



Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА
имени адмирала С. О. МАКАРОВА**

Институт ВОДНОГО ТРАНСПОРТА
*Кафедра электропривода и электрооборудования
береговых установок*

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ
ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

Методические указания

Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова
2021

УДК 658.012.12

ББК 67.99(2)2

Э45

Рецензент:

Тырва В. О., канд. тех. наук, доц.

(ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»)

Э45 **Электроснабжение и электробезопасность объектов водного транспорта** : метод. указания / сост.: О. М. Толокнова, В. О. Шошмин, О. В. Иозефович. — СПб. : Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2021. — 44 с.

Методические указания по выполнению практических работ составлены в соответствии с программой дисциплины «Электроснабжение и электробезопасность объектов водного транспорта» и предназначены для студентов очного и заочного форм обучения ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электропривод и автоматика».

Содержатся задания и пояснения к выполнению практических задач по дисциплине «Электроснабжение и электробезопасность объектов водного транспорта». Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры электропривода и электрооборудования береговых установок ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», протокол № 6 от 17 февраля 2021 года.

УДК 658.012.12

ББК 67.99(2)2

© ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова», 2021

© О. М. Толокнова, В. О. Шошмин,
О. В. Иозефович, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Практическое занятие № 1. Определение токов на участках сети	6
Практическое занятие № 2. Расчет и построение годового графика по продолжительности электрической нагрузки	10
Практическое занятие № 3. Определение коэффициентов, характеризующих режимы работы электроустановок	13
Практическое занятие № 4. Рассчитать групповые и суммарные нагрузки электроприемников по методу упорядоченных диаграмм	14
Практическое занятие № 5. Рассчитать групповые и суммарные нагрузки электроприемников статистическим методом	18
Практическое занятие № 6. Определить мощность компенсирующих устройств, присоединяемых в конце каждой из радиальных линий.....	20
Практическое занятие № 7. Определить мощность компенсирующих устройств, присоединяемых к магистральной линии.....	23
Практическое занятие № 8. Рассчитать систему электроснабжения участка производства	26
Практическое занятие № 9. Выбор мощности и типа трансформаторной подстанции и проверка работы в аварийном режиме. Разработка схемы трансформаторной подстанции, с указанием приборов учета и электрических аппаратов	33
Практическое занятие № 10. Защита электрических сетей и электроприемников напряжением до 1кВ.....	35
Практическое занятие № 11. Выбрать и проверить масляный выключатель, разъединитель и трансформатор тока для линии напряжением 10 кВ.....	37
Практическое занятие № 12. Выбрать и проверить шины распределительного устройства на динамическую устойчивость к токам КЗ.....	39

Практическое занятие №13. Разработать схему релейной защиты,
определить ток срабатывания реле и коэффициент чувствительности
защиты силового трансформатора мощностью S_T , напряжением U_T
и током КЗ на шинах трансформаторной подстанции41

Список литературы.....43

ФГБОУ ВО "ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова"

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью изучения дисциплины «Электроснабжение и электробезопасность объектов водного транспорта» является овладение теорией, навыками расчета и проектирования систем электроснабжения судостроительно-судоремонтных заводов речного флота, речных портов и гидротехнических сооружений.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать основы расчета электрических нагрузок, компенсации реактивной мощности и токов короткого замыкания, регулирования напряжения в системах электроснабжения, построения схем электроснабжения и трансформаторных подстанций, конструирования устройств релейной защиты и автоматики.

Данные методические указания содержат практические задания и упражнения, способствующие усвоению пройденного материала на лекциях, и позволит студентам самостоятельно проектировать системы электроснабжения

Изучение дисциплины «Электроснабжение предприятий водного транспорта» базируется на знаниях, полученных на курсах: Высшая математика, «Физика», «Химия», «Теоретические основы электротехники», «Электрические аппараты и средства автоматизации», «Теория электрического привода», «Управление электроприводами».

В свою очередь, знания и навыки, полученные при изучении данного курса, необходимы для успешного усвоения дисциплин: «Электрооборудование и автоматизация береговых установок» и «Организация, планирование и автоматизированные системы управления предприятиями».

При обучении без отрыва от производства программный теоретический материал должен быть изучен по литературе, указанной ниже, с учетом рекомендаций, приведенных в данных методических указаниях.

Практическое занятие № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКОВ НА УЧАСТКАХ СЕТИ

1.1. Цель — научить студента определять токи на любом участке сети в зависимости от данных по заданию: даны полные токи и коэффициенты мощности потребителей, подключенных к сети, или даны нагрузки, выраженные полной мощностью в комплексном виде.

1.2. В процессе работы студенту необходимо выполнить два варианта задания: когда даны полные токи на участках сети и когда даны нагрузки, выраженные через полную мощность, записанную в комплексном виде. Варианты заданий приведены в табл.1.1, 1.2 и на рисунках (рис.1.1–1.6).

На практике наибольшее значение имеет расчёт мощности в цепях переменного синусоидального напряжения и тока.

Для того, чтобы связать понятия полной, активной, реактивной мощностей и коэффициента мощности, удобно обратиться к теории комплексных чисел. Можно считать, что мощность в цепи переменного тока выражается комплексным числом таким, что активная мощность является его действительной частью, реактивная мощность — мнимой частью, полная мощность — модулем, а угол φ (сдвиг фаз) — аргументом. Для такой модели оказываются справедливыми все выписанные ниже соотношения.

$$i = i_a + j \cdot i_p ;$$

$$k_{\text{и}} = \frac{P_{\text{см}}}{P_y} ;$$

$$k_{\text{м}} = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{см}}} ;$$

$$k_{\text{с}} = \frac{P_{\text{max}}}{P_y} ;$$

$$i_a = I \cdot \cos \varphi ;$$

$$i_p = I \cdot \sin \varphi ;$$

$$I = \sqrt{i_a^2 + i_p^2} .$$

Активные, реактивные и полные мощности вычисляются по аналогичным формулам:

$$S = P + iQ;$$

$$P = S \cos \varphi;$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi .$$

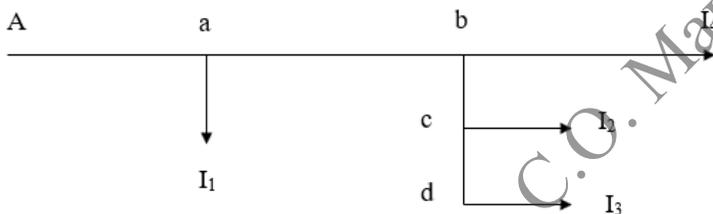


Рис.1.1



Рис.1.2

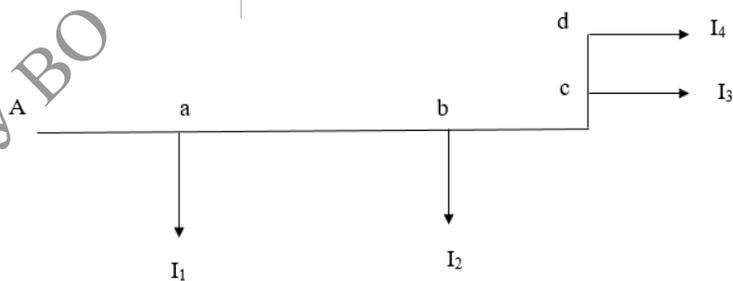


Рис.1.3

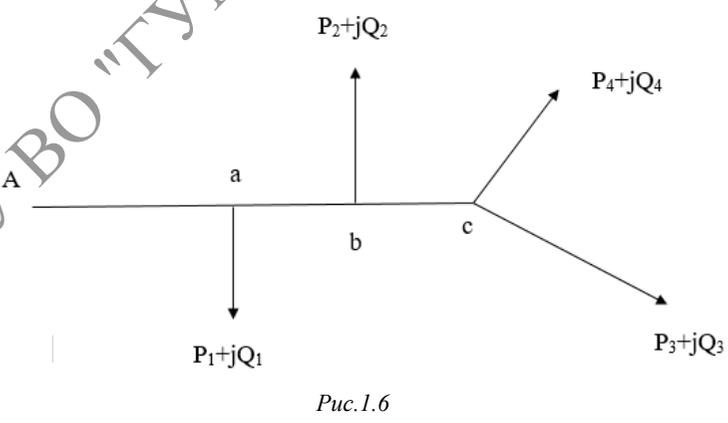
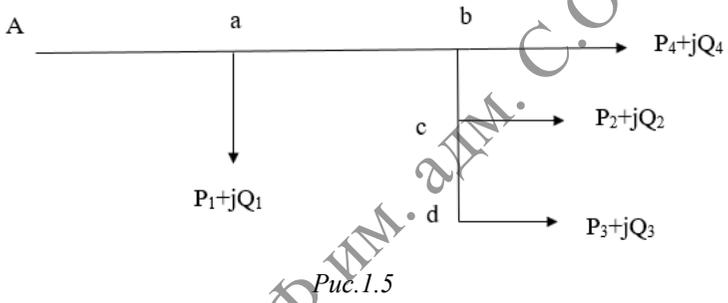
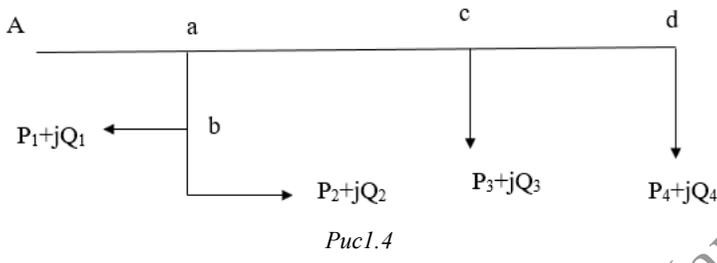


Таблица 1.1

Исходные данные

Вар.	№ рис.	I1	I2	I3	I4	cosφ1	cosφ2	cosφ3	cosφ4
1	1,6	150	200	250	350	1	0.6	1	0.6
2	1,4	100	150	300	400	1	0.4	0.3	0.4
3	2,5	50	250	80	100	0.6	0.6	0.5	0.8
4	2,6	10	65	100	120	0.6	0.3	0.6	1
5	3,4	200	80	65	50	0.8	0.1	0.8	1
6	1,6	150	45	80	80	0.1	0.6	0.6	0.4
7	1,5	120	50	100	250	0.9	0.8	0.1	0.6
8	2,4	100	75	250	80	0.3	0.8	0.4	0.8
9	2,5	50	80	300	100	0.6	0.1	0.6	0.1
10	3,4	40	120	100	50	0.8	0.4	0.8	1
11	3,5	100	100	50	120	0.8	0.6	1	1
12	2,6	100	100	80	60	0.1	0.1	1	0.3
13	3,6	300	400	100	50	0.9	0.9	1	0.3
14	2,5	45	250	350	100	0.1	1	0.8	0.6
15	1,4	50	150	100	80	0.9	1	0.4	0.8
16	1,5	40	50	120	200	0.8	1	0.6	0.4
17	1,6	100	100	80	120	0.6	0.3	1	0.8

Таблица 1.2

Исходные данные

Вар.	P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	Q3	Q4
1	200	150	200	100	100	50	300	120
2	100	200	300	250	200	80	250	100
3	300	340	250	100	250	100	40	50
4	150	400	200	300	300	150	50	80
5	250	80	150	100	200	200	80	150
6	80	20	300	150	140	250	120	200
7	120	190	100	300	300	200	100	150
8	400	800	130	200	50	100	160	40
9	150	200	30	300	80	120	100	80
10	140	100	90	200	120	200	50	90
11	150	75	500	200	90	300	200	80
12	200	100	120	250	120	150	250	50
13	300	90	80	200	100	50	100	80

Окончание табл 1

Вар.	P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	Q3	Q4
14	450	130	60	200	100	80	120	90
15	400	150	50	200	250	90	90	100
16	60	100	100	250	250	100	80	120
17	80	200	150	300	300	50	100	200

1.3. Контрольные вопросы:

Какими величинами выражается электрическая нагрузка?

Как определяется полная мощность?

Практическое занятие № 2

РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ГОДОВОГО ГРАФИКА ПО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

2.1. Цель — ознакомиться с характерными графиками электрических нагрузок и различными величинами, и коэффициентами, применяемых при подсчете нагрузок.

2.2. Каждому студенту выдается задание, в котором указаны три графика нагрузок рис.2.1 (зимний период), рис.2.2 (осенний период), рис.2.3 (летний период), установленные мощности табл.2.1, 2.2, 2.3 и задание, которое необходимо выполнить: определить коэффициенты использования, максимума и коэффициент спроса по каждому графику нагрузки. Определить годовое потребление электроэнергии. Построить суммарный график изменения нагрузок по данным и определить коэффициенты, характеризующие потребление активной мощности.

Расчетные коэффициенты определяются по формулам:

$$- k_{и} = \frac{P_{см}}{P_{у}} \text{ — коэффициент использования;}$$

$$- k_{м} = \frac{P_{маx}}{P_{см}} \text{ — коэффициент максимума;}$$

$$- k_{с} = \frac{P_{маx}}{P_{у}} \text{ — коэффициент спроса.}$$

Изменение мощности происходит каждые два часа. Длительность смены составляет 12 часов.

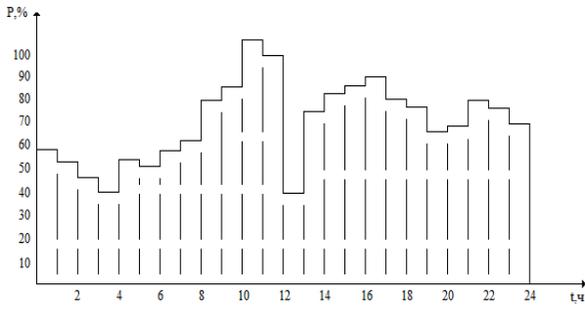


Рис.2.1

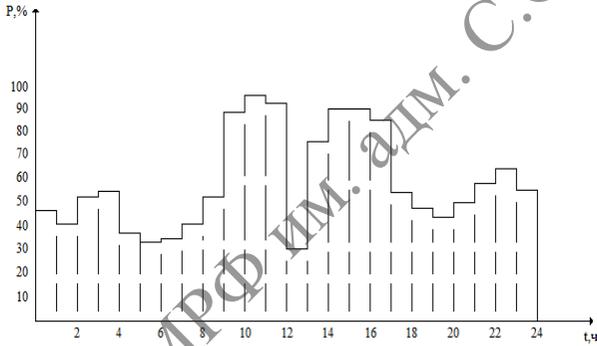


Рис.2.2

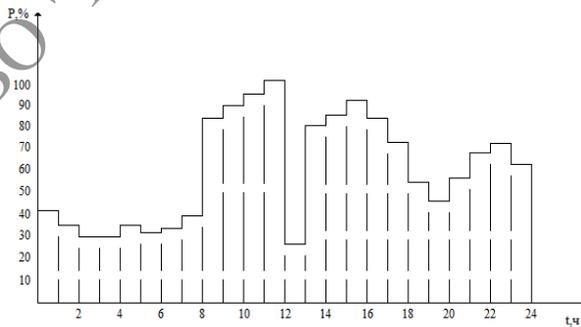


Рис.2.3

Таблица 2.1

Исходные данные для зимнего периода

t, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P, %	52	45	40	53	52	56	60	78	84	100	90	40
t, ч	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P, %	75	85	89	90	92	78	70	72	80	75	65	55

Таблица 2.2

Исходные данные для осеннего периода

t, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P, %	50	60	62	45	40	42	44	54	87	100	35	39
t, ч	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P, %	82	95	95	92	68	60	58	65	72	75	60	55

Таблица 2.3

Исходные данные для летнего периода

t, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P, %	35	30	30	35	32	35	38	75	85	90	100	25
t, ч	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P, %	75	80	85	76	65	50	45	52	65	67	55	48

2.3. Контрольные вопросы:

Какими величинами может быть вычислена электрическая нагрузка?

Изобразите графики электрических нагрузок.

Объяснить понятие установленной мощности.

Практическое занятие № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

3.1. Цель — закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков построения графиков нагрузок.

3.2. Контрольная работа выполняется студентами на основании индивидуального задания, при этом каждому студенту выдается вариант задания табл. 3.1 (расчётные значения активной мощности в кВт) и рис.3.1 (график изменения активной мощности).

3.3. Задание: определить по суточному графику нагрузок среднюю мощность, максимальную и коэффициенты спроса, максимума и использования. Определить коэффициенты, характеризующие потребление активной мощности.

Расчетные коэффициенты определяются по формулам:

$$- k_{И} = \frac{P_{СМ}}{P_{У}} \text{ — коэффициент использования;}$$

$$- k_{М} = \frac{P_{М\text{ах}}}{P_{СМ}} \text{ — коэффициент максимума;}$$

$$- k_{С} = \frac{P_{М\text{ах}}}{P_{У}} \text{ — коэффициент спроса.}$$

Изменение мощности происходит каждые два часа. Длительность смены составляет 12 часов.

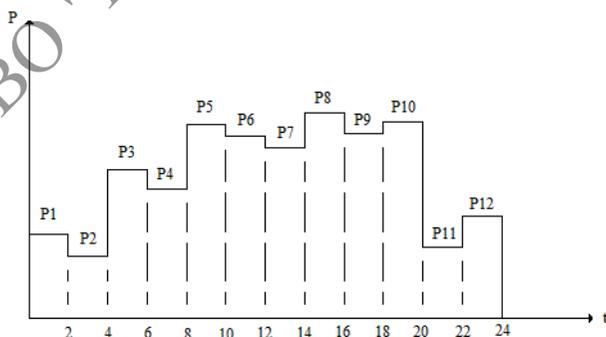


Рис.3.1

Таблица 3.1.

Исходные данные

№вар	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P _y
1	10	20	40	10	15	40	30	30	20	30	20	10	45
2	15	30	40	40	30	35	20	15	20	25	30	20	50
3	25	35	35	40	35	35	40	20	20	30	40	30	50
4	30	40	60	50	50	60	50	40	50	30	30	20	70
5	10	20	30	20	30	30	20	30	30	20	20	20	40
6	12	16	16	16	20	20	15	15	15	20	10	10	30
7	14	30	30	30	20	25	25	20	20	10	10	20	40
8	16	20	20	20	16	18	18	20	15	15	20	15	30
9	14	16	18	20	24	24	26	18	18	15	15	14	30
10	20	25	30	30	20	20	20	30	30	25	25	20	40
11	40	15	50	60	60	50	40	40	35	30	30	30	70
12	10	20	10	10	20	30	30	20	15	20	10	20	30

3.4. Контрольные вопросы:

Какими величинами характеризуются графики электрических нагрузок?

Какие графики электрических нагрузок вы знаете?

Как определить потребляемую за год электроэнергию?

Практическое занятие № 4

**РАССЧИТАТЬ ГРУППОВЫЕ И СУММАРНЫЕ НАГРУЗКИ
ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ ПО МЕТОДУ УПОРЯДОЧЕННЫХ
ДИАГРАММ**

4.1. Цель — закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков расчета нагрузок методом упорядоченных диаграмм. Рассчитать групповые и суммарные нагрузки электроприемников по методу упорядоченных диаграмм (коэффициенту использования). Определить полную суммарную расчетную нагрузку, если $\operatorname{tg}\varphi_0 = 0,3$.

4.2. Контрольная работа выполняется студентами на основании индивидуального задания. Данные по электроприемникам приведены в

табл.4.1, а исходные данные по вариантам электроприемников в табл.4.2. В каждом задании указывается количество электроприемников, их установленная мощность и коэффициенты: использования $K_{и}$ и $\text{tg}\varphi_{с}$.

4.3. Работа выполняется в полном объеме в процессе аудиторных занятий, сдается на проверку преподавателю. Дальнейшее закрепление полученного материала будет происходить в процессе подготовки курсового проекта.

Индивидуальные средние активные и реактивные нагрузки электроприёмников рассчитываются по формулам:

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{yi};$$

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi_{ci}.$$

где $P_{см}$, $Q_{см}$ средняя активная и реактивная мощности каждого электроприемника за наиболее нагруженную смену;

$K_{и}$ — коэффициент использования электроприемников, определяется на основании опыта эксплуатации по таблице 4.1;

$\text{tg}\varphi_{ci}$ — коэффициент реактивной мощности по таблице 4.1.

Максимальные индивидуальные нагрузки определяются по формулам:

$$P_{м} = K_{м} \cdot P_{см};$$

$$Q_{м} = K_{м} \cdot Q_{см};$$

$$S_{м} = \sqrt{P_{м}^2 + Q_{м}^2}.$$

где $P_{м}$, $Q_{м}$, $S_{м}$ — максимальная активная, реактивная и полная нагрузки электроприемников;

$K_{м}$ — коэффициент максимума, определяется из справочных данных [3, с.91].

Таблица 4.1

Данные электроприемников

№	Наименование электроприемника	P_n	$PВ_n$	$tg\varphi_c$	K_n	ν
1	Портальный кран 5т	131	0.4	1.84	0.31	0.27
2	Портальный кран 10т	182	0.6	1.37	0.52	0.21
3	Портальный кран 16т	241	0.8	1.2	0.48	0.16
4	Осветительная установка	10	1	0	1	0
5	Осветительная установка	20	1	0	1	0
6	Транспортер	140	1	1.32	0.65	0.15
7	Подъемник	16	0.25	1.6	0.15	0.3
8	Выпрямитель	80	1	1.51	0.55	0.75
9	Токарный станок	7.5	0.6	1.1	0.2	0.12
10	Токарный станок	4.2	0.4	1.25	0.24	0.16
11	Фрезерный станок	5.5	0.6	1.17	0.16	0.1
12	Станок-автомат	10	1	1.05	0.24	0.12
13	Кузнечный пресс	28	0.8	1.15	0.55	0.18
14	Мостовой кран	19	0.4	1.6	0.15	0.25
15	Сварочный пост	70	0.5	1.66	0.35	0.4
16	Печь сопротивления	12	1	1	0.55	0.1
17	Компрессор	40	1	0.88	0.7	0.08
18	Вентилятор	11	1	1.25	0.6	0.05
19	Насос	75	1	1.3	0.8	0
20	Лебедка судоподъемная	18	1	1.2	0.6	0.15

Таблица 4.2

Исходные данные

Вариант	Группы электроприемников, номер, количество			
	1	2	3	5
1	1/2, 3/5	4/1, 5/2, 8/1	7/2, 6/2, 15/1	17/1, 18/3, 19/1
2	9/3, 11/4, 12/1	13/2, 14/1, 10/3	17/2, 15/3, 18/2	4/2, 5/1, 19/1
3	1/3, 2/6, 3/4	6/3, 7/1	4/2, 9/2, 11/1	8/1, 18/1
4	20/9, 15/8, 5/2	9/2, 10/1, 11/3	13/2, 18/1, 17/2	18/3, 14/1
5	1/4, 3/3, 6/2	2/3, 7/3, 5/2	8/2, 15/1, 18/3	19/2, 4/1, 18/1, 11/1
6	9/3, 10/1, 11/2, 12/2	13/3, 17/2, 14/1, 18/3	2/2, 6/3, 5/2	8/2, 18/1, 19/1, 4/1
7	20/6, 15/4, 4/3	10/5, 11/2, 13/2, 14/1	16/4, 18/2, 19/3	15/3, 5/1, 6/2, 1/1
8	1/6, 3/2	5/2, 6/4, 2/2	17/1, 18/2, 8/2	9/2, 15/1, 4/1, 16/1
9	9/2, 10/3, 11/1, 12/1	16/4, 14/1, 13/3	15/4, 18/3, 17/8	5/2, 8/1, 6/1
10	20/11, 15/5	16/2, 13/2, 14/1	9/5, 11/2, 12/2	5/1, 18/2, 19/1
11	1/5, 2/2, 5/1	6/2, 7/2, 14/3	19/2, 17/3, 15/2	8/2, 4/2, 18/3
12	9/3, 11/2, 13/2	15/4, 16/3, 14/1	17/2, 18/2, 7/2	4/3, 19/2, 8/2
13	20/7, 2/2, 15/4	1/2, 3/4, 5/1	9/2, 16/2, 13/1	17/1, 19/1, 18/3
14	3/2, 6/3, 5/2	1/3, 2/6	8/2, 9/3, 10/2	4/2, 19/1, 16/3
15	9/1, 11/2, 12/2	16/3, 14/1, 13/2	9/1, 10/2, 15/1	4/2, 20/4, 15/2
16	1/1, 2/3, 3/4	4/1, 6/2, 7/2	2/4, 6/1, 5/2	9/2, 10/1, 16/16, 15/2
17	9/2, 10/3, 11/1	16/1, 13/2, 14/1	17/1, 18/1, 8/2	20/4, 15/2, 4/2, 1/2
18	1/2, 2/4, 3/5	5/1, 8/3, 15/2	9/2, 10/1, 7/1	6/2, 4/2, 7/3
19	9/3, 10/1, 11/2	16/2, 13/1, 14/1	17/2, 18/2, 8/2	20/8, 15/2, 4/2, 1/1
20	1/3, 2/2, 3/2	5/2, 6/2, 19/2	10/2, 16/1, 17/1	4/2, 8/2, 13/1, 19/1

4.4. Контрольные вопросы:

Дать краткую характеристику метода упорядоченных диаграмм.

Укажите основные соотношения для расчета электрических нагрузок по методу упорядоченных диаграмм.

Практическое занятие № 5

РАССЧИТАТЬ ГРУППОВЫЕ И СУММАРНЫЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

5.1. Цель — закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков расчета нагрузок статистическим методом. Выполнить расчет статистическим методом групповых и суммарных нагрузок объекта, электроприемники которого указаны по вариантам в табл.5.1.

5.2. Контрольная работа выполняется студентами на основании индивидуального задания табл.5.1, параметры электроприемников приведены в табл.4.1. В задании перечислены электроприемники, их установленные мощности и коэффициенты, необходимые для вычисления расчетных нагрузок.

5.3. Работа выполняется в полном объеме в процессе аудиторных занятий, сдается на проверку преподавателю. Дальнейшее закрепление полученного материала будет происходить в процессе подготовки курсового проекта.

Для определения активных и реактивных нагрузок необходимо воспользоваться следующими формулами:

$$P_{ci} = \kappa_{wi} P_{yi};$$

$$\sigma_{pi} = \vartheta_i \cdot P_{ci};$$

$$P_{pi} = P_{ci} + \beta_1 \cdot \sigma_{pi};$$

$$Q_{pi} = P_{pi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_c;$$

где $\beta_1 = 1,5$;

$\operatorname{tg} \varphi_c = 0,3$ — эффективный коэффициент реактивной мощности.

Таблица 5.1

Исходные данные

Вариант	Группы электроприемников, номер, количество	
	1	2
1	9/4, 10/2, 11/2, 16/3	20/6, 15/3, 17/2, 12/3, 14/1
2	1/3, 2/6, 3/4, 6/2, 4/2	9/2, 11/1, 8/2, 18/2, 17/3
3	20/9, 15/7, 5/1, 4/2, 8/2	16/3, 14/2, 15/1, 9/2, 10/1, 11/3
4	9/2, 10/3, 11/1, 12/1, 19/2	18/3, 15/4, 8/2, 5/2, 17/2
5	9/2, 10/4, 17/2, 16/2, 19/2	20/5, 15/3, 4/3, 1/3, 8/2
6	1/4, 2/5, 4/1, 17/2	9/1, 10/2, 16/2, 19/2, 15/2
7	2/1, 3/3, 4/3, 7/3, 8/1	19/2, 9/2, 15/1, 8/1, 6/2
8	9/4, 10/2, 11/1, 16/3, 14/1	20/6, 15/3, 5/2, 18/2
9	1/3, 2/2, 3/2, 5/2, 6/2	19/1, 13/1, 8/2, 4/2, 17/1
10	1/2, 2/4, 3/5, 5/1, 6/2	8/3, 15/2, 9/2, 10/2, 7/3
11	9/2, 10/3, 11/1, 16/1, 13/2	20/4, 15/2, 4/2, 17/1, 8/2
12	1/1, 2/3, 3/4, 4/1, 6/2	7/2, 9/2, 10/1, 16/1, 15/2
13	3/2, 6/3, 5/2, 1/3, 2/6	8/2, 9/3, 10/2, 19/1, 16/8
14	20/6, 15/2, 4/2, 1/1, 19/2	9/4, 10/2, 17/2, 16/3, 15/1
15	1/6, 3/1, 5/1, 6/3, 15/1	8/2, 17/2, 9/2, 5/1, 19/2
16	9/2, 10/3, 17/2, 16/3, 14/1	18/2, 19/2, 8/2, 20/5, 15/3
17	1/4, 2/5, 4/1, 5/2, 8/2	7/2, 6/2, 15/1, 17/1, 18/3
18	9/3, 11/4, 12/1, 13/2, 16/3	17/2, 15/3, 18/2, 4/2, 5/1
19	2/1, 3/3, 4/3, 7/3, 8/1	9/2, 15/2, 19/2, 8/1, 6/2
20	20/4, 15/2, 4/2, 1/2, 19/1	9/2, 11/2, 10/3, 16/2, 8/2

5.4. Контрольные вопросы:

Чем отличаются эмпирические и вероятностно-статистические методы расчета электрических нагрузок?

Укажите основные соотношения для расчета электрических нагрузок по статистическому методу.

Практическое занятие № 6 **ОПРЕДЕЛИТЬ МОЩНОСТЬ КОМПЕНСИРУЮЩИХ** **УСТРОЙСТВ, ПРИСОЕДИНЯЕМЫХ В КОНЦЕ КАЖДОЙ ИЗ** **РАДИАЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

6.1. Цель — закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков расчета компенсирующих устройств.

6.2. Контрольная работа выполняется студентами на основании индивидуального задания (табл.6.1). В задании указываются мощности присоединенных нагрузок (реактивные) и сопротивления линий, по которым происходит перераспределение энергии (рис.6.1).

6.3. Работа выполняется в полном объеме в процессе аудиторных занятий, сдается на проверку преподавателю. Дальнейшее закрепление полученного материала будет происходить в процессе подготовки курсового проекта.

6.4. Задания студентам для самостоятельной работы.

Студентам рекомендуется самостоятельно рассчитать дома вариант с другими численными значениями.

Наибольший экономический эффект при компенсации реактивной мощности достигается при размещении средств компенсации в непосредственной близости от потребляющих реактивную мощность электроприёмников.

Для получения минимума затрат на генерацию и передачу реактивной мощности, она должна распределяться по методу Лагранжа для каждого электроприёмника или распределительного пункта.

Реактивная мощность, распределяемая в каждую радиальную линию, определяется по формуле:

$$Q_i = \frac{Q_3 \cdot r_{\text{экв}}}{r_i};$$

где Q_3 — эффективная реактивная мощность, разрешённая к потреблению;

r_i — сопротивление линии, по которой передаётся реактивная мощность Q_i к данному РП.

Общее эквивалентное сопротивление радиальной сети определяется по формуле:

$$r_{\text{экв}} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}};$$

где r_i — сопротивление линии, по которой передаётся мощность Q_i к данному РП.

Мощность компенсирующего устройства определяется по формуле:

$$Q_k = Q_i - Q_i';$$

где Q_i' — мощность электроприёмника, подключённого в конце каждой радиальной линии;

Q_i' — распределяемая и разрешённая к потреблению реактивная мощность в каждой радиальной линии.

После определения расчётных мощностей компенсирующих устройств необходимо выбрать из справочника стандартные значения компенсирующих устройств и произвести баланс мощностей.

6.5. Контрольные вопросы:

Перечислить основные электроприемники реактивной мощности.

Перечислить и дать пояснения технических условий снижения реактивной мощности

Таблица 6.1

Исходные данные

№ Вар.	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆
1	0,02	0,005	0,06	0,015	0,035	120	165	140	320	540	360
2	0,03	0,005	0,03	0,02	0,009	180	380	220	160	320	520
3	0,04	0,008	0,02	0,01	0,008	90	180	350	265	110	400
4	0,05	0,001	0,15	0,009	0,005	485	240	585	95	75	460
5	0,025	0,002	0,008	0,006	0,04	230	185	365	425	160	340
6	0,045	0,005	0,01	0,0025	0,015	210	105	65	370	245	280
7	0,004	0,009	0,0015	0,01	0,025	400	275	305	90	125	420
8	0,05	0,007	0,02	0,01	0,008	280	85	125	415	225	380
9	0,02	0,01	0,01	0,04	0,035	135	240	380	320	165	340
10	0,035	0,006	0,006	0,01	0,025	180	220	85	90	425	280
11	0,04	0,008	0,008	0,02	0,015	405	275	585	265	135	480
12	0,035	0,01	0,02	0,04	0,025	720	305	105	215	220	325
13	0,04	0,01	0,015	0,008	0,035	240	85	135	400	225	425
14	0,035	0,008	0,005	0,01	0,005	620	125	540	95	125	475
15	0,02	0,005	0,035	0,02	0,015	305	215	185	380	380	285
16	0,01	0,01	0,025	0,008	0,035	90	155	365	265	240	375
17	0,008	0,01	0,025	0,04	0,035	400	240	125	90	185	345
18	0,012	0,018	0,02	0,02	0,5	220	155	345	115	540	415
19	0,003	0,006	0,01	0,008	0,025	275	205	95	400	315	385
20	0,022	0,03	0,008	0,01	0,045	685	185	110	90	315	515

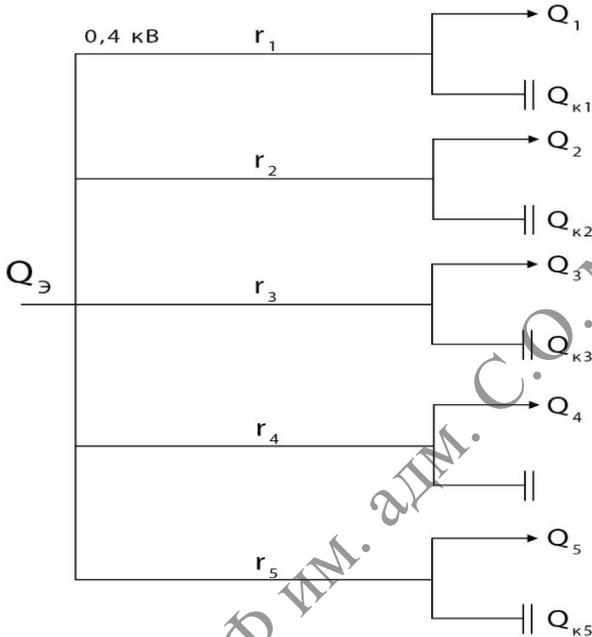


Рис.6.1

Практическое занятие № 7

ОПРЕДЕЛИТЬ МОЩНОСТЬ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ, ПРИСОЕДИНЯЕМЫХ К МАГИСТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ

7.1. Цель — закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков расчета компенсирующих устройств.

7.2. Контрольная работа выполняется студентами на основании индивидуального задания (табл. 7.1.) и (рис.7.1.). В задании указываются мощности присоединенных нагрузок (реактивные) и сопротивления линий, по которым происходит перераспределение энергии. Также указывается реактивная мощность на вводе, разрешенная к потреблению.

Студентам рекомендуется самостоятельно рассчитать дома вариант с другими численными значениями.

Реактивная мощность, распределяемая в каждую радиальную линию, определяется по формуле:

$$Q_{\partial i} = \frac{Q_{\partial} \cdot r_{\text{экв}i}}{r_i};$$

где Q_{∂} — эффективная реактивная мощность, разрешённая к потреблению;

r_i — сопротивление линии, по которой передаётся реактивная мощность Q_i к данному РП.

Эквивалентное сопротивление определяется для каждого ответвления магистральной линии:

$$r_{\text{экв}i} = \frac{(r_{i,i+1} + r_{\partial i+1}) \cdot r_i}{(r_{i,i+1} + r_{\partial i+1}) + r_i};$$

где r_b , $r_{i,i+1}$ даны в табл. 7.1.

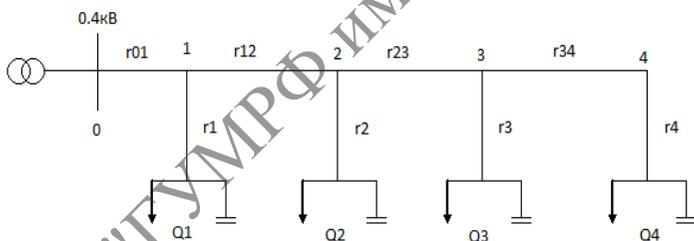


Рис. 7.1

7.3. Контрольные вопросы:

Перечислите основные условия выбора мощности конденсаторных установок напряжением до 1кВ и выше.

Дать характеристику основных направлений по снижению реактивной мощности.

Таблица 7.1.

Исходные данные

№ вар	Г ₀₁	Г ₂	Г ₂₃	Г ₃₄	Г ₁	Г ₂	Г ₃	Г ₄	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅
1	0,002	0,001	0,001	0,005	0,003	0,004	0,003	0,001	400	350	280	140	410
2	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	620	340	280	240	360
3	0,012	0,001	0,001	0,005	0,0040	0,003	0,003	0,002	300	140	120	85	180
4	0,015	0,005	0,002	0,002	0,003	0,002	0,004	0,004	180	415	220	115	325
5	0,023	0,002	0,002	0,004	0,006	0,0012	0,005	0,007	205	430	380	240	440
6	0,003	0,004	0,001	0,002	0,005	0,0002	0,008	0,005	515	205	410	180	380
7	0,025	0,002	0,002	0,002	0,004	0,007	0,001	0,0030	0,001	230	205	180	390
8	0,004	0,001	0,001	0,003	0,005	0,002	0,003	0,002	0,003	115	415	115	280
9	0,003	0,005	0,003	0,0012	0,005	0,0012	0,002	0,003	0,005	505	160	96	520
10	0,002	0,002	0,004	0,002	0,002	0,0013	0,003	0,002	0,006	130	300	180	310
11	0,015	0,003	0,004	0,005	0,006	0,005	0,001	0,001	0,001	180	360	225	400
12	0,002	0,004	0,001	0,006	0,001	0,001	0,0012	0,005	0,001	430	285	110	340
13	0,003	0,005	0,005	0,008	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	275	340	300	280
14	0,005	0,003	0,006	0,004	0,003	0,003	0,005	0,002	0,003	125	235	420	265
15	0,006	0,004	0,001	0,003	0,002	0,004	0,006	0,0012	0,005	205	515	400	325
16	0,025	0,003	0,0012	0,001	0,001	0,001	0,007	0,001	0,001	300	265	380	295
17	0,002	0,002	0,003	0,001	0,0012	0,003	0,001	0,002	0,002	280	345	160	300
18	0,05	0,001	0,002	0,0012	0,002	0,006	0,002	0,003	0,004	180	320	160	400

Практическое занятие № 8

РАССЧИТАТЬ СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЧАСТКА ПРОИЗВОДСТВА

8.1. Цель — закрепление теоретических знаний и приобретение практических навыков по технико-экономическому расчету системы электроснабжения и определения местоположения и мощности трансформаторной подстанции.

8.2. Задание: в соответствии с заданными значениями нагрузок и видом генплана определить местоположение и мощность трансформаторов подстанций. Окончательный выбор должен быть сделан в результате сравнения стоимости системы электроснабжения трех заданных вариантов числа подстанций.

8.3. Практическая работа выполняется студентами на основании индивидуального задания, при этом каждому студенту выдается вариант задания (табл. 8.1), на котором обозначен генплан предприятия (рис. 8.1, 8.2, 8.3) расчетные нагрузки (табл. 8.2) в кВт и квар, расчетные коэффициенты. Определение площади сечения кабеля, стоимости кабельных высоковольтных и низковольтных линий, стоимости ТП производится по таблицам 8.3, 8.4, 8.5.

Для определения наиболее экономичного варианта системы электроснабжения, необходимо сравнить стоимость системы электроснабжения для различных вариантов количества подстанций. При этом стоимость системы электроснабжения будет определяться по формуле:

$$C_{\text{свс}} = C_{\text{ТП}} + C_{\text{вл}} + C_{\text{нвл}} ;$$

где $C_{\text{ТП}}$ — стоимость трансформаторной подстанции;

$C_{\text{вл}}$ — стоимость высоковольтной линии;

$C_{\text{нвл}}$ — стоимость низковольтной линии.

Таблица 8.1

Исходные данные

№ Вар.	Генплан	X _{max} .м	Y _{max} .м	tgφэ	Варианты количества подстанций
1	А	510	360	0.25	1, 3, 5
2	Б	1870	1320	0.4	1, 2, 3
3	В	1020	720	0.5	1, 4, 5

Окончание табл. 8.1

№ Вар.	Генплан	Xmax.м	Ymax.м	tgφэ	Варианты количества подстанций
4	А	680	480	0.3	1, 2, 3
5	В	1700	1200	0.35	1, 3, 6
6	Б	1530	1080	0.4	1, 2, 5
7	А	850	600	0.5	1, 3, 4
8	Б	1530	1080	0.45	1, 2, 4
9	В	1700	1200	0.3	1, 3, 4
10	А	1020	720	0.25	1, 2, 4
11	Б	1360	960	0.35	1, 2, 5
12	В	510	360	0.4	1, 3, 4
13	А	1190	840	0.5	1, 2, 3
14	Б	1190	840	0.3	1, 2, 4
15	В	1190	840	0.2	1, 3, 5
16	А	1360	960	0.35	1, 2, 3
17	Б	1020	720	0.45	1, 2, 4
18	В	1820	1320	0.5	1, 2, 5
19	А	1530	1080	0.4	1, 3, 4
20	Б	850	600	0.25	1, 3, 5

Таблица 8.2

Номинальные данные электроприемников

№ эл. пр.	Генплан					
	А		Б		В	
	Pp	Qp	Pp	Qp	Pp	Qp
1	69	120	140	170	248	172
2	63	76	105	126	36	112
3	140	170	105	126	208	196
4	46	55	140	170	110	142
5	140	170	140	170	315	180
6	105	126	69	120	42	18
7	105	126	69	120	20	0
8	140	170	63	76	16	10
9	69	120	63	76	88	32
10	63	76	10	0	120	144
11	63	76	84	46	40	26
12	63	76	20	0	18	12
13	20	0	48	18	62	13

Окончание табл. 8.2

№ эл. пр.	Генплан					
	А		Б		В	
	Рр	Qp	Рр	Qp	Рр	Qp
14	166	78	35	31	44	28
15	84	16	126	46	164	89
16	40	0	42	12	328	244
17	82	61	20	0	142	220
18	184	152	10	0	62	28
19	36	22	46	29	40	0
20	20	0	112	42	112	84

Таблица 8.3

Стоимость трансформаторных подстанций, тыс.руб.

Однотрансформаторные		Двухтрансформаторные	
S, кВ А	Стоимость тыс.руб.	S, кВ А	Стоимость тыс.руб.
1 x 160	7.03	2 x 160	9.84
1 x 250	7.29	2 x 250	10.37
1 x 400	7.62	2x400	11.14
1 x 630	15.84	2x630	25.29
1 x 100	17.25	2x1000	29.66
		2x1600	65.60

Таблица 8.4

Стоимость кабельных линий, тыс.руб./км

U, кВ	Кол-во кабелей в траншее	Сечение жилы кабеля, мм ²						
		4	6	10	16	25	35	50
ААБ 10 кВ	1	–	–	–	3.15	3.30	3.50	3.85
	2	–	–	–	5.16	5.46	5.86	6.56
ААБ до 1кВ	1	1.81	1.85	1.94	2.04	2.24	2.41	2.64
	2	2.66	2.73	2.86	3.01	3.41	3.75	4.97
	3	3.84	3.96	4.23	4.52	5.13	5.64	6.33

Таблица 8.4 (продолжение)

U, кВ	Кол-во кабелей в траншее	Сечение жилы кабеля, мм ²					
		70	95	120	150	185	240
ААБ 10 кВ	1	4.32	5.00	5.57	6.30	6.90	8.00
	2	7.50	8.86	10.00	11.5	12.66	12.86
ААБ до 1кВ	1	3.02	3.46	3.92	4.49	5.17	6.2
	2	5.85	6.77	7.46	7.91	9.27	11.33
	3	7.47	8.78	10.17	11.8	13.92	17.01

Таблица 8.5

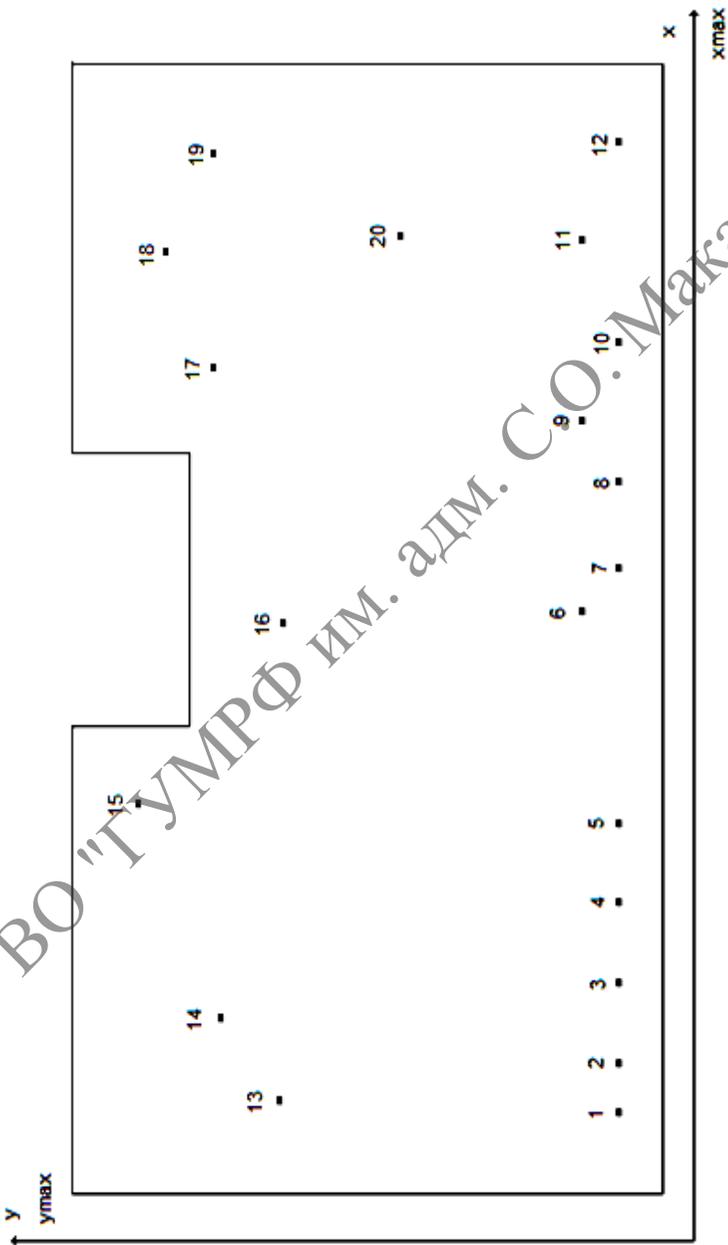
Допустимые длины передачи электроэнергии по линии 0.4 кВ

F мм2	Идоп. А	Lдоп, при Iр/Идоп, м							
		1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
4	42	42	47	53	60	70	84	105	140
6	55	48	53	60	68	80	96	120	160
10	75	58	65	73	83	97	116	145	194
16	90	76	85	95	108	127	152	190	254
25	125	91	101	114	130	152	182	227	304
35	145	101	112	126	143	168	202	252	328
50	180	113	126	141	162	188	226	282	346
70	220	128	142	160	183	214	256	320	428
95	260	141	157	176	201	235	282	366	470
120	305	147	163	184	210	245	294	368	490
150	335	160	173	200	228	267	320	400	534
185	380	165	182	206	236	275	330	412	550
240	440	179	199	224	256	299	358	448	598

8.4. Контрольные вопросы:

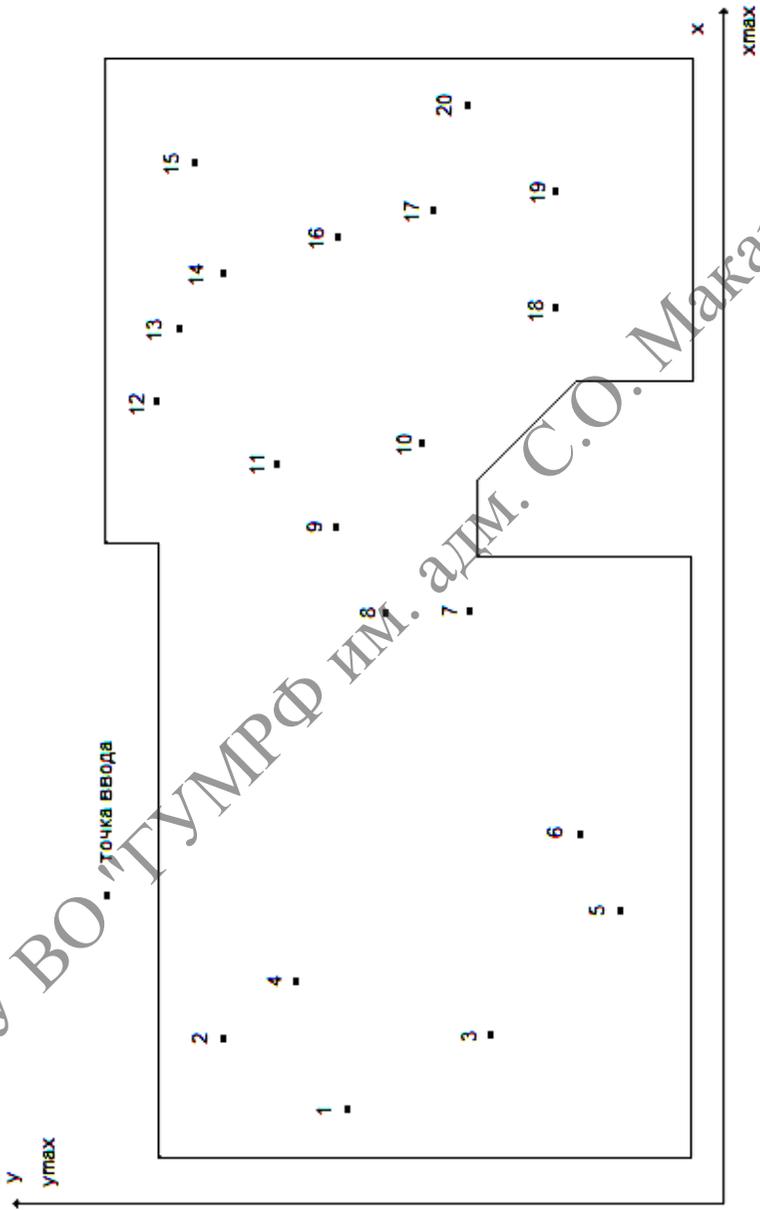
Как определяется выбор числа и мощности трансформаторов?

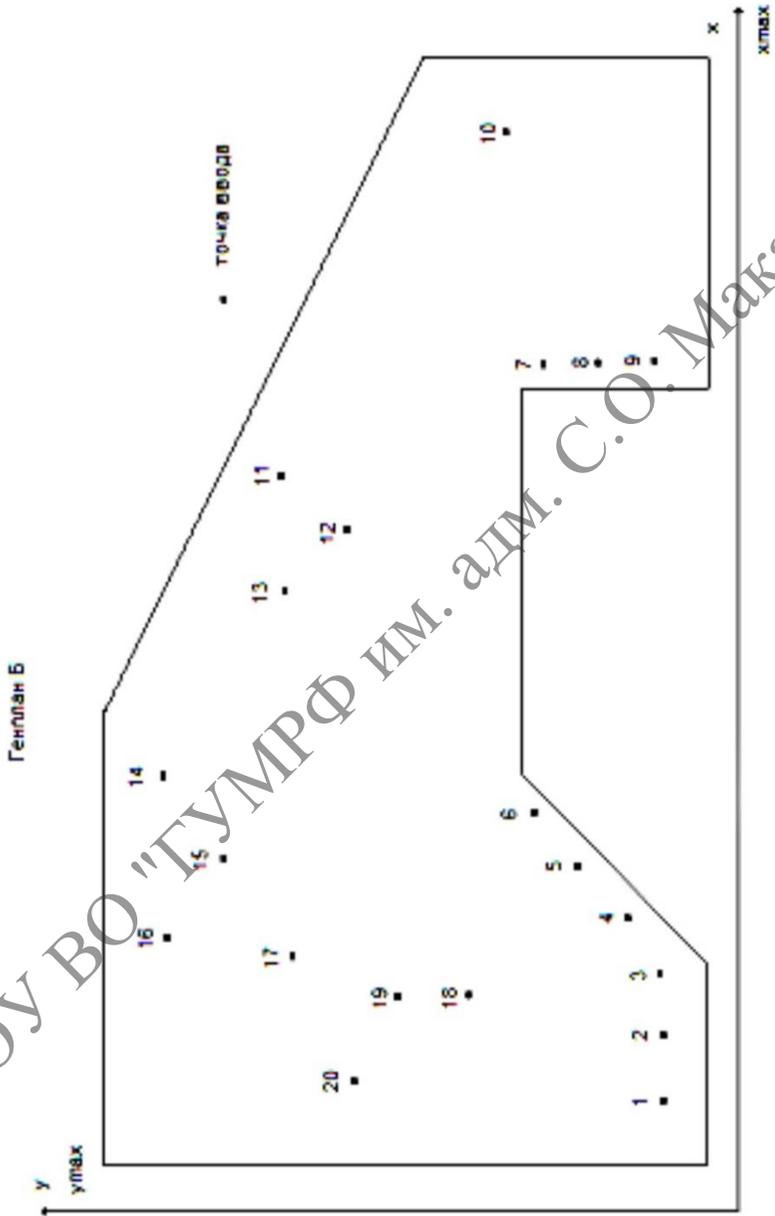
Какие существуют методы определения сечения кабеля?



ФГБОУ ВО "ТУМРФ ИМ. АДМ. СО. МАКАРОВА"

Генплан В





ФГБОУ ВО "ГУМРФ ИМ. адм. С.О. Макарова"

Практическое занятие № 9
ВЫБОР МОЩНОСТИ И ТИПА ТРАНСФОРМАТОРНОЙ
ПОДСТАНЦИИ И ПРОВЕРКА РАБОТЫ В АВАРИЙНОМ
РЕЖИМЕ. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ
ПОДСТАНЦИИ, С УКАЗАНИЕМ ПРИБОРОВ УЧЕТА
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

9.1. Цель — научить студента определять мощность и тип трансформаторной подстанции в зависимости от данных по заданию: максимальной нагрузки на шинах высшего напряжения, времени максимума и категории потребителей

9.3. На занятии студент получает индивидуальное задание (табл.9.1). В задании указано низшее и высшее напряжения, время максимума нагрузки, средняя суточная нагрузка и максимальная нагрузка.

При выборе числа и мощности трансформаторов следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- мощность одного трансформатора не должна превышать 1000 кВА;
- число трансформаторов на подстанции не должно быть больше двух;
- должна обеспечиться по возможности однотипность трансформаторов на объекте;
- при выборе мощности должна учитываться допустимая перегрузка трансформатора в аварийном режиме до 140% в течение пяти суток не более 6 часов в сутки при коэффициенте заполнения графика 0,75.

При наличии двух подключенных к распределительному устройству трансформаторов (2-х трансформаторная подстанция) выполняется условие:

$$S_T \approx 0,7 \cdot S_{M.P.};$$

где $S_{M.P.}$ — максимальная проходная мощность ($S_{M.P.} = S_{p\Sigma} + \Delta S$, кВА);

S_T — мощность одного силового трансформатора подстанции.

Номинальная мощность трансформаторов подстанции выбирается в соответствии с неравенством $S_{T,НОМ} \geq S_{p\Sigma} + \Delta S$ и с рекомендациями, где $S_{p\Sigma}$ — расчётная суммарная сменная нагрузка определённой группы электроприёмников, ΔS — потери мощности в трансформаторе.

Таблица 9.1

Исходные данные

№ варианта	Высшее напряжение, U_1 , кВ	Максимальная нагрузка, S_{\max} , кВА	Время максимума, t_{\max} , ч	Средняя суточная нагрузка, $S_{\text{ср}}$, кВА
0	6	1000	1	750
1	10	1100	1	825
2	35	1200	1	900
3	6	1300	2	975
4	10	1400	2	1050
5	35	1500	2	1125
6	6	1600	3	1200
7	10	1700	3	1275
8	35	1800	3	1350
9	6	1900	1.5	1425
10	10	2000	1.5	1500
11	35	1050	1.5	780
12	6	1150	2.5	860
13	10	1250	2.5	940
14	35	1360	2.5	1020
15	0	1480	3.5	1110
16	10	1520	3.5	1140
17	35	1650	3.5	1240
18	6	1730	1.7	1300
19	10	1870	1.7	1400
20	35	1980	1.7	1480
21	10	1900	1.4	1600
22	10	1600	1.4	1200

9.4. Контрольные вопросы:

Как происходит выбор числа и мощности трансформаторов?

Какие проверки делают при выборе ТП?

Практическое занятие № 10
ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
И ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1КВ

10.1. Цель — научить студента определять токи короткого замыкания и мощность короткого замыкания на шинах трансформаторной подстанции в зависимости от задания: метода расчета, мощности системы и мощности трансформаторной подстанции. Исходные данные в табл. 10.1.

10.2. На занятии студент получает индивидуальное задание (табл.10.1). В задании указано низшее и высшее напряжения на шинах ТП, мощность системы, мощность трансформаторов на подстанции и метод расчета токов короткого замыкания.

Рассчитать токи короткого замыкания (КЗ) — это значит:

- по расчетной схеме составить схему замещения (рис.10.1), выбрать точки КЗ;
- рассчитать сопротивления;
- определить в каждой выбранной точке токи КЗ.

Точки КЗ на расчетной схеме нумеруются сверху вниз, начиная от источника. Далее расчетная схема преобразуется в схему замещения, где все элементы цепи представляются своими сопротивлениями к приведенным базисным условиям, а магнитные связи заменены электрическими. Расчет может происходить по методу относительных единиц и именованных единиц. Для высоковольтных линий и коротких участков распределительной сети обычно учитывают только индуктивные сопротивления. При значительной протяженности сети (кабельной и воздушной) учитываются также их активные сопротивления, так как в удаленных от генераторов точках к.з. сказывается снижение ударного коэффициента.

Сопротивления схем замещения при этом определяются для линий электроснабжения кабельных, воздушных и шинопроводов из соотношений

$$R_{л} = r_{о}L_{л}; X_{л} = x_{о}L_{л},$$

где $r_{о}$, $x_{о}$ — удельное активное и индуктивное сопротивления, мОм/м;
 $L_{л}$ — протяженность линии (необходимо учитывать расстояние до районной подстанции), м.

Схема №1

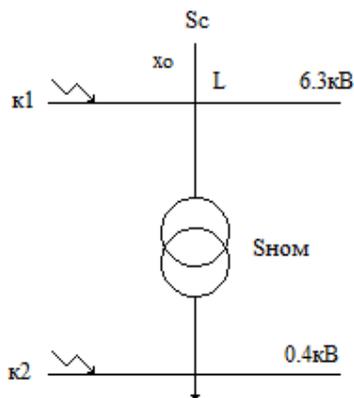


Схема №2

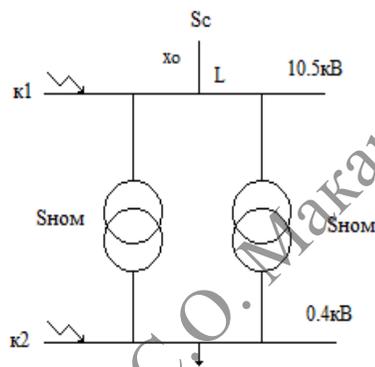


Рис. 10.1. Расчётные схемы трансформаторной подстанции

Таблица 10.1

Исходные данные

№ Варианта	Мощность системы, S_c , мВА	Длина линии, L, км	Удельное сопротивление, x_0 , Ом/км	Мощность трансформаторов, $S_{ном}$, кВА	Номер схемы	Метод расчета
0	100	2.5	0.4	1x160	1	В относ. ед.
1	150	3	0.08	2x250	2	В относ. ед.
2	180	3.5	0.4	1x400	1	В относ. ед.
3	20.0	4	0.08	2x630	2	В относ. ед.
4	23.0	4.5	0.4	1x1600	1	В относ. ед.
5	28.0	5	0.08	2x1000	2	В относ. ед.
6	120	5.5	0.4	1x400	1	В именов. ед.
7	160	6	0.08	2x160	2	В именов. ед.
8	190	6.5	0.4	1x630	1	В именов. ед.
9	∞	7	0.08	2x400	2	В относ. ед.

Окончание табл. 10.1

№ Варианта	Мощность системы, Sc, мВА	Длина линии, L, км	Удельное сопротивление, x_0 , Ом/км	Мощность трансформаторов, Sном, кВА	Номер схемы	Метод расчета
10	300	7.5	0.4	1x1000	1	В относ. ед.
11	110	8	0.08	2x250	2	В относ. ед.
12	170	8.5	0.4	1x630	1	В именов. ед.
13	26.0	9	0.08	2x1600	2	В именов. ед.
14	14.0	9.5	0.4	1x1000	1	В именов. ед.
15	210	10	0.08	2x630	2	В именов. ед.
16	130	10.5	0.4	1x400	1	В именов. ед.
17	220	11	0.08	2x160	2	В именов. ед.
18	∞	11.5	0.4	1x1000	1	В относ. ед.
19	90	12	0.08	2x400	2	В относ. ед.
20	∞	12.5	0.4	1x630	1	В относ. ед.

10.3. Контрольные вопросы:

Дать определение тока короткого замыкания и каковы причины его появления?

В чем сущность расчета токов КЗ в относительных единицах?

В чем особенность расчета токов КЗ в установках напряжением до 1 кВ?

Практическое занятие № 11

ВЫБРАТЬ И ПРОВЕРИТЬ МАСЛЯНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ И ТРАНСФОРМАТОР ТОКА ДЛЯ ЛИНИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 КВ

11.1. Цель — изучить виды защит в электроустановках напряжением до 1кВ. Приобрести навыки выбора плавких предохранителей, автоматических выключателей, тепловых реле.

11.2. Необходимо выбрать масляный выключатель, рзъединитель и

трансформатор тока в распределительном шкафу, исходя из данных таблицы 11.1.

11.3. В процессе работы студенту необходимо выполнить индивидуальный вариант задания (табл. 11.1) и ответить на вопросы преподавателя.

В состав высоковольтных аппаратов входят высоковольтные выключатели, выключатели нагрузки, разъединители, трансформаторы тока и напряжения.

Выключатели ВН выбираются по напряжению, току, категории размещения, конструктивному выполнению и коммутационной способности.

Должны быть выполнены условия:

$$U_{н.в.} \geq U_{н.у.};$$

$$I_{н.в.} \geq I_{н.у.},$$

где $U_{н.в.}$ — номинальное напряжение выключателя, кВ;

$I_{н.в.}$ — номинальный ток выключателя, А;

$I_{н.у.}$ — номинальный ток установки (или ток в линии), А.

Выключатели ВН проверяются:

- а) на отключающую способность;
- б) на динамическую стойкость;
- с) на термическую стойкость.

11.4. Контрольные вопросы:

Какие защиты выполняет предохранитель?

Основные требования при выборе аппаратов защиты?

Таблица 11.1

Исходные данные

№ Варианта	Номинальный ток нагрузки $I_{ном.}, А$	Ток к.з. $I_k = I_{\infty}, кА$	Ударный ток $i_{уд.}, кА$	Время действия защиты $t_{д.}, с$
0	200	8	14	1
1	220	9	15	1.1
2	250	10	16	1.2

Окончание табл. 11.1

№ Вариант	Номинальный ток нагрузки $I_{ном.}, А$	Ток к.з. $I_k=I_{\infty}, кА$	Ударный ток $i_{уд.}, кА$	Время действия защиты $t_{д.}, с$
3	270	11	17	1.3
4	300	12	18	1.4
5	330	13	19	1.5
6	350	14	20	1.6
7	380	15	21	1.7
8	400	16	22	1.8
9	410	17	23	1.9
10	450	18	24	2.0
11	460	19	25	2.1
12	500	20	26	2.2
13	210	9	16	1.2
14	230	10	17	1.3
15	240	11	18	1.4
16	260	12	19	1.5
17	280	13	20	1.6
18	290	14	21	1.7
19	310	15	22	1.8
20	320	16	23	1.9

Практическое занятие № 12

ВЫБРАТЬ И ПРОВЕРИТЬ ШИНЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА НА ДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ К ТОКАМ КЗ

12.1. Цель — научить студента определять вид шин распределительного устройства и производить проверку их на воздействие тока короткого замыкания. Выбрать и проверить шины распределительного устройства на динамическую устойчивость к токам к.з. при расчетном токе нагрузок I_n . Ударном токе $i_{уд.}$ Шины установлены на изоляторах

плащия с расстоянием между фазами а и расстоянием между изоляторами в пролете L. Наибольшее допустимое при изгибе напряжение $\delta_{доп}$ для медных шин составляет 1400 кгс/см², для алюминиевых — 700 кгс/см², для стальных -1600 кгс/см². Исходные данные в табл. 12.1.

12.2. В процессе работы студенту необходимо выполнить индивидуальный вариант задания (табл. 12.1) и ответить на вопросы преподавателя.

Согласно ПУЭ, сборные шины электроустановок и ошиновка в пределах открытых и закрытых РУ всех напряжений по экономической плотности тока не проверяются.

Выбор сечения шин производится по нагреву (по допустимому току). При этом учитываются не только нормальные, но и послеаварийные режимы, а также режимы в период ремонтов и возможность неравномерного распределения токов между секциями шин.

Условие выбора:

$$I_{л} \leq I_{доп},$$

где $I_{л}$ — ток питающей линии шинпровода;

$I_{доп}$ — допустимый ток шинпровода.

12.3. Контрольные вопросы:

Какие защиты выполняет масляный выключатель?

Как подключается трансформатор тока в электрическую сеть и для чего служит?

Таблица 12.1

Исходные данные

№ Варианта	Расчетный ток нагрузки, I_n , А	Ударный ток $i_{уд}$, кА	Расстояние между фазами а, мм	Расстояние между изоляторами, L, мм	Материал шин
0	500	42	300	1000	Медь
1	600	43	310	1100	Алюминий
2	170	44	320	1200	Сталь
3	800	46	330	1300	Медь

Окончание табл. 12.1

№ Варианта	Расчетный ток нагрузки, I_n , А	Ударный ток $i_{уд.}$, кА	Расстояние между фазами а, мм	Расстояние между изоляторами, L, мм	Материал шин
4	900	48	340	1400	Алюминий
5	100	45	350	1500	Алюминий
6	600	41	280	900	Сталь
7	650	33	290	1000	Медь
8	110	20	300	1100	Алюминий
9	680	22	310	1200	Сталь
10	700	24	320	1300	Алюминий
11	115	25	330	1400	Сталь
12	750	26	340	1500	Медь
13	800	29	350	1400	Алюминий
14	75	30	340	1300	Сталь
15	850	42	330	1200	Медь
16	660	28	320	1100	Алюминий
17	85	32	310	1000	Сталь
18	650	37	300	900	Медь
19	660	10	310	800	Алюминий
20	125	40	320	900	Сталь

Практическое занятие №13

РАЗРАБОТАТЬ СХЕМУ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ, ОПРЕДЕЛИТЬ ТОК СРАБАТЫВАНИЯ РЕЛЕ И КОЭФФИЦИЕНТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗАЩИТЫ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА МОЩНОСТЬЮ ST, НАПРЯЖЕНИЕМ UT И ТОКОМ КЗ НА ШИНАХ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ

13.1. Цель — научить студента разрабатывать схему релейной защиты, выбирать реле и трансформаторы тока для релейной защиты. Исходные данные для расчета приведены в табл.13.1.

13.2. В процессе работы студенту необходимо выполнить индивидуальный вариант задания и ответить на вопросы преподавателя.

Рассчитать релейную защиту — это значит:

- выбрать вид и схему;
- выбрать токовые трансформаторы и токовые реле;
- определить чувствительность защиты.

Таблица 13.1

Исходные данные

№ варианта	Мощность трансформатора, S_T, kVA	Напряжение трансформатора U_T, kV	Ток к.з. I_k, kA	Тип защиты
0	160	6/0.38	0.7	Максимально-токовая
1	250	6/0.38	1.3	Токовая отсечка
2	1000	35/6	8	Дифференц. продольн.
3	400	10/0.38	2	Максимально-токовая
4	630	10/0.38	3.5	Токовая отсечка
5	1600	35/10	11	Дифференц. продольн.
6	160	10/0.38	0.8	Максимально-токовая
7	250	10/0.38	1.4	Токовая отсечка
8	400	6/0.38	2.5	Максимально-токовая
9	630	6/0.38	3	Токовая отсечка
10	2500	35/10	15	Дифференц. продольн.
11	160	6/0.38	0.9	Максимально-токовая
12	250	10/0.38	1.5	Дифференц продольн.
13	1000	35/10	9	Дифференц. продольн.
14	400	10/0.38	2.3	Максимально-токовая
15	630	35/6	3.1	Токовая отсечка

Окончание табл. 13.1

№ варианта	Мощность трансформатора, St,кВА	Напряжение трансформатора Ut, кВ	Ток к.з. Ik, кА	Тип защиты
16	1600	35/6	12	Дифференц. продольн.
17	630	35/10	4	Максимально-токовая
18	400	6/0.38	2.7	Токовая отсечка
19	2500	35/6	14	Дифференц. продольн.
20	250	6/0.38	1.6	Максимально-токовая

13.3. Контрольные вопросы:

Основные условия надежной работы релейной защиты?

Что значит рассчитать релейную защиту?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шошмин В.А.,Толокнова О.М. Электроснабжение береговых установок: учебно-методическое пособие/ В.А. Шошмин. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им.адм.О.Макарова, 2016. -108 с.

2. Алиев И.И. Электрические аппараты: справочник/ И.И.Алиев. — М.: РадиоСофт, 2012. — 256 с.

3. Боровиков В.А. Косарев В.К. Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем// В.А. Боровиков, В.К. Косарев, Г.А. Ходот. — Л.: Изд-во Энергия, 1977. - 392 с.

4. Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: учебник/ Н.К. Полуянович. — М.: Лань, 2017. — 192 с

Учебное издание

Составители:

Толокнова Ольга Михайловна
Шошмин Владимир Александрович, док. техн. наук, проф.
Иозефович Олег Владимирович

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ
ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

Методические указания



198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2
Тел.: (812) 748-97-19, 748-97-23
E-mail: izdat@gumrf.ru

Публикуется в авторской редакции

Ответственный за выпуск	<i>М. В. Беглецова</i>
Техническая редакция и оригинал-макет	<i>А. А. Бурдыкин</i>

Подписано в печать 24.11.2021
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman
Усл. печ. л. 2,75. Тираж 50 экз. Заказ № 146/21