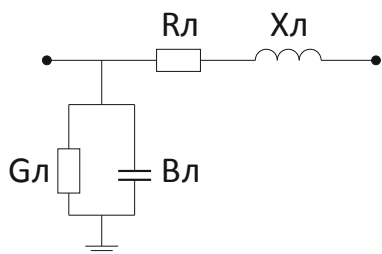


## 13.03.02

### задачи для оценки результатов освоения образовательной программы

#### Задача 1

Рассчитать погонные параметры и параметры «Г-образной» схемы замещения короткой линии электропередачи.



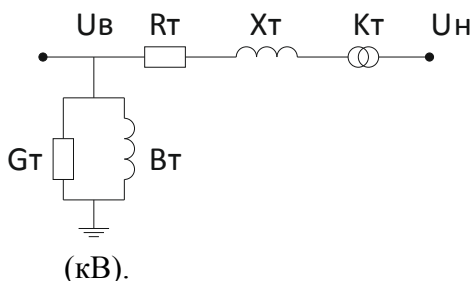
Для расчетов принять:  $U=500$  (кВ) – номинальное напряжение линии;  $L=120$  (км) – длина линии; провод АС-300/39;  $r_0=0,012$  (м) – радиус провода,  $r_0=0,098$  (Ом/км) – сопротивление провода;  $R_p=0,231$  (м) – радиус расщепления фазы;  $n=3$  – число проводов в фазе;  $D_{ab}=12$  (м),  $D_{ac}=24$  (м),  $D_{bc}=12$  (м) – расстояния между фазами А, В, С линии;  $dP_{кор}=0,5$  (кВт) – потери на корону.

Погонное активное сопротивление  $R_0$  принимается из справочника согласно данной марке провода АС-300/39 и делится на число проводов в фазе  $n$ . Принять  $R_0 = \frac{0,098}{3}$  (Ом/км). Погонное индуктивное сопротивление  $X_0$ , погонную емкостную проводимость  $B_0$ , погонную активную проводимость  $G_0$  рассчитать по формулам.

#### Задача 2

Рассчитать параметры «Г-образной» схемы замещения двухобмоточного трансформатора по известным паспортным данным.

Рассчитать:  $R_T, X_T$  – активное и индуктивное продольное сопротивление;  $G_T, B_T$  – активную и индуктивную поперечную проводимости;  $K_T$  – коэффициент трансформации.



Для расчетов принять:

$\Delta P_{K3}=500$  – потери мощности короткого замыкания, (Вт);

$U_{K3}=12,5$  – напряжение короткого замыкания, (%);

$\Delta P_{XX}=155$  – потери мощности холостого хода, (Вт);

$I_{XX}=0,6$  – ток холостого хода, (%);

$S_T=100$  – номинальная мощность трансформатора, (мВА);

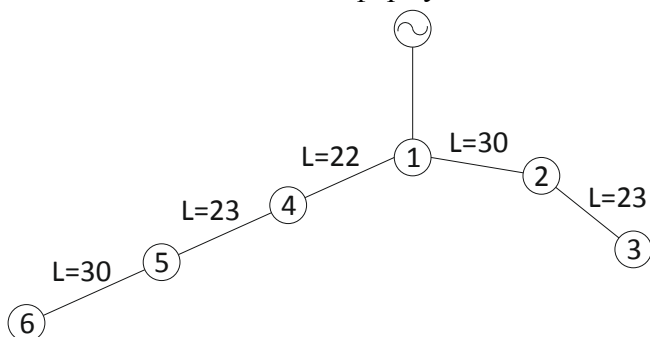
$U_в=230, U_n=11$  – напряжение высокой и низкой стороны,

(кВ).

#### Задача 3

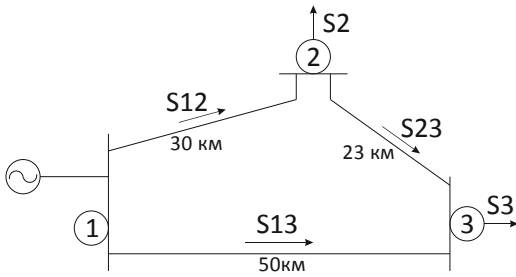
Рассчитать по формуле Стилла необходимое номинальное напряжение сети,

показанной на рисунке. Нагрузки подстанций в (МВт) равны:  $P_2=17, P_3=21, P_4=12, P_5=11, P_6=15$ . Длины участков линий (км) равны:  $L_{12}=30, L_{23}=23, L_{14}=22, L_{45}=23, L_{56}=30$ .



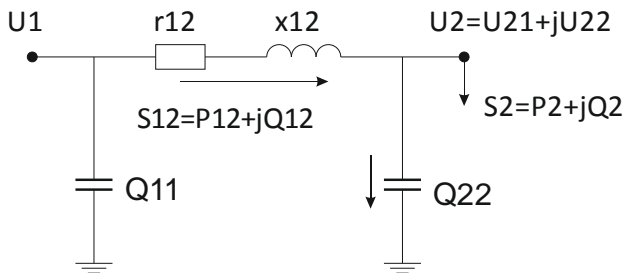
#### Задача 4

Рассчитать потоки мощности  $S_{12}$ ,  $S_{13}$ ,  $S_{23}$  по линиям схемы, представленной на рисунке. Комплексная нагрузка в узлах:  $S_2=30+j20$  (МВА);  $S_3=40+j15$  (МВА). Сопротивления линий:  $z_{12}=15$  (Ом),  $z_{23}=10$  (Ом),  $z_{13}=20$  (Ом).



#### Задача 5

Рассчитать падение напряжения  $\Delta U_{12}$  и потерю напряжения  $dU_{12}$  для сети, представленной на рисунке. Мощность в конце схемы  $S_2=15+j10$  (МВА). Напряжение в конце схемы  $U_2=109-j3$  (кВ). Активная мощность  $P_2=15$  (МВА). Реактивная мощность  $Q_2=10$  (МВА). Действительная часть напряжения  $U_{21}=109$  (кВ). Мнимая часть напряжения  $U_{22}=-3$  (кВ). Активное и индуктивное сопротивления линии  $r_{12}=25$  (Ом),  $x_{12}=35$  (Ом). Емкостная мощность в конце  $Q_{22}=0,03$  (МВА).



#### Задача 6

Рассчитать максимальную ( $E_{\max}$ ) и среднюю ( $E_{\text{ср}}$ ) напряженности электрического поля, а также коэффициент неоднородности электрического поля ( $K_n$ ) для коаксиальных цилиндров. Приложенное напряжение  $U=10$  кВ. Радиус внешнего цилиндра  $R=2$  м. Радиус внутреннего цилиндра  $r=1$  м.

#### Задача 7

Из теории разряда в воздухе. Рассчитать коэффициент степени ионизации газа  $K_{\text{ион}}$  при концентрации ионизированных частиц  $N_{\text{ион}}=10^{14}$  (ион/см<sup>3</sup>) и общей концентрации частиц  $NS=10^{21}$  (атомов/см<sup>3</sup>). Рассчитать энергию ударной ионизации атома  $W$  электроном и протоном. Масса электрона  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  (кг). Масса протона  $m_p=1,7 \cdot 10^{-27}$  (кг). Скорость частиц  $v=2,1 \cdot 10^8$  (м/с).

#### Задача 8

Из теории разряда в воздухе. Рассчитать энергию ступенчатой ионизации атома отдельно электронами и отдельно протонами. Первая частица возбуждает атом, а вторая ионизирует. Масса электрона  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  (кг). Масса протона  $m_p=1,7 \cdot 10^{-27}$  (кг). Скорости частиц: перед возбуждением  $v_1=2,3 \cdot 10^8$  (м/с) и перед ионизацией  $v_2=2,1 \cdot 10^8$  (м/с).

#### Задача 9

Рассчитать напряжение возникновения короны и потери на корону по формуле Пика. Относительная плотность воздуха  $\delta=1$ . Частота  $f=50$  (Гц). Радиус провода  $r_0=0,9$  (см). Расстояние между проводами  $s=2,5$  (м). Фазное напряжение  $U_\phi = \frac{220}{\sqrt{3}}$  (кВ). Коэффициент гладкости провода  $m_1=0,9$ . Коэффициент погоды  $m_2=0,88$ .

#### Задача 10

Рассчитать годовые потери на корону для Европейской части России. Удельная продолжительность в году видов погоды и соответствующие потери мощности на корону равны.  
Хорошая погода:  $\Psi_1=0,6$   $P_1=2$  (кВт)

Дождь:  $\Psi_2=0,2$   $P_2=3$  (кВт)  
 Сухой снег:  $\Psi_3=0,15$   $P_3=5$  (кВт)  
 Изморозь:  $\Psi_4=0,6$   $P_4=2$  (кВт)

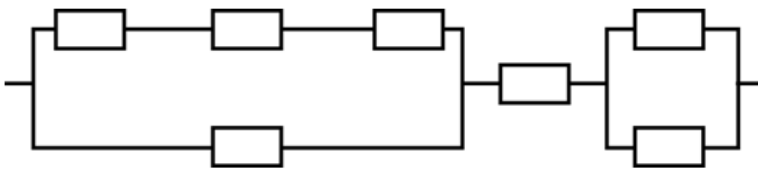
### Задача 11

Определить среднее время безотказной работы, вероятность безотказной работы и частоту отказов в течение года для системы, состоящей из трансформатора ТМ-1600/35 и отходящей от шин ЛЭП 10 кВ протяжённостью 15 км. Интенсивность отказов трансформатора  $\lambda_T(t) = 0,03 \text{ год}^{-1}$  и линии  $\lambda_L(t) = 0,25 \text{ год}^{-1}$ .

### Задача 12

Определить вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и частоту отказов системы, состоящей из 515 элементов, в течение года, если 35 из них вышли из строя к концу года эксплуатации.

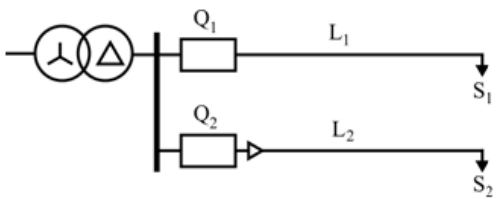
### Задача 13



Рассчитать вероятность безотказной работы в течение 7 месяцев системы, состоящей из равнонадёжных элементов с интенсивностью отказов  $\lambda_i(t) = 0,07 \text{ год}^{-1}$ . Во сколько раз

отличается среднее время безотказной работы элемента и системы в целом? Какую величину составит частота отказов в системе?

### Задача 14

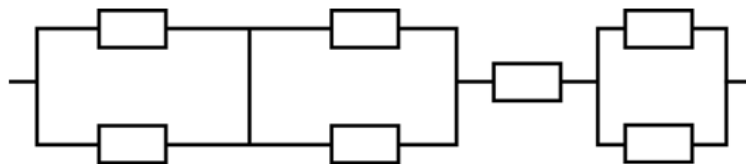


Определить вероятность безотказной работы системы электроснабжения каждого из потребителей в течение года. Потребители получают питание от трансформатора ТМ-630/35, первый потребитель по линии  $L_1$ , выполненной проводом марки АС-70, протяжённостью 3 км, второй потребитель – по линии  $L_2$ ,

выполненной кабелем марки АВВБ-3×50, протяжённостью 12 км. Определить среднее время наработки на отказ каждого из вариантов электроснабжения.

	T	$L_1$ (на 1 км)	$L_2$ (на 1 км)
$\lambda, \text{год}^{-1}$	0,03	0,25	0,1

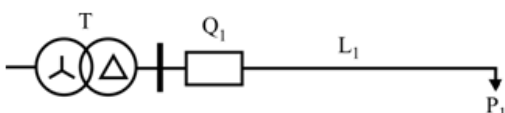
### Задача 15



Рассчитать вероятность безотказной работы в течение 5 месяцев системы, состоящей из равнонадёжных элементов с интенсивностью отказов  $\lambda_i(t) = 0,03 \text{ год}^{-1}$ . Во сколько раз

отличается среднее время безотказной работы элемента и системы в целом? Какую величину составит частота отказов в системе?

### Задача 16

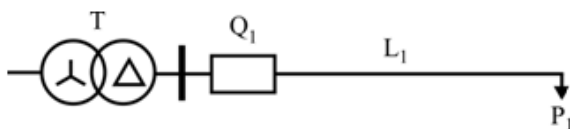


Рассчитать параметры максимальной токовой защиты с независимой характеристикой для фидера 10 кВ. Максимальная токовая защита подключена к

трансформаторам тока, имеющим схему соединения вторичных обмоток «неполная звезда».

Нагрузка P1 мощностью 207 кВт и с  $\cos\varphi=0,95$  получает питание от трансформатора ТМ-6300/35 по линии L<sub>1</sub>, выполненной проводом марки АС-70; протяжённость линии составляет 12 км.

### Задача 17

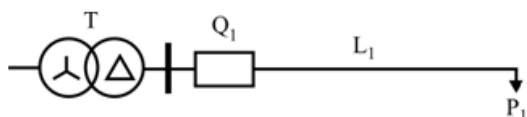


Рассчитать параметры максимальной токовой отсечки для защиты фидера 10 кВ и определить начало мёртвой зоны МТО, начиная от подстанции (км). Максимальная токовая защита подключена к

трансформаторам тока, имеющим схему соединения вторичных обмоток на разность токов двух фаз.

Нагрузка P1 мощностью 250 кВт и с  $\cos\varphi=0,95$  получает питание от трансформатора ТМ-1600/35 по линии L<sub>1</sub>, выполненной проводом марки АС-95; протяжённость линии составляет 7 км.

### Задача 18

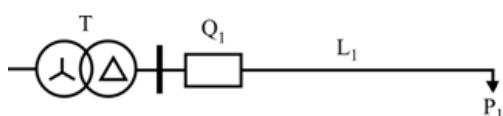


Оценить чувствительность максимальной токовой защиты с зависимой характеристикой срабатывания для фидера 10 кВ. Максимальная токовая защита подключена к трансформаторам тока, имеющим схему соединения вторичных обмоток

«полная звезда».

Нагрузка P1 мощностью 300 кВт и с  $\cos\varphi=0,95$  получает питание от трансформатора ТМ-1600/35 по линии L<sub>1</sub>, выполненной проводом марки АС-120; протяжённость линии составляет 12 км.

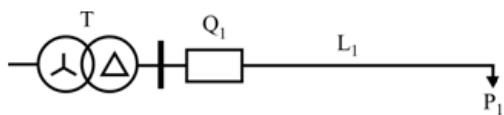
### Задача 19



Рассчитать токовую защиту фидера 10 кВ от замыканий на землю, изобразить схему подключения защиты

Нагрузка P1 мощностью 200 кВт и с  $\cos\varphi=0,95$  получает питание от трансформатора ТМ-1600/35 по линии L<sub>1</sub>, выполненной кабелем марки АСБ-3×95; протяжённость линии составляет 5 км. Удельная ёмкость ЛЭП составляет  $5,1...5,3 \cdot 10^{-3}$  мкФ/км.  $k_{отс}=1,2$ ;  $k_{об}=4$ .

### Задача 20



Рассчитать чувствительность максимальной токовой защиты с зависимой характеристикой срабатывания для фидера 10 кВ. Максимальная токовая защита подключена к трансформаторам тока, имеющим схему соединения вторичных обмоток на разность токов двух фаз.

Нагрузка P1 мощностью 500 кВт и с  $\cos\varphi=0,95$  получает питание от трансформатора ТМ-1600/35 по линии L<sub>1</sub>, выполненной проводом марки АС-120; протяжённость линии составляет 12 км.

### Задача 21

Трёхфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеет следующие технические данные:  $P_H=2,8$  кВт;  $n_H=950$  мин<sup>-1</sup>;  $U_H=220/380$  В;  $\varphi=0,825$ ;  $\cos\varphi_H=0,78$ ; кратность пускового тока  $I_{п}/I_H=4,5$ ; кратность пускового момента  $M_{п}/M_H=1,3$ ; кратность максимального момента  $M_{MAX}/M_H=1,9$ .

Определить:

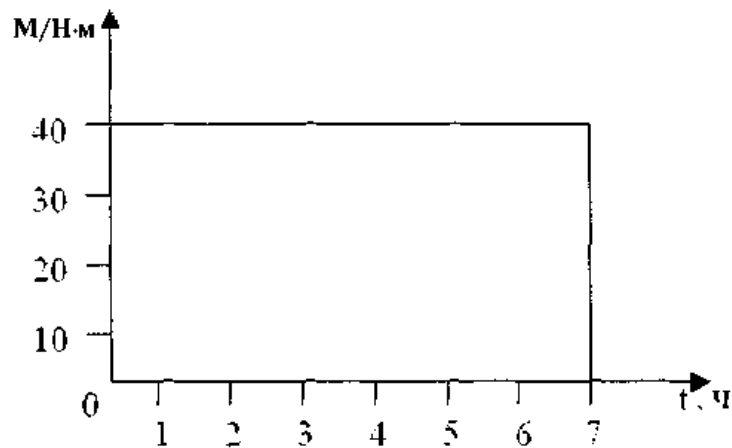
1. Момент на валу при номинальной нагрузке  $M_H$ .
2. Максимальный и пусковой моменты.
3. Номинальный и пусковой токи при соединении обмотки статора «звездой» и «треугольником».
4. Кратности пускового тока и пускового момента при снижении напряжения сети на 15%. Возможен ли в последнем случае пуск двигателя под полной нагрузкой?

### Задача 22

Необходимо рассчитать мощность и выбрать двигатель для привода центробежного насоса. Время работы – 5 мин. Время паузы – 4 мин. Напор насоса  $H_H=3 \cdot 10^5$  Па. Производительность  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Частота вращения насоса  $n_0=1000 \text{ мин}^{-1}$ ;  $\eta_H=0,7$ .

### Задача 23

Рассчитать и выбрать мощность двигателя для привода скребкового транспортера, работающего в продолжительном режиме, нагрузочная диаграмма которого представлена на рисунке. Синхронная частота вращения электродвигателя  $n_0=1000 \text{ об/мин}$ .



### Задача 24

Определить мощность и выбрать электродвигатель для привода центробежного водяного насоса, работающего с напором  $H=50$  м вод. ст. и подачей воды  $Q=0,7 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Частота вращения насоса  $1420 \text{ мин}^{-1}$ . КПД насоса  $\eta_H=0,8$ . Двигатель соединен с насосом глухой муфтой с КПД=1. Проверить мощность, подачу и напор насоса при скорости вращения насоса  $1200 \text{ об/мин}$ .

### Задача 25

Рабочая машина имеет нагрузку  $P=4 \text{ кВт}$  и работает в кратковременном режиме  $t_K=8 \text{ мин}$ . Выбрать асинхронный электродвигатель серии 4А, предназначенный для продолжительного режима работы, с целью использования в кратковременном режиме. Определить  $M_H$  и  $M_K$ . Постоянная времени нагрева  $T_H=30 \text{ мин}$ , коэффициент  $\alpha=0,5$ .

### Задача 26

Для трёхфазного двухобмоточного силового трансформатора ТМ-100/10 со схемой соединения обмоток  $Y/Y_n$  определить:

- фазные и линейные токи на стороне высшего и низшего напряжений для номинального режима, режима холостого хода и короткого замыкания;
- потери активной мощности в каждой фазе трансформатора в номинальном режиме работы;

- определить в именованных единицах линейное и фазное напряжения короткого замыкания трансформатора.

#### Задача 34

Дано:  $Z_1 = 24$  паза;  $m = 3$  фазы;  $2P = 4$  полюса;  $d = 2$  мм;  $W_{\text{катушки}} = 100$  витков.

Рассчитать однослойную равнокатушечную обмотку статора 3-х фазного асинхронного электродвигателя. По результатам расчетов составить обмоточную таблицу всех трёх фаз и зарисовать развёрнутую схему обмотки статора одной любой фазы.

#### Задача 35

В дизель-электрической установке применяется трехфазный синхронный генератор (СГ) с паспортными данными:  $P_{\text{НОМ}} = 100$  кВт;  $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0,8$ ;  $f_{\text{НОМ}} = 50$  Гц;  $U_{\text{я}} = 400$  В; КПД = 80%;  $n_{\text{НОМ}} = 1500$  об./мин. Схема соединения обмоток якоря –  $Y_H$ . Напряжение независимой обмотки возбуждения –  $U = 12$  В. Мощность обмотки возбуждения составляет 5% от  $P_{\text{НОМ}}$ .

Определить:

- номинальную полную мощность синхронного генератора;
  - номинальный линейный и фазный токи синхронного генератора;
  - параметры осциллограммы синусоидального фазного напряжения:  $U_d$ ,  $U_m$ ,  $T$ ,  $\lambda$ ,  $f$ .
- Зарисовать качественную картину осциллограммы.

#### Задача 36

Определить  $M_{\text{ПУСК}}$ ,  $M_{\text{НОМ}}$ ,  $M_{\text{ХХ}}$ ,  $M_{\text{МИН}}$  трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором типа АИР132S6 номинальной мощностью 5,5 кВт. Нарисовать упрощенную, без масштаба, механическую характеристику данного электродвигателя и обозначить на ней характерные точки.

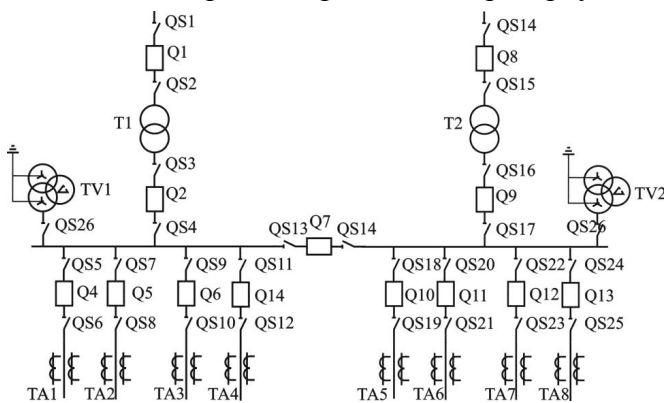
### Задача 27

Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, имеющего следующие паспортные данные:  $P_{2НОМ}=1$  кВт,  $U_{НОМ}=220$  В,  $n_{я}=3000$  об./мин.,  $\eta=72\%$ ,  $R_{я}=5$  Ом,  $R_{ОВ}=730$  Ом, определить:

- номинальный потребляемый ток двигателя;
- номинальный ток обмотки якоря;
- номинальный ток обмотки возбуждения;
- падение напряжения в обмотке якоря (падением напряжения в контактных щётках пренебречь);
- потери мощности в обмотке якоря;
- потери мощности в обмотке возбуждения;
- суммарные потери мощности в двигателе.

### Задача 28

Выбрать и произвести проверку выключателя Q7 согласно предоставленной схеме.

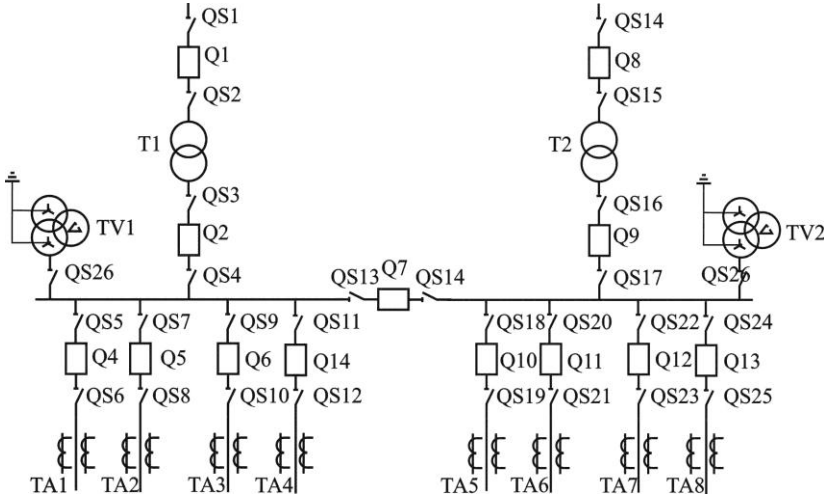


Длина питающей линии 110 кВ составляет 43 км. Мощность короткого замыкания энергосистемы  $S_k=250$  кВА. Схему соединения обмоток трансформаторов T1 и T2 выбрать самостоятельно. Удельное (погонное) сопротивление воздушной линии 10...220 кВ ( $X_{уд}$ ) принять равным 0,4 Ом/км. Номинальная мощность трансформатора  $S_{ном}=20$  МВА;  $U_{вн}=110$  кВ;  $U_{нн}=10$  кВ. Коэффициент ударного тока  $K_y$  для  $U=0,4...10$  кВ принять равным 1,309; для  $U=35...110$  кВ – равным 1,608. Время срабатывания релейной защиты  $t_{рз}$ :

для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,05 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,1 с. Время затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания  $T_a$  для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,02 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,01 с. Нагрузка на каждой отходящей линии НН составляет 56 А. Суммарную нагрузку для каждой секции рассчитать как сумму нагрузок на отходящих линиях НН.

### Задача 29

Выбрать и произвести проверку трансформатора тока ТА8 согласно предоставленной схеме.



Схему соединения обмоток трансформаторов T1 и T2 выбрать самостоятельно. Длина питающей линии 110 кВ составляет 30 км. Мощность короткого замыкания энергосистемы  $S_k=50$  кВА. Удельное (погонное) сопротивление воздушной линии 10...220 кВ ( $X_{уд}$ ) принять равным 0,4 Ом/км. Номинальная мощность трансформатора  $S_{ном}=20$  МВА;  $U_{вн}=110$  кВ;  $U_{нн}=10$  кВ. Коэффициент ударного тока  $K_y$  для  $U=0,4...10$  кВ принять

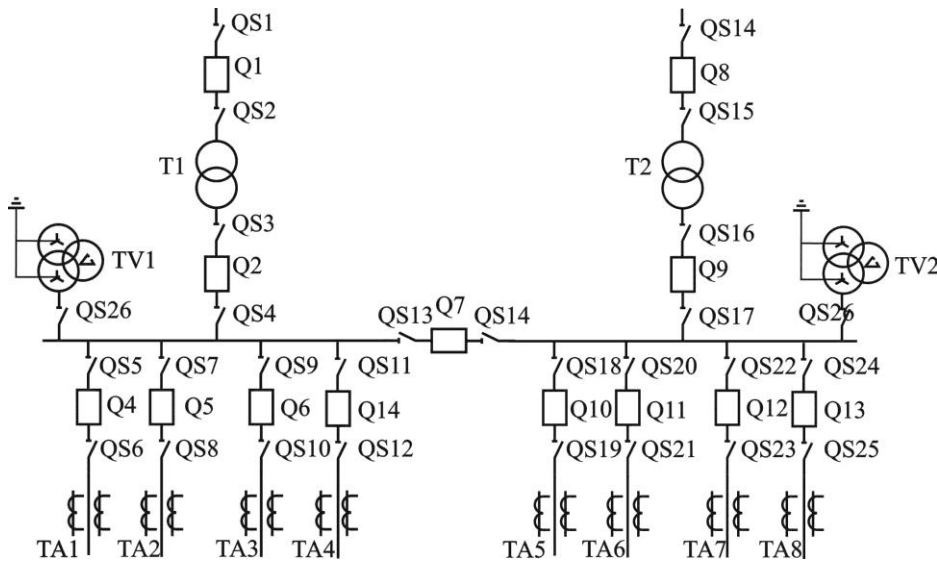
равным 1,309; для  $U=35...110$  кВ – равным 1,608. Время срабатывания релейной защиты  $t_{рз}$ : для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,05 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,1 с. Время затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания  $T_a$  для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,02 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,01 с. Нагрузка на каждой отходящей линии НН составляет 110 А.

Тип прибора	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Э-377	0,1 (ВА)	0,1 (ВА)	0,1 (ВА)
Альфа А1800	15 (мВА)	15 (мВА)	15 (мВА)



### Задача 30

Выбрать и произвести проверку разъединителя QS23. Длина питающей линии 35 кВ

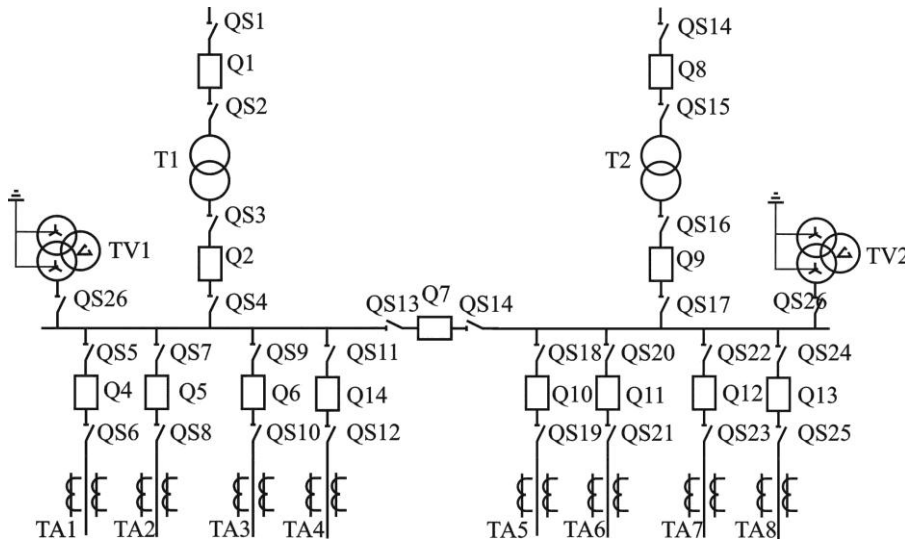


составляет 43 км. Мощность короткого замыкания энергосистемы  $S_k=250$  кВА. Схему соединения обмоток трансформаторов T1 и T2 выбрать самостоятельно. Удельное (погонное) сопротивление воздушной линии 10...220 кВ ( $X_{yd}$ ) принять равным 0,4 Ом/км. Номинальная мощность

трансформатора  $S_{ном}=40$  МВА;  $U_{вн}=35$  кВ;  $U_{нн}=10$  кВ. Коэффициент ударного тока  $K_y$  для  $U=0,4...10$  кВ принять равным 1,309; для  $U=35...110$  кВ – равным 1,608. Время срабатывания релейной защиты  $t_{pz}$ : для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,05 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,1 с. Время затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания  $T_a$  для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,02 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,01 с. Нагрузка на каждой отходящей линии НН составляет 110 А.

### Задача 31

Выбрать и произвести проверку разъединителя QS17. Длина питающей линии 110 кВ

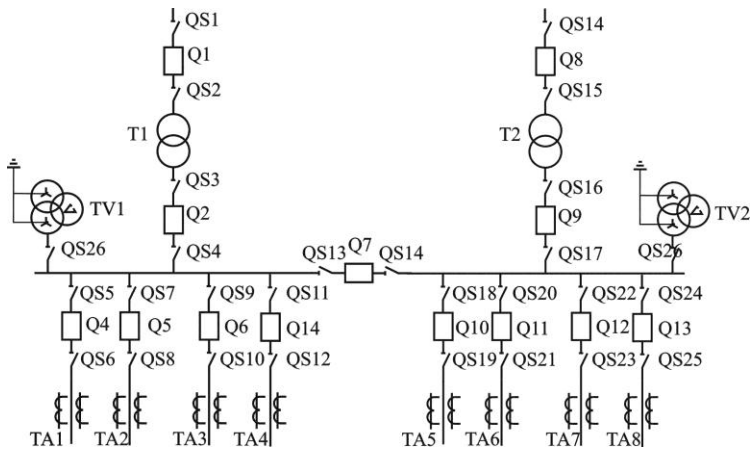


составляет 10 км. Мощность короткого замыкания энергосистемы  $S_k=50$  кВА. Схему соединения обмоток трансформаторов T1 и T2 выбрать самостоятельно. Удельное (погонное) сопротивление воздушной линии 10...220 кВ ( $X_{yd}$ ) принять равным 0,4 Ом/км. Номинальная

мощность трансформатора  $S_{ном}=16$  МВА;  $U_{вн}=110$  кВ;  $U_{нн}=35$  кВ. Коэффициент ударного тока  $K_y$  для  $U=0,4...10$  кВ принять равным 1,309; для  $U=35...110$  кВ – равным 1,608. Время срабатывания релейной защиты  $t_{pz}$ : для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,05 с;  $U=0,4...10$  кВ – принять 0,1 с. Время затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания  $T_a$  для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,02 с; для  $U=0,4...10$  кВ – принять 0,01 с. Нагрузка на каждой отходящей линии НН составляет 90 А.

### Задача 37

Выбрать и произвести проверку выключателя Q2. Длина питающей линии 35 кВ составляет 25 км. Мощность короткого замыкания энергосистемы  $S_k=90$  кВА.

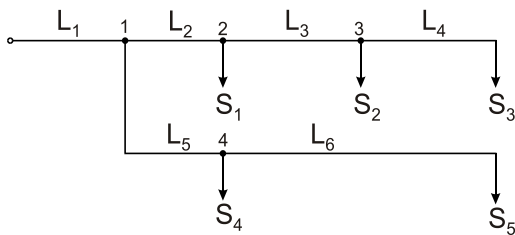


Схему соединения обмоток трансформаторов Т1 и Т2 выбрать самостоятельно. Удельное (погонное) сопротивление воздушной линии 10...220 кВ ( $X_{уд}$ ) принять равным 0,4 Ом/км. Номинальная мощность трансформатора  $S_{ном}=25$  МВА;  $U_{вн}=35$  кВ;  $U_{нн}=10$  кВ.

Коэффициент ударного тока  $K_u$  для  $U=0,4...10$  кВ принять равным 1,309; для  $U=35...110$  кВ – равным 1,608.

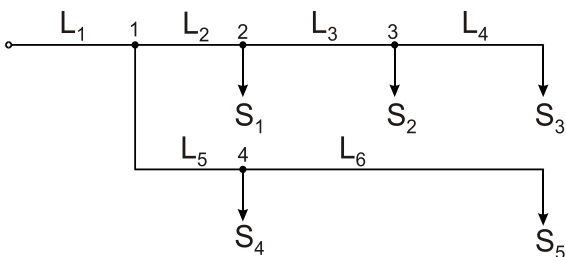
Время срабатывания релейной защиты  $t_{рз}$ : для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,05 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,1 с. Время затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания  $T_a$  для  $U=35...110$  кВ принять равным 0,02 с; для  $U=0,4...10$  кВ – равным 0,01 с. Нагрузка на каждой отходящей линии НН составляет 105 А.

### Задача 38



Произвести расчёт электрической сети с параметрами  $U_H=10$  кВ,  $L_1=2$  км,  $L_2=2$  км,  $L_3=4$  км,  $L_4=5$  км,  $L_5=3$  км,  $L_6=5$  км,  $S_1=160$  кВА,  $S_2=250$  кВА,  $S_3=160$  кВА,  $S_4=630$  кВА,  $S_5=560$  кВА,  $\cos\varphi=0,9$ .

### Задача 39

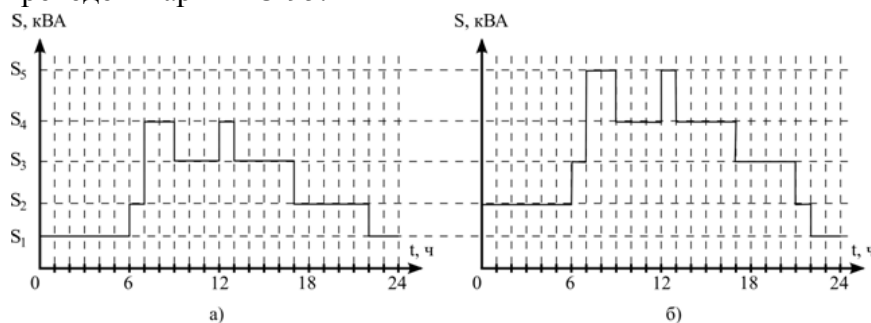


Построить диаграмму отклонения напряжения в ЛЭП 0,38кВ для удалённого потребителя. Потери напряжения при 100% загрузке трансформатора принять 4%, потери напряжения в ЛЭП 10 кВ — 1%.

$U_H=0,38$  кВ,  $L_1=0,1$  км,  $L_2=0,15$  км,  $L_3=0,24$  км,  $L_4=0,05$  км,  $L_5=0,13$  км,  $L_6=0,4$  км,  $S_1=16$  кВА,  $S_2=25$  кВА,  $S_3=17$  кВА,  $S_4=6,3$  кВА,  $S_5=56$  кВА. Нагрузка имеет  $\cos\varphi=0,9$ .

### Задача 40

Определить потери энергии в течение года в ЛЭП 10кВ протяжённостью 14 км, выполненной проводом марки АС-95.



а — график нагрузки летнего режимного дня;  
б — график нагрузки зимнего режимного дня

### **Задача 32**

Определить, сколько необходимо заплатить собственнику трансформатора ТМ-1600/35 энергосбытовой компании за потери активной электроэнергии в течение года. Трансформатор работает с постоянной нагрузкой 650 кВА. Стоимость электроэнергии составляет 3,61 руб./кВт·ч.

### **Задача 33**

Выбрать автоматический выключатель для защиты электродвигателя АИР100S4 мощностью 3 кВт.