показать на схеме соединение трансформатора и опор с заземляющей конструкцией.

ОФОРМЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА:

1. Записать в тетрадь тему, название работы, цель.
2. Записать в тетрадь условия задачи.
3. Выполнить поочередно все задания.
4. Ответить на контрольные вопросы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

2. Пояснить, для чего применяются заземляющие конструкции.
2. Начертить схему полосного заземления объекта.
3. Начертить схему штыревого заземления.
4. Начертить систему заземления TN-C-S. Пояснить каждую букву системы.
5. Показать схематически повторное заземление ВЛИ.
6. Для чего проводят повторное заземление?
7. Пояснить «искусственное заземление».
8. Пояснить «естественное заземление».
9. Начертить схематически подключение трехфазного силового трансформатора к заземляющей конструкции.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты
2. Справочная литература

Варианты заданий

Рассчитать заземляющее устройство трансформаторной подстанции ТП-10/0,4кВ. От подстанции отходят N воздушных линий 380В. Заземляющий контур выполнен в виде прямоугольного четырехугольника путем заложения в грунт вертикальных стальных стержней. Размеры ТП $A \times B$.

№	Грунт	$A \times B$, м	Число линий 0,38кВ N	Глубина заложения вертикальных стержней	Глубина заложения горизонтальных полос	Климат. зона	Расстояние до опор, м
1	Глина	4×6	2	0,7	0,8	3	3
2	Суглинок	5×5	3	0,5	0,6	3	5
3	Песок	6×3	4	0,9	0,8	4	7
4	Торф	4×4	2	0,7	0,8	4	6
5	Чернозем	4×3	2	0,5	0,6	3	5
6	Глина	4×5	3	0,9	0,9	3	6
7	Суглинок	3×6	4	0,6	0,7	3	7
8	Песок	5×4	3	0,6	0,7	4	4
9	Чернозем	2×4	2	0,8	0,8	3	10
10	Торф	4×6	3	0,9	0,9	4	7
11	Глина	4×5	4	0,8	0,8	3	8

12	Суглинок	5×5	3	0,7	0,7	3	9
13	Песок	3×4	2	0,7	0,8	4	8
14	Чернозем	4×6	3	0,6	0,7	3	7
15	Торф	4×5	4	0,8	0,8	4	9
16	Глина	5×4	3	0,7	0,8	3	6
17	Суглинок	4×3	2	0,6	0,7	3	5
18	Песок	4×5	3	0,5	0,6	4	8
19	Чернозем	5×6	4	0,7	0,8	3	7
20	Торф	4×3	3	0,8	0,9	4	6
21	Глина	4×6	2	0,9	0,9	3	9
22	Суглинок	4×5	3	0,5	0,6	3	8
23	Песок	3×6	4	0,7	0,8	4	5
24	Чернозем	4×6	2	0,8	0,8	3	7

бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Вологодской области
«Грязовецкий политехнический техникум»

ИНСТРУКЦИОННЫЕ КАРТЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ПМ.02. «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий»

МДК.02.02. Эксплуатация систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий

**Специальность 35.02.08 Электрфикация и автоматизация сельского
хозяйства**

Преподаватель: Т.В. Невзорова

г. Грязовец
2017 г.

Пояснительная записка

Пакет инструкционных карт для выполнения практических работ разработан на основании программы профессионального модуля «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» по специальности 35.02.08. «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

При изучении профессионального модуля «Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных предприятий» следует постоянно обращать внимание на необходимость выполнения практических работ, т.к. практические навыки могут быть использованы в будущей практической деятельности.

Студентам необходимо знать обозначения и единицы измерений основных элементов схем, расчетных формул. Также будущие специалисты должны знать формулы для расчета сетей и систем электроснабжения. Поэтому при составлении инструкционных карт представлены такие задания, в которых студентам необходимо самостоятельно написать формулы для расчета.

В результате реализации программы профессионального модуля студент усваивает следующие профессиональные компетенции:

ПК 2.1 Выполнять мероприятия по бесперебойному электроснабжению сельскохозяйственных предприятий.

ПК 2.2 Выполнять монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций.

ПК 2.3 Обеспечивать электробезопасность.

В результате изучения профессионального модуля студент должен:

иметь практический опыт:

- Участия в монтаже воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций;
- технического обслуживания систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий;

уметь:

- рассчитывать нагрузки и потери энергии в электрических сетях;
- рассчитывать разомкнутые и замкнутые сети, токи короткого замыкания, заземляющие устройства;
- безопасно выполнять монтажные работы, в том числе на высоте;

знать:

- сведения о производстве, передаче и распределении электрической энергии;

- технические характеристики проводов, кабелей и методику их выбора для внутренних проводок и кабельных линий;
- методику выбора схем типовых районных и потребительских трансформаторных подстанций, схем защиты высоковольтных и низковольтных линий;
- правила утилизации и ликвидации отходов электрического хозяйства.

Практические занятия проводятся в группе. Студенты работают индивидуально по инструкционной карте, по отдельному варианту. Практические работы рассчитаны на 2 или 4 часа, что отражено в тематическом плане.

**Перечень практических работ по профессиональному модулю
«Обеспечение электроснабжения сельскохозяйственных организаций» в
соответствии с паспортом ФОС:**

п/п	Название практической работы	Профессиональные и общие компетенции
50	Монтаж и эксплуатация внутренних электропроводок.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
51	Монтаж и эксплуатация ВЛ 0,38 кВ голыми проводами и проводами СИП.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
52	Проверки и измерения на ВЛ 0,38 кВ.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
53	Определение мест повреждения на кабельных линиях. Методы контроля состояния кабельных линий.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
54	Неисправности воздушных линий. Ремонт ВЛ.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
55	Ремонт кабельных линий. Монтаж кабельных линий.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
56	Ремонт и сушка обмоток силовых трансформаторов.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
57	Испытание трансформаторного масла. Ремонт магнитопроводов силовых трансформаторов.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
58	Монтаж силовых трансформаторов и КТП.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
59	Монтаж оборудования трансформаторных подстанций.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.

60	Монтаж ввода в здания и с/х предприятия.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
61	Пуск и испытания дизельных электростанций.	ПК 2.1-2.3., ОК 1. – ОК 9.
	Всего 12 лабораторно-практических работ	

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 50

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Монтаж и эксплуатация внутренних электропроводок.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Получить теоретические и практические навыки по проведению монтажа электропроводки; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться нормативной документацией.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь проводить монтаж внутренних электропроводок, составлять технологическую карту ремонта.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

4. инструкционная карта;
5. оборудование для монтажа внутренних электропроводок.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Что называется электропроводкой?
2. Способы монтажа и прокладки электропроводки.
3. Достоинства и недостатки скрытой и открытой проводки.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

3. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
4. Ответить на вопросы по допуску к занятию.

5. Изучить теоретический материал по теме «Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи», используя методические материалы к теме.

Задание для проведения лабораторной работы

1. Ознакомиться с электрооборудованием на учебном стенде, изучить устройство электропатронов для ламп накаливания, распределительных коробок, выключателей, штепсельных розеток

2. Разработать принципиальную схему и технологическую карту монтажа электропроводки на учебном стенде.

Электрооборудование: два электропатрона с электролампами, два выключателя, две штепсельные розетки, две распределительные коробки.

3. После проверки преподавателем разработанной технологической схемы приступить к монтажу электропроводки и подключению электрооборудования.

4. Правильно выполнить следующие операции: заготовку проводов, прокладку, разделку, соединение проводов в распределительных коробках и электрооборудование. Проверить мультиметром М832 (в режиме омметра) правильность соединения проводов и отсутствие коротких замыканий в смонтированной схеме. Выполнить изоляцию соединений.

5. С разрешения преподавателя подключить схему к электрической сети напряжением 220 В. Проверить правильную работу электрооборудования. После завершения работы разобрать схему.

Технологическая карта – это стандартизированный документ, содержащий необходимые сведения, инструкции для персонала, выполняющего некий технологический процесс или техническое обслуживание объекта.

Технологическая карта должна отвечать на вопросы:

1. Какие операции необходимо выполнять;
2. В какой последовательности выполняются операции;
3. С какой периодичностью необходимо выполнять операции (при повторении операции более одного раза);
4. Сколько уходит времени на выполнение каждой операции;
5. Кто выполняет операции;

6. Какие необходимы инструменты и материалы для выполнения операции.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Привести краткие теоретические сведения о монтаже внутренней электропроводки.
3. Начертить разработанную технологическую карту электромонтажных работ. Сделать описание выполненного монтажа электропроводки.
4. Ответить на контрольные вопросы и выполнить контрольные задания.

Контрольные вопросы и задания:

1. Виды внутренних силовых электропроводок.
2. Заполнить таблицу:

Типы помещений	Способы прокладки силовой и осветительной электропроводки	Условия применения	Марки проводов

3. Перечислить виды применяемого изоляционного материала и показать их условное обозначение.
4. Особенности выполнения монтажа силовой электропроводки по деревянным конструкциям.
5. Сроки проведения обслуживания силовых электропроводок.
6. В чем состоит эксплуатация электропроводок?
7. Неисправности, возникающие при эксплуатации силовых электропроводок.
8. Проверка состояния изоляции. Прибор, используемый при проверке. Сроки проведения проверок. Способы проведения замеров. Условия применения прибора.
9. Начертить схему подключения прибора и указать данные при нормальном состоянии изоляции.
10. Как влияет длительная перегрузка на силовую электропроводку?
11. Перечислить способы выполнения контактных соединений. В каких случаях применяют каждый способ?
12. Пояснить каждый способ соединения.
13. Способы контактного соединения разных материалов токоведущих жил. Пояснить.
14. Монтаж осветительной электропроводки.
15. Основные правила монтажа силовых и осветительных электропроводок.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

2. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 51

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Монтаж и эксплуатация ВЛ 0,38 кВ голыми проводами и проводами СИП.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Получить теоретические и практические навыки по проведению монтажа воздушных линий; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться нормативной документацией.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь проводить монтаж воздушных линий, составлять технологическую карту монтажа воздушных линий.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для монтажа воздушных линий.

ВОПРОСЫ ПО ДОПУСКУ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ:

1. Марки проводов, применяемые в северо-западном регионе.
2. Перечислить операции при монтаже воздушных линий.
3. Работы на воздушных линиях перед монтажом.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Ответить на вопросы по допуску к занятию.
3. Изучить теоретический материал по теме «Монтаж и эксплуатация ВЛ 0,38 кВ голыми проводами и проводами СИП», используя методические материалы к теме.

Из теоретического материала изучить:

- Общие требования и определения;
- Составные части ВЛ;
- Подготовительные работы к монтажу воздушных линий;
- Назначение заземления ВЛ и принципы ее выполнения;
- Натягивания и крепления проводов к опорам;
- Визирования проводов ее особенности;
- Раскатка проводов и соединения участков проводов.

Выполнения лабораторной работы:

1. Получить индивидуальное задание по составлению технологической карты монтажа участка воздушной линии;
2. Выполнить на стенде соединение проводов АС и СИП-2.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Эскиз монтажа ЛЭП 0,38 кВ с фрагментом ВЛИ.
3. Заполнить таблицу:

Способы соединения проводов	Особенности применения	Краткое описание способа

4. Заполнить таблицу:

Типы опор	Назначение	Особенности

5. Начертить и обозначить элементы конструкции деревянных опор до 1000 В.
6. Показать на схеме с обозначением стрелу провеса, пролет, габарит линии. Размеры габарита на вводе в здания; для ВЛ 0,38 кВ; для ВЛ при переходе через трассы дорог.
7. Составьте технологическую карту монтажа СИП по примеру:

Виды работ при монтаже СИП	Процесс проведения работ	Инструмент и оборудование	Кто выполняет работы

8. Ответы на контрольные вопросы.

9. Ответы на вопросы теста.

Контрольные вопросы и задания:

1. Марки проводов, применяемые в северо-западном регионе.
2. Перечислить операции при монтаже воздушных линий.
3. Работы на ВЛ перед монтажом.
4. Способы закрепления опор и проверка после установки. Какие знаки наносят на опоры?
5. Пояснить правила раскатки проводов при разном сечении и длины линии.
6. Виды изоляторов для крепления проводов к опорам, их применение. Материал изоляторов на разные напряжения.
7. Перечислить типы опор, применяемые для ВЛ 0,38 кВ.
8. На каких опорах выполняют заземления? Конструкция заземления опоры.
9. Норма сопротивления для заземляющего устройства.
10. Документы, необходимые для монтажа ВЛ.
11. Какие требования предъявляют к качеству опор для проводов СИП?
12. Расскажите о порядке установки опор ВЛ и допустимых отклонениях от норм.
13. Как устроены заземления и зануления опор ВЛ?
14. Как ведут монтаж проводов при пересечениях инженерных сооружений?
15. Укажите основные преимущества СИП.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 52

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Проверки и измерения на ВЛ 0,38 кВ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Получить теоретические и практические навыки по испытанию воздушных линий; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться нормативной документацией.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь проводить испытания и замеры на воздушных линиях.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование испытаний и замеров данных воздушных линий.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Проверки и измерения на ВЛ 0,38 кВ», используя методические материалы к теме.

Выполнения лабораторной работы:

1. Измерение сопротивления соединений. Собрать схему для определения сопротивления соединения проводов.

При измерении сопротивления соединителей как под напряжением, так и с отключением линии, необходимо обеспечивать хороший электрический контакт измерительного прибора с проводом, так как в противном случае результаты измерений искажаются. Для этого при наложении на провод электродов измерительной головки следует разрушить пленку окисла, покрывающую провод и являющуюся плохим проводником.

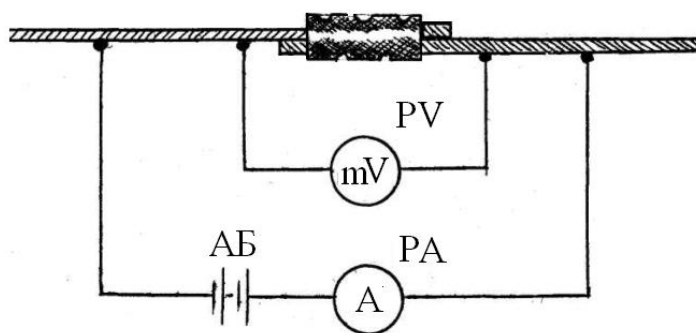


Схема измерения сопротивления соединителей с помощью аккумуляторной батареи на отключенной ВЛ.

2. При помощи мегомметра измерить сопротивление изоляции изоляторов поэлементно.

Содержание отчета

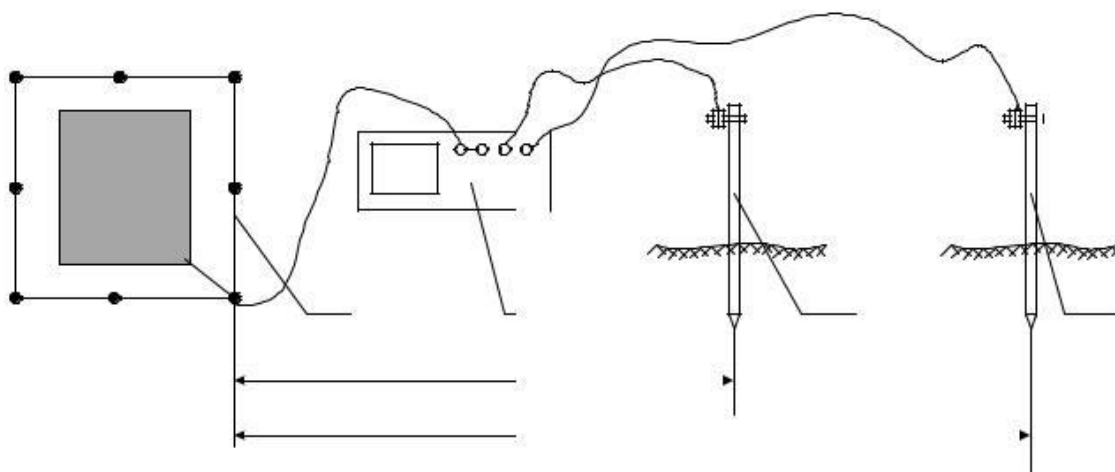
1. Название и цель работы.
2. Заполнить таблицу замеров сопротивлений на ВЛ:

Элементы замеров	Сроки замеров	Нормы замеров	Способ замеров

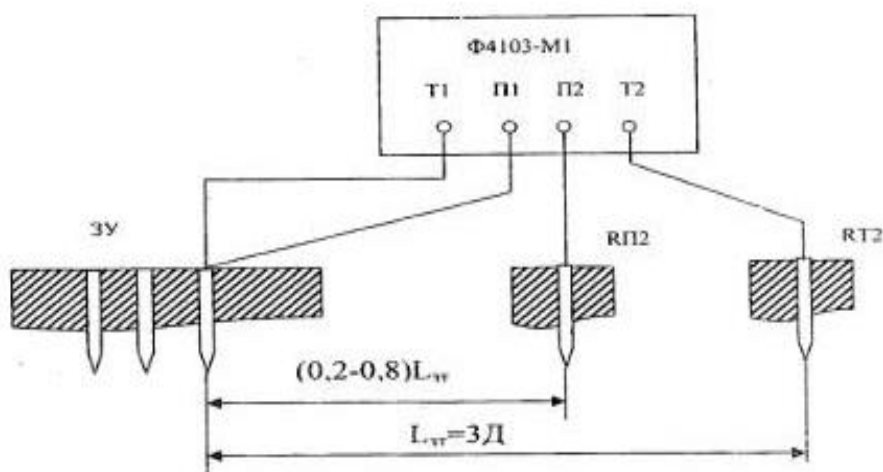
3. Заполнить таблицу:

Вид измерительной штанги	Применение штанги	Устройство штанги

1. Записать объем и нормы приемо-сдаточных испытаний ВЛ.
2. Заполнить ведомость проверки стрелы провеса, габаритов.
3. Начертить схему измерения сопротивления соединения проводов.
4. Изучить инструкцию следующих приборов М-416и Ф4103, кратко описать порядок подготовки приборов к работе.



5. Произвести настройку прибора М-416 согласно инструкции.
6. Произвести измерение сопротивления контура заземления прибором М-416 согласно рисунку.
7. Произвести измерение сопротивления контура заземления прибором Ф-4103.



8. Данные измерений занести в таблицу.
9. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. При каких соединениях проводов ВЛ требуется проверка? Сроки и нормы.
2. Какие проверки проводятся для опор? Нормы проверок.
3. Какая функция защитного аппарата подвергается проверке при испытании ВЛ 0,38 кВ?
4. Для чего проводят верховые осмотры?
5. Назначение и принцип действия индикатора ИПС.
6. Каким способом проверяют на загнивание деревянные опоры? Нормы проверок.

7. Что проверяют у железобетонных приставок?
8. Способы замера стрелы провеса и габарита ВЛ. Кратко описать.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 53

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Определение мест повреждения на кабельных линиях. Методы контроля состояния кабельных линий.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Получить теоретические и практические навыки при изучении кабельных линий; воспитание таких профессиональных качеств, как умение пользоваться нормативной документацией.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь проводить испытания и замеры на кабельных линиях.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для замеров данных кабельных линий.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Определение мест повреждения на кабельных линиях», используя методические материалы к теме.

Выполнения лабораторной работы:

1. При помощи цифрового мультиметра М832 включенного в режим «омметра» или контрольной, произвести проверку нескольких отрезков кабеля на учебном стенде, схемы проверки приведены на рисунке 2, в первом случае отсутствие свечения «контрольной лампы» указывает на обрыв жилы кабеля, во втором

свечения «контрольной лампы» указывает на замыкание между жилами кабеля. Определить характер повреждения отрезков кабелей, полученные данные занести в таблицу.

Таблица - Характерные повреждения кабелей

Номер опыта	Номер кабеля	Характер повреждения

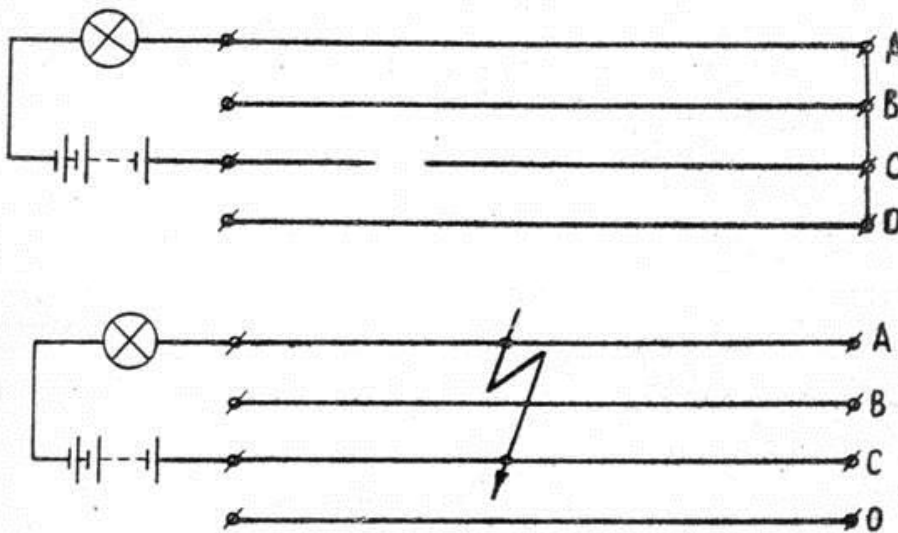


Рисунок - Способ определения замыкания и обрыва в фазных жилах кабеля при помощи контрольной лампы или омметра.

2. Собрать на стенде схему «петли» по рисунку и определить расстояние до места повреждения на имитированной кабельной линии. Присоединить к зажимам гальванометр, после проверки схемы соединения преподавателем подать питание к клеммам плюс и минус. При помощи движков резисторов R_1 и R_2 добиться установки стрелки гальванометра на «0» (достичь равенства сопротивлений в плечах моста). Произвести замер сопротивления плеч моста r_a и r_b при помощи омметра. Рассчитать по формуле значения x и определить расстояние до места повреждения кабельной линии для кабельной линии длиной 10000 м, марка кабеля АСБ 3×120 $r = \rho * l / s$.

где $\rho = 0,026 * 10^{-6}$ Ом*м для алюминия.

При отсутствии тока в диагонали моста произведения сопротивления плеч равны между собой:

$$x = l - \frac{2r_a}{r_a + r_b},$$

$$r_b \frac{\rho_x}{S} = r_a - \frac{\rho(l + l - x)}{S}$$

где x - расстояние до места повреждения, м;

l - полная длина кабеля, м;

S - площадь поперечного сечения кабеля, мм²;

r_a, r_b - сопротивление плеч измерительного моста, Ом;

ρ - удельное сопротивление материала жилы Ом·м.

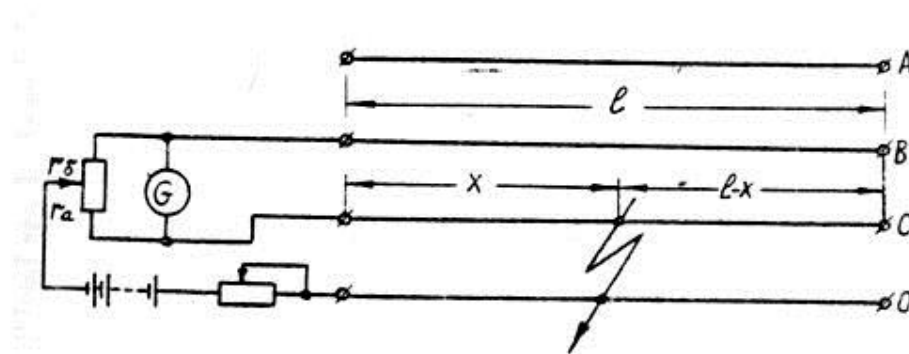


Рисунок - Определение места повреждения по схеме «петли»

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Перечислить виды повреждений кабельных линий.
3. Перечислить приборы, применяемые при применении каждого метода.
4. Начертить схемы для импульсного метода, метода петли, акустического метода, индукционного метода.
5. Заполнить таблицу.
6. Рассчитать расстояние до места повреждения методом «петли».
7. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Как меняются показания на приборе при обрыве и коротком замыкании в импульсном методе?
2. Как определить расстояние до места повреждения в импульсном методе?

3. Как определить расстояние до места повреждения при методе колебательного разряда?
4. Формула для определения места повреждения в методе петли. Условия применения метода петли.
5. Условия применения емкостного применения. Как найти место обрыва при применении емкостного метода.
6. В каких ситуациях применяется акустический метод? Какова глубина прослушивания?
7. Условия применения индукционного метода. На каком расстоянии затухает сигнал от места повреждения?
8. Условия применения метода накладной рамки. Как определить место повреждения по звуку?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 54

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Неисправности воздушных линий. Ремонт ВЛ.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить технологическую последовательность ремонта воздушных линий электропередач. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь определять неисправности на ВЛ. Уметь планировать и проводить ремонт воздушных линий.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для ремонта воздушных линий.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Неисправности воздушных линий. Ремонт ВЛ.», используя методические материалы к теме.
3. Изучить технологическую последовательность ремонта воздушных линий электропередач.
4. Составить технологические карты капитального ремонта воздушной линии 0,38 кВ для каждого этапа в соответствии с таблицей:

Наименование операций	Возможные дефекты, неисправности	Рекомендуемый метод устранения	Приспособления, инструмент, оборудование

5. Составить технологическую карту текущего ремонта воздушной линии 0,38 кВ:

Оборудование и материалы: полигон технического обслуживания и ремонта устройств электроснабжения, ведомость дефектов, карандаш, ПУЭ.

Порядок выполнения работы

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Подготовить дефектную ведомость.
3. Выйти на полигон технического обслуживания и ремонта устройств электроснабжения и разбиться по бригадам.
4. По указанию преподавателя осмотреть закрепленные за бригадами участки ВЛ.
5. Осмотреть состояние опор ВЛ.
6. Результаты осмотров занести в ведомость дефектов.
7. Оформить отчет о проделанной работе.
8. Сделать вывод о состоянии ВЛ на основании ведомости дефектов.

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Заполнить технологические карты капитального ремонта ВЛ 0,38 кВ.
3. Составить технологическую карту текущего ремонта ВЛ 0,38 кВ
4. Перечислить эксплуатационно-техническую документацию, используемую при ремонтах ВЛ.

5. Сделать вывод о состоянии ВЛ на основании ведомости дефектов.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляют к качеству опор, конструкций, изоляторов и проводов?
2. Расскажите о порядке установки опор ВЛ и допустимых отклонениях от норм.
3. Как устроены заземления и зануления опор ВЛ?
4. Как выбирают и визируют стрелу провеса проводов при ремонте ВЛ?
5. Как ведут монтаж проводов при пересечениях инженерных сооружений при замене проводов?
6. Какие работы входят в объем текущего ремонта?
7. Для чего заземляются опоры?
8. Для какой цели выполняется ремонт и окраска кабельных спусков и концевых муфт?
9. Как расшифровывается марка провода, А-35, АС-70?
10. Как проверить состояние верхней части опор и спусков заземления?
11. Назовите категорию работ при выполнении ТТ ВЛ.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 55

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж линий электропередачи.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Ремонт кабельных линий. Монтаж кабельных линий.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить технологическую последовательность ремонта кабельных линий. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь планировать и проводить ремонт кабельных линий.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для ремонта кабельных линий.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Ремонт кабельных линий. Монтаж кабельных линий» используя методические материалы к теме.
3. Составить технологическую карту капитального ремонта кабельной линии в соответствии с таблицей:

Наименование операций	Возможные дефекты, неисправности	Рекомендуемый метод устранения	Приспособления, инструмент, оборудование

Оборудование и материалы:

Учебно-тренировочный полигон, кабельная линия, прибор типа ИКЛ-5, измерительный мост, полигон технического обслуживания и ремонта устройств электроснабжения, кабель, сварочный пистолет ПС-1, наждачное полотно, кабельный нож, бензин, ветошь, поливинилхлоридный пруток диаметром 4...6 мм, кабельная бумага, электромонтажные мастерские.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические сведения.
2. Преподаватель распределяет группу на несколько бригад. Каждая бригада должна подробно изучить один из методов ОМП КЛ.

3. Оформить отчет о проделанной работе с подробным описанием изучаемого метода и кратким описанием других методов ОМП КЛ.
4. Место, подлежащее ремонту, необходимо очистить и обезжирить бензином. Кабельным ножом вырезать посторонние включения и срезать в местах повреждения шланга, выступающие края и задиры.
5. Для ремонта проколов небольших отверстий и раковин место повреждения в шланге или оболочке и конец присадочного прутка прогреть в течение 10–15 с струёй горячего воздуха, затем струю отвести, а конец прутка прижать и приварить к шлангу в месте разогрева. После охлаждения, убедиться в прочности приварки прутка легким его подергиванием, прутки отрезать.
6. Для герметизации и выравнивания сварочного шва место ремонта прогреть до появления признаков плавления, после этого к разогретому месту прижимать рукой кусок кабельной бумаги, сложенной в 3–4 слоя. Для надежности операцию повторить 3–4 раза. Для ремонта шланга, имеющего щели, прорезы и вырезы, конец присадочного прутка приварить к целому месту шланга на расстоянии 1–2 мм от места повреждения.
7. Оформить отчет о проделанной работе и сделать вывод.

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Составить технологическую карту ремонта кабельных линий.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Назовите виды повреждений кабельных линий.
 2. Назовите причины повреждения КЛ.
 3. Назовите особенность индукционного метода.
 4. Назовите особенность акустического метода.
 5. Назовите особенность импульсного метода.
 6. Назовите особенность метод колебательного разряда.
 7. Назовите особенность петлевого метода.
 8. Как выявить место повреждения на кабеле при раскопке?
1. Назовите основные повреждения КЛ напряжением 1–10 кВ.
 2. В каком случае выполняется плановый ремонт КЛ?

3. Назовите последовательность операций при ремонте поливинилхлоридного шланга и оболочек.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 56

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Ремонт и сушка обмоток силовых трансформаторов.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить технологическую последовательность ремонта и сушки обмоток силовых трансформаторов. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь планировать и проводить ремонт силовых трансформаторов.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для ремонта силовых трансформаторов.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Ремонт и сушка обмоток силовых трансформаторов» используя методические материалы к теме.

Порядок выполнения работы

1. Определить степень увлажнения обмоток трансформатора по коэффициенту абсорбции.
2. Измерить сопротивление обмоток трансформатора.
3. Рассчитать параметры сушки, собрать схему и провести опыты нагрева трансформатора:

- а) постоянным током;
- б) токами нулевой последовательности.

Содержание и методика выполнения работы.

Из-за гигроскопичности изоляция трансформаторов поглощает влагу из окружающей среды и увлажняется. Это приводит к снижению её электрической прочности, а при сильном увлажнении - к пробое. Поэтому в период эксплуатации трансформаторов необходимо при техобслуживании определять степень увлажнения изоляции обмоток методом коэффициента абсорбции и при необходимости их сушить.

1. Определение степени увлажнения изоляции.

Степень увлажнения изоляции обмоток силовых трансформаторов определяется по коэффициенту абсорбции ($K_{абс}$).

$$K_{абс} = R_{60}/R_{15}$$

Для определения коэффициента абсорбции определяется сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и друг друга через 15 и 60 секунд. Измерение сопротивления изоляции проводится мегаомметром 4102/2. Для трансформаторов на пределе переключателя напряжения – 2500 В. Результаты измерений заносятся в таблицу:

Измеряемые и определяемые величины	Между обмотками и корпусом				Между обмотками		Температура °C
	ВН-корпус		НН-корпус		ВН-НН		
	R	R	I	R''	R''1	R''60	
	”	”	”	60	5		
	1	6	1				
	5	0	5				

Сопротивление изоляции, МОм

Коэффициент абсорбции

Коэффициент абсорбции для трансформаторов при неувлажнённой изоляции обмоток составляет **1,3**, для увлажнённой – **равен единице**.

2. Измерение сопротивления обмоток трансформатора постоянному току.

Для определения параметров сушки надо знать сопротивление обмоток трансформатора постоянному току. Измерения сопротивления обмоток постоянному току проводятся мостом постоянного тока Р353, Р3043 или ММВ.

Последовательность работы мостом Р3043.

1. Установите переключку в положение, соответствующее выбранному пределу измерений.

2. Подключите измеряемое сопротивление к зажиму R_x .

3. Произведите коррекцию нуля, для чего, установив лимб в положение точно середины красного цвета, нажмите кнопку и, вращая ручку потенциометра (коррекция нуля) по направлению светящейся стрелки, добейтесь погасания обоих светодиодов.

4. Нажмите кнопку “измерение”, вращая ручку лимба по направлению светящейся стрелки, добейтесь погасания верхней стрелки и погасания нижней, затем ведите отсчет показаний.

Если у трансформатора фазные обмотки соединены в звезду, то сопротивление $R_{изм}$ измеряют между линейными выводами. Если расхождение измеренных сопротивлений не превосходит 2%, то сопротивление фазы определяется по формуле:

$$R_{\Phi} = R_{\Phi} / 2$$

где R_{Φ} - сопротивление одной фазы;

$R_{изм}$ – среднее значение сопротивлений, измеренных на зажимах АВ, АС, ВС трансформатора.

Результаты измерений сопротивления обмоток постоянному току заносятся в таблицу:

Обмотка ВН (соединение звезда)

Обмотка НН (соединение звезда с нулем)

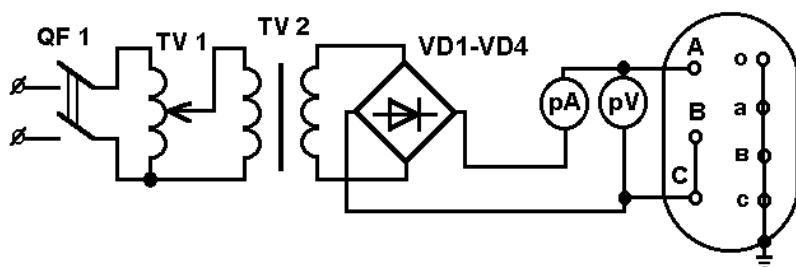
R_{AB}	R	R	$R_{ср.}$	R	R_a	R_b	R_{c0}	$R_{ср.}$	$R_{НН}$
,	B	A	ВН,	B	0	0	Ом	НН	75 Ом
Ом	C	C	Ом	H	Ом	Ом		Ом	
	,	,		7					
	O	O		5,					
	м	м		O					
				м					

5. Сушка обмоток трансформатора постоянным током.

Записать паспортные данные трансформатора и определить значение тока для сушки.

В данной работе используется трансформатор ТМ $U=10/0,4$ кВ, $I_{ВН}= \underline{\hspace{1cm}}$ А, $I_{НН} = \underline{\hspace{1cm}}$ А; ток в обмотках трансформатора во время сушки не должен превышать значения номинальных токов обмоток трансформатора. При расчете можно принять $I_c=I_n$; $U_{к\%}=4.5\%$.

Собирается схема для сушки обмоток постоянным током



TV1 - ЛАТР; TV2 - сварочный трансформатор

Полное сопротивление схемы: $R_{\Sigma 75} = 3/2 * R_{75}$

Определить расчетное значение параметров сушки:

$$I_C = I_{H.BH} = \text{_____}, A; \quad U_C = I_{H.BH} * R_{\Sigma 75}, B$$

$$P_C = I_{H.BH} * R_{\Sigma 75} * 10^{-3} \text{ кВт}$$

Вывести регулятор напряжения на лабораторном стенде в крайнее левое положение, соответствующее минимальному напряжению. Установить расчетное значение тока для сушки обмоток и периодически измерять сопротивление изоляции. Температура верхних слоев масла не должна превышать 80°C.

Данные сушки обмоток трансформатора постоянным током:

Расчетные данные			Опытные данные		
U_C, B	I_C, A	$P_C, \text{кВт}$	U_C, B	I_C, A	$P_C, \text{кВт}$

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Заполнить таблицы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Когда требуется сушка трансформатора?
2. Какие способы сушки трансформаторов применяются на практике?

3. В какой последовательности и как проводится сушка трансформаторов?
4. Преимущества и недостатки способов сушки трансформаторов.
5. От каких параметров трансформатора зависит напряжение при сушке токами нулевой последовательности?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 57

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Испытание трансформаторного масла. Ремонт магнитопроводов силовых трансформаторов.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить методику испытания трансформаторного масла и технологическую последовательность ремонта магнитопроводов силовых трансформаторов. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь планировать и проводить ремонт силовых трансформаторов.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для ремонта силовых трансформаторов.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Испытание трансформаторного масла. Ремонт магнитопроводов силовых трансформаторов» используя методические материалы к теме.

Трансформаторное масло испытывают на пробой на специально сконструированной установке. При испытании необходимо выполнять следующие требования:

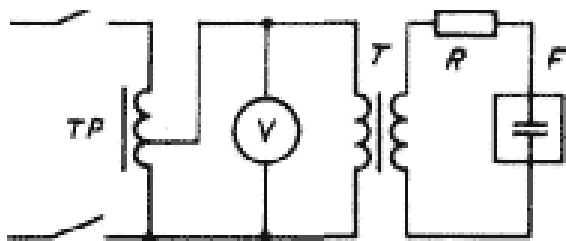
1. использовать латунные или медные шлифованные полусферические электроды диаметром 25мм;
2. разрядный промежуток устанавливать равным 2,5мм;
3. испытуемое масло брать в объеме 100—200см;
4. напряжение поднимать со скоростью 1—1,5кВ в секунду;
5. использовать совершенно чистые и сухие сосуд и электроды, после протирки нельзя касаться их внутренней поверхности.

Порядок выполнения работы

1. Определить электрическую прочность трансформаторного масла.

Работу по определению электрической прочности проводят в такой последовательности:

- а) Устанавливают требуемый зазор между электродами, промывают сосуд чистым маслом, заполняют его маслом до уровня выше электродов на 15мм, закрывают крышку.
- б) Заземляют корпус шкафа, ставят регулятор напряжения в положение, соответствующее наименьшему напряжению. Делают паузу на 10 мин, чтобы пузырьки воздуха удалились из масла.
- в) Включают аппарат в сеть, при этом загорается зеленая лампа.
- г) Плавно повышают напряжение на электродах до пробоя масла. Во время пробоя между электродами образуется сплошная ярко светящаяся дуга, показания вольтметра падают до нуля, и автомат максимального тока отключает установку. После пробоя регулятор напряжения снова ставят в нулевое положение.
- д) Следующие пять пробоев для данного образца масла проводят с интервалом между ними в 5мин в той же последовательности. При этом после каждого пробоя (когда установка отключена) чистой стеклянной палочкой, которая хранится в чистом масле, удаляют с электродов образовавшиеся при пробое частицы углерода и пузырьки газа.



Принципиальная схема установки для определения электрической прочности

трансформаторного масла: *ТР*-трансформатор регулирующий; *Т*-трансформатор повышающий; *Р*-резистор токоограничивающий; *Ф*-стандартный разрядник

е) По последним пяти пробоям определяют среднеарифметическое значение электрической прочности образца и заносят в таблицу:

Протокол испытания	Показатели
1. Пробивное напряжение, кВ:	
1-й пробой	
2-й пробой	
3-й пробой	
4-й пробой	
5-й пробой	
Среднее из пяти пробоев	
2. Прозрачность	
3. Механические примеси	
4. Взвешенный углерод	
5. Наличие влаги	
Заключение о состоянии масла	

2. Определить содержание взвешенного углерода.

Для определения взвешенного углерода масло наливают в четырехугольную банку с шириной стенок 10-12 см. К одной стенке банки с внешней стороны приклеивают лист кальки с нанесенными черной тушью тремя линиями различной толщины: 1 мм; 0,5 мм; 0,1 мм. Банку с маслом помещают в фанерный или металлический ящик.

3. Определить наличие воды и механических примесей.

4. Заполнить таблицу ремонта магнитопровода силового трансформатора.

Операция	Ремонтные работы	Пояснение
Разборка магнитопровода		
Замена изоляции стяжных шпилек		
Удаление старой изоляции листов стали		
Изолирование листов		
При ремонтах после «пожара» стали»		

изготавливают новые листы стали		
Измерение сопротивления изоляции		

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Заполнить таблицы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Каково назначение трансформаторного масла в электрических аппаратах различного типа?
2. Какие изменения происходят в трансформаторном масле в условиях эксплуатации?
3. Что понимается под электрической прочностью масла и как ее определяют?
4. Какие испытания входят в программу на «пробой» и каковы сроки этих испытаний?
5. Какие виды испытаний входят в программу сокращенного анализа масла и каковы их сроки?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 58

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Монтаж силовых трансформаторов и КТП.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить методику монтажа комплектной трансформаторной подстанции. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь составлять технологическую карту и проводить монтаж силовых трансформаторов.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для монтажа силовых трансформаторов.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Монтаж силовых трансформаторов и КТП» используя методические материалы к теме.
3. Описать алгоритм монтажа силового трансформатора ТМГ.
4. По рисунку 1 описать назначение отсеков КТП и обозначить оборудование каждого отсека.
5. По рисунку 2 описать оборудование КТП. Заполнить таблицу:

Обозначение элемента схемы КТП	Название элемента схемы	Назначение элемента схемы

6. По рисунку 3 описать монтаж фундамента КТП. Записать материал для изготовления блоков фундамента.

Рис.1. Внешний вид и габаритные размеры КТП шкафного типа

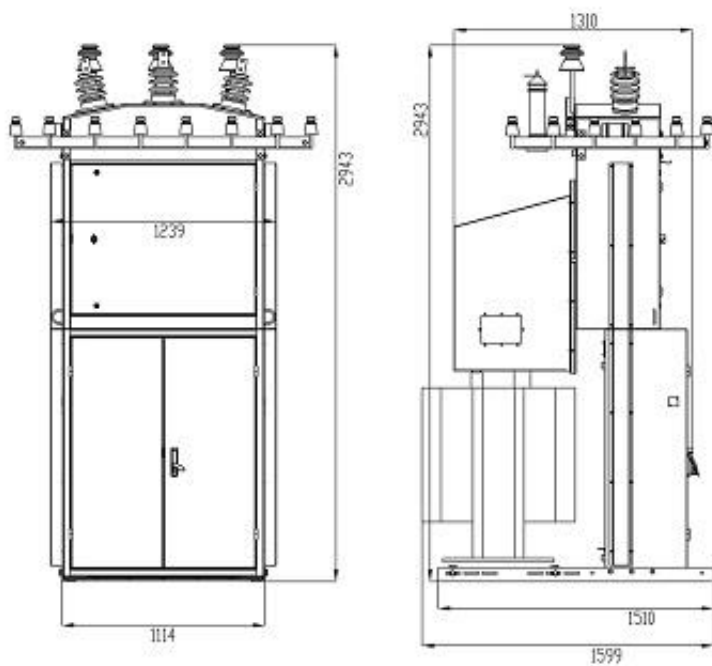


Рис.2. Однолинейная схема КТП

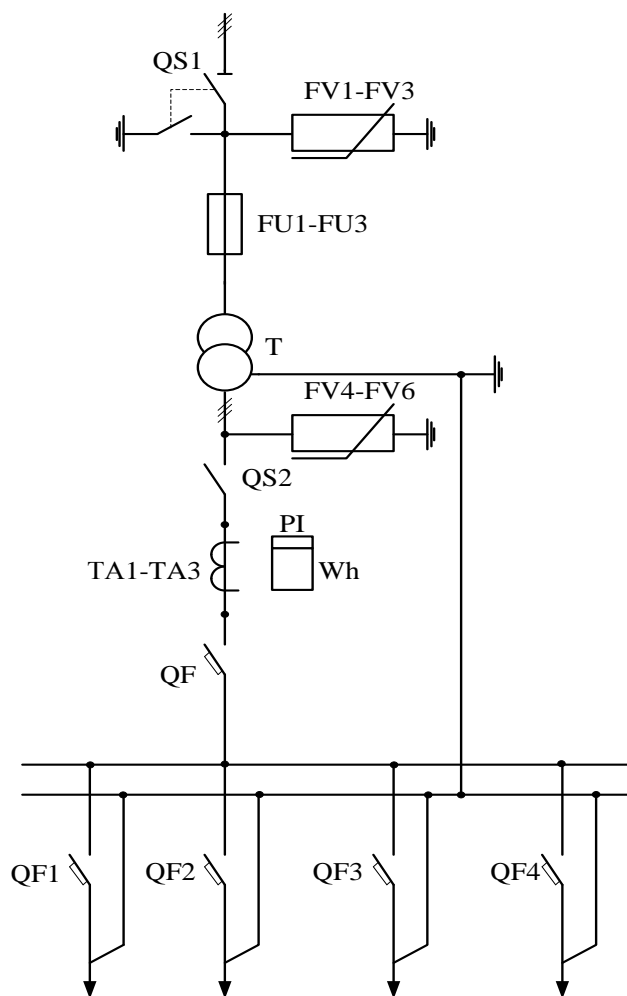
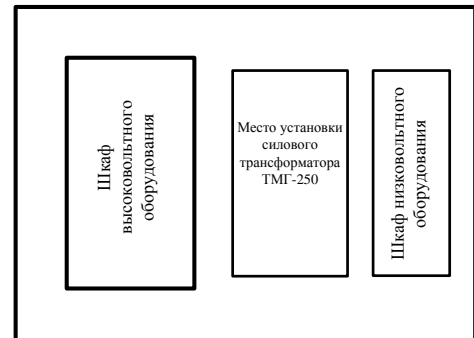


Рис.3. План фундамента КТП



Расположение оборудования КТП



7. Описать алгоритм и процесс монтажа КТП.

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Заполнить таблицу.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Назначение и устройство КТП
2. Каким образом и для чего проводится ревизия силового трансформатора?
3. Представьте порядок технологических операций по монтажу КТП согласно ППР.
4. Назначение, конструкция и монтаж заземляющего устройства КТП
5. Какие элементы КТП подлежат заземлению?
6. Порядок сдачи в эксплуатацию КТП.
7. Правила техники безопасности при монтаже КТП.
8. Перечислите оборудование, установленное в КТП.
9. Перечислите назначение разрядников, трансформаторов тока, фотореле, резисторов, автоматических выключателей.
10. Как выполнить монтаж заземляющего устройства?
11. Какие элементы КТП подлежат заземлению?
12. Из каких материалов выполняют заземлители?
13. Какие минимальные размеры должны иметь заземлители?

14. Для чего к заземляющему устройству присоединяют корпус, привод разъединителя, все металлические части оборудования и аппаратов КТП?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 59

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Монтаж оборудования трансформаторных подстанций.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить методику монтажа оборудования комплектной трансформаторной подстанции. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь составлять технологическую карту и проводить монтаж оборудования.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для монтажа элементов КТП.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Монтаж оборудования трансформаторных подстанций» используя методические материалы к теме.

Ход работы:

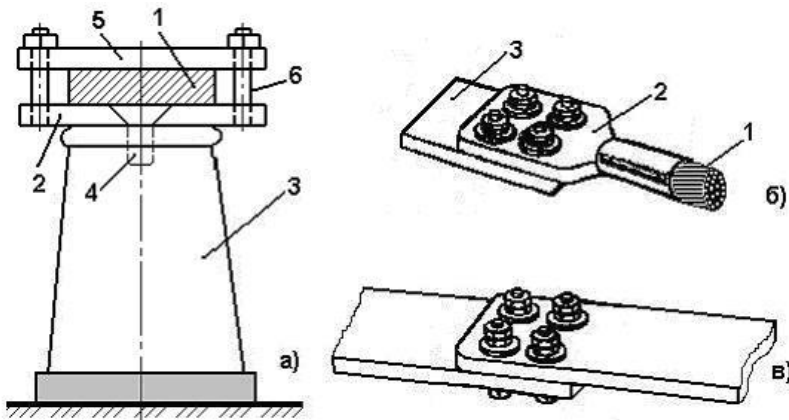
1. Описать устройство и назначение оборудования КТП.
2. Описать алгоритм монтажа оборудования КТП 10/0,4 кВ.
3. Привести чертеж КТП 10/0,4 кВ в виде однолинейной схемы.
4. Составить технологическую карту монтажа оборудования КТП.

Содержание отчета:

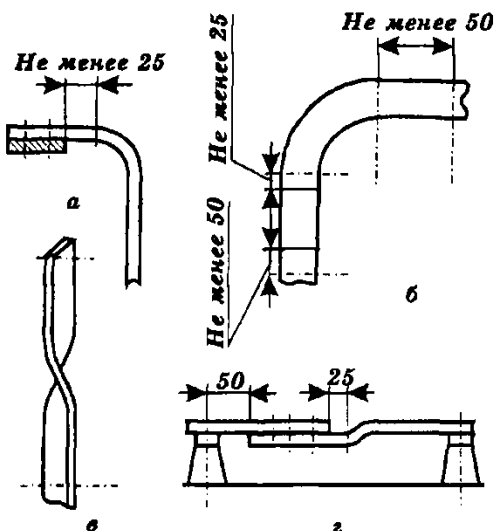
1. Тема работы.
2. Заполнить технологическую карту.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

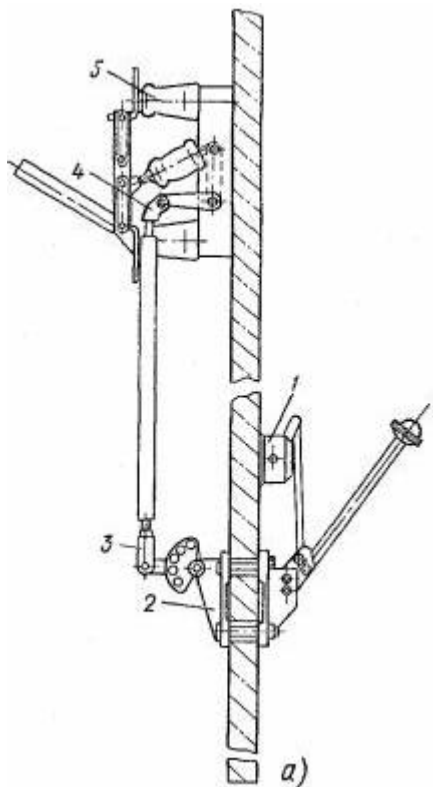
1. Что обозначает буквенно-цифровая маркировка разъединителей, выключателей?
2. Где устанавливается и как работает блокировка между заземляющими ножами и разъединителями для внутренней и для наружной установки?
3. В чем отличие разъединителей для внутренней и для наружной установки?
4. В каких случаях устанавливают выключатели нагрузки?
5. В чем отличие выключателей нагрузки от разъединителей?
6. Описать устройство, подписать обозначения цифр.



7. Описать требования при монтаже трансформаторов тока.
8. Описать виды изгибов шин по рисунку.



9. Описать обозначения установка трехполюсного разъединителя:



МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 60

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж силовых трансформаторов.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Монтаж ввода в здания и с/х предприятия.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Ознакомиться с конструкциями вводов линий электропередачи в здания. Освоить основные приемы монтажа вводов. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь составлять технологическую карту и проводить монтаж ввода.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для монтажа ввода.

Порядок выполнения работы

1. Изучите образцы материалов и инструмент для монтажа вводов.
2. Прежде чем собирать схему, убедитесь в том, что отключен автоматический выключатель, питающий стенд. Убедитесь в целостности лабораторного оборудования и соединительных проводов. Выполните на лабораторном стенде монтаж ввода ВЛ в здание через трубостойку.
3. Измерьте сопротивление изоляции электропроводок и проверьте непрерывность цепи зануления.
4. После проверки преподавателем правильности проведенных коммутаций проводов, осуществите подачу напряжения на стенд.
5. Продемонстрируйте работу стенда преподавателю.

Содержание отчета:

1. Название и цель работы.
2. Эскиз ввода в соответствии с индивидуальным заданием.
3. Заявка на материалы и инструменты для устройства ввода по заданию.
4. Протокол измерений сопротивления изоляции электропроводок и непрерывности цепи зануления.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляют к монтажу ввода в здание?
2. Назовите нормируемые габаритные размеры при устройстве ответвлений от ВЛ и воздушных вводов.
3. Расскажите правила ввода в здание заземляющих проводников.
4. Как выполняют вводы в здания кабелями?
5. Как выполняют вводы в здания самонесущими проводами СИП?
6. Как выполняют вводы в здания самонесущими проводами САП_т?
7. Как выполнить ввод в здание кабелем ВВГ?
8. Как выполнить ввод в здание проводом АВТ?

9. Как выполняют гидроизоляцию воздушных и кабельных вводов через крыши, стены и фундаменты зданий?

10. Как выполнить повторное заземление PEN-проводника на четырехпроводном вводе?

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты

ИНСТРУКЦИОННАЯ КАРТА № 61

ТЕМА: Эксплуатация, ремонт и монтаж резервных электростанций.

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ: Пуск и испытания дизельных электростанций.

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: Изучить методику испытаний дизельных электростанций. Воспитание у обучающихся интереса к специальности, развитие технического мышления.

УМЕНИЯ И НАВЫКИ: Уметь составлять технологическую карту и проводить испытания дизельных электростанций.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ: учебные мастерские, лаборатория № 13.

НОРМА ВРЕМЕНИ: 4 часа.

ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА:

1. инструкционная карта;
2. оборудование для испытания дизельных электростанций.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Записать в рабочую тетрадь тему, название работы, цель занятия.
2. Изучить теоретический материал по теме «Пуск и испытания дизельных электростанций» используя методические материалы к теме.

Задание по работе

1. Изучить устройство дизельной электростанции.
2. Изучить принцип работы дизельной электростанции.

3. Изучить электрическую схему дизельной электростанции.
4. Изучить и начертить схемы линий с секционирующими пунктами и пунктами АВР. Объяснить принцип работы секционирующих пунктов и пунктов АВР.
5. Изучить назначение основного оборудования пунктов для секционирования и АВР. Начертить схему пункта секционирования с односторонним питанием.
6. Ознакомиться с размещением оборудования и устройством секционирующего пункта.
7. Разобрать принцип выполнения блокировок привода выключателя, разъединителей и дверей секционирующего пункта. Записать последовательность выполнения операций по отключению и включению секционирующего пункта под напряжение.

Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Заполнить технологическую карту подготовки дизельной электростанции к работе.
3. Схему независимого сетевого резервирования потребителей.
4. Схемы секционирования воздушных линий.
5. Схему секционирующего пункта.
6. Схему блокировки секционирующего пункта.
7. Описать виды испытаний дизельной электростанции.
8. Ответить на контрольные вопросы.
9. Ответить на вопросы теста.

Контрольные вопросы

1. Какие потребители относятся к потребителям первой, второй и третьей категориям по надежности электроснабжения?
2. Как выбирается место установки и число автоматических секционирующих аппаратов?
3. Нарисуйте возможные схемы подключения к сети потребителей, в зависимости от категории по надежности электроснабжения.

4. На какое время допускается перерыв в питании потребителей, в зависимости от категории по надежности электроснабжения?
5. В чем отличие между последовательным и параллельным секционированием линии электропередачи?
6. От скольких независимых источников должны получать питание потребители первой категории?
7. Когда в качестве независимого источника для резервирования электроснабжения необходимо применять дизельную электростанцию?
8. Для каких целей применяют секционирование и АВР в сельскохозяйственных распределительных сетях?
9. Какое электрическое оборудование применяют для секционирующих пунктов и пунктов АВР? Приведите пример использования этого оборудования для секционирования и АВР?
10. Как конструктивно выполняются секционирующие пункты и пункты АВР?
11. Каков порядок выполнения оперативных отключений и включений под напряжение секционирующих пунктов?
12. Для чего служат электромеханические блокировки приводов различных аппаратов и как они действуют?

Тест для самопроверки

1. Что должно быть предусмотрено для питания потребителей 1-й категории по надежности электроснабжения?

- ☒ Питание от нескольких взаимно резервирующих источников питания.
- ☐ Питание от двух независимых источников.
- ☐ Автоматическое секционирование.
- ☐ Автоматическое повторное включение.
- ☐ Автоматическая частотная разгрузка.

2. На какое время допускается перерыв в электроснабжении потребителей 3-й категории?

- ☐ Не более 1,5 часа.
- ☐ Не более 3 часов.
- ☐ Не более суток.

- ☐ На время автоматического включения резервного питания.
- ☐ Не более 12 часов.

3. Что применяется для резервирования потребителей 1-й категории?

- ☐ Независимая трансформаторная подстанция.
- ☐ Дополнительный выключатель в распредустройстве.
- ☐ Ветроэлектростанция.
- ☐ Дизельная электростанция.
- ☐ Ответы 1, 4.

4. Какие из перечисленных мероприятий могут использоваться для повышения надёжности электроснабжения?

- ☐ Резервирование питания потребителей от нескольких источников.
- ☐ Замена недогруженных трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности.
- ☐ Установка средств компенсации реактивной мощности.
- ☐ Применение секционирования протяженных линий.
- ☐ Ответы 1, 4.

5. К потребителям 1-й категории по надёжности электроснабжения относятся потребители, перерыв в электроснабжении которых влечёт за собой:

- ☐ Опасность для жизни людей.
- ☐ Повреждение оборудования и массовый брак продукции.
- ☐ Недоотпуск продукции.
- ☐ Приводит к ущербу.
- ☐ Ответы 1, 2.

6. Критерием оценки надёжности системы электроснабжения для потребителей второй и третьей категории служат показатели надёжности:

- ☐ Параметр потока отказов.
- ☐ Среднее время восстановления.

- ☐ Число часов использования максимума нагрузки.
- ☐ Ответы 1, 2.
- ☐ Ответы 1, 2, 3.

7. Магистраль вновь сооружаемых или реконструируемых линий 10 кВ рекомендуется выполнять сталеалюминиевыми проводами одного сечения не менее:

- ☐ 95 мм².
- ☐ 70 мм².
- ☐ 35 мм².
- ☐ 25 мм².
- ☐ 120 мм².

8. При последовательном секционировании линии 10 кВ, повышается надежность электроснабжения потребителей расположенных:

- ☐ Между секционирующим выключателем и головной подстанцией.
- ☐ За секционирующим выключателем в сторону хвостовой части линии.
- ☐ Между ОТП и РП.
- ☐ За наиболее мощным потребителем.
- ☐ На ответвлении от магистральной линии.

9. В качестве автоматического секционирующего аппарата в сетях 10 кВ может служить:

- ☐ Выключатели нагрузки.
- ☐ Автоматические отделители.
- ☐ Масляные и вакуумные выключатели.
- ☐ Ответы 1, 2.
- ☐ Ответы 1, 2, 3.

10. При параллельном секционировании линии 10 кВ, повышается надежность электроснабжения потребителей расположенных:

- ☐ Между секционирующим выключателем и головной подстанцией.
- ☐ За секционирующим выключателем в сторону хвостовой части линии.
- ☐ Между ОТП и РП.
- ☐ Для всех потребителей этой линии, кроме потребителей расположенных на ответвлении, где установлен секционирующий аппарат.
- ☐ На ответвлении от магистральной линии.

вопрос	ответ	вопрос	ответ	вопрос	ответ
1	2	5	5	9	5
2	3	6	4	10	4
3	5	7	1		
4	5	8	1		

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. инструкционные карты