

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Зав.кафедрой ЭТЭОП

доц. Н.И. Горбачевский

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

по дисциплине **«СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»**,

для студентов заочного отделения, обучающихся по специальности

**«Электроснабжение»**

Разработал :

Е.Н. Гаврилов

Нижекамск 2012

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа включает в себя три теоретических вопроса и одно расчетное задание.

Номер варианта и номер расчетного задания соответствуют порядковому номеру зачетки студента.

Контрольная работа должна быть выполнена на листах формата А4 чернилами любого цвета, кроме красного. Необходимо оставлять поля для замечаний рецензента шириной 4/5 см.

На титульном листе пишутся название учебного заведения, наименование дисциплины, тема и шифр контрольного задания, фамилия и инициалы студента, номер группы, адрес студента, телефон, дата выполнения работы, ставится подпись студента. В конце работы следует оставить несколько чистых листов для рекомендации и исправлений рецензента. Шифр контрольного задания означает номер задания.

Оформляется контрольная работа в виде пояснительной записки и сопровождается поясняющими схемами.

Записка должна содержать титульный лист, задание, расчеты, распечатку программы и результатов расчета согласно заданию, заключение и список использованной литературы.

### Вариант №1

1. Особенности электроснабжения промышленных предприятий. Основные требования к системам электроснабжения. Характеристики промышленных потребителей электроэнергии
2. Схемы подключения источников питания
3. Источники питания и требования к надежности электроснабжения

### Вариант №2

1. Показатели качества электроэнергии.
2. Схемы цеховых электрических сетей
3. Режим работы нейтрали в установках напряжением выше 1 кВ

### Вариант №3

1. Графики электрических нагрузок и коэффициенты, характеризующие режимы работы электроустановок
2. Закрытые распределительные устройства.
3. Характеристика электроприемников систем электроснабжения

### Вариант №4

1. Потери мощности и электроэнергии.
2. Условия выбора сечений проводов, кабелей и шин силовых приемников.
3. Короткие замыкания в системах электроснабжения. Основные понятия и соотношения.

### Вариант №5

1. Расчет электрических сетей по потере напряжения и экономической плотности тока.
2. Схемы сетей внешнего и внутриводского электроснабжения.
3. Допустимые перегрузки элементов систем электроснабжения.

### **Вариант №6**

1. Отличительные особенности электроснабжения предприятий.
2. Электробалансы на промышленных предприятиях.
3. Определение потерь электроэнергии в элементах СЭС.

### **Вариант №7**

1. Взаимосвязь и взаимообусловленность построения систем электроснабжения с энергетическими системами
2. Компенсация реактивной мощности в СЭС
3. Основные показатели электрических нагрузок

### **Вариант №8**

1. Методы определения и расчета электрических нагрузок, в системах электроснабжения.
2. Осветительные сети
3. Режимы нейтрали в СЭС

### **Вариант №9**

1. Сроки службы электротехнического оборудования в зависимости от режимов работы и характеристик внешней среды.
2. Источники реактивной мощности.
3. Условия выбора и проверки коммутационной аппаратуры в СЭС

### **Вариант №10**

1. Методы, и приемы обеспечения функционирования систем электроснабжения.
2. Потери мощности и электроэнергии.
3. Расчет электрических сетей по потере напряжения и экономической плотности тока.

### **Вариант №11**

1. Особенность выбора параметров основного электротехнического оборудования в системах электроснабжения промышленных предприятий
2. Энергосистема, как основной источник питания потребителей электроэнергии.
3. Общая источников СЭС

### **Вариант №12**

1. Выбор элементов (проводников, силовых трансформаторов, реакторов, коммутирующих аппаратов) системы электроснабжения промышленных предприятий
2. Защитные распределительные устройства.
3. Причины ухудшения показателей качества электроэнергии в СЭС.

### **Вариант №13**

1. Общие сведения об электромагнитных экранах
2. Форма базового тока молниевых разрядов
3. Емкостное влияние на уровень токов однофазных замыканий в сети

### **Вариант №14**

1. Структура схем внешнего и внутривозвездского электроснабжения
2. Силовые трансформаторы и автотрансформаторы.
3. Заземляющие устройства. Требования к заземляющим устройствам. Расчет заземляющих устройств.

### **Вариант №15**

1. Специфика построения систем электроснабжения сетей ниже 1000 вольт

2. Электрические сети осветительных установок. Расчет электрических сетей осветительных установок.

3. Электробалансы на промышленных предприятиях.

#### **Вариант №16**

1. Компенсация реактивной мощности, на промышленных предприятиях

2. Схемы сетей внешнего и внутривозовского электроснабжения.

3. Режим нейтрали источников и приемников электрической энергии (до и выше 1 кВ).

#### **Вариант №17**

1. Показатели качества электроэнергии и способы его обеспечения

2. Заводские электростанции, их электрические схемы соединений.

3. Источники реактивной мощности.

#### **Вариант №18**

1. Электробалансы в СЭС

2. Регулирование напряжения в системах электроснабжения.

3. . Учет и отчетность по электроэнергии.

#### **Вариант №19**

1. Выбор места расположения питающих подстанций промышленного предприятия. Картограмма нагрузок.

1. Электробалансы на промышленных предприятиях.

2. Защитная аппаратура внутривозовских электрических сетей.

#### **Вариант №20**

1. Характерные схемы электроснабжения промышленных предприятий.

2. Выбор сечений проводов и жил кабелей: по потерям напряжений; по экономическим соображениям.

3. Защитное отключение.

#### **Вариант №21**

1. Способы обеспечения стандартов качества электроэнергии, поступающей к потребителям.

2. Характерные схемы электроснабжения промышленных предприятий.

3. Шины и шинопроводы в системах электроснабжения.

#### **Вариант №22**

1. Способы расчетов токов короткого замыкания.

2. Задачи проектирования СЭС

3. Основные схемы электрических подстанций.

#### **Вариант №23**

1. Общая характеристика электроприемников

2. Защитные распределительные устройства.

3. Режим нейтралей заземляющих устройств.

#### **Вариант №24**

1. Картограмма электрических нагрузок

2. Основные требования к СЭС.

3. Общая характеристика внешнего электроснабжения промышленных предприятий.

#### **Вариант №25**

1. Режимы в СЭС.

2. Расчет мощности силового трансформатора ГПП и ТП в СЭС

### 3. Потери мощности в СЭС

#### ВАРИАНТЫ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

Задание 1. *Требуется* определить параметры линии длиной 4 км с номинальным напряжением 6 кВ, выполненной кабелем с медными жилами, имеющими сечение 10 мм<sup>2</sup>, и вычислить параметры схемы замещения этой линии.

Задание 2. *Требуется* определить погонные параметры воздушной линии 110 кВ выполненной на одноцепных П-образных опорах с проводами марки АС 150/24 с расстоянием между проводами 4 м и вычислить параметры схемы замещения двух цепей линии длиной 50 км.

Задание 3. *Требуется* определить погонные параметры воздушной линии 500 кВ, выполненной расщепленными проводами 3\*АС 500/60, проложенными на П-образных опорах. Провода расположены в горизонтальной плоскости с расстоянием между фазами 12 м; расстояние между проводами в фазе составляет 40 см.

Задание 4. На подстанции установлено два понижающих трансформатора типа ТДН с номинальной мощностью 10 МВ\*А (рис 2) Трансформаторы трехфазные двухобмоточные имеют номинальный коэффициент трансформации 115/11 кВ. В соответствии с ГОСТ для каждого трансформатора  $P_{xx} = 1$  кВт,  $P_{кз} = 60$  кВт,  $U_K = 10,5$  %,  $i_{xx} = 0,9$  %. *Требуется* определить параметры схемы замещения двух параллельно работающих трансформаторов и вычислить потери мощности в них при нагрузке  $S_H = 12 + j7,2$  МВ\*А

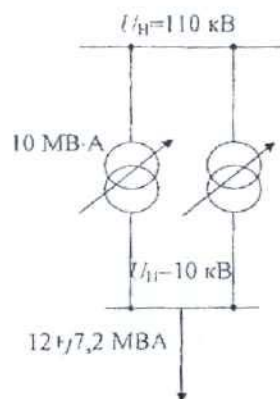


Рис. 2 Двухтрансформаторная подстанция 110/10

Задание 5. *Требуется* определить параметры схемы замещения трехфазного трехобмоточного трансформатора типа ТДТН-40 с номинальными коэффициентами трансформации 115/38,5/11 кВ.

Задание 6. *Требуется* для электропередачи 35 кВ, показанной на рис. 3, определить потери энергии за год по указанному графику нагрузки по продолжительности (рис. 4) и по времени потерь  $t$ . Длина линии электропередачи составляет 15 км, а погонные параметры  $r_0 = 0,28$  Ом/км,  $X_0 = 0,43$  Ом/км. Номинальная мощность каждого трансформатора 6300 кВ\*А ( $P_{xx} = 9,2$  кВт,  $P_{кз} = 46,5$  кВт). При расчетах принять  $\cos = 0,9$ .

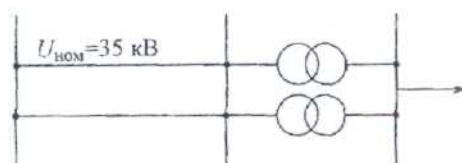


Рис. 3. Схема электропередачи 35 кВ

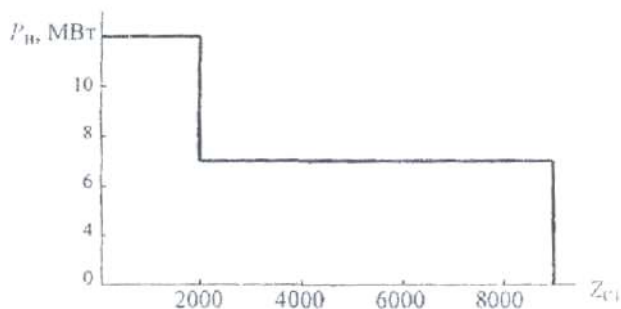


Рис. 4. Годовой график изменений потребляемой нагрузкой мощности

Задание 7. Сеть 35 кВ выполнена сталеалюминиевыми проводами, подвешенными на деревянных П-образных опорах с расстоянием между проводами 3 м. Длины участков сети в километрах, марки проводов, нагрузки (МВ\*А) и коэффициенты их мощности приведены на схеме сети рис 5. Сопротивления 1 км линии составляют: для провода АС 35/6,2  $r_0=0,91$  Ом/км,  $x_0 = 0,442$  Ом/км, для провода АС 95  $r_0 = 0,33$  Ом/км,  $x_0 = 0,41$  Ом/км. *Требуется* определить наибольшую потерю напряжения в сети.

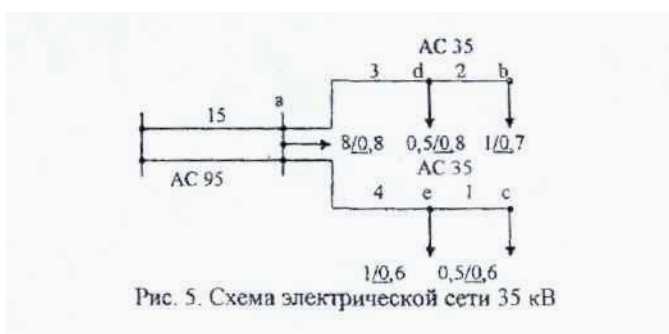


Рис. 5. Схема электрической сети 35 кВ

Задание 8. Питание осветительной сети небольшого поселка осуществлено воздушной сетью трехфазного переменного тока 220 В, выполненной алюминиевыми проводами. Нагрузки сети в амперах, расстояния между ними в метрах и сечения проводов указаны на схеме сети (рис. 6). Нагрузка сети распределена равномерно между тремя фазами, коэффициент мощности нагрузки равен единице. Активное сопротивление 1 км провода А16 равно 1,96 Ом/км, провода А50 - 0,63 Ом/км. *Требуется* определить токораспределение и наибольшую потерю напряжения в сети.

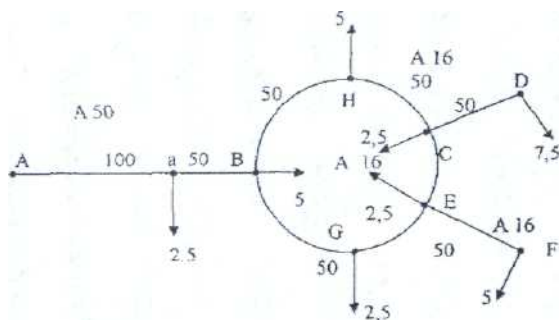


Рис. 6. Схема осветительной сети 220 В

Задание 9. Схема сети 35 кВ, по которой осуществляется электроснабжение понизительных подстанций А, В, С от электростанции ЭС, изображена на рис. 7. Вся сеть выполнена сталеалюминиевыми и проводами марки АС 150 ( $r_0 = 0,27$  Ом/км,  $x_0 = 0,405$  Ом/км). Длины участков сети (км), нагрузки подстанций (МВ\*А) указаны на схеме сети. *Требуется* найти потокораспределение и наибольшую потерю напряжения в нормальном режиме работы сети.

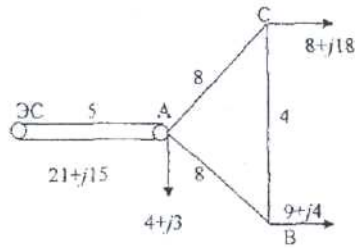


Рис. 7. Схема электрической сети 35 кВ

Задание 10. От шин 220 кВ районной подстанции по двухцепной воздушной линии длиной 150 км питается нагрузка Лилия выполнена проводом марки АС 400/51 ( $r_0=0,075$  Ом/км,  $x_0 = 0,42$  Ом/км,  $b_0 = 2,70 \cdot 10^{-6}$  Ом/км) В режиме наибольшей нагрузки по линии передается мощность  $P_{\text{нб}} = 300$  МВт при  $\cos = 0,9$ , в режиме наименьшей нагрузки -  $P_{\text{нб}} = 100$  МВт при  $\cos = 0,95$ .

Требуется определить потоки мощности,  $\cos$  и напряжение в конце линии для режимов наибольшей и наименьшей нагрузки и в послеаварийном режиме (отключена одна цепь). При расчетах принять, что напряжение на шинах электростанции поддерживается: в режиме наибольшей нагрузки и в послеаварийном режиме равным 1,1 ( $U_{\text{ном}}$ , т.е. 242 кВ, и режиме наименьших нагрузок  $1,05 \cdot U_{\text{ном}} = 231$  кВ.

Задание 11. Параметры двухцепной линии электропередачи 110 кВ (рис. 8) характеризуются следующими данными:

Линия Л1 - провод АС 120/19,  $l = 28$  км,  $r_0 = 0,244$  Ом/км,  $x_0 = 0,423$  Ом/км,  $b_0 = 2,70 \cdot 10^{-6}$  См/км.

Линия Л2 - провод АС 70/11,  $l = 19$  км.  $r_0 = 0,428$  Ом/км,  $x_0 = 0,441$  Ом/км,  $b_0 = 2,57 \cdot 10^{-6}$  См/км

Трансформатор Т1 - ТРДН 40000/110,  $S_{\text{ном}} = 40$  МВА,  $P_k = 172$  кВт,  $U_k = 10,5\%$ ,  $P_x = 36$  кВт,  $Q_x = 520$  квар,  $i_x = 0,65\%$

Трансформатор Т2—ТДН 16000/110;  $S_{\text{ном}} = 16$  МВА,  $P_k = 85$  кВт,  $U_k = 10,5\%$ ,  $P_x = 19$  кВт,  $Q_x = 224$  квар,  $i_x = 0,7\%$ .

Наибольшие значения нагрузок  $S_1$  и  $S_2$  составляют соответственно 50 и 20 МВт при  $\cos = 0,93$ . Напряжение на шинах 110 кВ питающей подстанции в режиме наибольших нагрузок поддерживается равным 121 кВ. Требуется произвести расчет режима наибольшей нагрузки.

Задание 12. На понижающей подстанции установлены два двухобмоточных трансформатора типа ТРДЦН 230/11 номинальной мощностью 63 МВА, имеющие РПН с диапазоном регулирования  $\pm 8 \cdot 1,5\%$  (рис. 9). Сопротивления двух трансформаторов составляют;  $r_T = 1,99$  Ом/км,  $x_T = 50,38$  Ом/км.

Из расчетов режимов наибольших и наименьших нагрузок, а также из расчета послеаварийного режима для наибольших нагрузок имеем следующие значения напряжений на шинах высшего напряжения подстанции:  $U_{\text{нб}} = 228,55$  кВ,  $U_{\text{нм}} = 229,79$  кВ,  $U_{\text{п/ав}} = 204$  кВ. Значения потоков мощности на входе в трансформатор (рис 10) составляют:

$$P'_{\text{нб}} = P''_{\text{п/ав}} = 75,25 \text{ МВт}; Q'_{\text{нб}} = Q''_{\text{п/ав}} = 45,91 \text{ Мвар}; P'_{\text{нм}} = 22,51 \text{ МВт}; Q'_{\text{нм}} = 9,82 \text{ Мвар}.$$

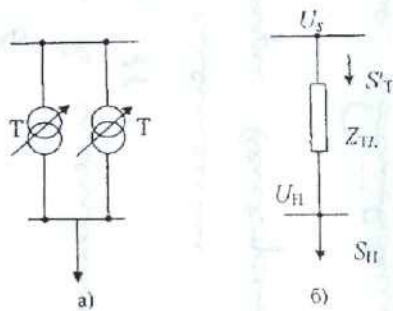


Рис. 9. Схема понижающей подстанции (а) и ее схема замещения (б)

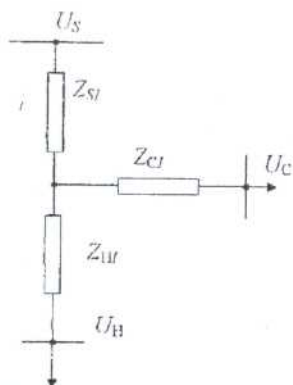


Рис. 10. Схема замещения трансформатора

*Требуется* осуществить регулирование напряжения на стороне низшего напряжения в соответствии с условиями встречного регулирования.

Задание 13. На понижающей подстанции установлены два параллельно работающих автотрансформатора типа АДЦНТ 230/121/11кВ номинальной мощностью 200 МВ\*А. Для регулирования напряжения на стороне ПО кВ обмотки среднего напряжения каждого автотрансформатора на линейных выходах снабжены РПН с диапазоном регулирования  $\pm 6 \cdot 2\%$ . Для регулирования напряжения на стороне 10 кВ а обмотку 11 кВ включен линейный регулятор с диапазоном регулирования  $\pm 10 \cdot 1,5\%$ . По результатам расчетов режима сети 220 кВ и автотрансформаторов получены значения приведенных напряжений:

$$U_{сн} = 226,23 \text{ кВ}; U_{н.нб} = 221,83 \text{ кВ}, U_{снн} = 222 \text{ кВ};$$

$$U_{н.нм} = 220,49 \text{ кВ}; U_{сн/ав} = 201,84 \text{ кВ}, U_{с.н/ав} = 196,75 \text{ кВ}.$$

*Требуется* осуществить регулирование напряжения на сторонах среднего и низшего напряжений,

Задание 14. Районная понизительная подстанция питается двумя параллельными линиями 110 кВ (рис. 11) длиной 80 км с проводами марки АС 120/19, подвешенными на железобетонных опорах ( $D_{ср}$  - 5 м). На подстанции установлены два трансформатора старого типа мощностью по 31,5 МВ\*А с ПБВ-110  $\pm 4 \cdot 2,5\%$  11 кВ. Реактивное сопротивление двух линий равно  $x_{я} = 17,1 \text{ Ом}$ ; а трансформаторов  $x_T = 20,2 \text{ Ом}$ . Напряжение на стороне низшего напряжения подстанции, приведенное к высшему, в режимах наибольших и наименьших нагрузок равно соответственно  $U_{2н.н} = 106 \text{ ЕВ}$ ;  $U_{2н.н} = 112 \text{ кВ}$ . Схема передачи при изменении режима не меняется.

*Требуется* определить наименьшую мощность синхронного компенсатора, обеспечивающего встречное регулирование напряжения на подстанции.

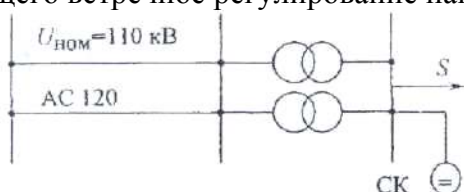


Рис. 11. Схема электропередачи 110 кВ



Задание 15. Подстанция, расположенная на расстоянии 6 км от главной понижающей подстанции, питается по воздушной линии 10 кВ, выполненной проводами АС 50/8 на деревянных типовых опорах  $D_{\text{ср}} = 1750$  мм. Передаваемая по линии мощность равна  $1200 + j1050$  кВ\*А,

Требуется определить мощность конденсаторной батареи, которую необходимо установить на подстанции параллельно нагрузке, чтобы потери напряжения снизились до  $5\%U_{\text{ном}}$ .

Задание 16. Районная понизительная подстанция связана с центром питания одноцепной линией напряжением 110 кВ длиной 80 км ( $Z_{\text{л}} = 21 + j34$  Ом). Расчетная наибольшая нагрузка подстанции  $S_2 = 22 + j20$  МВ\*А. По условиям работы потребителей потери напряжения в линии при этой нагрузке не должны быть более 6%. Для снижения потерь напряжения в каждую фазу линии предполагается последовательно включить однофазные стандартные конденсаторы (КС2А-0,66-40) мощностью 40 квар, напряжением 0,66 кВ (рис. 12). Требуется определить необходимое число конденсаторов, номинальное напряжение и установленную мощность батареи конденсаторов. Расчет выполнить без учета потерь мощности в линии.

Задание 17. На рис. 13 показана схема питания подстанций 1 и 2 проектируемой сети напряжением 110 кВ. Расчетные наибольшие нагрузки подстанций соответственно составляют  $S_1 = P_1 + jQ_1 = 36 + j27$  МВ\*А и  $S_2 = P_2 + jQ_2 = 39 + j29,2$  МВ\*А. Линии предполагается выполнить на двухцепных железобетонных опорах в районе 11 по гололеду.

Требуется выбрать сечения проводов линий Л1 и Л2, приняв  $T_{\text{нб}} = 3800$  ч, а температуру воздуха равной  $+15$  °С.

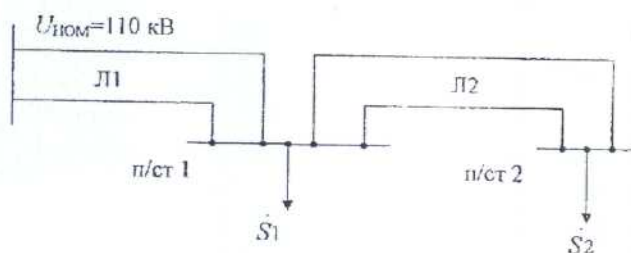


Рис. 13. Схема участка сети с двумя подстанциями

Задание 18. Два завода, расположенных в пунктах 1 и 2, должны получать энергию от электростанции А одной линией 35 кВ со сталеалюминиевыми проводами, подвешенными на деревянных П-образных опорах со среднегеометрическим расстоянием 3,5 м. Пункт 1 расположен в 9 км от станции, в этом пункте потребляется 5000 кВт при  $\cos = 0,7$ . От пункта 1 до пункта 2 - 7 км, в пункте 2 потребляется 3000 кВт при  $\cos = 0,8$ . Продолжительность использования наибольших нагрузок обоих заводов составляет 2500 часов в год.

Требуется выбрать сечение сталеалюминиевых проводов по допустимой потере напряжения, равной 5% в двух случаях: провода выбираются из условия постоянной плотности тока для всей сети; из условия наименьшего расхода проводникового материала.

Задание 19. На рис. 14 показана схема участка проектируемой сети 380 В. Сеть предполагается выполнить кабелем с медными жилами, причем для магистрали Аг решено применить кабель одного сечения. Протяженность отдельных линий сети (м), а также нагрузки (кВт) указаны на рис. 14.

Требуется выбрать сечения кабелей по допустимой потере напряжения, приняв  $U_{\text{доп}} = 5\%$ .



Задача 20. Вновь строящийся завод с наибольшей нагрузкой 3200 кВт при  $\cos \varphi = 0,8$  предполагается **питать** от шин 10 кВ районной подстанции двумя линиями, выполненными трехжильными кабелями с медными жилами. Оба кабеля должны быть проложены в общей траншее с расстоянием между **ними** в свету 100 мм. Высшая среднемесячная температура почвы по трассе 20 °С. Технологический процесс на заводе не допускает перерыва электроснабжения, поэтому при выходе из работы одного кабеля по второму должна быть обеспечена подача заводу полной мощности. Продолжительность использования наибольшей нагрузки завода составляет 4000 ч/г.

*Требуется* определить сечение жил кабелей. Составить алгоритм и блок-схему, программу расчета, распечатать результаты расчета.

Задание 21. Питание цеха осуществляется по линии 10 кВ длиной 300 м, выполненной кабелями марки ААБ2 (3х 120)мм<sup>2</sup>. Передаваемый по кабелям ток в период максимума составляет  $i_{\max} = 400$  А при  $\cos \varphi = 0,85$ . В течение года

по линии передано  $W_r = 32 \cdot 10^6$  кВт ч активной и  $V_r 21 \cdot 10^6$  квар\*ч реактивной энергии; цех работает непрерывно.

*Определить* годовые потери электроэнергии в кабельной линии.

Задание 22. На подстанции установлены два понижающих двухобмоточных трансформатора 115/11 кВ номинальной мощностью 10 МВ\*А (рис. 15). Для каждого трансформатора  $P_{\text{хх}} = 18$  кВт,  $P_{\text{кз}} = 60$  кВт,  $U_K = 10,5\%$ ,  $I_{\text{хх}} = 0,9\%$ .

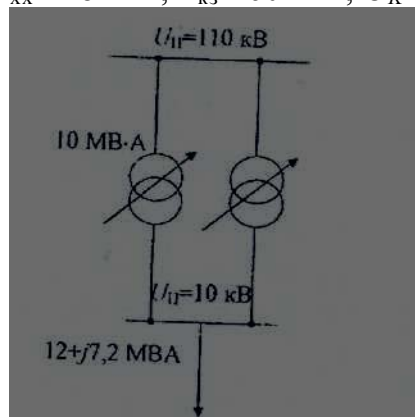


Рис. 15. Двухтрансформаторная подстанция 110/10 кВ

*Определить* потери мощности в них при нагрузке  $S_{ii} = 12 + j7,2$  МВ\*А, а также изменение коэффициента мощности при переходе с низкой на высокую сторону.

Задание 23. *Определить* активные потери мощности в обмотках трехобмоточного трансформатора 40 МВ\*А при коэффициентах загрузки  $K_{3 \text{ вн}} = 0,8$ ;  $K_{3 \text{ ин}} = 0,35$ ;  $D^{\text{х х}} = 53$  кВт;  $LP_{K3} = 230$  кВт.

Задание 24. На промпредприятии установлены два трансформатора номинальной мощностью  $10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$  каждый, 115/11 кВ. Нагрузка в течение года: 12 МВт — 2000 ч, 4,8 МВт (или 40 %) - 6760 ч. Коэффициент мощности равен 0,9. Стоимость потерь  $C_0 = 50 \text{ коп}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$ . *Определить* оптимальный режим работы трансформаторов. Составить алгоритм, блок-схему, программу расчета, распечатать результаты расчета.

Задание 25. На предприятии работают 1000 электродвигателей трехфазного тока 380 В, средняя номинальная мощность которых  $P_{\text{ср}} = 25 \text{ кВт}$ , Распределительная сеть радиальная, выполнена проводом, проложенным в трубах. Средняя длина каждой линии  $l_{\text{ср}} = 20 \text{ м}$ , средний коэффициент использования двигателя  $K_{\text{и.ср.}} = 0,7$ .

*Определить*, как изменятся потери в распределительной сети при напряжении 660 В при том же сечении провода.

Задание 25. На предприятии работают 1000 электродвигателей трехфазного тока 380 В, средняя номинальная мощность которых  $P_{\text{ср}} = 25 \text{ кВт}$ . Распределительная сеть радиальная, выполнена проводом, проложенным в трубах. средняя длина линии  $l_{\text{ср}} = 20 \text{ м}$ , средний коэффициент использования электродвигателя  $K_{\text{и.ср.}} = 0,7$ .

Определить, как изменятся потери в распределительной сети при напряжении 660 В при том же сечении провода.

1. А.А. Васильев и др. Электрическая часть станций и подстанций. М.: Энергоиздат, 2000, 576 с.

2. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 2001.

3. Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок. М.: Энергоатомиздат, 1999.

4. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие. – Ростов-на Дону.: Феникс, 2006.

5. Павлович С.Н., Фираго Б. И. Ремонт и обслуживание электрооборудования, Ростов н/Д: «Феникс», 2002.

6. Киреева Э.А., Юнее Т., Айюби М. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения: Справочные материалы и примеры расчетов. - М.: Энергоатомиздат, 1998. - 320 с., ил.

7. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1987.