

МПС СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ЗАОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ПОДЛЕЖИТ ВОЗВРАТУ

Одобрено кафедрой
Энергоснабжения электрических
железных дорог

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Задание на курсовую работу
с методическими указаниями
для студентов V курса
специальности

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
специализации

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ИХ АВТОМАТИЗАЦИЯ

Москва — 1988

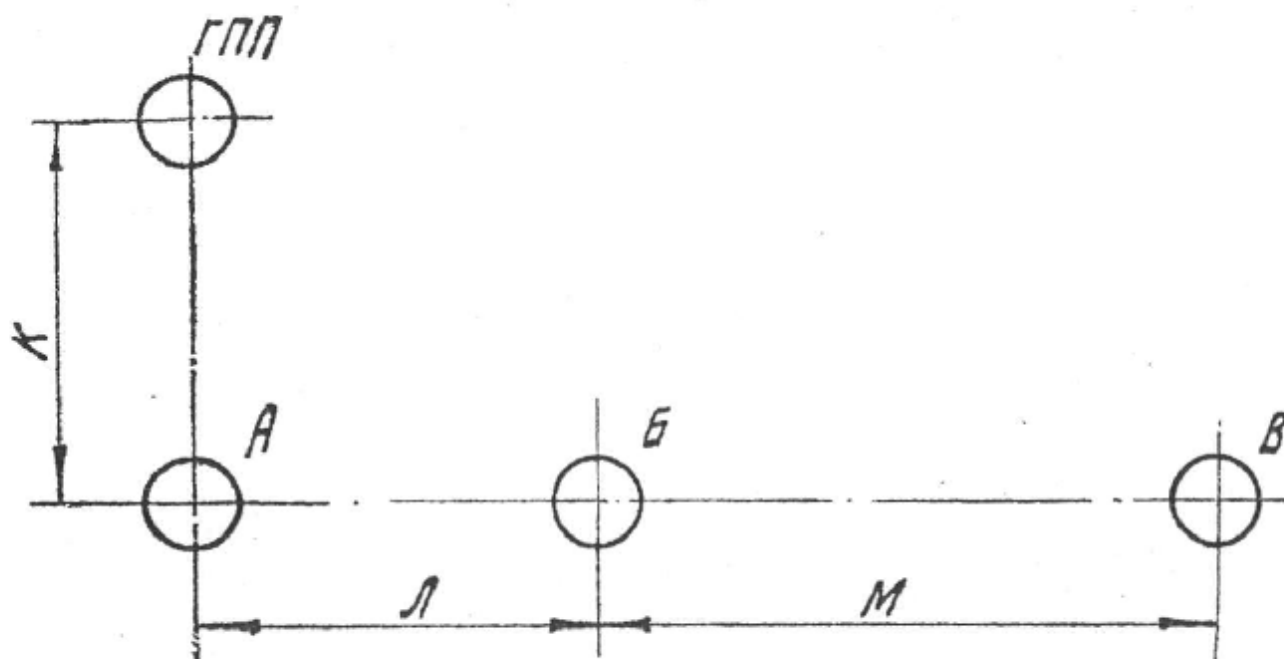
ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Целью курсовой работы является приобретение студентами практических навыков расчета электрических сетей и выбора их основных параметров.

В зависимости от номера учебного шифра студент выбирает один из следующих вариантов задания на курсовую работу.

Первый вариант. Выбрать число и мощность трансформаторов главной понизительной подстанции (ГПП) и рассчитать воздушную линию электропередачи напряжением 110 кВ для питания ГПП.

Второй вариант. Выбрать число и мощности трансформаторов подстанций железнодорожного узла и рассчитать распределительную сеть напряжением 10 кВ, от которой питаются подстанции (см. рисунок).



Вариант задания выбирается по табл. 1 в зависимости от цифры шифра, означающей сотни.

Приложение 1

Отчисления на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание элементов электрической сети в процентах от капиталовложений

Наименование элементов сети	Отчисления, %		
	амортизация	текущий ремонт и обслуживание	всего
Воздушные линии напряжением до 20 кВ на деревянных опорах с железобетонными приставками	5,3	1,0	6,3
Воздушные линии напряжением 110 кВ на железобетонных опорах	2,8	0,8	3,6
Подстанции	6,3	3,0	9,3

Приложение 2

Стоимость 1 км линии напряжением 10 кВ на деревянных (пропитанных) опорах с железобетонными приставками

Сечение алюминиевого провода, мм ²	тыс. руб./км
35	1,65
50	1,82
70	1,99
95	2,32
120	2,54

Приложение 3

Стоимость 1 км линии напряжением 110 кВ на железобетонных двухцепных опорах

Сечение сталеалюминиевого провода, мм ²	70	95	120	150	185
тыс. руб./км	13,5	13,9	14,3	14,9	15,5

Таблица 2

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Продолжительность использования максимума активной нагрузки, ч	5100	4600	4000	4200	5200	3400	4500	3100	3800	5300
Отклонения напряжения на шинах питающей подстанции, %:										
при максимальной нагрузке	5	3	4	5	3	1	4	2	5	4
при минимальной нагрузке	0	-1	2	1	2	3	-1	-2	2	0
Стоимость электроэнергии на шинах питающей подстанции, коп/кВт·ч	1,6	1,8	1,7	1,5	1,3	1,4	1,6	1,2	1,4	1,7
Мощность нагрузки на шинах 10 кВ ГПП, МВт	40	25	44	60	27	30	23	16	42	55
Мощность нагрузки на шинах высшего напряжения подстанций, кВт										
А	320	750	850	300	900	500	800	550	700	850
Б	700	800	300	900	600	850	750	800	350	550
В	1600	1700	1550	1400	1250	1300	1450	1800	1500	1200

Таблица 3

Исходные данные	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина линии напряжением 110 кВ, км	110	85	100	95	90	105	80	115	75	120
Средний коэффициент мощности на шинах 10 кВ ГПП	0,88	0,90	0,92	0,89	0,91	0,93	0,87	0,92	0,86	0,90
Средний коэффициент мощности подстанций										
А	0,90	0,88	0,92	0,86	0,89	0,90	0,93	0,87	0,88	0,90
Б	0,85	0,90	0,88	0,89	0,87	0,92	0,90	0,89	0,90	0,92
В	0,92	0,91	0,90	0,92	0,91	0,88	0,89	0,92	0,91	0,88
Длины участков, км										
К	2,0	2,2	2,8	2,4	1,5	2,7	1,8	3,0	1,4	2,5
Л	3,0	3,8	3,4	3,5	3,6	3,9	4,0	2,6	3,5	3,8
М	2,5	2,4	2,2	2,0	2,7	3,0	2,6	2,8	1,9	1,7

Оформление курсовой работы

Работу следует представить в виде пояснительной записки в соответствии с требованиями действующих ГОСТ 2.105—79 и 2.106—68.

В записке должны быть приведены выполненные расчеты, обоснования принятых решений с необходимыми ссылками на использованную литературу, список которой приводится в конце записки. При выполнении электрических расчетов сетей следует составлять расчетные схемы, на которых указываются основные параметры (место приложения нагрузок и их мощности, длины участков и т. п.).

На электрической схеме сетей указываются число и типы трансформаторов, число и марки проводов, длины участков.

В начале записки должны быть приведены задание и исходные данные, страницы следует пронумеровать.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Определение мощности подстанций и выбор трансформаторов

Расчетная мощность каждой подстанции определяется по заданной активной мощности (табл. 2) и среднему коэффициенту мощности нагрузки этой подстанции (табл. 3).

Количество трансформаторов, устанавливаемых на подстанции, выбирается в зависимости от категории питаемых потребителей (по надежности энергоснабжения).

Для питания электроприемников 1-й и 2-й категорий применяются двухтрансформаторные подстанции. Однотрансформаторные подстанции применяются для питания электроприемников 3-й категории. Допускается их применение [1] для питания электроприемников 2-й категории при наличии централизованного резерва (при выполнении работы следует полагать, что централизованный резерв существует).

В работе рекомендуется принять, что от ГПП и подстанции В питаются электроприемники 1-й, 2-й и 3-й категорий, а от подстанций А и Б — электроприемники 2-й и 3-й категорий.

Мощность трансформаторов двухтрансформаторной подстанции рекомендуется выбрать так, чтобы при выходе из работы одного трансформатора второй воспринял бы на себя нагрузку потребителей 1-й и 2-й категорий с учетом допустимой перегрузки в аварийном режиме [1]. При этом следует принять, что нагрузка этих потребителей составляет 70% от заданной.

Мощность трансформатора однитрансформаторной подстанции выбирается по заданной нагрузке.

2. Выбор конфигурации и электрический расчет сети напряжением 10 кВ

Питание подстанций, предназначенных для электроснабжения электроприемников 1-й категории, должно осуществляться от замкнутой сети (например, кольцевой) либо по двухцепной линии. Питание электроприемников 2-й категории допускается [1] по одной воздушной линии напряжением 6 кВ и выше.

Поскольку подстанция *B* является электроприемником 1-й категории, то в работе рекомендуется рассмотреть два варианта сети напряжением 10 кВ: первый — кольцевая сеть, второй — две параллельные линии для питания подстанций *A*, *B* и *B*. Оптимальный вариант следует выбрать на основании технико-экономических расчетов.

Сечение проводов линий напряжением 10 кВ выбирается по экономической плотности тока и проверяется по условиям допустимой потери напряжения и допустимого нагрева в нормальном и аварийном режимах [1, 2].

За аварийный режим для кольцевой схемы принимается отключение головного участка, по которому протекает большая мощность, а для одностороннего питания — отключение одной ЛЭП головного участка.

Экономическое сечение проводов определяется по формуле

$$F_0 = \frac{I}{j_0} \text{ мм}^2, \quad (1)$$

где I — расчетный ток линии, А;

j_0 — экономическая плотность тока, А/мм².

Если линия питает несколько электроприемников, а сечение проводов принимают неизменным на всей линии, то в качестве расчетного следует подставить эквивалентный ток [2]

$$I_{\text{экр}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}}, \text{ А}, \quad (2)$$

где n — количество участков линии с различными нагрузками;

I_i — ток (линейный) на участке с номером i , А;

l_i — длина участка номер i , км.

Для сетей 10 кВ допустимую потерю напряжения в нормальном режиме рекомендуется принять равной 8% и в аварийном режиме — 12%.

Расчет кольцевой сети рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Представить кольцевую сеть в виде линии с двухсторонним питанием.

2. Определить распределение мощностей по участкам, полагая сечение одинаковым по всей линии, и нанести их на расчетную схему.

3. Определить экономическое сечение проводов и выбрать стандартное сечение.

4. Определить потерю напряжения до точки раздела мощностей и сопоставить ее с допускаемой.

5. Определить распределение мощностей в аварийном режиме (выпадение из работы одного из головных участков линии).

6. Проверить выбранное сечение по нагреву в аварийном режиме.

7. Проверить выбранное сечение по допускаемой потере напряжения в аварийном режиме.

Если при проверке окажется, что вычисленные значения тока или потери напряжения превышают допускаемые, то следует выбрать большее сечение проводов.

8. Для принятого сечения проводов определить потерю напряжения до наиболее удаленной (электрически) подстанции и вычислить напряжение на шинах 10 кВ этой подстанции.

9. Определить отклонение напряжения на шинах подстанции, указанной в п. 8,

$$\sigma = \frac{U - U_n}{U_n} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где U — модуль вычисленного напряжения, кВ;

U_n — номинальное напряжение, кВ.

Расчеты по пунктам 8 и 9 необходимо выполнить для режимов максимальной и минимальной нагрузок.

При расчетах принять, что минимальная нагрузка составляет 30% от максимальной.

Для варианта одностороннего питания выполняются расчеты по пунктам 3, 6, 7, 8, 9.

3. Электрический расчет воздушной линии напряжением 110 кВ

Для обеспечения необходимой надежности электроснабжения линия электропередачи 110 кВ должна быть двухцепной. Сечение проводов выбирается по экономической плотности тока и проверяется по условиям потерь на корону. Согласно ПУЭ [1] по условиям потерь на корону для воздушных линий напряжением 110 кВ рекомендуется принимать провода диаметром не менее 11,4 мм (АС-70).

Электрический расчет линии рекомендуется выполнять по П-образной схеме замещения, а трансформаторов — по Г-образной схеме.

Расчет ведется по звеньям схемы замещения.

Рекомендуется следующий порядок расчета:

1. Составить схему замещения линии и трансформаторов.
2. Определить значения сопротивлений и проводимостей и указать их численные значения на схеме.

Следует отметить, что через проводимости трансформаторов протекает мощность холостого хода трансформаторов

$$\Delta S_{ст} = m(\Delta P_{ст} + j\Delta Q_{ст}), \quad (4)$$

где m — число трансформаторов на ГПП;

$\Delta P_{ст}$ — потери активной мощности в стали трансформатора;

$\Delta Q_{ст}$ — потери реактивной мощности в стали трансформатора.

Через проводимость линии протекает ее зарядная емкостная мощность в МВ·Ар,

$$Q_{в} = U_{н}^2 \cdot b_0 \cdot l, \quad (5)$$

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

b_0 — удельная емкостная проводимость линии, См/км;

l — длина линии, км.

Емкостная мощность двухцепной линии равна сумме емкостных мощностей обеих цепей. Согласно принятой схеме замещения, половина емкостной мощности генерируется в начале линии и половина — в конце.

3. Вычислить потери мощности в обмотках трансформаторов ГПП по формуле

$$\Delta S_{об} = \frac{S_{гпп}^2}{U_{н}^2} (r_{т} + jx_{т}), \quad (6)$$

где $r_{т}$ и $x_{т}$ — активное и индуктивное сопротивления трансформаторов, Ом;

$S_{гпп}$ — мощность на шинах 10 кВ ГПП, МВ·А, и, суммируя их с мощностью на шинах 10 кВ, определить мощность в начале расчетного звена трансформаторов.

4. Определить мощность, подводимую к трансформаторам, для чего к мощности в начале расчетного звена трансформаторов прибавить мощность холостого хода трансформаторов.

5. Определить мощность в конце линии передачи (в конце звена), для чего алгебраически сложить мощность, подводимую к трансформаторам, с половиной зарядной мощности линии.

Расчет кольцевой сети рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Представить кольцевую сеть в виде линии с двухсторонним питанием.

2. Определить распределение мощностей по участкам, полагая сечение одинаковым по всей линии, и нанести их на расчетную схему.

3. Определить экономическое сечение проводов и выбрать стандартное сечение.

4. Определить потерю напряжения до точки раздела мощностей и сопоставить ее с допускаемой.

5. Определить распределение мощностей в аварийном режиме (выпадение из работы одного из головных участков линии).

6. Проверить выбранное сечение по нагреву в аварийном режиме.

7. Проверить выбранное сечение по допускаемой потере напряжения в аварийном режиме.

Если при проверке окажется, что вычисленные значения тока или потери напряжения превышают допускаемые, то следует выбрать большее сечение проводов.

8. Для принятого сечения проводов определить потерю напряжения до наиболее удаленной (электрически) подстанции и вычислить напряжение на шинах 10 кВ этой подстанции.

9. Определить отклонение напряжения на шинах подстанции, указанной в п. 8,

$$\sigma = \frac{U - U_n}{U_n} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где U — модуль вычисленного напряжения, кВ;

U_n — номинальное напряжение, кВ.

Расчеты по пунктам 8 и 9 необходимо выполнить для режимов максимальной и минимальной нагрузок.

При расчетах принять, что минимальная нагрузка составляет 30% от максимальной.

Для варианта одностороннего питания выполняются расчеты по пунктам 3, 6, 7, 8, 9.

3. Электрический расчет воздушной линии напряжением 110 кВ

Для обеспечения необходимой надежности электроснабжения линия электропередачи 110 кВ должна быть двухцепной. Сечение проводов выбирается по экономической плотности тока и проверяется по условиям потерь на корону. Согласно ПУЭ [1] по условиям потерь на корону для воздушных линий напряжением 110 кВ рекомендуется принимать провода диаметром не менее 11,4 мм (АС-70).

Электрический расчет линии рекомендуется выполнять по П-образной схеме замещения, а трансформаторов — по Г-образной схеме.

Расчет ведется по звеньям схемы замещения.

Рекомендуется следующий порядок расчета:

1. Составить схему замещения линии и трансформаторов.
2. Определить значения сопротивлений и проводимостей и указать их численные значения на схеме.

Следует отметить, что через проводимости трансформаторов протекает мощность холостого хода трансформаторов

$$\Delta S_{ст} = m(\Delta P_{ст} + j\Delta Q_{\mu}), \quad (4)$$

где m — число трансформаторов на ГПП;

$\Delta P_{ст}$ — потери активной мощности в стали трансформатора;

ΔQ_{μ} — потери реактивной мощности в стали трансформатора.

Через проводимость линии протекает ее зарядная емкостная мощность в МВ·Ар,

$$Q_{в} = U_{н}^2 \cdot b_0 \cdot l, \quad (5)$$

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

b_0 — удельная емкостная проводимость линии, См/км;

l — длина линии, км.

Емкостная мощность двухцепной линии равна сумме емкостных мощностей обеих цепей. Согласно принятой схеме замещения, половина емкостной мощности генерируется в начале линии и половина — в конце.

3. Вычислить потери мощности в обмотках трансформаторов ГПП по формуле

$$\Delta S_{об} = \frac{S_{гпп}^2}{U_{н}^2} (r_{т} + jx_{т}), \quad (6)$$

где $r_{т}$ и $x_{т}$ — активное и индуктивное сопротивления трансформаторов, Ом;

$S_{гпп}$ — мощность на шинах 10 кВ ГПП, МВ·А, и, суммируя их с мощностью на шинах 10 кВ, определить мощность в начале расчетного звена трансформаторов.

4. Определить мощность, подводимую к трансформаторам, для чего к мощности в начале расчетного звена трансформаторов прибавить мощность холостого хода трансформаторов.

5. Определить мощность в конце линии передачи (в конце звена), для чего алгебраически сложить мощность, подводимую к трансформаторам, с половиной зарядной мощности линии.

6. Определить потери мощности в сопротивлениях линии.
 7. Определить мощность в начале линии (в начале звена), суммировав мощность в конце звена с потерями мощности в линии.
 8. Определить напряжение на первичной стороне трансформаторов ГПП

$$U_2 = U_1 - \frac{P_1 r_L + Q_1 x_L}{U_1} - j \frac{P_1 x_L - Q_1 r_L}{U_1}, \quad (7)$$

где U_1 — напряжение на шинах районной подстанции (см. табл. 2), кВ;

r_L и x_L — активное и индуктивное сопротивления линии, Ом;

P_1 — активная мощность в начале звена, ВМг;

Q_1 — реактивная мощность в начале звена, МВ·Ар.

Остальные обозначения те же, что и выше.

9. Определить напряжение на шинах вторичного напряжения ГПП, приведенное к первичному напряжению. Для этого в формулу (7) следует подставить сопротивления r_L и x_L , а вместо величин с индексом 1 — значения напряжения и мощностей в начале расчетного звена трансформаторов в соответствии со схемой замещения.

10. Определить отклонение напряжения на шинах вторичного напряжения ГПП по формуле (3) для режимов максимальной и минимальной нагрузок.

При расчетах принять, что минимальная нагрузка составляет 30% от максимальной.

На основании расчетов следует сделать выводы о возможности обеспечения (с помощью выпускаемых трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой, устанавливаемых на ГПП) встречного регулирования напряжения в соответствии с ПУЭ (1).

4. Определение потерь электроэнергии

Потери электроэнергии в различных элементах сети пропорциональны квадрату токов (или мощностей), протекающих через эти элементы, и сопротивлениям элементов.

В линии, выполненной проводами одинакового сечения по всей длине, потери электроэнергии в кВт·ч составляют:

$$\Delta W = \frac{r_0}{U_n^2} \sum_{l=1}^n S_l^2 l r_l \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

где r_0 — активное сопротивление провода, Ом/км;

U_n — номинальное напряжение линии, кВ;

S_i — мощность на участке номер i , кВ·А;

n — количество расчетных участков линии;

l_i — длина участка номер i , км.

τ_i — время максимальных потерь для участка номер i .

Учитывая, что время использования максимума активной нагрузки T задано для всех потребителей одинаковым, с целью упрощения расчетов в работе можно принять τ одинаковым для всех участков и вывести τ за знак суммы.

Потери электроэнергии в трансформаторах подстанций можно определить в кВт·ч по формуле

$$\Delta W_{\tau} = \frac{\Delta P_{\text{мн}}}{m} \cdot \left(\frac{S}{S_n} \right)^2 \tau + m \cdot \Delta P_{\text{ст}} \cdot t, \quad (9)$$

где $\Delta P_{\text{мн}}$ — потери активной мощности в обмотках трансформатора при номинальной нагрузке, кВт;

$\Delta P_{\text{ст}}$ — потери активной мощности в стали трансформатора, кВт;

S — максимальная расчетная мощность, преобразуемая трансформаторами подстанции, кВ·А;

S_n — номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

m — число трансформаторов на подстанции;

t — время, в течение которого трансформатор находится под напряжением, ч.

Время t можно принять равным 8760 ч.

5. Определение годовых эксплуатационных расходов

Годовые эксплуатационные расходы можно рассматривать состоящими из трех слагаемых:

а) стоимость потерь электроэнергии в электрических сетях;

б) отчисления на амортизацию оборудования сети;

в) расходы на текущий ремонт и обслуживание сети.

Годовые эксплуатационные расходы

$$C = \beta \Delta W + \sum_{i=1}^n \frac{P_{\text{ст}} + P_{\text{пл}}}{100} \cdot K_i, \quad (10)$$

где ΔW — годовые потери электроэнергии в рассматриваемых элементах сети (линиях, трансформаторах);

β — стоимость электроэнергии (табл. 2);

p_{at} и p_{pt} — амортизационные отчисления и отчисления на текущий ремонт и обслуживание в i -й элемент сети в процентах;

K_i — капиталовложения в рассматриваемый элемент.

Значения амортизационных отчислений, отчислений на текущий ремонт и обслуживание различны для различных элементов сети (см. приложения). Эти отчисления следует определять от капиталовложений в соответствующие элементы сети.

6. Выбор оптимального варианта

Оптимальный вариант выбирается на основании технико-экономических расчетов. Экономически наиболее выгодным является вариант с наименьшими приведенными затратами [3]

$$Z = C + E_n \cdot K, \quad (11)$$

где C — годовые эксплуатационные расходы (годовые издержки производства) при рассматриваемом варианте;

K — капиталовложения при рассматриваемом варианте;

E_n — нормативный коэффициент эффективности, который для расчетов в области энергетики следует принимать равным 0,12 [3].

Капиталовложения в рассматриваемые варианты следует определять по укрупненным показателям стоимости элементов электроснабжения.

Ориентировочные значения некоторых укрупненных показателей стоимости элементов электроснабжения приведены в приложениях.

Если в одном из двух сравниваемых вариантов и капиталовложения, и годовые эксплуатационные расходы меньше, чем в другом, то, очевидно, экономически выгоднее вариант с меньшими капиталовложениями и эксплуатационными расходами.

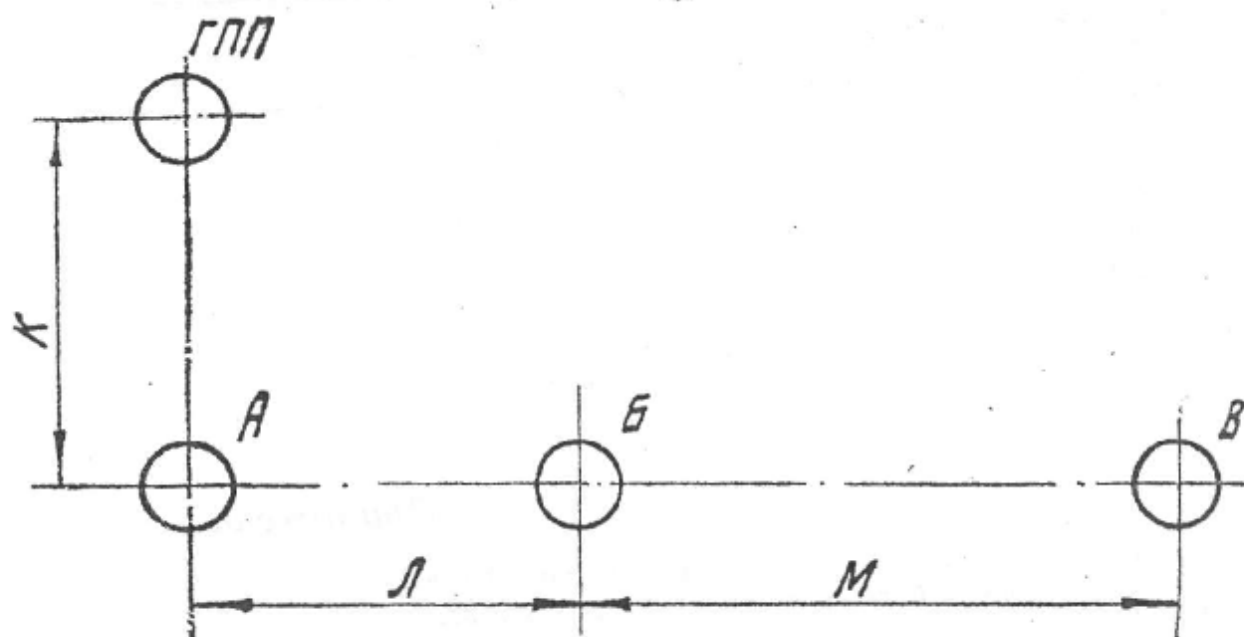
ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Целью курсовой работы является приобретение студентами практических навыков расчета электрических сетей и выбора их основных параметров.

В зависимости от номера учебного шифра студент выбирает один из следующих вариантов задания на курсовую работу.

Первый вариант. Выбрать число и мощность трансформаторов главной понизительной подстанции (ГПП) и рассчитать воздушную линию электропередачи напряжением 110 кВ для питания ГПП.

Второй вариант. Выбрать число и мощности трансформаторов подстанций железнодорожного узла и рассчитать распределительную сеть напряжением 10 кВ, от которой питаются подстанции (см. рисунок).



Вариант задания выбирается по табл. I в зависимости от цифры шифра, означающей сотни.

Приложение 1

Отчисления на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание элементов электрической сети в процентах от капиталовложений

Наименование элементов сети	Отчисления, %		
	амортизация	текущий ремонт и обслуживание	всего
Воздушные линии напряжением до 20 кВ на деревянных опорах с железобетонными приставками	5,3	1,0	6,3
Воздушные линии напряжением 110 кВ на железобетонных опорах	2,8	0,8	3,6
Подстанции	6,3	3,0	9,3

Приложение 2

Стоимость 1 км линии напряжением 10 кВ на деревянных (пропитанных) опорах с железобетонными приставками

Сечение алюминиевого провода, мм ²	тыс. руб./км
35	1,65
50	1,82
70	1,99
95	2,32
120	2,54

Приложение 3

Стоимость 1 км линии напряжением 110 кВ на железобетонных двухцепных опорах

Сечение сталеалюминиевого провода, мм ²	70	95	120	150	185
тыс. руб./км	13,5	13,9	14,3	14,9	15,5

Приложение 4

Стоимость трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ

Мощность, кВ · А	400	630	1000	2×630	2×1000	2×1600
Стоимость, тыс. руб.	9	11	13	18	22	27

Приложение 5

Стоимость ГПП напряжением 110 кВ

Мощность, МВ · А	2×10	2×16	2×25	2×40
Стоимость, тыс. руб.	194	218	276	326

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок ПУЭ-76.
2. Караев Р. И., Волобринский С. Д. Электрические сети и энергосистемы. М.: Транспорт, 1978, с. 312.
3. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в развитие энергетического хозяйства (генерирование, передача и распределение электрической энергии). М.: Энергия, 1973, с. 56.
4. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт, 1973, с. 199.

Канд. техн. наук, доц. Э. С. БРЖОЗОВСКИЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Задание на курсовую работу

Отв. за выпуск канд. техн. наук, доц. В. И. Шаров

Редактор Л. В. Степанова

Техн. редактор Н. Н. Соловьева

Корректор О. И. Вартанян

Сдано в набор 12.11. 1987. Подписано в печать 16.06. 1988. Тираж 2000.
Гарнитура литературная. Печать высокая. Формат 60×90^{1/16}.
Печ. л. 0,75. Уч.-изд. л. 1. Тип. зак. 1747. Изд. зак. 434. Бесплатно.

Редакционно-издат. отдел, типография ВЗИИТа,
125808, Москва, ГСП-47, Часовая ул., 22/2