

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
"Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого"

Кафедра "Электроснабжение"

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**ПРАКТИКУМ**

для студентов специальности 1–43 01 02  
"Электроэнергетические системы и сети"

Гомель, 2011

УДК 621.315  
ББК 31.27

Автор-составитель: Головач Ольга Михайловна

В практикуме приведены задачи для индивидуального решения по всем основным разделам дисциплины «Проектирование распределительных электрических сетей». Даны необходимые справочные материалы для решения задач.

Пособие предназначено для студентов очной формы обучения специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети». Будет полезно при дипломном проектировании.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры "Электроснабжение"  
Селиверстов Г.И.

© Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого", 2011

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В практикум включены задачи по основным темам учебной программы дисциплины «Проектирование распределительных электрических сетей». Пособие предполагает самостоятельное решение студентами задач по индивидуальному варианту, назначаемому преподавателем.

Приведенные задачи 1 – 16, для которых разработаны различные варианты исходных данных, предназначены для выполнения аудиторной управляемой самостоятельной работы студентов под контролем преподавателя. При этом предполагается, что до начала решения той или иной задачи студентам изложены теоретические положения по данному разделу курса. Преподаватель излагает методические основы решения задачи и формулирует алгоритм решения, после чего каждый студент самостоятельно выполняет решение задачи, а преподаватель осуществляет индивидуальные консультации и контроль.

Задачи в пособии разделены на 11 тем. По каждой теме перед практическими заданиями приводятся выдержки из теории. К ряду задач, решение которых необходимо проводить по определенному алгоритму, даны соответствующие методические указания.

Материалы по теме 1 содержат большой объем справочной информации по характеристикам потребителей электрической энергии и отдельных электроприемников, расчетным коэффициентам для определения нагрузок. В приложениях приведены справочные данные по категориям надежности электроснабжения потребителей, техническим характеристикам воздушных и кабельных линий, трансформаторных подстанций распределительных сетей.

При разработке задач, заданий для практического решения и приложений использовались методические положения и информационные материалы [1-6].

## 1. РАСЧЕТНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Расчет нагрузок распределительных сетей начинают с нагрузок конкретных потребителей, т.е. от низших ступеней системы электрообеспечения, поочередно рассматривая отдельные вышестоящие узлы электрической сети: нагрузки вводов и линий напряжением 0,38 кВ распределительных устройств жилых и общественных зданий, цехов предприятий; нагрузки вводов 0,38 кВ ТП; нагрузки линий и трансформаторов напряжением 10 кВ и выше.

В расчетах опираются на нагрузки зимнего вечернего максимума и учитывают ряд расчетных коэффициентов. Наиболее точно расчетные нагрузки можно определить для конкретного потребителя. Если расчет выполняется по индивидуальному проекту здания или сооружения, для которого на расчетный срок точно известны установленная мощность, паспортные данные и график нагрузки электрооборудования, количество и мощность устройств освещения, то расчетная нагрузка на вводе такого потребителя может быть определена достаточно точно суммированием отдельных нагрузок с учетом *коэффициента спроса активной мощности* ( $K_c$ ).

Менее точно определяются нагрузки групповых и распределительных сетей, питающих различные по характеру электроприемники, например внутреннее освещение и силовые установки (лифты, насосы, холодильное оборудование и т.п.).

Расчетные нагрузки распределительных линий и вводов в здания при совместном питании освещения и силовых электроприемников определяют с учетом *коэффициента максимума мощности* ( $K_M$ ).

В расчете нагрузок групповых и распределительных линий учитывают *коэффициент одновременности максимумов нагрузки* ( $K_0$ ).

Числовые значения коэффициентов  $K_c$ ,  $K_M$ ,  $K_0$  для различных потребителей приведены в табл. 1.16, 1.17, 1.21 – 1.25, 1.27, 1.29.

При проектировании распределительных сетей трудно точно определить нагрузку каждого отдельного электроприемника квартиры, общежития, общественного здания, поэтому пользуются обобщенными данными об удельных расчетных активных нагрузках, полученными в результате статистических исследований.

Удельные расчетные реактивные нагрузки электроприемников находят, пользуясь расчетным коэффициентом мощности  $\cos\varphi$ . Информация об удельных расчетных нагрузках и  $\cos\varphi$  различных потребителей приведена в табл. 1.12 – 1.15, 1.28.

### Задача 1

Определить расчетную активную, реактивную и полную нагрузку потребителей, указанных в табл. 1.1. Состав электроприемников выбрать на основании табл. 1.2 – 1.11.

Расчетные коэффициенты указаны в табл. 1.16 – 1.29.

Таблица 1.1

#### Варианты исходных данных к задаче 1

№ варианта	Потребители	Основные данные указаны в таблицах	Дополнительные данные
1	2	3	4
1	9-этажный 252-квартирный жилой дом с семью лифтами мощностью по 4,5 кВт	Табл. 1.12	Квартиры с электрическими плитами
2	10-этажный 4-секционный 160-квартирный жилой дом с четырьмя лифтами мощностью по 9 кВт	Табл. 1.12	Квартиры с электрическими плитами
3	Магазин промтоваров с площадью торгового зала 542 м <sup>2</sup>	Табл. 1.4	Осветительная нагрузка 10 кВт
4	14-этажный 117-квартирный жилой дом с встроенным ателье на 5 рабочих мест	Табл. 1.12	Квартиры с газовыми плитами
5	Квартал коттеджной застройки	Табл. 1.13	15 коттеджей с плитами на природном газе
6	Коттеджный поселок, включающий 20 коттеджей площадью до 120 м <sup>2</sup> и 5 коттеджей площадью по 280 м <sup>2</sup>	Табл. 1.13	Коттеджи с плитами на природном газе, электросаунами и бытовыми кондиционерами
7	10-этажный жилой дом на 40 квартир с лифтом 9 кВт и встроенным рестораном на 150 мест	Табл. 1.3, табл. 1.12	Квартиры с электрическими плитами
8	14-этажный жилой дом на 110 квартир с тремя лифтами по 9 кВт и нагрузкой силовых электроприемников 24 кВт	Табл. 1.12	Квартиры с электрическими плитами
9	Продовольственный магазин с площадью торгового зала 450 м <sup>2</sup> с кафетерием на 50 мест	Табл. 1.6, табл. 1.12	Осветительная нагрузка 12 кВт
10	2-хподъездный 10-этажный жилой дом на 80 квартир с лифтами по 9 кВт и пристроенной столовой на 120 мест	Табл. 1.3, табл. 1.12	Квартиры с электрическими плитами, осветительная нагрузка столовой 10 кВт

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4
11	Клиническая больница на 800 мест с поликлиникой 600 посещений в смену	Табл.1.15	Пищеблок со столовой на 250 мест
12	Общеобразовательная школа на 840 учащихся со столовой и спортзалом	Табл.1.14	Плиты на природном газе
13	Магазин по продаже обуви с площадью торгового зала 350 м <sup>2</sup>	Табл.1.5	Осветительная нагрузка 5 кВт
14	Гостиница на 400 мест с рестораном и баром	Табл.1.3, табл.1.10, табл.1.14	Осветительная нагрузка 14 кВт
15	Кинотеатр на 800 мест с кафе на 70 мест	Табл.1.3, табл.1.14	-
16	Дом отдыха на 360 отдыхающих	Табл.1.3, табл.1.7, табл.1.14	Пищеблок со столовой на 180 мест, дискотека
17	5-этажный 80-квартирный жилой дом с встроенной молочной кухней на 3000 порций (без электрочотлов)	Табл.1.3, табл. 1.15	Квартиры с плитами на природном газе
18	Профессионально-техническое училище на 500 учащихся	Табл.1.14	-
19	9-этажный 360-квартирный жилой дом с встроенной парикмахерской на 14 мест	Табл.1.3, Табл.1.14	Квартиры с электроплитами
20	Детский корпус больницы с дневным стационаром	Табл.1.15	Больница на 400 мест, стационар на 100 мест
21	Фитнесцентр	Табл.1.11	Осветительная нагрузка 5 кВт
22	Комбинат бытового обслуживания	Табл.1.14	Парикмахерская на 10 мест, химчистка на 80 кг вещей в смену, прачечная самообслуживания на 100 кг белья в смену
23	Боулинг с баром	Табл.1.10	Осветительная нагрузка 15 кВт
24	Универсам площадью 900 м <sup>2</sup> с кафетерием на 20 мест	Табл.1.8, табл.1.12	Кондиционирование воздуха. Осветительная нагрузка 24 кВт
25	280-квартирный жилой дом с шестью лифтами мощностью по 4,5 кВт с пристроенным универсамом площадью торгового зала 360 м <sup>2</sup>	Табл.1.8, табл.1.12	Квартиры с электроплитами

## Характеристики потребителей электрической энергии

Таблица 1.2

### Характеристики отдельных бытовых электроприемников

Наименование электроприемников	Потребляемая мощность, кВт
1	2
Электроводонагреватели:	
- проточные	3...10
- накопительные	1,2...3
Электроплиты	1,5...8,5
Холодильники	1... 1,8
Микроволновые печи	1,2...1,5
Посудомоечные машины	0,8
Электрочайники	2,0
Кофеварки	0,5...1,6
Кофемолки	0,1...0,3
Стиральные машины	2
Утюги	1,2...2,4
Пылесосы	1,2...1,8
Электрообогреватели	2,0...2,5
Электровентиляторы	0,6
Бытовые кондиционеры	1,2
Телевизоры	0,15
Компьютеры	0,5
Принтеры	0,2

Таблица 1.3

### Характеристики электроприемников ресторана (столовой, кафе)

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
1	2	3
Мясорубка электрическая	380	2,20
Машина для очистки корнеплодов	380	0,50
Привод универсальный для мясного цеха	220	1,50
Привод универсальный для горячего цеха	220	1,50
Миксер	220	0,80
Машина для нарезки овощей	220	0,60
Слайсер для гастрономии	220	0,15
Машина для нарезки хлеба	220	0,37
Жарочная поверхность	380	10,0
Плита электрическая	380	13,0
Водонагреватель электрический	380	15,0

Окончание таблицы 1.3

1	2	3
Машина посудомоечная	380	7,20
Тележка для тарелок	220	0,50
Мармит	220	2,50
Весы электронные настольные	220	0,014
Весы товарные электронные	220	0,015
Аппарат контрольно-кассовый	220	0,05
Лифт грузовой	380	7,0
Водонагреватель	220	1,60
Печь пароконвекционная	380	19,0
Котел электрический	380	12,0
Фритюрница	380	7,60
Сковорода электрическая	380	10,0
Шкаф холодильный среднетемпературный	220	0,43
Холодильник бытовой	220	1,5
Ларь низкотемпературный	220	0,20
Стол с охлаждаемым объемом	220	0,30
Щит управления холодильной камеры	380	7,40
Тэны (оттайка)	380	5,40
Компрессорно-конденсаторный аппарат	380	5,78
Приточно-вытяжная система	380	8,33
Холодильная машина	380	10,66
Вытяжной вентилятор	380	1,85
Приточная система	380	9,0
Вытяжной вентилятор	220	0,32
Компьютерное оборудование	220	1,75
Воздушная завеса	220	3,0

Таблица 1.4

## Характеристики электроприемников промтоварного магазина

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Компьютер	220	0,50
Кассовый аппарат	220	0,25
Машина для счета денежных билетов	220	0,10
Электросушитель для рук	220	0,90
Реклама	220	0,50
Вытяжной вентилятор	220	0,32
Приточно-вытяжная система	380	3,13
Холодильная машина	380	3,60
Воздушная завеса	220	3,0



Таблица 1.5

## Характеристики электроприемников обувного магазина

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Компьютер	220	0,50
Кассовый аппарат	220	0,25
Машина для счета денежных билетов	220	0,10
Электросушитель для рук	220	0,90
Реклама	220	0,50
Приточно-вытяжная система	380	3,13
Холодильная машина	380	4,25
Воздушная завеса	220	3,0

Таблица 1.6

## Характеристики электроприемников продуктового магазина

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Компьютер	220	0,50
Аппарат контрольно-кассовый	220	0,25
Вытяжной вентилятор	220	0,32
Приточно-вытяжная система	380	10,13
Холодильная машина	380	16,47
Приточно-вытяжная система	380	13,93
Холодильная машина	380	21,42
Воздушная завеса	220	3,0

Таблица 1.7

## Характеристики электроприемников дискотеки

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Технологическое оборудование дискотеки	220	20,0
Приточно-вытяжная система	380	8,93
Сплит система холода(кондиционирование)	380	16,47
Тепловая завеса	220	3,0

Таблица 1.8

## Характеристики электроприемников казино

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Игровые автоматы	220	0,20
Компьютер	220	0,30
Принтер	220	0,20
Машина для счета денежных билетов	220	0,10
Детектор валют	220	0,10
Машина посудомоечная	380	5,0
Электросушитель для рук	220	0,90
Водонагреватель	220	1,60
Кофеварка	220	2,60
Аппарат для приготовления шоколада	220	1,0
Кофемолка электрическая	220	0,30
Печь микроволновая	220	1,30
Весы электронные	220	0,20
Комбайн барный	220	0,50
Колонки для пива	220	0,20
Аппарат контрольно-кассовый	220	0,05
Уборочные машины	220	2,0
Шкаф холодильный	220	0,30
Ларь низкотемпературный	220	0,20
Льдогенератор	220	0,35
Стол барный с охлаждением	220	0,30
Витрина холодильная	220	0,30
Оборудование связи	220	0,10
Приточно-вытяжная система	380	11,93
Сплит система холода (кондиционирование)	380	21,42

Таблица 1.9

## Характеристики электроприемников бильярдного зала

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Компьютер	220	0,30
Электросушитель для рук	220	0,90

Таблица 1.10

## Характеристики электроприемников боулинга

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Машина посудомоечная	380	5,0
Водонагреватель	220	1,6
Колонки для пива	220	0,2
Комбайн барный	220	0,5
Кофеварка	220	1,25
Аппарат контрольно-кассовый	220	0,05
Печь микроволновая	220	1,3
Весы настольные	220	0,014
Электросушитель для рук	220	0,9
Уборочные машины	220	2,0
Витрина кондитерская среднетемпературная	220	0,3
Стол барный с охлаждением	220	0,3
Льдогенератор	220	0,35
Ларь низкотемпературный	220	0,20
Шкаф холодильный	220	0,30
Шкаф холодильный среднетемпературный	220	0,43
Компьютер	220	0,60
Напольный терминал	220	0,25
Подвесные мониторы	220	0,20
Пинспотгер	220	1,50
Механизм для подъема шара	220	1,0
Электросушитель для рук	220	0,9
Приточно-вытяжная система	380	13,2
Сплит система холода (кондиционирование)	380	20,3
Вытяжной вентилятор	380	5,2
Приточная система	380	3,0
Воздушная завеса	380	3,0

Таблица 1.11

## Характеристики электроприемников фитнес-центра

Наименование оборудования	Номинальное напряжение, В	Номинальная мощность, кВт
Печь каменка электрическая	380	20,0
Электросушитель для рук	220	0,9
Насос	380	3,0
Велотренажер	220	1,0
Беговая дорожка	220	1,5
Уборочные машины	220	2,0
Калорифер	380	7,0
Приточно-вытяжная система	380	3,13
Сплит система холода (кондиционирование)	380	1,09
Вентилятор вытяжной	220	0,32

Таблица 1.12

Удельные расчетные активные нагрузки электроприемников квартир, жилых зданий  $P_{уд}$ , кВт/квартиру

Потребители электроэнергии	Количество Квартир													
	1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
Квартиры с плитами на природном газе	6,0	3,7	3,1	2,7	2,4	2,2	1,9	1,6	1,4	1,13	1,03	0,95	0,92	0,89
Квартиры с плитами на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе	7,5	4,3	3,6	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,6	1,35	1,25	1,15	1,05	0,95
Квартиры с электрическими и газо-электрическими плитами расчетной мощностью до 8,5 кВт	10,0	5,9	4,9	4,3	3,9	3,7	3,1	2,6	2,1	1,50	1,36	1,27	1,23	1,19
Дома на участках садоводческих товариществ	4,0	2,3	1,4	0,9	1,2	1,1	0,9	0,76	0,69	0,61	0,58	0,54	0,51	0,46

**Примечание:** для квартир, количество которых не указано в таблице, удельные расчетные нагрузки определяют интерполяцией.

*Таблица 1.13*

Удельные расчетные активные нагрузки электроприемников  
коттеджей,  $P_{уд}$ , кВт/коттедж

Потребители электроэнергии	Количество коттеджей									
	1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100
Коттеджи с плитами на природном газе	11,3	6,5	5,4	4,7	4,3	3,9	3,3	2,6	2,1	2,0
Коттеджи с плитами на природном газе и электрической сауной мощностью до 12 кВт	22,3	13,3	11,3	10,0	9,3	8,6	7,5	6,3	5,6	5,0
Коттеджи с электрическими плитами расчетной мощностью до 10,5 кВт	14,5	8,6	7,2	6,5	5,8	5,5	4,7	3,9	3,3	2,6
Коттеджи с электрическими плитами расчетной мощностью до 10,5 кВт и электрической сауной мощностью до 12 кВт	25,1	15,2	12,9	11,6	10,7	10,0	8,8	7,5	6,7	5,5

*Таблица 1.14*

Укрупненные удельные электрические нагрузки общественных зданий

Наименование общественных зданий	Единица измерения	Удельная нагрузка $P_{уд}$	
1	2	3	
Предприятия общественного питания (независимо от кондиционирования воздуха):	кВт/место		
- полностью электрифицированные с количеством посадочных мест			
до 400			1,04
от 400 до 1000			0,86
свыше 1000			0,75
- с плитами на газообразном и твердом топливе с количеством посадочных мест			
до 400	0,85		
от 400 до 1000	0,69		
свыше 1000	0,56		

Окончание табл. 1.14

1	2	3
Продовольственные магазины: - без кондиционирования воздуха - с кондиционированием воздуха	кВт/м <sup>2</sup> торгового зала	0,23 0,25
Промтоварные магазины: - без кондиционирования воздуха - кондиционированием воздуха	кВт/м <sup>2</sup> торгового зала	0,14 0,16
Общеобразовательные школы: - с электрифицированными столовыми и спортзалами - без электрифицированных столовых, со спортзалами - с буфетами, без спортзалов - без буфетов и спортзалов	кВт/1 учащегося	0,25 0,17 0,17 0,15
Профессионально-технические училища со столовыми (без учета бассейнов и спортзалов)	кВт/1 учащегося	0,46
Детские ясли-сады (без учета бассейнов и спортзалов)	кВт/место	0,46
Кинотеатры и киноконцертные залы: - с кондиционированием воздуха - без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,14 0,12
Клубы	кВт/место	0,46
Парикмахерские	кВт/раб. место	1,50
Здания или помещения учреждений управления, проектных и конструкторских организаций (без учета пищеблоков): - с кондиционированием воздуха - без кондиционирования воздуха	кВт/м <sup>2</sup> общей площади	0,071 0,054
Гостиницы (без учета ресторанов): - с кондиционированием воздуха - без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,46 0,34
Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха (без учета пищеблоков)	кВт/место	0,34
Фабрики-химчистки и прачечные самообслуживания	кВт/кг вещей	0,075
Детские лагеря отдыха (без учета пищеблоков)	кВт/м <sup>2</sup> жилых помещений	0,023

Таблица 1.15

Укрупненные удельные электрические нагрузки учреждений  
здравоохранения

Наименование зданий	Удельная нагрузка $P_{уд}$	
	Вт/м <sup>2</sup> полезной площади	кВт/койко-место или кВт/посещений в смену
1	2	3
Многопрофильные больницы	35	2,8
Участковые больницы:		
- более 50 койко-мест	40	3,5
- менее 50 койко-мест	70	5,0
Клинические больницы	45	2,9
Унифицированные палатные корпуса:		
- для взрослых	40	107
- для детей	110	3,6
Терапевтические корпуса:		
- для взрослых	45	102
- для детей	110	3,2
Хирургические корпуса	50	1,9
Инфекционные корпуса:		
- до 50 койко-мест	50	2,5
- на 100-150 койко-мест	20	1,0
Акушерские корпуса (без учета кондиционеров):		
- менее 30 койко-мест	80	8,0
- более 30 койко-мест	70	4,5
Радиологические корпуса	40	1,0
Патологоанатомические корпуса	75	
Родильные дома	45	2,5
Кардиологические диспансеры:		
- на 120 коек	55	6,5
- на 240 коек	45	3,5
Лечебно-диагностический блок стационара:		
- до 300 коек	175	1,64
- до 600 коек	140	1,2
- до 1100 коек	90	0,9
Наркологические диспансеры	30	1,3
Аптеки	65	-
Детские корпуса больниц	100	3,0
Станции переливания крови (без производственных корпусов)	15	-

Окончание табл. 1.15

1	2	3
Прачечные	130	-
Пансионаты при больницах	30	0,45
Станции скорой помощи	60	-
Молочные кухни (без электрокотлов): - на 2000-5000 порций - на 25000 порций	130 80	-
Хозяйственные корпуса (без электрокотлов)	80	
Пищеблоки	200	0,5
Поликлиники и медсанчасти: - менее 500 посещений в смену - 500-1000 посещений в смену - свыше 1000 посещений в смену	60 50 45	0,55 0,45 0,35
Стоматологические поликлиники: - менее 500 посещений в смену - свыше 500 посещений в смену	70 60	0,7 0,5
Амбулатории: - до 40 посещений в смену - на 100-150 посещений в смену	85 75	1,8 1,1
Психиатрические больницы и диспансеры	30	1,7

### Расчетные коэффициенты для определения нагрузок электрических сетей

Таблица 1.16

#### Коэффициенты спроса для лифтовых установок

Количество лифтовых установок	Коэффициент спроса для домов	
	высотой до 12 этажей	высотой 12 этажей и более
2-3	0,8	0,9
4-5	0,7	0,8
6	0,65	0,75
10	0,5	0,6
20	0,4	0,5
25 и более	0,35	0,4



Таблица 1.17

Коэффициенты спроса для расчета силовых сетей с учетом санитарно-технического и холодильного оборудования

Удельный вес установленной мощности работающего санитарно-технического оборудования, включая системы кондиционирования воздуха, в общей установленной мощности работающих силовых электроприемников	K <sub>c</sub> при количестве электроприемников										
	2	3	5	8	10	15	20	30	50	100	200
100-85	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,65	0,6	0,55	0,55	0,5
84-75	-	-	0,75	0,7	0,65	0,6	0,6	0,6	0,55	0,55	0,5
74-50	-	-	0,7	0,65	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45
49-25	-	-	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45
24 и меньше	-	-	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,4

*Примечание:* при количестве электроприемников, не указанном в таблице, K<sub>c</sub> определяют интерполяцией. Резервные электроприемники в установленную мощность не включаются.

Таблица 1.18

Расчетные коэффициенты мощности

Линии питания	Расчетные cosφ
Квартир с электрическими плитами	0,98
Квартир с электрическими плитами и бытовыми кондиционерами воздуха	0,93
Квартир с плитами на природном и сжиженном газе или твердом топливе	0,96
Квартир с плитами на природном и сжиженном газе или твердом топливе и бытовыми кондиционерами воздуха	0,92
Общего освещения в общежитиях коридорного типа	0,95
Хозяйственных насосов, вентиляционных установок и других санитарно-технических устройств	0,8
Лифтов	0,65

Таблица 1.19

Коэффициенты спроса для расчета нагрузок общего освещения  
общежитий коридорного типа

Установленная мощность светильников $P_w$ , кВт	До 5	Свыше 5 до 10	Свыше 10 до 15	Свыше 15 до 25	Свыше 25 до 50	Свыше 50 до 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200
Коэффициент спроса $K_c$	1	0,9	0,85	0,8	0,7	0,65	0,6	0,55

Таблица 1.20

Коэффициенты одновременности для расчета нагрузок  
сети розеток

Количество розеток	До 10	Свыше 10 до 20	Свыше 20 до 50	Свыше 50 до 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200 до 400	Свыше 400 до 600	Свыше 600
Коэффициент одновременности $K_0$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35

Таблица 1.21

Коэффициенты спроса для электроплит с 4 конфорками

Количество электроплит	1	2	20	100	200
Коэффициент спроса $K_c$	1	0,9	0,4	0,2	0,15

*Примечание:* при определении  $K_c$  для электроплит с 3 конфорками количество электроплит следует умножить на 0,75, для электроплит с 2 конфорками - на 0,5.  $K_c$  для количества электроплит, не указанного в таблице, определяется интерполяцией.

Таблица 1.22

Коэффициенты спроса для расчета нагрузок общего рабочего освещения распределительной сети и вводов общественных зданий и учреждений

Организации, предприятия и учреждения	K <sub>c</sub> в зависимости от установленной мощности рабочего освещения, кВт								
	До 5	10	15	25	50	100	200	400	Свыше 500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гостиницы, спальные корпуса и административные помещения санаториев, домов отдыха, турбаз, пансионатов, детских лагерей отдыха	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,3
Предприятия общественного питания, детские ясли-сады, учебно-производственные мастерские профтехучилищ	1	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5
Организации и учреждения управления, учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования, общеобразовательные школы, специальные учебные заведения, учебные здания профтехучилищ, предприятия бытового обслуживания, предприятия торговли	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
Проектные и конструкторские организации, научно-исследовательские институты	1	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65
Актовые залы, конференц-залы, спортзалы	1	1	1	1	1	1	-	-	-
Клубы и дома культуры	1	0,9	0,8	0,75	0,7	0,65	0,55	-	-
Кинотеатры	1	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6	0,5	-	-
Лечебные корпуса больниц, санаториев, профилакториев	1	0,85	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,38	0,36
Операционные, родильные и реанимационные блоки, палатные корпуса больниц, поликлиники	1	0,85	0,8	0,75	0,7	0,67	0,65	0,65	0,65

Таблица 1.23

**Коэффициенты спроса для расчета нагрузок  
розеточной сети освещения**

Организации, предприятия и учреждения	K <sub>c</sub>		
	Групповые сети	Распределительные сети	Вводы зданий
Организации и учреждения управления, учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования, общеобразовательные школы, специальные учебные заведения, учебные здания профтехучилищ, больницы, поликлиники	1	0,2	0,1
Гостиницы, обеденные залы ресторанов, кафе и столовых, предприятия бытового обслуживания, библиотеки, архивы	1	0,4	0,2

Таблица 1.24

**Коэффициенты спроса для расчета нагрузок силовых сетей**

Линии к силовым электроприемникам	K <sub>c</sub> при количестве работающих электроприемников	
	До 5	Свыше 5
Пассажирские и грузовые лифты, подъемники, транспортеры	По табл. П2.1	
Лифты, подъемники больниц и поликлиник	По табл. П2.1 как для домов выше 12 этажей	
Механическое оборудование предприятий общественного питания, пищеблоков в общественных зданиях, предприятий торговли	По табл. П2.2	
Сантехническое и холодильное оборудование, системы кондиционирования воздуха	По табл. П2.2	
Посудомоечные машины	По табл. П2.10	
Технологическое оборудование предприятий общественного питания, пищеблоков в общественных зданиях	По табл. П2.11	
Руко- и полотенцесушители	0,4	0,15
Электроприводы сценических механизмов	0,5	0,2
Вычислительные машины	0,8	0,7
Множительная техника, фотолаборатории	0,5	0,2
Технологическое оборудование КБО, ателье, парикмахерских	0,6	0,3
Технологическое оборудование фабрик химчистки и прачечных	0,7	0,5

Окончание табл. 1.24

Металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки в мастерских	0,5	0,2
Лабораторное и учебное оборудование средних учебных заведений	0,4	0,15
Учебно-производственные мастерские средних учебных заведений	0,5	0,2
Переносная медицинская аппаратура	0,15	0,15 (при $n > 10$ $K_e = 0,1$ )
Лабораторное оборудование больниц и поликлиник	0,5	0,2

Таблица 1.25

## Коэффициенты спроса для посудомоечных машин

Количество посудомоечных машин	$K_c$ для посудомоечных машин, работающих от сети	
	холодного водоснабжения	горячего водоснабжения
1	1	0,65
2	0,9	0,6
3	0,85	0,55

Таблица 1.26

## Коэффициенты спроса для технологического оборудования предприятий общественного питания, медицинского оборудования больниц и поликлиник

Количество электроприемников теплового оборудования предприятий общественного питания и пищеблоков, подключенных к данному элементу сети	Коэффициенты спроса $K_c$		
	Технологическое оборудование пищеблоков	Стационарное медицинское термическое оборудование	Стационарная медицинская аппаратура
2	0,9	1	1
3	0,85	0,95	0,6
5	0,75	0,9	0,5
8	0,65	0,8	0,45
10	0,6	0,7	0,4
15	0,5	0,68	0,38
20	0,45	0,65	0,35
30	0,4	0,6	0,3
60-100	0,3	0,55	0,25
Свыше 125	0,25	0,55	0,25

Таблица 1.27

Коэффициенты несовпадения максимумов нагрузок  
силовых электроприемников и освещения зданий

Наименование общественных зданий	K <sub>м</sub> при отношении расчетной нагрузки к силовой, %		
	от 25 до 75	от 75 до 140	от 140 до 250
Предприятия торговли и общественно-го питания, гостиницы: - без кондиционирования воздуха - с кондиционированием воздуха	0,9 0,85	0,85 0,75	0,9 0,85
Общеобразовательные школы, специальные учебные заведения, профтехучилища	0,95	0,9	0,95
Детские ясли-сады	0,85	0,8	0,85
Ателье, комбинаты бытового обслуживания, химчистки с прачечными самообслуживания	0,85	0,75	0,85
Организации и учреждения управления, финансирования, кредитования и государственного страхования, проектных и конструкторских организаций: - без кондиционирования воздуха - с кондиционированием воздуха	0,95 0,85	0,9 0,75	0,95 0,85

Таблица 1.28

Коэффициенты мощности для расчета силовых сетей общественных зданий

Наименование общественных зданий	cosφ
1	2
Предприятия общественного питания: - полностью электрифицированные - с плитами на газообразном и твердом топливе	0,98 0,95
Продовольственные и промтоварные магазины	0,85
Детские ясли-сады: - с пищеблоками - без пищеблоков	0,98 0,95
Общеобразовательные школы: - с пищеблоками - без пищеблоков	0,95 0,9
Фабрики-химчистки с прачечными самообслуживания	0,75
Учебные корпуса профессионально-технических училищ	0,9

Окончание табл. 1.28

1	2
Фабрики-химчистки с прачечными самообслуживания	0,75
Учебные корпуса профессионально-технических училищ	0,9
Учебно-производственные мастерские по металлообработке и деревообработке	0,6
Гостиницы: - без ресторанов - с ресторанами	0,85 0,9
Здания и учреждения управления, финансирования, кредитования и государственного страхования, проектных и конструкторских организаций	0,85
Парикмахерские и салоны-парикмахерские	0,97
Ателье, комбинаты бытового обслуживания	0,85
Холодильное оборудование предприятий торговли и общественного питания, насосы, вентиляторы и кондиционеры воздуха при мощности электродвигателей, кВт: - до 1 - от 1 до 4 - свыше 4	0,65 0,75 0,85
Лифты и другое подъемное оборудование	0,65
Вычислительные машины	0,65
Сеть освещения с лампами: - люминесцентными - накаливания - ДРЛ и ДРИ с компенсированными ПРА - то же с некомпенсированными ПРА - газосветных рекламных установок	0,92 1 0,85 0,3-0,5 0,35-0,4

Таблица 1.29

## Коэффициенты несовпадения максимумов электрических нагрузок зданий различного назначения

Здания (помещения) с наибольшей расчетной нагрузкой	Коэффициенты несовпадения максимумов $K_m$															
	Жилые дома с плитами		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения, библиотеки	Школы, профессионально-технические училища	Организации и учреждения управления, финансирования и кредитования, проектные и конструкторские организации	Предприятия торговли		Гостиницы	Парикмахерские	Детские ясли-сады	Поликлиники	Ателье и комбинаты бытового обслуживания	Предприятия коммунального обслуживания	Кинотеатры
	электрическими	на твердом и газообразном топливе	столовые	рестораны, кафе				односменные	полупорасменные, двухсменные							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Жилые дома с плитами: - электрическими - на твердом и газообразном топливе	- 0,9	0,9 -	0,6 0,6	0,7 0,7	0,6 0,5	0,4 0,3	0,6 0,4	0,6 0,5	0,8 0,8	0,7 0,7	0,8 0,7	0,4 0,4	0,7 0,7	0,6 0,5	0,7 0,5	0,9 0,9
Предприятия общественного питания	0,4	0,4	-	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
Средние учебные заведения, ПТУ, библиотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	-	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7 8	0,8	0,8
Предприятия торговли	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	-	-	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Организации и учреждения управления, финансирования и кредитования, проектные и конструкторские организации	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	-	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Гостиницы	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	-	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поликлиники	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	-	0,7	0,8	0,8
Ателье и комбинаты бытового обслуживания, предприятия коммунального обслуживания	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	-	-	0,8
Кинотеатры	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,8	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	-



## 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКОЙ ПО ФАЗАМ

Расчет режима распределительной сети заключается в определении мощностей или токов на участках и напряжений в узлах. Найденные токи используют для проверки допустимости режима по условию нагревания проводников. Вместо определения значений напряжений во всех узлах обычно находят наибольшую потерю напряжения, под которой понимают разность между напряжениями источника питания и наиболее удаленного узла с самым низким напряжением.

При расчетах режимов распределительных сетей используют ряд допущений:

- не учитывают активную проводимость и зарядную мощность линий, так как она мала по сравнению с рабочей нагрузкой линий. При этом допущении линии в расчетах учитывают упрощенной схемой замещения, включающей только активное и реактивное сопротивление;

- в схеме замещения кабельных линий иногда пренебрегают индуктивным сопротивлением  $X_L$ , поскольку для большинства применяемых площадей сечений кабелей (до  $185 \text{ мм}^2$ ) индуктивное сопротивление намного меньше активного сопротивления  $R_L$ . При этом допущении кабельные линии в расчетах учитывают только активным сопротивлением;

- при расчете напряжений пренебрегают поперечной составляющей падения напряжения  $\delta U$ , учитывая только продольную составляющую  $\Delta U$ , принимаемую равной потере напряжения, которую находят по номинальному напряжению.

- если задачей расчета не является определение потерь активной мощности или электроэнергии  $\Delta W$  в электрической сети, то потери холостого хода трансформаторов  $\Delta P_X$  и обусловленные ими потери электроэнергии  $\Delta W_X$  не учитывают, а потоки мощности на участках сети рассчитывают без учета потерь мощности.

## Задача 2

Определить наибольшую потерю напряжения в электрической сети номинальным напряжением 10 кВ, показанной на рис. 2.1. Данные о нагрузках узлов и протяженность участков сети указаны в табл. 2.1. Принять для нагрузок узлов 1, 2  $\cos \varphi = 0,9$ , для нагрузок узлов 3, 4, 5  $\cos \varphi = 0,8$ .

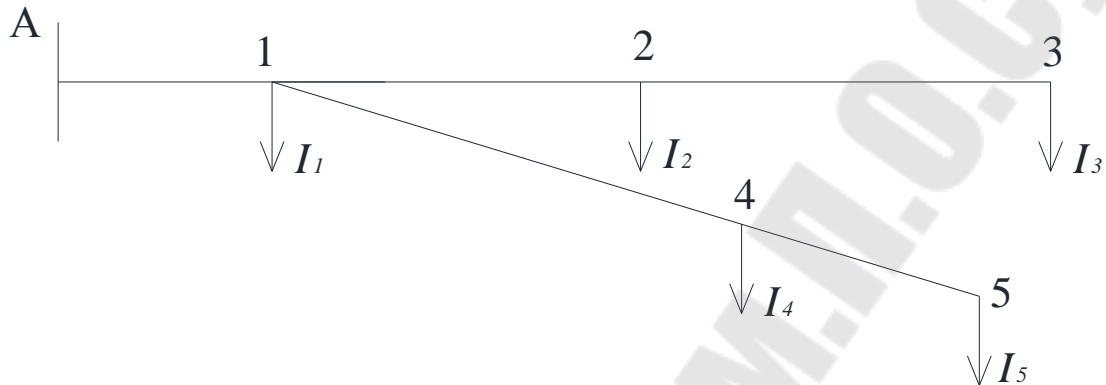


Рисунок 2.1 Схема электрической сети номинальным напряжением 10 кВ

Таблица 2.1

### Варианты исходных данных к задаче 2

№ варианта	Марка провода	Нагрузки в узлах I, А					Протяженность участков сети L, км				
		1	2	3	4	5	A-1	1-2	2-3	1-4	4-5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	АС-50/8	12	10	15	-	14	4,8	1,9	3,2	2,6	0,9
2	АС-70/11	25	20	11	5	15	2,6	3,1	1,5	2,2	1,7
3	АС-95/16	26	20	20	17	10	1,4	2,5	2,2	1,9	1,4
4	АС-120/19	35	28	24	20	20	1,8	4,2	3,6	3,0	0,6
5	АС-120/19	52	15	15	18	24	1,6	3,0	2,4	1,9	0,8
6	АС-95/16	30	24	28	15	-	0,7	1,8	1,4	3,2	1,1
7	АС-70/11	20	10	16	14	14	4,1	0,9	1,2	1,6	0,5
8	АС-50/8	10	15	8	5	5	2,7	2,6	2,0	2,3	1,2
9	АС-50/8	18	7	10	12	7	1,3	4,4	2,7	3,1	1,8
10	АС-70/11	14	28	15	19	8	2,4	1,3	3,5	3,9	2,5
11	АС-95/16	24	24	30	20	5	3,7	3,0	4,3	1,3	3,2
12	АС-120/19	46	28	28	30	16	4,6	0,8	5,1	0,6	3,9
13	АС-70/11	14	16	20	14	16	0,7	3,6	5,4	1,3	4,1
14	АС-95/16	32	17	14	20	14	4,3	1,5	1,7	1,9	0,6
15	АС-120/19	35	35	40	8	5	1,6	2,0	2,7	2,3	0,8
16	АС-120/19	46	15	25	11	25	4,8	2,7	2,6	2,5	0,9
17	АС-95/16	44	25	8	17	10	2,4	3,2	3,1	2,9	1,1

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	АС-95/16	42	30	-	14	9	2,6	3,4	3,6	3,3	1,2
19	АС-70/11	18	12	15	8	21	1,3	4,4	4,1	3,6	1,4
20	АС-70/11	11	5	25	15	20	4,1	0,9	1,4	1,6	0,5
21	АС-50/8	15	4	19	20	4	4,4	1,1	1,3	1,9	0,6
22	АС-50/8	17	8	11	10	5	1,8	1,3	1,4	2,2	0,7
23	АС-70/11	28	15	15	8	10	3,1	1,5	1,4	2,6	0,8
24	АС-95/16	23	40	10	12	12	0,7	1,7	1,6	2,9	0,9
25	АС-120/19	20	30	40	15	25	0,9	2,0	1,6	3,3	1,0

### Задача 3

Определить наибольшую потерю напряжения в воздушной линии номинальным напряжением 10 кВ, показанной на рис. 2.2. Данные о нагрузках узлов и протяженность участков сети указаны в табл. 2.2. Принять для нагрузок узлов 1, 2  $\cos\varphi = 0,92$ , для нагрузок узлов 3, 4  $\cos\varphi = 0,9$ .



Рисунок 2.2 Схема электрической сети номинальным напряжением 10 кВ

Таблица 2.2

### Варианты данных к задаче 3

№ варианта	Марка провода	Нагрузки в узлах Р, кВт				Протяженность участков сети L, км				
		1	2	3	4	А-1	1-2	2-3	3-4	4-В
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	АС-50/8	300	210	180	210	4,8	1,9	3,2	2,6	0,9
2	АС-70/11	240	370	280	320	2,6	3,1	1,5	2,2	1,7
3	АС-95/16	430	410	360	450	1,4	2,5	2,2	1,9	1,4
4	АС-120/19	510	480	510	530	1,8	4,2	3,6	3,0	0,6
5	АС-50/8	190	200	250	220	1,6	3,0	2,4	1,9	0,8
6	АС-70/11	390	210	190	300	0,7	1,8	1,4	3,2	1,1
7	АС-95/16	390	350	470	420	4,1	0,9	1,2	1,6	0,5
8	АС-120/19	440	600	380	590	2,7	2,6	2,0	2,3	1,2

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	АС-50/8	140	230	180	300	1,3	4,4	2,7	3,1	1,8
10	АС-70/11	370	240	260	280	2,4	1,3	3,5	3,9	2,5
11	АС-95/16	480	400	330	420	3,7	3,0	4,3	1,3	3,2
12	АС-120/19	650	350	380	690	4,6	0,8	5,1	0,6	3,9
13	АС-50/8	310	140	190	210	0,7	3,6	5,4	1,3	4,1
14	АС-70/11	210	320	180	420	4,3	1,5	1,7	1,9	0,6
15	АС-95/16	530	320	380	400	1,6	2,0	2,7	2,3	0,8
16	АС-120/19	710	350	370	620	4,8	2,7	2,6	2,5	0,9
17	АС-50/8	250	190	160	170	2,4	3,2	3,1	2,9	1,1
18	АС-70/11	350	180	220	350	2,6	3,4	3,6	3,3	1,2
19	АС-95/16	380	470	400	400	1,3	4,4	4,1	3,6	1,4
20	АС-120/19	640	370	600	480	4,1	0,9	1,4	1,6	0,5
21	АС-50/8	230	170	150	250	4,4	1,1	1,3	1,9	0,6
22	АС-70/11	300	250	200	390	1,8	1,3	1,4	2,2	0,7
23	АС-95/16	430	370	320	450	3,1	1,5	1,4	2,6	0,8
24	АС-120/19	570	440	510	580	0,7	1,7	1,6	2,9	0,9
25	АС-120/19	550	400	470	650	0,9	2,0	1,6	3,3	1,0

#### Задача 4

Оценить отклонение напряжения в сети освещения торгового зала магазина, к которой подключены люминисцентные лампы суммарной мощностью  $P$ , Вт;  $\cos\varphi = 0,92$  (рис. 2.3). Сеть выполнена кабелем с поливинилхлоридной изоляцией, марка которого указана в табл. 2.3. Удельное активное сопротивление  $R_0$  кабеля приведено в табл. ПЗ.10. Удельное реактивное сопротивление  $X_0 = 0,06$  Ом/км. Напряжение на вводе сети равно 220 В.

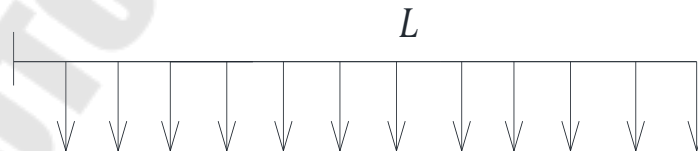


Рисунок 2.3 Схема осветительной сети

Таблица 2.3

## Варианты исходных данных к задаче 4

№ варианта	Марка кабеля	Мощность $P$ , Вт	Протяженность осветительной сети $L$ , м
1	АВБбШв 2х4	500	116
2	АВБбШв 2х6	640	320
3	АВБбШв 2х10	780	410
4	АВБбШв 2х 16	920	500
5	ПвБбШв 2х4	1060	247
6	ПвБбШв 2х6	1200	370
7	ПвБбШв 2х10	1000	416
8	АПвБбШв 2х4	350	462
9	АПвБбШв 2х6	410	508
10	АПвБбШв 2х10	470	554
11	АПвБбШв 2х 16	530	300
12	ВВГ 2х1,5	590	446
13	ВВГ 2х2,5	650	392
14	ВВГ 2х4	710	338
15	ВВГ 2х6	770	384
16	ВВГ 2х10	830	430
17	АВВГ 2х2,5	450	476
18	АВВГ 2х4	510	322
19	АВВГ 2х6	570	268
20	АВВГ 2х10	630	314
21	АВВГ 2х 16	690	260
22	АВБбШв 2х6	750	306
23	АВБбШв 2х10	810	252
24	АВБбШв 2х 16	870	298
25	ВВГ 2х2,5	1000	336

### 3. ВЫБОР ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПО ДОПУСТИМОЙ ПОТЕРЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Задача выбора площади сечения состоит в том, чтобы найти такие сечения проводов и кабелей, при которых потеря напряжения  $\Delta U_{нб}$  до наиболее удаленной точки не превысит допустимого значения:

$$\Delta U_{нб} \leq \Delta U_{доп} \quad (3.1)$$

При выборе площади сечения рассматривают дополнительные условия, вытекающие из назначения проектируемой сети.

1. Если проектируется сеть напряжением 0,38... 10 кВ городского микрорайона, в которой нагрузки расположены недалеко друг от друга и возможно изменение точки нормального разрыва радиальных сетей, то в такой сети целесообразно выбирать проводники одинакового сечения:  $F = \text{const}$ .

2. В сети промышленного предприятия с близко расположенными большими нагрузками важным фактором может оказаться снижение потерь мощности (а значит, и потерь энергии) в сетях:  $\Delta P = \text{min}$ . С этой точки зрения плотность тока  $J_{\Delta U}$ , соответствующая допустимой потере напряжения, должна быть одинаковой на всех участках сети.

3. Для сетей с небольшими нагрузками, расположенными на значительном расстоянии друг от друга, например в сельских сетях, дополнительным условием может быть экономия проводникового металла.

Выбранные площади сечений должны быть проверены по допустимому току нагрева  $I_{доп}$ .

При выборе площади сечения первоначально исходят из того, что для проводов и кабелей, используемых в сетях 0,38... 10 кВ (сечения 16... 185 мм<sup>2</sup>)  $\chi_0$  слабо зависит от сечения проводника и может быть принято постоянным:

- 0,30 Ом/км для воздушных линий напряжением 0,38 кВ;
- 0,36 Ом/км для воздушных линий напряжением 6... 10 кВ;
- 0,06 Ом/км для кабельных линий напряжением 0,38 кВ;
- 0,09 Ом/км для кабельных линий напряжением 6... 10 кВ;
- 0,09 Ом/км для воздушных линий 0,38 кВ с самонесущими изолированными проводами;
- 0,27.. 0,30 Ом/км для воздушных линий напряжением 10 кВ с защищенными проводами.

### Задача 5

Выбрать по допустимой потере напряжения  $\Delta U_{\text{доп}} = 6\%$  площади сечения сталеалюминиевых проводов на участках электрической сети напряжением 10 кВ, схема которой показана на рис. 3.1:

а) для случая, когда вся сеть должна быть выполнена проводом одного сечения;

б) по условию наименьших потерь мощности;

в) по условию минимального расхода материала проводников.

Данные о нагрузках, протяженность участков сети и значения коэффициентов мощности взять из условий задачи 2.

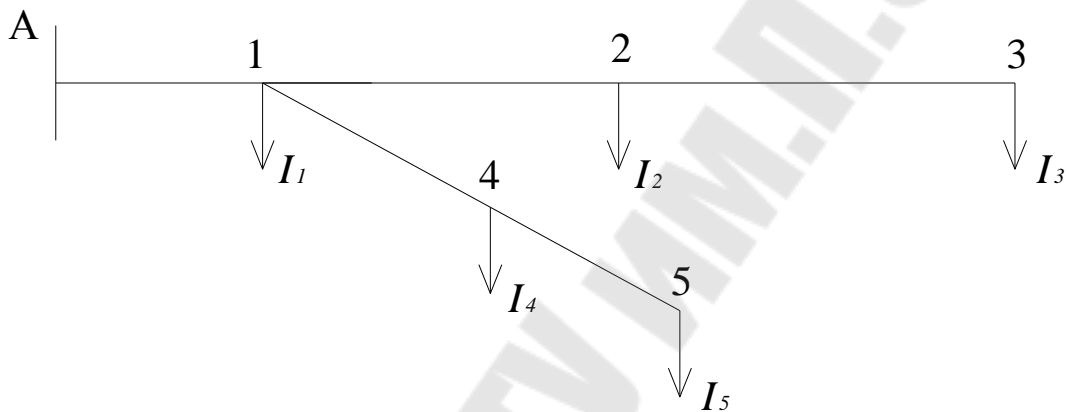


Рисунок 3.1 Схема электрической сети напряжением 10 кВ

#### 4. ВЫБОР ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ ПО УСЛОВИЮ НАГРЕВАНИЯ

Проводники любого назначения должны удовлетворять условию

$$I_{\text{нб}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (4.1)$$

где  $I_{\text{нб}}$  - наибольший из средних по графику нагрузки получасовых максимумов рабочий ток, проходящий по проводнику;  $I_{\text{доп}}$  - длительно допустимый ток для проводника данного вида.

Значение  $I_{\text{доп}}$  нормируется ПУЭ и указывается в справочниках при расчетной температуре воздуха  $t_p = +25$  °С для неизолированных проводов воздушных линий, а также проводов и кабелей, проложенных внутри помещений, и  $t_p = +15$  °С для кабелей, проложенных в земле или под водой.

В сетях, для которых главным критерием является пожарная безопасность, метод выбора площади сечения проводников по условию нагрева является основным. Он применяется для внутренней проводки жилых и общественных зданий, промышленных и внутризаводских сетей напряжением до 1 кВ.

##### Задача 6

Выбрать площадь сечения трехфазного кабеля напряжением 0,38 кВ с поливинилхлоридной изоляцией для подключения электродвигателя.

Выполнить проверку кабеля по условию термической стойкости. Расчетные данные кабелей указаны в табл. П.3.10.

Варианты исходных данных к задаче 6

Таблица 4.1

№ варианта	Номинальная мощность электродвигателя, $P_n$ , кВт	Кратность пускового тока, $k = I_p/I_n$	КПД, $\eta$	Коэффициент мощности $\cos \varphi$
1	2	3	4	5
1	11	7,5	87,5	0,87
2	15	7,0	80,0	0,86
3	18,5	7,0	80,5	0,89



Окончание табл. 4.1

	2	3	4	5
4	22	7,0	90,6	0,87
5	30	7,0	91,5	0,87
6	45	7,5	92,5	0,89
7	55	7,0	93,0	0,89
8	75	7,5	94,0	0,88
9	90	7,5	94,0	0,89
10	110	6,5	93,5	0,91
11	132	6,5	94,0	0,93
12	160	5,5	93,5	0,91
13	200	5,5	94,5	0,92
14	150	7,0	94,5	0,92
15	90	7,5	93,0	0,92
16	37	6,5	91,0	0,85
17	7,5	7,5	87,5	0,88
18	30	6,5	90,0	0,90
19	45	7,0	92,0	0,90
20	5,5	5,5	83,0	0,70
21	11	6,0	86,0	0,86
22	15	6,0	87,5	0,87
23	55	6,5	91,5	0,89
24	75	6,5	92,0	0,89
25	90	7,5	93,0	0,92

### Задача 7

Выбрать самонесущий изолированный провод для подключения однофазного электроприемника напряжением 220 В мощностью  $P$  и выполнить проверку провода по условию термической стойкости. Расчетные данные проводов указаны в табл. П.2.3.

Таблица 4.2

### Варианты исходных данных к задаче 7

№ варианта	Мощность $P$ , кВт	$\cos\varphi$	№ варианта	Мощность $P$ , кВт	$\cos\varphi$
1	2	3	4	5	6
1	10,8	0,85	14	13,2	0,89
2	12,6	0,93	15	12,7	0,91
3	11,3	0,89	16	11,5	0,77
4	14,0	0,76	17	13,0	0,79
5	10,2	0,92	18	3,5	0,81

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
6	9,4	0,80	19	4,1	0,85
7	8,6	0,82	20	4,7	0,75
8	7,8	0,84	21	5,3	0,87
9	6,2	0,86	22	6,0	0,89
10	7,0	0,88	23	6,7	0,83
11	5,4	0,90	24	7,3	0,91
12	5,1	0,82	25	8,0	0,95
13	6,3	0,95	26	8,7	0,91

### Задача 8

Выбрать кабели напряжением 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена для подключения трансформаторной подстанции 10/0,38 кВ, питающей многоэтажное здание с нагрузкой  $S$ , и выполнить проверку кабелей по условию термической стойкости. Кабели в земляной траншее прокладываются: а) горизонтально; б) треугольником. Расчетные данные кабелей приведены в прил. П.3.11.

Таблица 4.3

### Варианты исходных данных к задаче 8

№ варианта	Мощность нагрузки $S$ , МВ·А	№ варианта	Мощность нагрузки $S$ , МВ·А
1	1,12	14	1,83
2	0,82	15	0,95
3	0,52	16	0,76
4	2,11	17	0,55
5	1,15	18	1,51
6	0,79	19	0,86
7	0,49	20	0,53
8	2,21	21	1,65
9	0,98	22	2,23
10	0,81	23	1,78
11	0,56	24	0,88
12	1,95	25	0,54
13	0,92	26	2,12

## 5. ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Большинство потребителей городских электрических сетей относится к первой и второй категории надежности. Поэтому в РП и ТП, питающих таких потребителей, проектируют установку двух однотипных трансформаторов напряжением 10(6)/0,38 кВ. Для потребителей третьей категории надежности в ТП предусматривают один трансформатор.

Выбор номинальной мощности трансформаторов должен производиться с учетом их перегрузочной способности в нормальном и послеаварийном режимах работы:

$$S_{T.ном} \geq K_3 S_{нагр}, \quad (5.1)$$

где  $S_{T.ном}$  - номинальная мощность трансформатора;  $K_3$  - коэффициент загрузки трансформатора;  $S_{нагр}$  - полная расчетная мощность нагрузки на шинах 0,38 кВ ТП.

Для городских и поселковых сетей в нормальном режиме  $K_3$  двухтрансформаторных подстанций находится в пределах 0,60...0,65. Если в нормальном режиме  $K_3 < 0,7$ , то в послеаварийном режиме на время максимума нагрузок (общей продолжительностью до 6 ч в сутки в течение не более пяти суток) оставшийся в работе трансформатор может быть загружен до 140% своей номинальной мощности.

В связи с этим при проектировании распределительных сетей номинальная мощность трансформатора может быть выбрана из условия

$$S_{T.ном} \geq (0,60...0,70) S_{нагр}. \quad (5.2)$$

Если необходимо учесть резервирование нагрузки другой подстанции по переключке напряжением 0,38 кВ, то при приближенных расчетах номинальная мощность трансформатора может быть выбрана из условия:

$$S_{T.ном} \geq 0,9(S_{нагр} + S_{рез}), \quad (5.3)$$

где  $S_{рез}$  - резервируемая нагрузка.

Для определения количества ТП в сельском населенном пункте можно воспользоваться выражением:

$$N_{ТП} = \frac{z l^2}{4r^2}, \quad (5.4)$$

где  $z$  - количество домов в населенном пункте;  $l$  - расстояние между домами;  $r$  - радиус сети напряжением 0,38 кВ.

### Задача 9

Выбрать мощность трансформаторов на двухтрансформаторной подстанции 10/0,38 кВ с расчетной нагрузкой  $S_p$ , учитывая резервирование по сети 0,38 кВ нагрузки  $S_{рез}$ . Проверить, какова будет нагрузка трансформатора в послеаварийном режиме в случае отключения одного из трансформаторов.

Таблица 5.1

Варианты исходных данных к задаче 9

№ варианта	Мощность расчетной нагрузки $S_p$ , МВ·А	Мощность резервируемой нагрузки $S_{рез}$ , МВ·А	№ варианта	Мощность расчетной нагрузки $S_p$ , МВ·А	Мощность резервируемой нагрузки $S_{рез}$ , МВ·А
1	520	35	14	240	50
2	740	83	15	750	39
3	75	10	16	610	200
4	35	17	17	530	13
5	720	160	18	900	50
6	290	180	19	71	10
7	460	85	20	916	40
8	170	82	21	700	280
9	700	84	22	490	70
10	240	80	23	32	17
11	830	29	24	240	95
12	214	63	25	45	10
13	560	140	26	412	19

## 6. КРИТЕРИИ И МЕТОДЫ ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Одним из основных показателей эффективности инвестиционного проекта является *чистый дисконтированный доход* (ЧДД).

Чистый дисконтированный доход при дисконтировании к году начала реализации проекта определяется по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T \frac{D_t - I_t - K_t}{(1 + E)^t}, \quad (6.1)$$

где  $T$  - расчетный срок;  $D_t$  - суммарный доход от реализуемого объекта в год  $t$ ;  $I_t$  - ежегодные издержки и другие расходы в год  $t$ ;  $K_t$  - капитальные затраты в год  $t$ ;  $E$  - норма дисконта;  $E$  принимают равной процентной ставке за предоставление кредита либо за хранение средств в банке.

Реализация намеченного проекта эффективна, если  $\text{ЧДД} > 0$ .

Чистый дисконтированный доход может использоваться при сравнении вариантов с различным производственным эффектом (например, вариантов сети с различной пропускной способностью). При этом наилучшим считается вариант, при котором ЧДД наибольший ( $\text{ЧДД} \rightarrow \max$ ).

В случае тождества производственных эффектов сравнение вариантов может производиться по критерию минимума приведенных затрат:

$$Z_i = \sum_{t=1}^T \frac{K_{it} + I_{it}}{(1 + E)^t} \rightarrow \min, \quad (6.2)$$

где индекс  $i$  соответствует  $i$ -му варианту.

Если капитальные затраты производятся в течение одного года, после чего объект начинает эксплуатироваться с неизменными ежегодными издержками, то выражение приведенных затрат превращается в статический критерий:

$$Z_i = E \cdot K_i + I_i \rightarrow \min \quad (6.3)$$

### Задача 10

Произвести технико-экономическое сравнение двух вариантов сооружения кабельной линии электропередачи напряжением 10 кВ длиной  $L$  км между центром питания ЦП и распределительным пунктом РП. По первому варианту предполагается выполнить линию одним кабелем марки АСБУ площадью сечения жилы фазы  $F_1$ , а по второму – двумя кабелями той же марки, проложенными в одной траншее, площадью сечения  $F_2$  жилы каждого из кабелей (рис. 6.1). Линия будет сооружаться в течение одного года. Во второй год после начала строительства к ней предполагается подключить нагрузку  $P$  МВт.  $T_{\text{нб}} = 3500$  ч. Отчисления на амортизацию и текущий ремонт кабельной линии принять  $p = 6,3\%$ , норму дисконта  $E = 0,12$ , стоимость 1 кВт·ч потерь электроэнергии  $\beta = 100$  бел. руб./кВт·ч

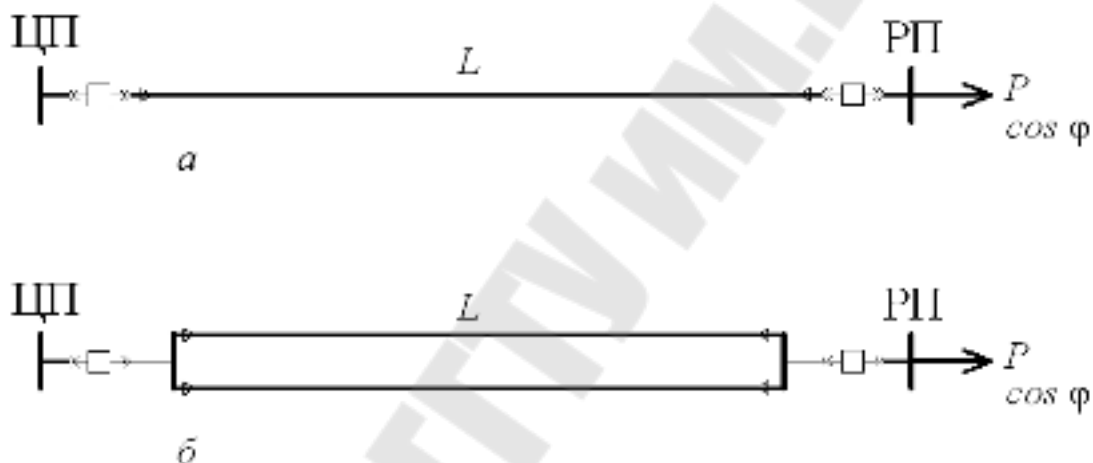


Рисунок 6.1 Схема сети по варианту 1 (а) и варианту 1 (б)

Таблица 6.1

Варианты исходных данных к задаче 10

Номер варианта	Длина линии $L$ , км	Нагрузка $P$ , МВт	$\cos\varphi$	Площадь сечения жилы кабеля, мм <sup>2</sup>	
				$F_1$	$F_2$
1	2	3	4	5	6
1	1,6	6,2	0,9	240	120
2	2,4	2,5	0,9	120	70
3	1,4	3,1	0,87	185	95
4	1,5	4,2	0,93	240	120
5	1,7	2,5	0,92	150	70
6	2,3	4,7	0,9	185	120
7	2,2	5,2	0,92	240	120
8	2,6	3,4	0,95	150	70

Окончание табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
9	2,7	2,6	0,9	120	70
10	1,8	4,4	0,9	240	120
11	1,6	3,2	0,85	185	70
12	1,3	5,1	0,9	240	120
13	2,0	5,5	0,92	240	150
14	2,1	6,2	0,92	300	150
15	1,8	4,5	0,9	240	120
16	1,6	3,1	0,9	185	95
17	2,5	2,4	0,92	120	70
18	2,5	2,8	0,9	120	95
19	2,0	4,1	0,9	240	95
20	2,3	3,2	0,89	185	120
21	1,9	2,9	0,9	150	70
22	1,8	5,5	0,9	240	120
23	1,4	3,6	0,93	185	95
24	1,9	2,4	0,9	150	70
25	2,1	5,3	0,9	240	150

#### Методические указания к задаче 10

Задачу решить в следующем порядке:

1. Определить активные и реактивные нагрузки линии по годам.
2. Найти активное сопротивление  $R_1$  и  $R_2$  для вариантов 1 и 2.
3. Определить время наибольших потерь по формуле

$$\tau = \left(0,124 + T_{нб} \cdot 10^{-4}\right)^2 \cdot 8760 \text{ ч.} \quad (6.4)$$

4. Вычислить капитальные затраты  $K_1$  и  $K_2$  в линию для каждого варианта по формуле

$$K_{кл} = \left(a_0 + a_1 \cdot F + a_2 \cdot F^2\right) \cdot L \cdot k_{уд}, \quad (6.5)$$

где  $F$  – площадь сечения жилы кабеля;

$k_{уд}$  – коэффициент удорожания, принять  $k_{уд} = 2250$ .

Коэффициенты  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  принять из табл.6.2

Таблица 6.2

Коэффициенты для расчета стоимости кабельных линий с кабелями напряжением 10 кВ АСБУ при диапазоне площадей сечения от 50 до 240 мм<sup>2</sup>

Количество кабелей в одной траншее	Коэффициенты		
	$a_0$ , тыс.руб./км	$a_1$ , тыс.руб./((км·мм)	$a_2$ , тыс.руб./((км·мм <sup>2</sup> )
1	10,54	0,059	$-5,6 \cdot 10^{-5}$
2	15,86	0,115	$-9,7 \cdot 10^{-5}$

5. Определить потери электроэнергии в линии за год

$$\Delta W_i = \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_{ном}^2} \cdot R_i \cdot \tau, \quad (6.6)$$

где  $P_i$ ,  $Q_i$  – мощность линии для  $i$ -го варианта;  
 $R_i$  – сопротивление линии для  $i$ -го варианта.

6. Найти ежегодные издержки по варианту  $i = 1, 2$ :

$$I_i = p \cdot K_i + \Delta W_i \cdot \beta, \quad (6.7)$$

7. Сравнить варианты по упрощенному критерию:

$$Z_i = E \cdot K_i + I_i, \quad (6.8)$$



## 7. ОСНОВЫ ВЫБОРА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

При выборе оборудования РП, ТП, КТП 10(6)/0,38 кВ придерживаются типовых решений и типовых проектов.

Выбор оборудования, устанавливаемого в ТП, РП, КТП, начинают с определения расчетных рабочих токов присоединений и расчетных токов КЗ на шинах напряжением 0,38 и 10(6) кВ.

Расчетные токи необходимо определить не только для нормального, но и для утяжеленного режима, например в случае отключения одного из параллельно работающих трансформаторов или одной из подходящих к ТП линий напряжением 10(6) кВ. Токи утяжеленного режима определяют способность оборудования выдерживать перегрузки.

Полученные расчетные величины сопоставляют с соответствующими номинальными параметрами аппаратов, выбираемых по каталогам и справочникам.

В справочниках находят технические характеристики аппаратов: номинальное напряжение, номинальный ток, номинальный ток отключения, ток термической стойкости, ток динамической стойкости и др.

Выключатели, разъединители, выключатели нагрузки, трансформаторы тока, токоограничивающие реакторы напряжением выше 1 кВ должны отвечать следующим общим требованиям:

- изоляция аппарата должна соответствовать номинальному напряжению сети;
- рабочий ток присоединения в утяжеленном режиме не должен быть выше номинального тока аппарата;
- аппарат должен обладать стойкостью к электродинамическому воздействию тока КЗ;
- аппарат должен обладать термической стойкостью при КЗ.

В ТП на стороне напряжения 0,38 кВ трансформаторов устанавливаются предохранители, номинальные токи которых указаны в табл. 7.1 или автоматические выключатели с тепловыми электромагнитными либо комбинированными расцепителями.

Таблица 7.1

Токи плавких вставок предохранителей на напряжение 0,38 кВ

Тип предохранителя	Номинальный ток $I_{ном. вст}$ , А	Предельный ток, отключаемый предохранителем, кА
ПН2-100	31,2; 40; 50; 63; 80; 100	50
ПН2-250	80; 100; 125; 160; 200; 250	40
ПН2-400	200; 250; 315; 355; 400	25
ПН2-600	315; 400; 500; 630	25

Предохранители и автоматические выключатели, устанавливаемые в ТП в цепях воздушных и кабельных линий, отходящих от шин напряжением 0,38 кВ, защищают линии от перегрузок и последствий коротких замыканий. Кроме ТП предохранители и автоматические выключатели устанавливаются во вводных распределительных устройствах, в главных и групповых распределительных щитах, в распределительных цеховых и квартирных щитках, т.е. непосредственно в местах присоединения защищаемых проводников к линии.

При выборе предохранителей должны соблюдаться указанные ниже условия.

Если в сети не возникает пусковых токов электродвигателей, то вставка должна в течение длительного времени выдерживать номинальный рабочий ток линии  $I_{ном}$ , не перегорая:

$$I_{ном. вст} \geq KI_{ном}, \quad (7.1)$$

где  $K$  - коэффициент, зависящий от характера нагрузки; при отсутствии электродвигателей  $K = 1,1$ .

Если в сети имеются асинхронные двигатели с самозапуском, при включении которых возникают пусковые токи  $I_{пуск}$ , то вставка должна выдерживать пусковые токи. Различают условия легкого и тяжелого пуска. При легком пуске  $I_{пуск} > 2,5I_{ном}$  и пуск длится 2...5 с. При тяжелом пуске  $I_{пуск} > (1,6...2,0) I_{ном}$  и пуск длится более 10 с.

Отсюда следуют критерии выбора плавких вставок предохранителей:

при легком пуске

$$I_{ном. вст} \geq I_{пуск}/2,5; \quad (7.2)$$

при тяжелом пуске

$$I_{\text{ном.вст}} \geq \frac{I_{\text{пуск}}}{1,6 \dots 2,0} \quad (7.3)$$

Может оказаться, что  $I_{\text{ном. вст}}$  превышает допустимый по нагреву ток линии  $I_{\text{доп}}$ , поэтому предохранитель не будет защищать линию от перегрузки, вследствие чего при выборе предохранителей должно соблюдаться еще одно условие: для промышленных сетей

$$I_{\text{ном. вст}} \leq 3I_{\text{доп}} \quad (7.4)$$

для коммунально-бытовых сетей

$$I_{\text{ном. вст}} \leq 0,8I_{\text{доп}} \quad (7.5)$$

Предельный ток, отключаемый предохранителем (табл. 3.7), должен быть больше  $I_{\text{КЗ}}^{(3)}$  - максимального тока трехфазного КЗ, рассчитанного в месте установки предохранителя.

Автоматические выключатели выбирают по условию соответствия номинального тока теплового расцепителя  $I_{\text{расц}}$  расчетному току нагрузки  $I_{\text{ном}}$  защищаемой линии:

$$I_{\text{расц}} \geq KI_{\text{ном}}, \quad (7.6)$$

где  $K$  - коэффициент, зависящий от характера нагрузки сети; для ламп накаливания и люминесцентных ламп  $K = 1,0$  для силовых сетей  $K = 1,10 \dots 1,25$ ; если от защищаемой сети питаются электродвигатели, то в зависимости от условий пуска  $K = 1,0 \dots 1,5$ .

Предельно допустимый ток отключения автоматического выключателя должен быть больше максимального тока КЗ в месте установки выключателя, который определяется по формуле

$$I_{\text{КЗ. макс}} = \frac{400}{\sqrt{3}(Z_T + Z_L)}, \quad (7.7)$$

где  $Z_T$  - сопротивление прямой последовательности трансформатора, приведенное к напряжению 0,38 кВ;  $Z_n$  - сопротивление фазного провода линии от шин до места установки автоматического выключателя.

Площадь сечения проводов и кабелей при защите линий автоматическими выключателями выбирают так же, как при защите предохранителями, но условие (3.47) выглядит следующим образом:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_{\text{ном}}, \quad (7.8)$$

где  $K_3$  - коэффициент защиты, характеризующий кратность длительно допустимого тока провода  $I_{\text{доп}}$  по отношению к номинальному току срабатывания защитного аппарата  $I_{\text{расц}}$ .

Этот коэффициент зависит от требований к защите, характера сети, изоляции и условий прокладки провода или кабеля. Для сетей, в которых защита от перегрузки обязательна,  $K_3 = 0,8 \dots 1,25$ .

### Задача 11

1. Выбрать площадь сечения трехфазного кабеля напряжением 0,38 кВ для подключения:

- а) осветительной нагрузки;
- б) электрического двигателя.

2. В обоих случаях для защиты кабельной линии выбрать два варианта защитных аппаратов:

- а) предохранители;
- б) автоматический выключатель.

Таблица 7.2

Варианты исходных данных к задаче 11

№ варианта	Номинальная мощность электродвигателя, $P_n$ , кВт	Кратность пускового тока, $k = I_p/I_n$	КПД, $\eta$	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Условия пуска
1	2	3	4	5	6
1	11	7,5	87,5	0,87	Легкие
2	15	7,0	80,0	0,86	Тяжелые
3	18,5	7,0	80,5	0,89	Тяжелые
4	22	7,0	90,6	0,87	Тяжелые
5	30	7,0	91,5	0,87	Легкие
6	45	7,5	92,5	0,89	Легкие
7	55	7,0	93,0	0,89	Легкие
8	75	7,5	94,0	0,88	Тяжелые
9	90	7,5	94,0	0,89	Тяжелые
10	110	6,5	93,5	0,91	Тяжелые
11	132	6,5	94,0	0,93	Легкие
12	160	5,5	93,5	0,91	Легкие
13	200	5,5	94,5	0,92	Легкие
14	150	7,0	94,5	0,92	Тяжелые
15	90	7,5	93,0	0,92	Тяжелые
16	37	6,5	91,0	0,85	Тяжелые
17	7,5	7,5	87,5	0,88	Легкие
18	30	6,5	90,0	0,90	Легкие
19	45	7,0	92,0	0,90	Легкие
20	5,5	5,5	83,0	0,70	Тяжелые

Окончание табл. 7.2

1	2	3	4	5	6
21	11	6,0	86,0	0,86	Тяжелые
22	15	6,0	87,5	0,87	Тяжелые
23	55	6,5	91,5	0,89	Легкие
24	75	6,5	92,0	0,89	Легкие
25	90	7,5	93,0	0,92	Легкие

## 8. ПОДХОД К ВЫБОРУ РЕЖИМА НЕЙТРАЛИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В электрических сетях напряжением 6...35 кВ широко используется система *изолированной нейтрали*. Основное ее достоинство заключается в том, что повреждение изоляции одной из фаз представляет собой не короткое замыкание с большими токами, а замыкание на землю. При этом сеть достаточно длительное время, необходимое для обнаружения и устранения повреждения, может обеспечивать электроснабжение потребителей.

В тех случаях, когда ток замыкания на землю превышает допустимый, реализуют режим *компенсированной нейтрали*. В системе с компенсированной нейтралью применяют дугогасящие реакторы (ДГР), включаемые в нейтраль трансформаторов. При таком включении индуктивный ток, проходящий через реактор, компенсирует емкостный ток линий.

При заземлении нейтрали через резистор в месте замыкания ток состоит из двух составляющих: емкостного тока и активного тока, обусловленного включением в нейтраль активного сопротивления резистора. В результате появляется возможность определить присоединение, на котором произошло замыкание на землю, и принять меры по его устранению, а также выбрать простую токовую релейную защиту, действующую на отключение, чем обеспечивается электробезопасность людей и животных, находящихся вблизи линии. Кроме того, заземление нейтрали позволяет снижать уровень перенапряжений, возникающих в сети.

### Задача 12

От шин напряжением 10 кВ подстанции питается кабельная сеть, состоящая из кабельных линий площадью сечения  $F_1$  длиной  $L_1$ ,  $F_2$  и  $L_2$ ,  $F_3$  и  $L_3$ ,  $F_4$  и  $L_4$  (табл. 8.1). Проверить сеть на допустимость работы в режиме с изолированной нейтралью. При необходимости выбрать параметры дугогасящего реактора для компенсации емкостного тока. Режим изолированной нейтрали в сети напряжением 10 кВ считать допустимым при емкостном токе замыкания на землю  $I_3 \leq I_{3,\text{доп}} = 20$  А.

## Методические указания к задаче 12

Решение задачи выполнить в следующем порядке:

1. По заданной площади сечения кабелей найти значения удельного емкостного тока замыкания на землю  $I_0$  (табл. ПЗ.2).
2. С учетом заданных длин определить установившийся ток замыкания на землю кабельной сети:

$$I_3 = \sum_{i=1}^n I_{0i} \cdot L_i, \quad (8.1)$$

где  $I_{0i}$  – удельный емкостный ток однофазного замыкания на землю для кабельных линий с  $i$ -й площадью сечения;

$L_i$  – длина всех линий с  $i$ -й площадью сечения.

3. Сравнить ток  $I_3$  с допустимым током  $I_{з, доп}$ .
4. Если  $I_3 > I_{з, доп}$ , то найти необходимую мощность дугогасящего реактора по формуле

$$Q_{дгр} = \frac{U_{ном} \cdot I_3}{\sqrt{3}}, \quad (8.2)$$

5. По расчетному значению  $Q_{дгр}$  выбрать типовой дугогасящий реактор (табл. П4.3). Для него определить длину дополнительных кабельных линий, которые могут быть подключены к сети без замены реактора на больший. При нахождении указанной длины линий руководствоваться предельными значениями токов компенсации выбранного реактора.

Таблица 8.1

Варианты исходных данных к задачам 12 и 13

Номер варианта	Площадь сечения кабельных линий $F$ , мм <sup>2</sup> , и соответствующая суммарная длина линий $L$ , км							
	$F_1$	$L_1$	$F_2$	$L_2$	$F_3$	$L_3$	$F_4$	$L_4$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	25	5	50	12	120	14	150	11
2	35	8	70	7	95	12	185	9
3	120	9	70	10	95	11	150	4
4	185	7	50	8	120	10	95	8

Окончание табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	150	6	120	8	95	9	70	13
6	185	3	95	7	50	8	70	12
7	120	6	50	7	70	9	150	13
8	120	13	95	11	70	8	185	4
9	185	9	70	12	95	7	50	5
10	150	12	120	4	185	6	95	8
11	70	11	150	5	185	7	120	8
12	95	8	185	10	120	9	150	7
13	70	13	150	9	120	5	95	4
14	70	8	120	4	95	12	185	9
15	185	7	150	8	120	9	95	10
16	50	9	70	10	95	6	150	5
17	150	11	50	8	185	4	120	6
18	150	15	95	7	70	3	185	4
19	120	8	95	7	185	14	50	5
20	120	9	150	6	185	12	70	6
21	150	6	120	5	185	9	95	10
22	150	7	185	8	70	11	95	5
23	95	14	150	9	185	3	70	7
24	185	11	150	8	70	4	120	5
25	150	6	70	12	95	7	185	11

### Задача 13

От шин напряжением 10 кВ подстанции питается кабельная сеть, состоящая из кабельных линий площадью сечения  $F_1$  длиной  $L_1$ ,  $F_2$  и  $L_2$ ,  $F_3$  и  $L_3$ ,  $F_4$  и  $L_4$  (табл. 8.1). Определить параметры устройств для резистивного заземления нейтрали.

#### Методические указания к задаче 13

Решение задачи произвести в следующем порядке:

1. Найти удельное сопротивление  $r_0$  и  $x_0$  для заданных площадей сечения кабельных линий (табл. ПЗ.1 или ПЗ.6) и удельное значение емкостного тока замыкания на землю  $I_0$  (табл. ПЗ.2).

2. Найти полное значение емкостного тока замыкания на землю кабельной сети  $I_c$ :

$$I_c = \sum_{i=1}^n I_{0i} \cdot L_i, \quad (8.3)$$



где  $I_{0i}$  – удельный емкостный ток однофазного замыкания на землю для кабельных линий с  $i$ -й площадью сечения;

$L_i$  – длина всех линий с  $i$ -й площадью сечения.

3. Определить активное сопротивление резистора по условию снижения уровня перенапряжений по формуле

$$R_{p.расч} \leq \frac{U_{\phi}}{I_c}, \quad (8.4)$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение.

4. Выбрать стандартный резистор (табл. П4.4) с сопротивлением

$$R_p \leq R_{p.расч}, \quad (8.5)$$

5. Определить емкостное сопротивление некомпенсированной сети по формуле

$$R_c = \frac{U_{\phi}}{I_c}, \quad (8.6)$$

6. Выбрать ориентировочную мощность трансформатора заземления нейтрали и найти его индуктивное сопротивление  $X_{т.з}$  (табл. П4.1).

7. Сформировать сопротивление заземления нейтрали

$$\underline{Z}_N = R_p + jX_{m.з}, \quad (8.7)$$

8. Найти сопротивление цепи тока замыкания на землю по формуле

$$\underline{Z}_{\psi} = R_n + \frac{1}{3} \cdot [jX_m + (r_0 + jx_0) \cdot L], \quad (8.8)$$

приняв  $X_m = X_{m3}$  и переходное сопротивление в месте замыкания на землю для кабельных линий  $R_n = 10$  Ом. При этом рассмотреть два случая:

а)  $L = 0$ , т.е. замыкание происходит непосредственно вблизи шин подстанции;

б)  $L = L_{\text{нб}}$ , т.е. замыкание происходит в конце самой длинной линии, принять  $L_{\text{нб}} = 6$  км.

9. Для двух случаев (см. п. 8) найти ток, проходящий через резистор, по формуле

$$\underline{I}_N = \frac{U_\phi \cdot R_c}{R_c \cdot (\underline{Z}_N + \underline{Z}_y) + j\underline{Z}_N \cdot \underline{Z}_y}, \quad (8.9)$$

10. По полученной наибольшей активной составляющей тока  $\underline{I}_N$  определить мощность резистора

$$P_R = U_\phi \cdot I_a, \quad (8.10)$$

11. Определить мощность трансформатора заземления нейтрали

$$S_m > k_n \cdot P_R, \quad (8.11)$$

Коэффициент перегрузки принять  $k_n = 0,7 \dots 1,0$ .

12. Определить ток в месте замыкания на землю по формуле

$$\underline{I}_3 = \frac{U_\phi \cdot (R_c + j\underline{Z}_N)}{R_c \cdot (\underline{Z}_N + \underline{Z}_y) + j\underline{Z}_N \cdot \underline{Z}_y}, \quad (8.12)$$

При этом рассмотреть два случая (см. п. 8).

13. Выбрать наименьший ток  $I_{3, \text{нм}}$  из п. 12. Тогда ток срабатывания релейной защиты должен быть  $I_{с.з} < I_{3, \text{нм}}$ .

## 9. ВЫБОР СРЕДСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ПРОВЕРКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО КАЧЕСТВА

В соответствии с действующим межгосударственным стандартом нормально допустимые отклонения напряжения от номинального у электроприемников составляют  $\pm 5\%$ , а предельно допустимые -  $\pm 10\%$ . При этом нормально допустимые отклонения напряжения должны соблюдаться с вероятностью 0,95.

На подстанциях напряжением 35...220 кВ/6...20 кВ, питающих распределительные сети (в ЦП), при этом предусматривают установку трансформаторов с РПН. Путем выбора режима регулирования напряжения в ЦП в сочетании с выбором соответствующих площадей сечений проводников линий в большинстве случаев удается обеспечить у электроприемников отклонения напряжения, не выходящие за допустимые пределы. При необходимости могут быть применены дополнительные местные средства регулирования напряжения, такие как устройства поперечной компенсации реактивной мощности и продольной компенсации индуктивного сопротивления линий, линейные регуляторы, а также в отдельных точках распределительной сети трансформаторы с РПН и др.

### Задача 14

Проверить допустимость отклонений напряжения на шинах 0,38 кВ ТП в нормальных и послеаварийных режимах для схемы сети напряжением  $U_{\text{ном}} = 10$  кВ, приведенной на рис. 9.1. Допустимые отклонения напряжения у электроприемников составляют в нормальном режиме  $\delta U_{\text{норм}} = \pm 5\%$ , в послеаварийных режимах  $\delta U_{\text{па}} = \pm 10\%$ . Площади сечения проводов сети напряжением 0,38 кВ выбраны из условий допустимой потери напряжения  $\Delta U_{\text{доп}} = 6\%$ . В центрах питания А и В в режиме наибольших нагрузок напряжение равно  $U_{\text{цп.нб}} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}}$ , а в режиме наименьших нагрузок  $U_{\text{цп.нб}} = 1,0 \cdot U_{\text{ном}}$ . В нормальных режимах сеть разомкнута разъединителем Р. Рассмотреть два послеаварийных режима:

- а) разъединитель Р включен, выключатель  $B_2$  отключен;
- б) разъединитель Р включен, выключатель  $B_1$  отключен.

Марки проводов линий напряжением 10 кВ, длины участков, номинальные мощности трансформаторов ТП (все одинаковые), мощности  $S$  в узлах для режима наибольших нагрузок приведены в

табл. 9.1 при  $\cos\varphi = 0,9$ . Мощности в узлах для режима наименьших нагрузок равны  $S_{\text{нм}} = 0,25 \cdot S$  при том же коэффициенте мощности  $\cos\varphi$ , что и в режиме наибольших нагрузок.

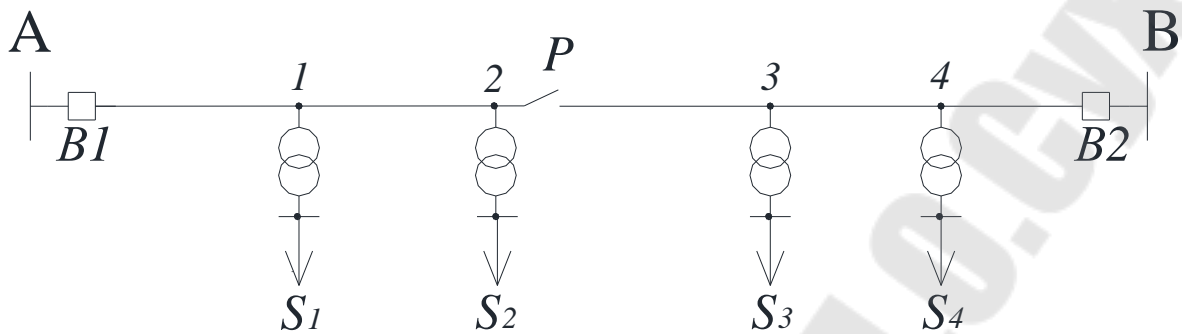


Рисунок 9.1 Схема сети к задаче 14

Таблица 9.1

## Исходные данные к задачам 14, 15, 16

Ном. вар-та	Марки проводов		Длины участков линий, км					Ном.мощ н. ТП типа ТМ, кВА	Нагрузки в долях от номинальной	
	A - 2	2 - B	A-1	1-2	2-3	3-4	4-B		S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub> , S <sub>4</sub>
1	AC-50/8	AC-50/8	5	2	1	3	6	160	0,9	0,9
2	AC-70/11	AC-50/8	7	3	1,8	2	4	250	0,85	0,7
3	AC-50/8	AC-70/11	5	4	2	3	2	400	0,7	0,8
4	AC-70/11	AC-70/11	3	4	1	2	5	630	0,8	0,88
5	AC-95/16	AC-70/11	4	1	1,5	3	4	630	0,9	0,95
6	AC-70/11	AC-70/11	6	3	1	1	5	400	0,9	0,85
7	AC-50/8	AC-50/8	2	3	1,5	3	4	400	0,7	0,75
8	AC-50/8	AC-50/8	2	1,5	0,7	1	3	250	0,89	0,92
9	AC-50/8	AC-35/6,2	3	1	0,5	1	4	250	0,8	0,72
10	AC-35/6,2	AC-50/8	1,8	0,8	1,5	1	3	160	0,75	0,8
11	AC-50/8	AC-50/8	2	1	2	1,3	4	160	0,9	0,95
12	AC-120/19	AC-120/19	4	3	1,8	2	5	1000	0,8	0,9
13	AC-95/16	AC-120/19	3	2	1,7	4	6	1000	0,8	0,7
14	AC-70/11	AC-95/16	3,8	1,5	0,9	1	2	630	0,85	0,97
15	AC-70/11	AC-70/11	2	1,2	1	2,4	3	630	0,9	0,7
16	AC-120/19	AC-95/16	5	2,1	1	1,8	3,5	1000	0,89	0,75
17	AC-120/19	AC-120/19	4	3	1,2	1,5	6	1000	0,95	0,8
18	AC-70/11	AC-70/11	3,3	1	1,4	0,8	4	630	0,78	0,8
19	AC-70/11	AC-70/11	2,5	1,2	0,8	1	3	400	0,95	0,9
20	AC-70/11	AC-50/8	1,8	2,5	1	2	3	250	0,92	0,85
21	AC-50/8	AC-50/8	3,5	1,5	1,5	2,9	5	160	0,95	0,9
22	AC-70/11	AC-50/8	4	1	0,5	2	3	250	0,9	0,82
23	AC-70/11	AC-70/11	5	2	3	1,5	2,9	400	0,65	0,8
24	AC-70/11	AC-95/16	3	2	1	2,5	5	630	0,72	0,9
25	AC-95/16	AC-70/11	2,2	1,8	2	1,5	3	630	0,8	0,95

## 10. ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА И МЕСТ УСТАНОВКИ СЕКЦИОНИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В распределительных электрических сетях напряжением 6...20 кВ применяют различные секционирующие устройства: разъединители, выключатели нагрузки, выключатели с ручным управлением, выключатели с автоматическим и дистанционным управлением (реклоузеры) и др. Они позволяют уменьшать:

- потери активной мощности и электроэнергии в сети, питающейся от нескольких источников, путем ее размыкания в оптимальных точках;
- ущерб от плановых отключений только части сети, на которой необходимо выполнить ремонтные работы;
- ущерб от аварийных отключений путем локализации только того участка сети, на котором произошла авария.

### Задача 15

В распределительной воздушной электрической сети напряжением 10 кВ (рис. 10.1), питающейся от двух центров питания ЦП А и ЦП В, выбрать наиболее выгодное место установки секционирующего устройства по критерию минимума годовых потерь электроэнергии для возможности ее эксплуатации в разомкнутом неизменном режиме в течение года.

Марки проводов линий напряжением 10 кВ, длины участков, номинальные мощности трансформаторов ТП (все одинаковые), мощности  $S$  в узлах для режима наибольших нагрузок приведены в табл. 9.1 при  $\cos\varphi = 0,85$ . Мощности в узлах для режима наименьших нагрузок равны  $S_{\text{нм}} = 0,4 \cdot S$  при том же коэффициенте мощности  $\cos\varphi$ , что и в режиме наибольших нагрузок.

При расчете условно полагать, что режим наибольших нагрузок длится в течение года 3500 ч, а режим наименьших нагрузок – все остальное время.

Решение найти для двух случаев:

- а) напряжения на шинах ЦП А и ЦП В одинаковы и равны в режиме наибольших нагрузок 10,5 кВ, а в режиме наименьших нагрузок – 10,0 кВ;
- б) напряжение на шинах ЦП А в режиме наибольших нагрузок равно 10,6 кВ, а на шинах ЦП В – 10,2 кВ; в режиме наименьших нагрузок напряжения одинаковы и равны 10,0 кВ.

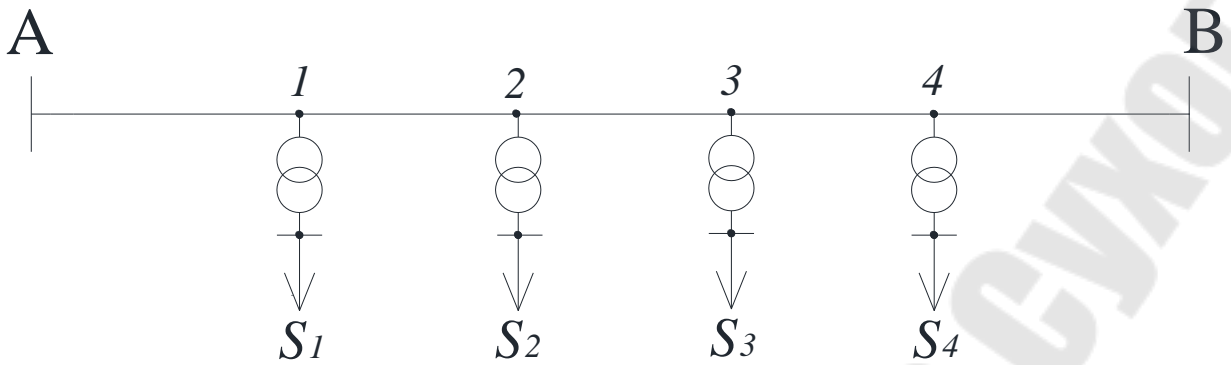


Рисунок 10.1 Схема электрической сети к задаче 15

### Методические указания к задаче 15

Принять следующий порядок решения задачи:

1. По заданным исходным данным определить активные и реактивные нагрузки за трансформаторами ТП 1 - ТП 4 (в узлах 1-4) в режимах наибольших и наименьших нагрузок.

2. Полагая, что напряжения в ЦП А и ЦП В одинаковы, составить и решить контурное уравнение в виде

$$\sum_{ij=1}^5 \underline{S}_{ij} \cdot Z_{ij}^* = 0, \quad (10.1)$$

где  $\underline{S}_{ij}$  и  $Z_{ij}^*$  — поток мощности и сопряженное значение сопротивления участка  $ij$  магистральной линии.

Потокораспределение в сети, содержащей только активные сопротивления, будет соответствовать экономичному распределению мощностей (минимуму потерь активной мощности).

4. Решение уравнения (10.1) выполнить для режимов наибольших и наименьших нагрузок.

5. По результатам решения уравнений нанести на схему полученные потоки мощности с указанием их направлений, определить модули мощностей на участках и по ним найти точку потокоораздела.

6. Найти ветвь, примыкающую к точке потокоораздела, с наименьшим модулем полной мощности. Если в режимах наибольших и наименьших нагрузок эта ветвь окажется одной и той же, то, следовательно, она и будет наивыгоднейшим местом

установки секционирующего устройства для размыкания магистральной сети ЦП А - ЦП В.

7. Если в режимах наибольших и наименьших нагрузок ветви с наименьшим модулем полной мощности окажутся различными, то следует поочередно разомкнуть эти ветви, получить две разомкнутые сети, для каждой из них в обоих режимах найти потокораспределение и потери мощности. С учетом заданной продолжительности каждого из режимов найти годовые потери энергии в каждой из полученных разомкнутых сетей и сделать вывод о наивыгоднейшем месте установки секционирующего устройства для размыкания магистральной сети.

8. Для проверки сделанного вывода поочередно разомкнуть ветви, примыкающие к точке потокораздела, в двух полученных разомкнутых сетях найти потокоразделение, потери мощности и потери энергии с учетом продолжительности режимов наибольших и наименьших нагрузок. Сделать окончательные выводы о наивыгоднейшем месте установки секционирующего устройства.

9. Для случая, когда напряжения на шинах ЦП А и ЦП В не равны, потокораспределение следует найти по формуле

$$\underline{S}'_{ij} = \underline{S}_{ij} + \underline{S}_{ур}, \quad (10.2)$$

где  $\underline{S}_{ij}$  – потоки мощности, найденные на всех участках при решении уравнений (10.1);

$\underline{S}_{ур}$  – уравнивательная мощность, накладываемая с учетом ее направления на все участки магистральной сети.

Уравнивательную мощность найти по формуле

$$\underline{S}_{ур} = \frac{\underline{U}_{ЦП А}^* - \underline{U}_{ЦП В}^*}{\underline{z}_{AB}^*} \cdot U_{ном}, \quad (10.3)$$

где  $\underline{U}_{ЦП А}^*$  и  $\underline{U}_{ЦП В}^*$  – заданные напряжения на шинах ЦП А и ЦП В;

$\underline{z}_{AB}^*$  – сопротивление между центрами питания ЦП А и ЦП В;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение сети.

Углы при напряжениях  $\underline{U}_{ЦП А}^*$  и  $\underline{U}_{ЦП В}^*$  принять равными нулю.



## 11. ВЫБОР МОЩНОСТИ И МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ СРЕДСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНЫХ НАГРУЗОК

Компенсация реактивных нагрузок является одним из эффективных способов снижения потерь активной мощности и электроэнергии в электрических сетях.

В распределительных сетях в качестве компенсирующих устройств используют батареи конденсаторов, подключаемые параллельно нагрузке (устройства поперечной компенсации).

### Задача 16

Для разомкнутой электрической сети напряжением  $U_{\text{ном}} = 10$  кВ, приведенной на рис. 11.1, определить экономически целесообразную очередность установки компенсирующих устройств (батарей конденсаторов) на шинах низшего напряжения трансформаторных подстанций ТП вплоть до полной компенсации реактивных нагрузок в режиме наибольших нагрузок.

Марки проводов линий напряжением 10 кВ, длины участков, номинальные мощности трансформаторов ТП (все одинаковые), мощности  $S$  в узлах для режима наибольших нагрузок приведены в табл. 9.1 при  $\cos\varphi = 0,82$ . Мощности в узлах для режима наименьших нагрузок равны  $S_{\text{нм}} = 0,4 \cdot S$  при том же коэффициенте мощности  $\cos\varphi$ , что и в режиме наибольших нагрузок.

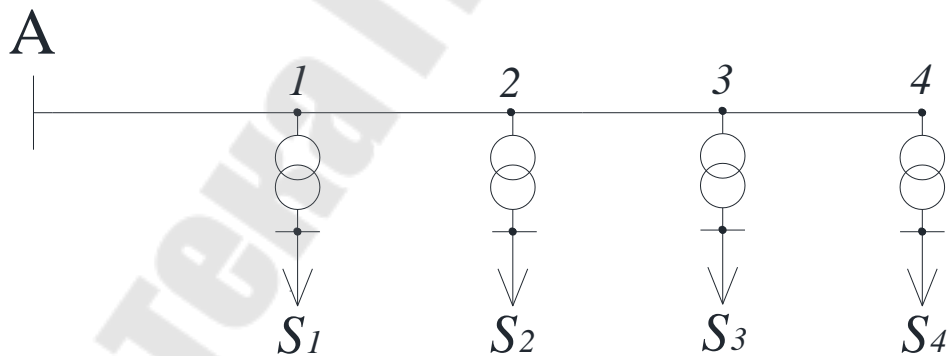


Рисунок 11.1 Схема электрической сети к задаче 16

Построить зависимости снижения потерь активной мощности  $\delta P$  и удельного снижения потерь  $k_s$  от суммарной мощности компенсирующих устройств  $Q_{\text{к}\Sigma}$

Найти суммарную экономически целесообразную мощность компенсирующих устройств и места их размещения.

(Определить по каждой ТП мощность компенсирующих устройств, которая должна быть выполнена регулируемой.

Расчеты потоков мощности по ветвям сети произвести без учета потерь мощности. Потерями холостого хода в трансформаторах пренебречь.

При расчётах принять: удельные потери мощности в компенсирующих устройствах  $\Delta P_{уд} = 0,004 \frac{\text{кВт}}{\text{квар}}$ , удельную стоимость компен-

сирующих устройств и стоимость 1 кВт·ч потерь электроэнергии на уровне 2007 года в белорусских рублях соответственно  $k_{уд} = 33,5 \frac{\text{тыс.руб.}}{\text{квар}}$  и  $\beta = 120 \frac{\text{бел.руб.}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$ , среднее время наибольших потерь от

передачи реактивной мощности  $\tau_p^{cp} = 3000 \text{ ч}$ , эквивалентное число часов работы компенсирующего устройства в году на полную мощность  $T_k = 4600 \text{ ч}$ , ежегодные отчисления на компенсирующие устройства от капитальных затрат  $p = 0,094$ , норму дисконта  $E = 0,12$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фадеева, Г.А. Проектирование распределительных электрических сетей: учеб. пособие / Г.А. Фадеева, В.Т. Федин; под общ. ред. В.Т.Федина. – Минск: Вышэйшая школа, 2009.
2. Янукович, Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» / Янукович Г.И. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010.
3. Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования – ТКП 45-4.04-149-2009 (02250) – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009.
4. Фадеева Г.А. Проектирование распределительных электрических сетей. Задачник: методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование распределительных электрических сетей» для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» / Г.А. Фадеева, В.Т. Федин. – Минск: БНТУ, 2008.
5. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии / Герасименко А.А., Федин В.Т. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2008.
6. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

*Таблица П.1.1*

Характеристика потребителей по надежности электроснабжения

№ п/п	Наименование потребителей	Кате- гория
1	2	3
1	<b>Электроприемники объектов жилищного, культурно-бытового и административного назначения</b>	
1.1	<p style="text-align: center;"><i>Технические средства противопожарной защиты</i></p> <p>Пожарные насосы, системы подпора воздуха, дымоудаления, пожарной сигнализации и оповещения о пожаре; лифты, предназначенные для инвалидов; лифты для подъема пожарных подразделений в общественных зданиях высотой 50 м и менее и в жилых зданиях независимо от этажности; огни светового ограждения; технические средства и системы охраны</p>	1
	Лифты, предназначенные для подъема пожарных подразделений в общественных зданиях высотой более 50 м	Первая особая группа 1
	Светильники эвакуационного освещения в общественных зданиях с количеством одновременно пребывающих более 2000 человек	
1.2	<p style="text-align: center;"><i>Жилые дома и общежития высотой 16 этажей и более</i></p> <p>Лифты, эвакуационное освещение и освещение безопасности</p> <p>Комплекс остальных электроприемников</p>	1
		2
1.3	<p style="text-align: center;"><i>Жилые дома</i></p> <p>До 16 этажей – эвакуационное освещение незадымляемых лестничных клеток</p> <p>До 16 этажей с электроплитами и электроводонагревателями для горячего водоснабжения (за исключением 1-8-квартирных домов)</p> <p>Свыше 5 и до 10 этажей с плитами на газообразном и твердом топливе</p> <p>До 5 этажей с плитами на газообразном и твердом топливе</p> <p>1-8-квартирные дома с электроплитами и электроводонагревателями для горячего водоснабжения</p> <p>Жилые дома на участках садоводческих товариществ</p>	1
		2
		2
		3
		3
		3
1.4	<p style="text-align: center;"><i>Общежития</i></p> <p>Вместимостью до 50 человек</p> <p>Вместимостью свыше 50 человек</p>	3
		2
1.5	<p style="text-align: center;"><i>Общественные здания высотой более 16 этажей</i></p> <p>Лифты</p> <p>Комплекс остальных электроприемников</p>	1
		2

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3
1.6	<p><i>Здания учреждений управления, проектных и конструкторских организаций, научно-исследовательских институтов</i></p> <p>Здания с количеством работающих свыше 2000 человек независимо от этажности, а также здания органов управления республиканского значения с количеством работающих свыше 50 человек:</p> <p>Лифты Комплекс остальных электроприемников</p>	<p>1 2</p>
	Комплекс электроприемников зданий с количеством работающих до 50 человек (кроме органов управления республиканского значения, которые относятся ко 2 категории)	3
1.7	<p><i>Здания лечебно-профилактических учреждений</i></p> <p>Аппараты искусственной вентиляции легких, аппараты искусственной почки, наркозно-дыхательные аппараты, гемодинамические мониторы, стационарные операционные светильники, дефибрилляторы, устанавливаемые в операционных и родовых блоках, в отделениях интенсивной терапии и реанимации; инкубаторы для выхаживания недоношенных детей; аппараты искусственного кровообращения; электроприемники систем подачи медицинских газов, вакуума и сжатого воздуха в помещения операционных и родовых блоков, отделений интенсивной терапии и реанимации; вентиляторы, входящие в состав установок кондиционирования воздуха и обеспечивающие подачу воздуха через фильтры тонкой очистки; светильники аварийного освещения помещений, в которых имеются электроприемники особой 1 категории надежности</p>	Первая особая группа
	Электроприемники (за исключением указанных выше) операционных и родильных блоков, отделений реанимации и интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии и ангиографии, ожоговых отделений, отделений гемодиализа; электроприемники оперативной части и помещений хранения медикаментов и ящиков выездных бригад станций скорой и неотложной медицинской помощи, эвакуационного освещения и лифтов (кроме грузовых)	1
	Комплекс остальных электроприемников	2
1.8	<p><i>Учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования</i></p> <p>Учреждения республиканского подчинения:</p> <p>лифты комплекс остальных электроприемников</p>	<p>1 2</p>
	Комплекс электроприемников учреждений областного, городского и районного подчинения	2
1.9	<p><i>Библиотеки и архивы</i></p> <p>Комплекс электроприемников зданий с фондом хранения:</p> <p>свыше 100 тыс. Единиц до 100 тыс. единиц</p>	<p>2 3</p>

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3
1.10	<i>Учреждения образования, воспитания и подготовки кадров</i> Комплекс электроприемников зданий с количеством учащихся: свыше 200 человек до 200 человек	2
		3
	Комплекс электроприемников: детских яслей-садов и внешкольных учреждений детских лагерей отдыха с количеством мест: свыше 160 до 160	2
		3
1.11	<i>Предприятия торговли</i> Комплекс электроприемников предприятий с торговыми залами общей площадью: свыше 250 м <sup>2</sup> до 250 м <sup>2</sup>	2 3
1.12	<i>Предприятия общественного питания</i> Комплекс электроприемников столовых, кафе и ресторанов с количеством посадочных мест: свыше 100 до 100	2 3
1.13	<i>Предприятия бытового обслуживания</i> Комплекс электроприемников парикмахерских с количеством рабочих мест свыше 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест свыше 50, прачечных и химчисток производительностью свыше 500 кг белья в смену, бань с числом мест свыше 100	2
	Комплекс электроприемников парикмахерских с количеством рабочих мест до 15, ателье и комбинатов бытового обслуживания с количеством рабочих мест до 50, прачечных и химчисток производительностью до 500 кг белья в смену, фотоателье, мастерских по ремонту часов и металлоизделий, бань и саун с числом мест до 100	3
1.14	<i>Гостиницы, дома отдыха, пансионаты и турбазы</i> Здания с количеством мест свыше 1000: лифты комплекс остальных электроприемников	1
		2
	Комплекс электроприемников зданий с количеством мест: от 200 до 1000 до 200	2 3
1.15	<i>Музеи и выставки</i> Комплекс электроприемников музеев и выставок: республиканского значения областного значения местного значения и краеведческих музеев	1 2 3

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3
1.16	<i>Конференц-залы и актовые залы</i> В том числе, со стационарными установками и эстрадами, во всех видах общественных зданий, кроме зданий, используемых для проведения платных зрелищных мероприятий	В соответствии с категорией электроприемников зданий
2	<b>Электроприемники объектов водоснабжения и канализации</b>	
2.1	<i>Водопроводные насосные станции</i> В городах и поселках с числом жителей: свыше 50000 человек от 5000 до 50000 человек менее 5000 человек	1 2 3
	Подающие воду непосредственно в сеть противопожарного водопровода	2
	Комплекс электроприемников насосных станций, подающих воду по одному трубопроводу, а также на поливку и орошение	2
	Комплекс электроприемников сельскохозяйственных групповых водопроводов	3
2.2	Насосные артезианских скважин, работающих на общую водопроводную сеть	3
2.3	Канализационные насосные станции: не имеющие аварийного выпуска или с аварийным выпуском при согласованной продолжительности сброса менее 2 часов имеющие аварийный выпуск при согласованной продолжительности сброса менее одних суток, очистные, водопроводные и канализационные сооружения	1 2
3	<b>Электроприемники других объектов городов и населенных пунктов</b>	
3.1	Котельные, являющиеся единственным источником тепла системы теплоснабжения, обеспечивающие теплоснабжение потребителей первой категории, не имеющих индивидуальных резервных источников тепла	1
3.2	Котельные с водогрейными котлами единичной производительностью более 10 Гкал/час: электродвигатели сетевых и подпиточных насосов комплекс остальных электроприемников	1 2
3.3	Тяговые подстанции: системы централизованного водоснабжения системы децентрализованного водоснабжения	2 3

Окончание табл. П.1.1

1	2	3
3.4	Электронно-вычислительные центры, решающие комплекс народнохозяйственных проблем и задачи управления отдельными отраслями, а также обслуживающие технологические процессы, основные электроприемники которых относятся к первой категории	1
	Комплекс электроприемников вычислительных центров отделов, лабораторий, не решающих указанные задачи и проблемы	2
3.5	Центральные диспетчерские пункты: энергосистемы электрических и тепловых сетей	1 1
3.6	Пункты централизованной охраны	1
3.7	Центральные тепловые пункты: обслуживающие здания высотой 17 этажей и более в микрорайонах	1 2
3.8	Диспетчерские пункты жилых районов, микрорайонов	2
3.9	Осветительные установки городских транспортных и пешеходных тоннелей, осветительные установки улиц, дорог и площадей категории «А» в столице республики и крупнейших городах	2
4	<b>Электроприемники объектов сельскохозяйственного назначения</b>	
4.1	Животноводческие комплексы и фермы по производству молока	2
4.2	Комплексы и фермы по выращиванию молодняка крупного рогатого скота производительностью в год: 5000 голов и более до 5000 голов	1 2
4.3	Свиноводческие комплексы и фермы по выращиванию и откорму свиней производительностью в год: 12000 голов и более до 12000 голов	1 2
4.4	Птицефабрики: по производству яиц с содержанием 100000 и более кур-несушек мясного направления по выращиванию 1 млн и более бройлеров в год хозяйства по выращиванию племенного стада птиц	1 1 1
4.5	Тепличные комбинаты и рассадные комплексы	2
4.6	Картофелехранилища емкостью более 500 тонн с холодоснабжением и активной вентиляцией	2
4.7	Кормоприготовительные заводы и отдельные цеха при механизированном приготовлении и раздаче кормов	2
4.8	Холодильники для хранения фруктов емкостью более 600 тонн	2
4.9	Инкубационные цеха рыбоводческих хозяйств и ферм	2
4.10	Установки водоснабжения и водонапорных башен	2
4.11	Установки теплоснабжения и горячей воды	2
4.12	Котельные	2



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Таблица П.2.1

Расчетные данные воздушных линий напряжением 0,38...35 кВ с алюминиевыми и сталеалюминиевыми проводами

Площадь сечения провода марки А (АС), мм <sup>2</sup>	Длительно допустимый ток, А	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км при напряжении, кВ			
			0,38	6	10	35
16 (16/2,7)	105 (105)	1,108 (1,782)	–	–	–	–
25 (25/4,2)	135 (145)	1,150 (1,152)	0,319	0,319 (0,392)	0,402 (0,401)	–
35 (35/6,2)	170 (175)	0,835 (0,777)	0,308	0,380 (0,376)	0,391 (0,378)	–
50 (50/8)	215 (210)	0,578 (0,595)	0,297	0,369 (0,368)	0,380 (0,378)	–
70 (70/11)	265 (265)	0,413 (0,422)	0,288	0,355 (0,357)	0,366 (0,367)	0,420 (0,432)
95 (95/16)	320 (330)	0,311 (0,301)	0,274	0,346 (0,347)	0,357 (0,356)	0,411 (0,421)
120 (120/19)	375 (390)	0,246 (0,244)	–	0,338	0,349 (0,327)	0,403 (0,414)
150 (150/24)	440 (450)	0,194 (0,204)	–	–	–	0,398 (0,406)
185 (185/29)	500 (510)	0,161 (0,159)	–	–	–	–

Таблица П.2.2

Значения удельного емкостного тока воздушных линий

Характеристика линии	Значение емкостного тока, А/км, при напряжении, кВ		
	6	10	35
Одноцепная без троса	0,013	0,026	0,078
Одноцепная с тросом	–	0,032	0,091
Двухцепная без троса	0,017	0,035	0,102
Двухцепная с тросом	–	–	0,110

Таблица П.2.3

## Технические характеристики СИП

Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Длительно допустимый ток, А	Ток термической стойкости при односекундном КЗ, кА	Удельное активное сопротивление $r_0$ , Ом/км	
				фазной жилы	нулевой жилы
1	2	3	4	5	6
СИП-1					
1x16+1x25	15	75	1,0	1,91	1,38
3x16+1x25	21	70	1,0	1,91	1,38
3x25+1x35	26	95	1,6	1,2	0,986
3x35+1x50	30	115	2,3	0,868	0,72
3x50+1x50	32	140	3,2	0,641	0,72
3x50+1x70	35	140	3,2	0,641	0,493
3x70+1x70	38	180	4,5	0,443	0,493
3x70+1x95	41	180	4,5	0,443	0,363
3x95+1x70	43	220	5,2	0,320	0,493
3x95+1x95	44	220	5,2	0,320	0,363
3x120+1x95	47	250	5,9	0,353	0,363
4x16+1x25	22	70	1,0	1,91	1,38
4x25+1x35	26	95	1,6	1,2	0,986
СИП-1 А					
2x16	15	75	1,0	1,91	—
3x16	17	70	1,0	1,91	—
4x16	18	70	1,0	1,91	—
2x25	18	100	1,6	1,2	—
3x25	20	95	1,6	1,2	—
4x25	22	95	1,6	1,2	—
5x16	20	70	1,0	1,91	—
5x25	24	95	1,6	1,2	—
1x16—1x25	16	75	1,0	1,91	1,38
3x16+1x25	21	70	1,0	1,91	1,38
3x25+1x35	26	95	1,6	1,2	0,986
3x35+1x50	30	115	2,3	0,868	0,720
3x50+1x50	33	140	3,2	0,641	0,720
3x50+1x70	35	140	3,2	0,641	0,493
3x7; 0+1x70	38	180	4,5	0,443	0,493
3x70+1x95	41	180	4,5	0,443	0,363
3x95+1x70	43	220	5,2	0,320	0,493
3x95+1x95	44	220	5,2	0,320	0,363
3x120+1x95	47	250	5,9	0,253	0,363
4x16+1x25	22	70	1,0	1,91	1,38
4x25+1x35	26	95	1,6	1,2	0,986

Продолжение табл. П.2.3

1	2	3	4	5	6
СИП-2					
1x16+1x25	15	105	1,5	1,91	1,38
3x16+1x25	21	100	1,5	1,91	1,38
3x25+1x35	26	130	2,3	1,2	0,986
3x35+1x50	30	160	3,2	0,868	0,72
3x50+1x50	33	195	4,6	0,641	0,72
3x50+1x70	35	195	4,6	0,641	0,493
3x70+1x70	38	240	6,5	0,443	0,493
3x70+1x95	41	240	6,5	0,443	0,363
3x95+1x70	43	300	6,9	0,320	0,493
3x95+1x95	44	300	6,9	0,320	0,363
3x120+1x95	47	340	7,2	0,253	0,363
4x16+1x25	22	100	1,5	1,91	1,38
4x25+1x35	26	130	2,3	1,2	0,986
СИП-2А					
2x16	15	105	1,5	1,91	–
3x16	18	135	2,3	1,91	–
4x16	17	100	1,5	1,91	–
2x25	20	130	2,3	1,2	–
3x25	18	100	1,5	1,2	–
4x25	22	130	2,3	1,2	–
5x16	20	100	1,5	1,91	–
5x25	24	130	2,3	1,2	–
1x16+1x25	16	105	1,5	1,91	1,38
3x16+1x25	21	100	1,5	1,91	1,38
3x25+1x35	26	130	2,3	1,2	0,986
3x35+1x50	30	160	3,2	0,868	0,72
3x50+1x70	35	195	4,6	0,641	0,493
3x70+1x70	38	240	6,5	0,443	0,493
3x70+1x95	41	240	6,5	0,443	0,363
3x95+1x70	43	300	6,9	0,320	0,493
3x95+1x95	44	300	6,9	0,320	0,363
3x120+1x95	47	340	7,2	0,253	0,363
4x16+1x25	22	100	1,5	1,91	1,38
4x25+1x35	26	130	2,3	1,2	0,986
СИП-4, СИПН-4					
2x25	19	95	1,6	1,2	1,2
2x35	20	115	2,3	0,868	0,868
2x50	23	140	3,2	0,641	0,641
2x70	27	180	4,5	0,443	0,443

Окончание табл. П.2.3

1	2	3	4	5	6
2x95	31	220	6,0	0,320	0,320
2x120	34	250	7,6	0,253	0,253
3x25	20	95	1,6	1,2	1,2
3x35	22	115	2,3	0,868	0,868
3x50	25	140	3,2	0,641	0,641
3x70	29	180	4,5	0,443	0,443
3x95	33	220	6,0	0,320	0,320
3x120	36	250	7,6	0,253	0,253
4x25	23	95	1,6	1,2	1,2
4x35	24	115	2,3	0,868	0,868
4x50	29	140	3,2	0,641	0,641
4x70	32	180	4,5	0,443	0,443
4x95	39	220	6,0	0,320	0,320
4x120	41	250	7,6	0,253	0,253
СИПс-4					
2x25	19	130	2,3	1,2	1,2
2x35	20	160	3,2	0,868	0,868
2x50	23	195	4,6	0,641	0,641
2x70	27	240	6,5	0,443	0,443
2x95	31	290	7,0	0,320	0,320
2x120	34	340	7,6	0,253	0,253
3x25	20	130	2,3	1,2	1,2
3x35	22	160	3,2	0,868	0,868
3x50	25	195	4,6	0,641	0,641
3x70	29	240	6,5	0,443	0,443
3x95	33	290	7,0	0,320	0,320
3x120	36	340	7,6	0,253	0,253
4x25	23	130	2,3	1,2	1,2
4x35	24	160	3,2	0,868	0,868
4x50	29	195	4,6	0,641	0,641
4x70	32	240	6,5	0,443	0,443
4x95	39	290	7,0	0,320	0,320
4x120	41	340	7,6	0,253	0,253
СИП-3					
35	11,5	200	3,2	0,986	–
50	12,6	245	4,3	0,720	–
70	14,6	310	6,4	0,493	–
95	16,0	370	8,6	0,363	–
120	17,4	430	11,0	0,288	–
150	18,8	485	13,5	0,263	–

Таблица П.2.4

## Показатели надежности линий электропередачи в сельской местности

Напряжение воздушной линии, кВ	Частота устойчивых повреждений, 1/(год·100 км)	Частота преднамеренных отключений, 1/(год·100 км)	Среднее время, ч	
			ремонта устойчивого повреждения	планового отключения
0,38	75	30	2,2	4,0
10	25	12	3,2	5,0

Таблица П.2.5

## Ориентировочная площадь отчуждения земли под опоры воздушных линий напряжением 6...20 кВ

Характеристики опоры	Площадь отчуждения земли под одну опору, м <sup>2</sup>
Железобетонные опоры:	
промежуточные одностоечные	4,4
анкерные и промежуточные угловые с одним подкосом	15,0
угловые анкерные с двумя подкосами	31,0
Деревянные опоры с железобетонными приставками нормального габарита:	
промежуточные одностоечные	4,4
анкерные и промежуточные угловые А-образные	15,0
угловые анкерные трехногие	30,0
Деревянные цельностоечные опоры нормального габарита:	
промежуточные одностоечные	4,0
анкерные и промежуточные угловые А-образные	13,0
угловые анкерные трехногие	28,0

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Таблица П.3.1

Расчетные данные кабелей с бумажной изоляцией

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	$r_0$ , Ом/км, для жил		$x_0$ , Ом/км, при напряжении, кВ			
	медных	алюминиевых	0,38	6	10	35
10	1,84	3,10	0,073	0,110	–	–
16	1,15	1,94	0,068	0,102	0,113	–
25	0,74	1,24	0,066	0,091	0,099	–
35	0,52	0,89	0,064	0,087	0,095	–
50	0,37	0,62	0,063	0,083	0,090	–
70	0,26	0,443	0,061	0,080	0,086	0,137
95	0,194	0,326	0,060	0,078	0,083	0,126
120	0,153	0,258	0,060	0,076	0,081	0,120
150	0,122	0,206	0,060	0,074	0,079	0,116
185	0,099	0,167	0,060	0,073	0,077	0,113
240	0,077	0,129	0,059	0,071	0,075	0,111
300	0,061	0,103	–	–	–	0,097

Таблица П.3.2

Удельные емкостные токи однофазного замыкания на землю кабелей 6-35 кВ с бумажной изоляцией и вязкой пропиткой

Площадь сечения, жилы, мм <sup>2</sup>	Значение емкостного тока, А/км, при напряжении, кВ		
	6	10	35
10	0,33	0,46	–
16	0,37	0,52	–
25	0,46	0,62	–
35	0,52	0,69	–
50	0,59	0,77	–
70	0,71	0,90	3,7
95	0,82	1,00	4,1
120	0,89	1,10	4,4
150	1,10	1,30	4,8
185	1,20	1,40	5,2
240	1,30	1,60	–
300	1,50	1,80	–
400	1,70	2,00	–
500	2,00	2,30	–

Таблица П.3.3

Длительно допустимые токовые нагрузки кабелей напряжением 10 кВ с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А, кабелей			
	с медными жилами		с алюминиевыми жилами	
	Способ прокладки			
	В земле	В воздухе	В земле	В воздухе
16	92	89	74	67
25	119	115	91	87
35	144	142	110	106
50	176	175	134	132
70	212	219	162	161
95	251	265	192	194
120	284	305	218	234
150	318	349	246	264
185	352	393	275	298
240	396	455	314	347

Примечание: допустимые перегрузки кабелей 15 %.

Таблица П.3.4

Допустимая по нагреву длительная мощность для трехжильных кабелей с бумажной изоляцией

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимая мощность, МВт, кабелей напряжением							
	6 кВ				10 кВ			
	Способ прокладки							
	В земле с жилами		В воздухе с жилами		В земле с жилами		В воздухе с жилами	
	мед-ными	алюми-ниевы-ми	мед-ными	алюми-ниевы-ми	мед-ными	алюми-ниевы-ми	мед-ными	алюми-ниевы-ми
10	0,8	0,6	0,7	0,5	—	—	—	—
16	1,0	0,8	1,0	0,7	1,5	1,2	1,5	1,1
25	1,3	1,0	1,3	0,9	2,0	1,5	1,9	1,4
35	1,6	1,2	1,6	1,2	2,4	1,8	2,3	1,7
50	1,9	1,5	2,0	1,5	2,9	2,2	2,8	2,2
70	2,3	1,8	2,4	1,8	3,5	2,7	3,6	2,7
95	2,7	2,1	2,9	2,2	4,1	3,1	4,3	3,3
120	3,1	2,4	3,4	2,5	4,7	3,6	5,0	3,8
150	3,5	2,7	3,8	2,9	5,2	4,0	5,7	4,3
185	3,9	3,0	4,3	3,3	5,8	4,5	6,4	4,9
240	4,4	3,4	5,0	3,8	6,5	5,1	6,5	5,1

Примечания: Для  $U = 1,05 \cdot U_{\text{ном}} \cos \varphi = 0,9$ . Для кабелей, проложенных в воде, показатели таблицы умножить на коэффициент 1,3.

Таблица П.3.5

Длительно допустимые токовые нагрузки 3-х и 4-жильных кабелей напряжением до 1 кВ с пропитанной бумажной изоляцией

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток, А, кабелей			
	с медными жилами		с алюминиевыми жилами	
	способ прокладки			
	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе
6	58	53	45	40
10	78	73	60	55
16	102	97	79	72
25	134	127	102	95
35	163	157	126	118
50	200	195	153	146
70	241	247	184	180
95	287	301	219	218
120	325	348	248	261
150	404	451	314	300
185	404	451	314	342
240	455	522	359	402

Таблица П.3.6

Удельные сопротивления СПЭ кабелей напряжением 10 кВ

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Активное сопротивление, Ом/км		Индуктивное сопротивление, Ом/км, при расположении кабелей	
	медной жилы	алюминиевой жилы	треугольником	горизонтально
50	0,387	0,641	0,126	0,184
70	0,268	0,443	0,119	0,177
95	0,193	0,320	0,112	0,170
120	0,153	0,253	0,108	0,166
150	0,124	0,206	0,106	0,164
185	0,0991	0,164	0,103	0,161
240	0,0754	0,125	0,099	0,157
300	0,0601	0,100	0,096	0,154
400	0,0470	0,0778	0,093	0,151
500	0,0366	0,0605	0,090	0,148
630	0,0280	0,0464	0,087	0,145
800	0,0221	0,0367	0,083	0,142

Примечания: приведенные значения  $r_0$  соответствуют температуре +20 °С. Значение  $x_0$  указаны с учетом заземления медного экрана кабеля с двух сторон.



Таблица П.3.7

Длительно допустимые токи СПЭ кабелей напряжением 10 кВ,  
расположенных треугольником

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
$I_{\text{доп}}$ , А, при прокладке в земле:												
алюминиевая жила	170	210	250	280	320	360	415	475	540	610	680	735
медная жила	220	270	320	360	410	460	530	600	680	750	830	920
$I_{\text{доп}}$ , А, при прокладке в воздухе:												
алюминиевая жила	185	235	285	330	370	425	505	580	675	780	910	1050
медная жила	245	300	370	425	475	545	645	740	845	955	1115	1270

Таблица П.3.8

Длительно допустимые токи СПЭ кабелей напряжением 10 кВ  
расположенных горизонтально

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
$I_{\text{доп}}$ , А, при прокладке в земле:												
алюминиевая жила	175	215	260	295	330	375	440	495	570	650	750	820
медная жила	230	280	335	380	430	485	560	640	730	830	940	1030
$I_{\text{доп}}$ , А, при прокладке в воздухе:												
алюминиевая жила	225	280	340	390	440	505	595	680	770	865	1045	1195
медная жила	290	360	435	500	560	635	745	845	940	1050	1160	1340

Таблица П.3.9

Допустимые токи односекундного короткого замыкания СПЭ-кабелей напряжением 10 кВ

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Ток короткого замыкания, кА, кабелей	
	с медной жилой	с алюминиевой жилой
50	7,15	4,7
70	10	6,6
95	13,6	8,9
120	17,2	11,3
150	21,5	14,2
185	25,5	17,5
240	34,3	22,7
300	42,9	28,2
400	57,2	37,6
500	71,5	47
630	90,1	59,2
800	144,4	75,2

Таблица П.3.10

Характеристики кабелей 0,38... 1 кВ с ПВХ изоляцией

Количество и номинальное сечение жил, мм <sup>2</sup>	Удельное активное сопротивление $r_0$ , Ом/км	Длительно допустимый ток, А, при прокладке		Допустимый ток односекундного КЗ, кА
		на воздухе	в земле	
1	2	3	4	5
<i>ВВГ</i>				
1x1,5	12,1	29	32	0,17
1x2,5	7,56	40	42	0,27
1x4	4,7	53	54	0,43
1x6	3,11	67	67	0,65
1x10	1,83	91	89	1,09
1x16	1,15	121	116	1,74
1x25	0,727	160	148	2,78
1x35	0,524	197	178	3,86
1x50	0,387	247	217	5,23
1x70	0,268	318	265	7,54
1x95	0,193	386	314	10,48
1x120	0,153	450	358	13,21
1x150	0,124	521	406	16,3
1x185	0,0991	594	455	20,39
1x240	0,0754	704	525	28,8
2x1,5	12,1	24	33	0,17

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
2x2,5	7,56	33	44	0,27
2x4	4,7	44	56	0,43
2x6	3,11	56	71	0,65
2x10	1,83	76	94	1,09
2x16	1,15	101	123	1,74
2x25	0,727	134	157	2,78
2x35	0,524	166	190	3,86
2x50	0,387	208	230	5,23
2x70	0,268	215	320	7,54
2x95	0,193	260	385	10,48
2x120	0,153	300	445	13,21
2x150	0,124	350	505	16,3
3x1,5	12,1	21	28	0,17
3x2,5	7,56	28	37	0,27
3x4	4,7	37	48	0,43
3x6	3,11	49	58	0,65
3x10	1,83	66	77	1,09
3x16	1,15	87	100	1,74
3x25	0,727	115	130	2,78
3x35	0,524	141	158	3,86
3x 50	0,387	177	192	5,23
3x70	0,268	226	237	7,54
3x95	0,193	274	280	10,48
3x120	0,153	321	321	13,21
3x150	0,124	370	363	16,3
3x185	0,0991	421	406	20,39
3x240	0,0754	499	468	28,8
3x1,5+1x1	12,1	21	28	0,17
3x1,5+1x1,5	12,1	21	28	0,17
3x2,5+1x1,5	7,56	28	37	0,27
3x4+1x2,5	4,7	37	48	0,43
3x6+1x2,5	3,11	49	58	0,65
3x6+1x4	3,11	49	58	0,65
3x10+1x4	1,83	66	77	1,09
3x10+1x6	1,83	66	77	1,09
3x16+1x6	1,15	87	100	1,74
3x16+1x10	1,15	87	100	1,74
3x25+1x10	0,727	115	130	2,78
3x25+1x16	0,727	115	130	2,78
3x35+1x16	0,524	141	158	3,86
3x50+1x16	0,387	177	192	5,23
3x50+1x25	0,387	177	192	5,23
3x70+1x25	0,268	226	237	7,54
3x70+1x35	0,268	226	237	7,54
3x95+1x35	0,193	274	280	10,48

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
3x95+1x50	0,193	274	280	10,48
3x120+1x35	0,153	321	321	13,21
3x120+1x70	0,153	321	321	13,21
3x150+1x50	0,124	370	363	16,3
3x150+1x70	0,124	370	363	16,3
3*185+1x95	0,0991	421	406	20,39
3x240+1x120	0,0754	499	468	28,8
4x1,5	12,1	19	26	0,17
4x2,5	7,56	26	34	0,27
4x4	4,7	34	45	0,43
4x6	3,11	46	54	0,65
4x10	1,83	61	72	1,09
4x16	1,15	81	93	1,74
4x25	0,727	107	121	2,78
4x35	0,524	131	147	3,86
4x50	0,387	165	178	5,23
4x70	0,268	210	220	7,54
4x95	0,193	255	260	10,48
4x120	0,153	298	298	13,21
4x150	0,124	344	337	16,3
4x185	0,0991	391	377	20,39
4x240	0,0754	464	435	28,8
5x1,5	12,1	20	26	0,17
5x2,5	7,56	26	34	0,27
5x4	4,7	34	47	0,43
5x6	3,11	46	54	0,65
5x10	1,83	61	72	1,09
5x16	1,15	81	93	1,74
5x25	0,727	107	121	2,78
5x35	0,524	131	147	3,86
5x50	0,387	165	179	5,23
5x70	0,268	210	220	7,54
5x95	0,193	255	260	10,48
5x120	0,153	299	299	13,21
5x150	0,124	344	338	16,3
5x185	0,0991	392	378	20,39
5x240	0,0754	464	435	28,8
<i>ABBГ</i>				
1x2,5	12,1	30	32	0,18
1x4	7,41	40	41	0,29
1x6	5,11	51	52	0,42
1x10	3,08	69	68	0,7
1x16	1,91	93	83	1,13
1x25	1,2	122	113	1,81
1x35	0,868	151	136	2,5

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
1x50	0,641	189	166	3,38
1x70	0,443	233	200	4,95
1x95	0,32	284	237	6,86
1x120	0,253	330	269	8,66
1x150	0,206	380	305	10,64
1x185	0,164	436	343	13,37
1x240	0,125	515	396	17,54
2x2,5	12,1	25	33	0,18
2x4	7,41	34	43	0,29
2x6	5,11	43	54	0,42
2x10	3,08	58	72	0,7
2x16	1,91	77	94	1,13
2x25	1,2	103	120	1,81
2x35	0,868	127	145	2,5
2x50	0,641	159	176	3,38
2x70	0,443	165	245	4,95
2x95	0,32	200	295	6,86
2x120	0,253	230	340	8,66
2x150	0,206	270	390	10,64
2x185	0,164	310	440	13,37
3x2,5	12,1	21	28	0,18
3x4	7,41	29	37	0,29
3x6	5,11	37	44	0,42
3x10	3,08	50	59	0,7
3x16	1,91	67	77	1,13
3x25	1,2	88	100	1,81
3x35	0,868	109	121	2,5
3x50	0,641	136	147	3,38
3x70	0,443	167	178	4,95
3x95	0,32	204	212	6,86
3x120	0,253	236	241	8,66
3x150	0,206	273	274	10,64
3x185	0,164	313	308	13,37
3x240	0,125	369	355	4,95
3x4+1x2,5	7,41	29	37	0,29
3x6+1x2,5	5,11	37	44	0,42
3x6+1x4	5,11	37	44	0,42
3x10+1x4	3,08	50	59	0,7
3x10+1x6	3,08	50	59	0,7
3x16+1x6	1,91	67	77	1,13
3x16+1x10	1,91	67	77	1,13
3x25+1x10	1,2	88	100	1,81
3x25+1x16	1,2	88	100	1,81
3x35+1x16	0,868	109	121	2,5
3x50+1x16	0,641	136	147	3,38

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
3x50+1x25	0,641	136	147	3,38
3x70+1x25	0,443	167	178	4,95
3x70+1x35	0,443	- 167	178	4,95
3x95+1x35	0,32	204	212	6,86
3x95+1x50	0,32	204	212	6,86
3x120+1x35	0,253	236	241	8,66
3x120+1x70	0,253	236	241	8,66
3x150+1x50	0,206	273	274	10,64
3x150+1x70	0,206	273	274	10,64
3x185+1x95	0,164	313	308	13,37
3x240+1x120	0,125	369	355	17,54
4x2,5	12,1	19	26	0,18
4x4	7,41	27	34	0,29
4x6	5,11	34	41	0,42
4x10	3,08	46	55	0,7
4x16	1,91	62	72	1,13
4x25	1,2	82	93	1,81
4x35	0,868	101	112	2,5
4x50	0,641	126	137	3,38
4x70	0,443	155	165	4,95
4x95	0,32	190	197	6,86
4x120	0,253	219	224	8,66
4x150	0,206	254	255	10,64
4x185	0,164	291	286	13,37
4x240	0,125	343	330	17,54
5x2,5	12,1	20	26	0,18
5x4	7,41	27	34	0,29
5x6	5,11	34	41	0,42
5x10	3,08	47	55	0,7
5x16	1,91	62	72	1,13
5x25	1,2	82	93	1,81
5x35	0,868	101	113	2,5
5x50	0,641	126	137	3,38
5x70	0,443	155	166	4,95
5x95	0,32	190	197	6,86
5x120	0,253	219	224	8,66
5x150	0,206	254	255	10,64
5x185	0,164	291	286	13,37
5x240	0,125	343	330	17,54
<i>ВББШБ</i>				
1x25	0,727	160	148	2,78
1x35	0,524	197	178	3,86
1x50	0,387	247	217	5,23
1x70	0,268	318	265	7,54
1x95	0,193	386	314	10,48

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
1x120	0,153	450	358	13,21
1x150	0,124	521	406	16,3
1x185	0,0991	594	455	20,39
1x240	0,0754	704	525	28,8
2x4	4,7	44	56	0,43
2x6	3,11	56	71	0,65
2x10	1,83	76	94	1,09
2x16	1,15	101	123	1,74
2x25	0,727	134	157	2,78
2x35	0,524	166	190	3,86
2x50	0,387	208	230	5,23
2x70	0,268	215	320	7,54
2x95	0,193	260	385	10,48
2x120	0,153	300	445	13,21
2x150	0,124	350	505	16,3
3x4	4,7	37	48	0,43
3x6	3,11	49	58	0,65
3x10	1,83	66	77	1,09
3x16	1,15	87	100	1,74
3x25	0,727	115	130	2,78
3x35	0,524	141	158	3,86
3x50	0,387	177	192	5,23
3x70	0,268	226	237	7,54
3x95	0,193	274	280	10,48
3x120	0,153	321	321	13,21
3x150	0,124	370	363	16,3
3x185	0,0991	421	406	20,39
3x240	0,0754	499	468	28,8
3x6+1x2,5	4,7	37	48	0,43
3x6+1x2,5	3,11	49	58	0,65
3x6+1x4	3,11	49	58	0,65
3x10+1x4	1,83	66	77	1,09
3x10+1x6	1,83	66	77	1,09
3x16+1x6	1,15	87	100	1,74
3x16+1x10	1,15	87	100	1,74
3x25+1x10	0,727	115	130	2,78
3x25+1x16	0,727	115	130	2,78
3x35+1x16	0,524	141	158	3,86
3x50+1x16	0,387	177	192	5,23
3x50+1x25	0,387	177	192	5,23
4x4	4,7	34	45	0,43
4x6	3,11	46	54	0,65
4x10	1,83	61	72	1,09
4x16	1,15	81	93	1,74
4x25	0,727	107	121	2,78

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
4x35	0,524	131	147	3,86
4x50	0,387	165	178	5,23
4x70	0,268	210	220	7,54
4x95	0,193	255	260	10,48
4x120	0,153	298	298	13,21
4x150	0,124	344	337	16,3
4x185	0,0991	391	377	20,39
4x240	0,0754	464	435	28,8
5x4	4,7	34	47	0,43
5x6	3,11	46	54	0,65
5x10	1,83	61	72	1,09
5x16	1,15	81	93	1,74
5x25	0,727	107	121	2,78
5x35	0,524	131	147	3,86
5x50	0,387	165	179	5,23
5x70	0,268	210	220	7,54
5x95	0,193	255	260	10,48
5x120	0,153	299	299	13,21
5x150	0,124	344	338	16,3
5x185	0,0991	392	378	20,39
5x240	0,0754	464	435	28,8
<i>АВБ<sub>В</sub>III<sub>В</sub></i>				
1x25	1,2	122	113	1,81
1x35	0,868	151	136	2,5
1x50	0,641	189	166	3,38
1x70	0,443	233	200	4,95
1x95	0,32	284	237	6,86
1x120	0,253	330	269	8,66
1x150	0,206	380	305	10,64
1x185	0,164	436	343	13,37
1x240	0,125	515	396	17,54
2x4	7,41	34	43	0,29
2x6	5,11	43	54	0,42
2x10	3,08	58	72	0,7
2x16	1,91	77	94	1,13
2x25	1,2	103	120	1,81
2x35	0,868	127	145	2,5
2x50	0,641	159	176	3,38
2x70	0,443	165	245	4,95
2x95	0,32	200	295	6,86
2x120	0,253	230	340	8,66
2x150	0,206	270	390	10,64
3x4	7,41	29	37	0,29
3x6	5,11	37	44	0,42
3x10	3,08	50	59	0,7



Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
3x16	1,91	67	77	1,13
3x25	1,2	88	100	1,81
3x35	0,868	109	121	2,5
3x50	0,641	136	147	3,38
3x70	0,443	167	178	4,95
3x95	0,32	204	212	6,86
3x120	0,253	236	241	8,66
3x150	0,206	273	274	10,64
3x185	0,164	313	308	13,37
3x240	0,125	369	355	4,95
3x4+1x2,5	7,41	29	37	0,29
3x6+1x2,5	5,11	37	44	0,42
3x6+1x4	5,11	37	44	0,42
3x10+1x4	3,08	50	59	0,7
3x10+1x6	3,08	50	59	0,7
3x16+1x6	1,91	67	77	1,13
3x16+1x10	1,91	67	77	1,13
3x25+1x10	1,2	88	100	1,81
3x25+1x16	1,2	88	100	1,81
3x35+1x16	0,868	109	121	2,5
3x50+1x16	0,641	136	147	3,38
3x50+1x25	0,641	136	147	3,38
4x4	7,41	27	34	0,29
4x6	5,11	34	41	0,42
4x10	3,08	- 46	55	0,7
4x16	1,91	62	72	1,13
4x25	1,2	82	93	1,81
4x35	0,868	101	112	2,5
4x50	0,641	126	137	3,38
4x70	0,443	155	165	4,95
4x95	0,32	190	197	6,86
4x120	0,253	219	224	8,66
4x150	0,206	254	255	10,64
4x185	0,164	291	286	13,37
4x240	0,125	343	330	17,54
5x4	7,41	27	34	0,29
5x6	5,11	34	41	0,42
5x10	3,08	47	55	0,7
5x16	1,91	62	72	1,13
5x25	1,2	82	93	1,81
5x35	0,868	101	113	2,5
5x50	0,641	126	137	3,38
5x70	0,443	155	166	4,95
5x95	0,32	190	197	6,86
5x120	0,253	219	224	8,66

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
5x150	0,206	254	255	10,64
5x185	0,164	291	286	13,37
5x240	0,125	343	330	17,54
<i>ПББШБ</i>				
1x25	0,727	180,8	171,7	3,46
1x35	0,524	222,6	206,5	4,8
1x50	0,387	279,1	251,7	6,5
1x70	0,268	359,3	307,4	9,38
1x95	0,193	436,2	364,2	13,03
1x120	0,153	508,5	299,3	16,43
1x150	0,124	588,7	471	20,26
1x185	0,0991	671,2	527,8	25,35
1x240	0,0754	795,5	609	33,32
2x4	4,7	49,7	65	0,54
2x6	3,11	63,3	82,4	0,81
2x10	1,83	85,9	109	1,36
2x16	1,15	114,1	142,7	2,16
2x25	0,727	151,4	182,1	3,46
2x35	0,524	187,6	220,4	4,8
2x50	0,387	235	266,8	6,5
2x70	0,268	243	371,2	9,38
2x95	0,193	293,8	446,6	13,03
2x120	0,153	339	516,2	16,43
2x150	0,124	395,5	585,8	20,26
3x4	4,7	41,8	55,7	0,54
3x6	3,11	55,4	67,3	0,81
3x10	1,83	74,6	89,3	1,36
3x16	1,15	98,3	116	2,16
3x25	0,727	130	150,8	3,46
3x35	0,524	159,3	183,3	4,8
3x50	0,387	200	222,7	6,5
3x70	0,268	255,4	274,9	9,38
3x95	0,193	309,6	324,8	13,03
3x120	0,153	362,7	372,4	16,43
3x150	0,124	418,1	421,1	20,26
3x185	0,0991	475,7	471	25,35
3x240	0,0754	563,9	542,9	33,32
4x4	4,7	38,4	52,2	0,54
4x6	3,11	52	62,6	0,81
4x10	1,83	68,9	83,5	1,36
4x16	1,15	91,5	107,9	2,16
4x25	0,727	120,9	140,4	3,46
4x35	0,524	148	170,5	4,8
4x50	0,387	186,5	206,5	6,5
4x70	0,268	237,3	255,2	9,38

Продолжение табл. П.3.10

1	2	3	4	5
4x95	0,193	288,2	301,6	13,03
4x120	0,153	336,7	345,7	16,43
4x150	0,124	388,7	390,9	20,26
4x185	0,0991	441,8	437,3	25,35
4x240	0,0754	524,3	504,6	33,32
5x4	4,7	38,4	52,2	0,54
5x6	3,11	52	62,6	0,81
5x10	1,83	68,9	83,5	1,36
5x16	1,15	91,5	107,9	2,16
5x25	0,727	120,9	140,4	3,46
5x35	0,524	148	170,5	4,8
5x50	0,387	186,5	206,5	6,5
5x70	0,268	237,3	255,2	9,38
5x95	0,193	288,2	301,6	13,03
5x120	0,153	336,7	345,7	16,43
5x150	0,124	388,7	390,9	20,26
5x185	0,0991	441,8	437,3	25,35
5x240	0,0754	524,3	504,6	33,32
<i>АПББШБ</i>				
1x25	1,2	137,9	131,1	2,24
1x35	0,868	170,6	157,1	3,09
1x50	0,641	213,6	192,6	4,18
1x70	0,443	263,3	232	6,12
1x95	0,32	320,9	274,9	8,48
1x120	0,253	372,9	312	10,71
1x150	0,206	429,4	353,8	13,16
1x185	0,164	492,7	397,9	16,53
1x240	0,125	582	459,4	21,7
2x4	7,41	38,4	49,9	0,36
2x6	5,11	48,6	62,6	0,52
2x10	3,08	65,5	83,5	0,87
2x16	1,91	87	109	1,4
2x25	1,2	116,4	139,2	2,24
2x35	0,868	143,5	168,2	3,09
2x50	0,641	179,7	204,2	4,18
2x70	0,443	186,5	284,2	6,12
2x95	0,32	226	242,2	8,48
2x120	0,253	259,9	394,4	10,71
2x150	0,206	305,1	452,4	13,16
3x4	7,41	32,8	42,9	0,36
3x6	5,11	41,8	51	0,52
3x25	1,2	137,9	131,1	2,24
3x35	0,868	170,6	157,1	3,09
3x50	0,641	213,6	192,6	4,18
3x70	0,443	263,3	232	6,12

Окончание табл. П.3.10

1	2	3	4	5
3x95	0,32	188,7	206,5	8,48
3x120	0,253	266,7	279,6	10,71
3x150	0,206	308,5	317,8	13,16
3x185	0,164	353,7	357,3	16,53
3x240	0,125	417	411,8	21,7
4x4	7,41	30,5	39,4	0,36
4x6	5,11	38,4	47,6	0,52
4x10	3,08	52	63,8	0,87
4x16	1,91	70,1	83,5	1,4
4x25	1,2	92,7	107,9	2,24
4x35	0,868	114,1	129,9	3,09
4x50	0,641	142,4	158,9	4,18
4x70	0,443	175,2	191,4	6,12
4x95	0,32	214,7	228,5	8,48
4x120	0,253	247,5	259,8	10,71
4x150	0,206	287	295,8	13,16
4x185	0,164	328,8	331,8	16,53
4x240	0,125	387,6	382,8	21,7
5x4	7,41	30,5	39,4	0,36
5x6	5,11	38,4	47,6	0,52
5x10	3,08	52	63,8	0,87
5x16	1,91	70,1	83,5	1,4
5x25	1,2	92,7	107,9	2,24
5x35	0,868	114,1	129,9	3,09
5x50	0,641	142,4	158,9	4,18
5x70	0,443	175,2	191,4	6,12
5x95	0,32	214,7	228,5	8,48
5x120	0,253	247,5	259,8	10,71
5x150	0,206	287	295,8	13,16
5x185	0,164	328,8	331,8	16,53
5x240	0,125	387,6	382,8	21,7

Таблица П.3.11

Характеристики кабелей напряжением 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена

Номинальная площадь сечения жил, мм <sup>2</sup>	Удельное активное сопротивление $r_0$ , Ом/км	Длительно допустимый ток, А, при прокладке				Допустимый ток односекундного КЗ, кА
		на воздухе		на воздухе		
		горизонтально	треугольником	горизонтально	треугольником	
1	2	3	4	5	6	7
<i>ПвП</i>						
50	0,387	290	245	230	220	7,15
70	0,268	360	300	280	270	10
95	0,193	435	340	335	320	13,6
120	0,153	500	425	380	360	17,2
150	0,124	560	475	430	410	21,5
185	0,0991	635	545	485	460	25,5
240	0,0754	745	645	560	530	34,3
300	0,0601	845	740	640	600	42,9
400	0,0470	940	845	730	680	57,2
500	0,0366	1050	955	830	750	71,5
630	0,0280	1160	1115	940	830	90,1
800	0,0221	1340	1270	1030	920	114,4
<i>АПвП</i>						
50	0,641	225	185	175	170	4,7
70	0,443	280	235	215	210	6,6
95	0,320	340	285	260	250	8,9
120	0,253	390	330	295	280	11,3
150	0,206	440	370	330	320	14,2
185	0,164	505	425	375	360	17,5
240	0,125	595	505	440	415	22,7
300	0,100	680	580	495	475	28,2
400	0,0778	770	675	570	540	37,6
500	0,0605	865	780	650	610	47
630	0,0464	1045	910	750	680	59,2
800	0,0367	1195	1050	820	735	75,2
<i>ПвПУ</i>						
50	0,387	290	245	230	220	7,15
70	0,268	360	300	280	270	10
95	0,193	435	340	335	320	13,6
120	0,153	500	425	380	360	17,2
150	0,124	560	475	430	410	21,5
185	0,0991	635	545	485	460	25,5
240	0,0754	745	645	560	530	34,3
300	0,0601	845	740	640	600	42,9
400	0,0470	940	845	730	680	57,2
500	0,0366	1050	955	830	750	71,5

Окончание табл. П.3.11

1	2	3	4	5	6	7
630	0,0280	1160	1115	940	830	90,1
800	0,0221	1340	1270	1030	920	114,4
<i>АПВПУ</i>						
50	0,641	225	185	175	170	4,7
70	0,443	280	235	215	210	6,6
95	0,320	340	285	260	250	8,9
120	0,253	390	230	295	280	11,3
150	0,206	440	370	330	320	14,2
185	0,164	505	425	375	360	17,5
240	0,125	595	505	440	415	22,7
300	0,100	680	580	495	475	28,2
400	0,0778	770	675	570	540	37,6
500	0,0605	865	780	650	610	47
630	0,0464	1045	910	750	680	59,2
800	0,0367	1195	1050	820	735	75,2

Таблица П.3.12

Коэффициенты для расчета стоимости кабельных линий напряжением 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена

Марка кабеля	Диапазон площади сечения, мм <sup>2</sup>	тыс. руб./км	тыс. руб./((км мм)	тыс. руб./((км-мм )
<i>ПВП</i>	50...800	8829,26	429,97	-0,0351
<i>АПВП</i>	50... 800	9427,30	98,18	-0,0395
<i>ПВПУ</i>	50...800	10795,70	403,02	0,0031
<i>АПВПУ</i>	50...800	8213,82	120,21	-0,0733

Таблица П.3.13

Коэффициенты для расчета стоимости кабельных линий  
напряжением до 1 кВ с ПВХ изоляцией

Марка кабеля	Количество жил	Диапазон площади сечения, мм <sup>2</sup>	a <sub>0</sub> , тыс. руб./км	тыс. руб./ (км-мм)	тыс. руб./ (кммм <sup>2</sup> )
<i>ПВБШВ</i>	1	25...240	1609,93	359,22	-0,0750
	2	4...150	2766,08	690,69	-0,0993
	3	4...240	2776,69	1024,51	-0,6358
	4	4...240	2840,71	1314,37	-0,1141
	5	4...240	3373,34	1655,29	-0,1125
<i>АПВБШВ</i>	1	25...240	1271,51	79,61	-0,0694
	2	4...150	2613,61	128,38	-0,1133
	3	4...240	2512,58	181,12	-0,0754
	4	4...240	2535,97	238,51	-0,1281
	5	4...240	2786,74	293,76	-0,1396
<i>ВБШВ</i>	1	25...240	1302,19	356,87	-0,0547
	2	4...150	3109,61	664,74	0,1883
	3	4...240	2936,17	1015,51	-0,0170
	4	4... 240	2959,49	1294,72	-0,0315
	5	4...240	3563,97	1637,00	-0,0202
<i>АВБШВ</i>	1	25...240	1462,39	76,28	-0,0560
	2	4...150	2846,33	128,08	-0,0732
	3	4...240	2853,59	188,27	-0,1159
	4	4...240	3019,44	223,53	-0,1147
	5	4...240	3441,44	296,34	-0,1719
<i>ВВГ</i>	1	1,5...240	188,45	336,94	-0,0098
	2	1,5...150	650,51	621,51	0,1951
	3	1,5...240	667,49	953,51	0,0121
	3+1	1,5...240	1435,11	1115,63	0,1981
	4	1,5...240	796,51	1272,08	0,0071
	5	1,5...240	1047,94	1639,65	0,0057
<i>АВВГ</i>	1	2,5... 240	219,50	56,53	-0,0270
	2	2,5...185	471,27	106,31	-0,0675
	3	2,5...240	613,18	150,79	-0,0655
	3+1	4...240	640,09	182,63	-0,0608
	4	2,5... 240	639,71	199,28	-0,0891
	5	2,5...240	896,51	259,22	-0,1157

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Таблица П.4.1

Основные характеристики трехфазных масляных двухобмоточных трансформаторов напряжением 10 кВ

Тип трансформатора	$S_{\text{ном}}$ , кВ·А	Каталожные данные					Расчетные данные		
		$U_{\text{нн}}$ , кВ	$U_{\text{к}}$ , %	$\Delta P_{\text{к}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{х}}$ , кВт	$I_{\text{х}}$ , %	$R_{\text{т}}$ , Ом	$X_{\text{т}}$ , Ом	$\Delta Q_{\text{х}}$ , квар
ТМ-25/10	25	0,4	4,5	0,6	0,13	3,2	96	152,3	0,8
ТМ-40/10	40	0,4	4,5	1,0	0,19	3,0	55	98,1	1,2
ТМ-63/10	63	0,4	4,5	1,28	0,26	2,8	37,0	70,5	1,76
ТМ-100/10	100	0,4	4,5	1,97	0,36	2,6	19,7	40,7	2,6
ТМ-250/10	250	0,4;0,69	4,5	3,7	0,82	2,3	5,92	17,0	5,75
ТМ-320/10	320	0,4;0,23	5,5	6,2	0,91	0,7	6,05	16,1	2,24
ТМ-400/10	400	0,4;0,69	4,5	5,5	1,05	2,1	3,44	10,7	8,4
ТМЗ-400/10	400	0,4	5,5	5,5	1,08	4,5	3,44	13,3	18,0
ТМ-630/10	630	0,4;0,69	5,5	7,6	1,56	2,0	1,91	8,73	12,6
ТМ-1000/10	1000	0,4;6,3	5,5	12,2	2,45	1,4	1,22	5,36	14,0
ТМЗ-1000/10	1000	0,4;0,69	5,5	11,0	2,45	1,4	1,10	5,35	14,0
ТМ-2500/10	2500	0,4;6,3	5,5	26,0	4,6	1,0	0,42	2,16	25,0
ТМЗ-2500/10	2500	0,4;0,69	5,5	24,0	4,6	1,0	0,38	2,08	25,0
ТМ-6300/10	6300	0,4;6,3	6,6	46,5	9,0	0,8	0,12	1,04	50,4

Таблица П.4.2

Основные характеристики трехфазных масляных двухобмоточных трансформаторов напряжением 6 кВ

Тип трансформатора	$S_{\text{ном}}$ , кВ·А	Каталожные данные					Расчетные данные		
		$U_{\text{нн}}$ , кВ	$U_{\text{к}}$ , %	$\Delta P_{\text{к}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{х}}$ , кВт	$I_{\text{х}}$ , %	$R_{\text{т}}$ , Ом	$X_{\text{т}}$ , Ом	$\Delta Q_{\text{х}}$ , квар
ТМ-25/6	25	0,4	4,5	0,6	0,13	3,2	39,6	54,8	0,8
ТМ-40/6	40	0,4	4,5	0,88	0,19	3,0	19,8	35,3	1,2
ТМ-63/6	63	0,4;0,23	4,7	1,4	0,36	4,5	14,0	26,1	2,83
ТМ-100/6	100	0,4	4,5	1,97	0,36	2,6	7,09	14,6	2,6
ТМ-160/6	160	0,4;0,23	4,5	2,65	0,46	2,4	4,11	10,4	3,84
ТМ-250/6	250	0,4;0,69	4,5	3,7	0,82	2,3	2,35	6,75	5,75
ТМ-320/6	320	0,4	5,5	6,07	1,6	6	2,35	6,40	19,2
ТМ-400/6	400	0,4;0,69	4,5	5,5	1,05	2,1	1,24	3,86	8,4
ТМ-630/6	630	0,4;0,69	5,5	7,6	1,56	2,0	0,69	3,07	12,6
ТМ-1000/6	1000	0,4;0,69	5,5	12,2	2,45	1,4	0,44	1,93	14,0
ТМ-2500/6	2500	0,4;0,69	5,5	26,0	4,6	1,0	0,15	0,78	25,0



Таблица П.4.3

## Технические характеристики дугогасящих реакторов

Тип ДГР	Мощность, кВ·А	Номинальное напряжение, кВ	Пределы токов компенсации, А
ЗРОМ 175/6	175	6	25...50
ЗРОМ 350/6	350	6	50...100
ЗРОМ 700/6	700	6	100...200
ЗРОМ 1400/6	1400	6	200...400
ЗРОМ 300/10	300	10	25...50
ЗРОМ 600/10	600	10	50...100
ЗРОМ 1200/10	1200	10	100...200
ЗРОМ 275/35	275	35	6,2...12,5
ЗРОМ 550/35	550	35	12,5...25
ЗРОМ 1100/35	1100	35	25...50
GEUF 401/6	272	6	32...80
GEUF 631/6	400	6	50...117
GEUF 801/6	485	6	56...140
GEUF 801/10	125	10	8,6...21,6
GEUF 1001/10	600	10	40...100
GEUF 1251/10	800	10	55...138
GEUF 801/35	505	35	12,2...25
GEUF 1601/35	1010	35	25...50

Таблица П.4.4

## Параметры резисторов для заземления нейтрали сети

Наименование параметра	Тип резистора				
	Бетэловый РШ-2		Бетэловый РВН		AREVA
Сопротивление при 20°C, Ом	100 (резистор)	200 (элемент)	500	1000	100
Номинальное напряжение, кВ	6,10	6,10	–	–	10
Номинальный ток, А (с)	60 (2)	30 (2)	–	–	4
Кратковременный ток, А (с)	–	–	20 (2) 9 (10) 5 (30) 2,5 (120) 0,5 (3600)	14 (2) 6 (10) 3,5 (30) 1,8 (120) 0,4 (7200)	60 (2)
Максимальный ток термического воздействия при длительности не более 2 ч, А	2,5	2,5	–	–	–

Таблица П.4.5

Достигнутые параметры выключателей для электрических сетей

Тип выключа- теля	Номинальные параметры		Ток, кА	
	Напряжение, кВ	Ток, А	Отключения	Предельный сквозной
Вакуумный	12...36	250	25...40	63...100
Элегазовый	12...36	1250...3150	25...40	62,5...100
КРУ с элегазо- вой изоляцией	12...24	630...2500	25...40	63...100
Масляный и маломасляный	12...36	630...2000	8...29	20...80