

**РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
КОМБИНАТ
КИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ
ИНСТИТУТ
КАФЕДРА: «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических занятий по курсу:

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»

**для студентов по направлению
5310200 «Электроэнергетика»,**



НАВОИ 2017 Г.

Составители:

Доц.Шайматов Б.Х.

Ст.преп Холмурадов М.Б

Методические указания к выполнению практических занятий по курсу: «Электрические сети и системы» Доц.Шайматов Б.Х.,Ст.преп.Холмурадов М.Б. Навои: НГГИ, 2017-40 с.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта и контрольной работы по курсу «Электрические сети и системы в электроснабжение ». Студенты, выполняющие контрольные работы и курсовые проекты изучают работу существующих видов элементов электроэнергетики, электрические сети и систем, а также конструктивное исполнение воздушных линий, указанных в описаниях. В указаниях предложена теоретическая часть для выполнения контрольного и курсового проекта, а также показано решение одного примера. В том числе в указаниях дано паспортные данные элементов электрических сетей и системы. Данные методические указания рекомендованы для студентов обучающихся по направлению 5310200 «Электроэнергетика».

Кафедра «Электроэнергетика»

Методическое указания обсуждено на заседании кафедры «Электроэнергетика» Протокол № 1 от 25.08.17 г. а также рассмотрено учебно-методическим советом ЭМФ и рекомендовано к печати решением Учебно-методического совета НГГИ.

Рецензенты: Х.Х.Эшев

Ведущие инженер Навоийкий тепловой электрических станции

З.О.Эшмуродов

Доцент кафедры
«Автоматизации и управления » НГГИ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное методические указания по направлению «Энергетика» и по предмету «Электрические сети и системы» предназначается для выполнения курсового проекта и контрольной работы. То есть, в соответствии учебным планом возникающие сложные задачи в области электрических сетей и системы, отвечая, на эти вопросы в виде реферата помогает, каждому студенту еще больше расширить свой кругозор. А также, отвечая на научно-технические вопросы; сталкиваясь с новыми идеями в электрических сетях и системах; решением их может быть использование литературы, которая помогает каждому студенту.

В первой контрольной работе собран ряд вопросов: о качестве электроэнергии, об условии энергетических равновесии, о компенсации реактивных мощностей и о схемах электрических систем. А во второй контрольной работе решаются поставленные вопросы обычного потребителя, который имеет технико-экономический показатель сети, также анализ и выбор электропроводников. Этот методические указания показывает путь для выполнения курсового проекта и имеет важные сведения о них. Каждый будущий бакалавр-энергетик, который получил своё теоретическое знание, должен осуществить его на практике, и вместе с этим создаются условия для усвоения предмета «Электрические сети и системы».

I. Контрольная работа № 1.

Выполняя первую контрольную работу, по темам таблицы-1, рефераты по 10-15 листов соответствуя темам, новые направления энергетики, правила и нормы, черчение электрических схем укрепят теоретические знания. Составляя план для этих тем нужно пользоваться литературой и отвечать точно на вопросы.

Таблица-1.

| № вар. | Шифр | Тема реферата. |
|-----------|---------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 01. 51 | Общие понятия по электрическим сетям и системам. Его будущее. |
| 2 | 02. 52 | Номинальное напряжение электрических сетей. Категории потребителей. |
| 3 | 03. 53 | Элементы и конструкции воздушных линий. Виды электропроводов. |
| 4 | 04. 54 | Понятия об арматурах и изоляторах. Виды опор воздушных линии, конструкции и применение. |
| 5 | 05. 55 | Виды, применение, размещение, конструкции подземных кабельных линии. |
| 6 | 06. 56 | Способы определения повреждений кабелей и воздушных линий. |
| 7 | 07.57 | Понятия о «Короне». Вычисление сопротивления и проводимости кабелей, проводов. |
| 8 | 08. 58 | Активная и реактивная проводимость воздушных линии |
| 9 | 09. 59 | Определение проводимости и сопротивлению двух и трёх обмоточных трансформаторов. |
| 10 | 10. 60 | Понятия о мощностях и их комплексный вид. |
| 11 | 11. 61 | Потеря напряжения на линиях электропередачи. |
| 12 | 12.62 | Определение потери напряжения в трансформаторах. |
| 13 | 13.63 | Определение поперечного сечения провода электропередачи по условиям потери мощности. |
| 14 | 14. 64 | Потеря мощности в одном или нескольких нагрузочных электрических сетях. |
| 15 | 15. 65 | Потеря мощностей в трансформаторах. |
| 16 | 16. 66 | Потеря энергии в электрической сети. Определение потери энергии в одном или нескольких нагрузочных радиальных электрических сетей.. |
| 17 | 17. 67 | Потеря энергии в трансформаторах. |
| 18 | 18. 68 | Определение потери электроэнергии при передаче в электрической сети. |
| 19 | 19. 69 | Понятие о поперечных сечении проводов и кабельных линий по экономических плотностях тока. |
| 20 | 20. 70 | Определение наилучшего варианта в электрической сети и системах технически-экономические показатели. |
| 21 | 21. 710 | Баланс мощностей у активных потребителей. Основные показатели электроэнергией в электрической сети. |
| 22 | 22. 72 | График годовой, месячный, суточный электра нагрузок |
| 23 | 23. 73 | Понятие об электрических нагрузок. |
| 24 | 24. 74 | Электрических схем районных электрических сетей.. |
| 25 | 25. 75 | Определение расхода электроэнергии потребителей. |
| 26 | 26. 76 | Выбор и проверка проводов и кабеля по термической стойкостьюю. |
| 27 | 27. 77 | Потери напряжении проводов и кабеля. |
| 28 | 28. 78 | Способы определения площади поперечного сечении проводов и кабеля потребителей. |
| 29 | 29.79 | Способы определения площади поперечного сечении проводов и кабеля в электрической сети. |

| 1 | 2 | 3 |
|----|--------|--|
| 30 | 30.80 | Определение проводов и кабеля по потери площади поперечного сечения. |
| 31 | 31.81 | Определение и выбор алюминиево-стального провода. (АС) |
| 32 | 32.82 | Выбор и виды автоматов и предохранителей. |
| 33 | 33.83 | Расчет радиальных сетей без трансформаторов. |
| 34 | 34.84 | Расчет радиальных сетей вместе с трансформаторами. |
| 35 | 35.85 | Способность проводимости линии электра передач. |
| 36 | 36.86 | Векторная диаграмма линии электра передач. |
| 37 | 37.87 | Общие понятия и вычисления о закрытых сетях потребителей. |
| 38 | 38.88 | Вычисление потребителей с двух сторонним источником. |
| 39 | 39.89 | Понятие компенсаций устройства реактивной мощности. |
| 40 | 40.90 | Вычисления равновесия мощностей |
| 41 | 41.91 | Определение потери напряжения у двухсторонних потребителей. |
| 42 | 42.92 | Вычисления и потеря сложных закрытых сетей. |
| 43 | 43.93 | Потеря напряжения в электрических сетях. |
| 44 | 44.94 | Способы автоматического управления электрических сетей и систем. |
| 45 | 45.95 | Несимметричные нагрузки систем и сетей. |
| 46 | 46.96 | Способы уменьшения потери электроэнергии в электрических сетях. |
| 47 | 47.97 | Качество и обеспечение электроэнергии. |
| 48 | 48.98 | Меры принятия на учёт электрических сетей и систем. |
| 49 | 49.99 | Электрооборудования в электрических сетях и системах. |
| 50 | 50.100 | Сегодняшнее положение и проблемы в электрических сетях и системах. |

II. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №-2.

Для выполнения этой контрольной работы чертят схему однолинейной электрических сетей и системы. На основе схемы вычисляют активную и реактивную мощность, выбирают трансформатор, компенсацию реактивной мощности и проводов линию электропередач. В результате выполняется следующие расчеты.

Выполнение контрольной работы: каждый студент берёт вариант из таблицы-2.

ПРИМЕР РАСЧЕТА:

Дано: $U_1=35$ кВ; $U_2=10,5$ кВ; $t = 15$ км; $S= 1000$ кВА; $\cos\varphi=0,8$; $T_{\max}= 5000$ с; $\tau = 3000$ с.

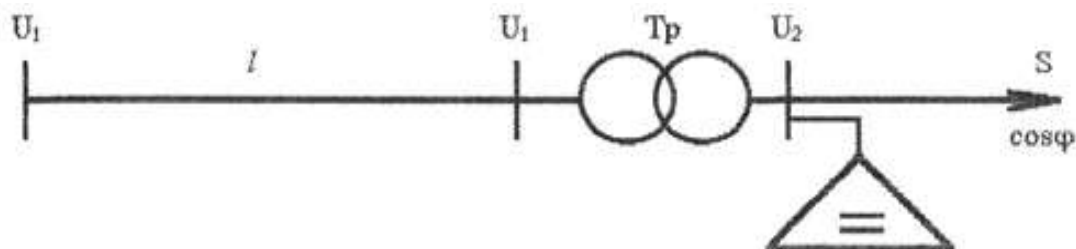


Рис.-1.

1. Определяем активную и реактивную мощность потребителя.

$$P=S\cos\varphi=1000*0,8=800[\text{кВт}]$$

$$Q=S\sin\varphi=1000*0,6=600[\text{кВАР}].$$

Здесь $\sin\varphi=0,6$

$$\cos\varphi=0,8$$

Тогда полная мощность будет:

$$S=P+JQ=800+J600\sqrt{800^2+600^2}=1000[\text{кВА}]$$

На основе расчета полной мощности выбираем трансформатор. Если будут двух трансформаторных подстанций:

$$S_{\text{тр}}=(0.7+0.8)S=0.75*1000=750 [\text{кВА}]$$

Если одна трансформаторная:

$$S_{\text{тр}}=S/(0.7+0.8)=1000/0.75=1333 [\text{кВА}];$$

В таких случаях, выбирая трансформатор нужно обратить внимание на категории потребителей. Или нагрузки коэффициента трансформаторов должны соответствовать к следующим категориям.

I категория $K=0,6+0,75$

II категория $K=0,7+0,85$

III категория $K=0,8+0,95$

При выборе трансформатора учитывается компенсация реактивной мощности. Его значение вычисляется следующим образом:

$$Q_{\text{к}}=P(\text{tg}\varphi_{\text{ест}}-\text{tg}\varphi)=800(0.75-0.328)=337.6\approx 338 [\text{кВАР}]$$

Здесь: $\text{tg}\varphi_{\text{ест}}=0,75$ $\cos\varphi_{\text{ест}}=0,8$ соответствует

$$\cos\varphi_{\text{н}}=0,95 \quad \text{tg}\varphi_{\text{н}}=0,328$$

На основе вычисленной компенсации реактивной мощности ($Q_{\text{к}}$), пользуясь литературой или таблицей-8, выбираем установку конденсатора, которая соответствует таким напряжениям: $U_{\text{н}}=6[\text{кВ}]$ или $U_{\text{н}}=10[\text{кВ}]$;

Или $Q_{\text{к}}^i=330=330 [\text{кВАР}]$

Учитывая установку конденсатора, вычисляем полную мощность потребителя.

$$S_{\text{х}}=P+j(Q-Q_{\text{к}}^i)=800+j(600-330)=800+j270=\sqrt{800^2+270^2}=845 [\text{кВА}]$$

Учитывая установку конденсатора, коэффициент мощности потребителя будет иметь следующий вид:

$$\cos\varphi=P/S_{\text{х}}=800/845=0,95$$

Или, коэффициент мощности должен быть равен нормативу или должен быть больше.

$$\cos\varphi\geq\cos\varphi_{\text{н}}=0,95$$

Таким образом на основе полной мощности, используя 9- таблицу или [5] литературу выполняя выше стоящие условия выбираем трансформатор. Выбираем понизительную двух трансформаторную подстанцию типа 2ХТМ-630/10 или одну трансформаторную подстанцию типа ТМ-1000/10.

Тогда коэффициент нагрузки трансформатора будет иметь следующий вид:

$$K_{\text{н}}=S_{\text{х}}/nS_{\text{нт}}=840/2*630=0,67$$

$$K_{\text{н}}=S_{\text{х}}/S_{\text{нт}}=840/1000=0,84$$

Из таблицы -5 берем данные выбранного трансформатора.

$$S_{\text{нт}}=1000 [\text{кВА}]; U_{\text{нагр}}=35 [\text{кВ}]; U_{\text{ок}}=10.5 [\text{кВ}]; \Delta P_{\text{кт}}=18 [\text{кВт}];$$

$$\Delta P_{\text{хх}}=3,6 [\text{кВт}]; U_{\text{к}}\%=6,5 \%; I_{\text{х}}\%=1,4\%; R_{\text{т}}=8,6 [\text{Ом}];$$

$$X_{\text{т}}=49,8 [\text{Ом}]; \Delta Q_{\text{х}}=22,4 [\text{кВар}];$$

Стоимость трансформатора договорная свободная цена.

Вычисляем активные и реактивные потери мощности трансформатора:

$$\Delta P_{\text{тр}}=1/n\Delta P_{\text{кт}}(S_{\text{х}}/S_{\text{нт}})^2+n\Delta P_{\text{хх}}=(1/2)*18*(840/630)^2+2*3,6=23,2 [\text{кВт}]$$

$$\Delta Q_{\text{т}}=U_{\text{к}}\%S_{\text{х}}^2/100nS_{\text{нт}}+nI_{\text{хх}}\%S_{\text{нт}}/100=6,5*840^2/200*630+2*1,4*630/100=54,04 [\text{кВАР}]$$

Здесь $n=2$ - число трансформатора.

В результате в вводной части трансформатора активная и реактивная мощность будет иметь следующий вид: $P_{\text{ввод}}^{\text{тр}}=P+\Delta P_{\text{тр}}=800+23,2=823,2 [\text{кВт}];$

$$Q_{\text{ввод}}=Q+\Delta Q_{\text{тр}}=600+54,04=654,04 [\text{кВар}];$$

В этом случае полная мощность:

$$S_{\text{ввод}}^{\text{тр}}=P_{\text{ввод}}^{\text{тр}}+JQ_{\text{ввод}}^{\text{тр}}=823,2+J654,04 [\text{кВА}];$$

Потеря энергии в трансформаторе:

$$\Delta A_{\text{тр}}=(1/n)\Delta P_{\text{кт}}(S_{\text{х}}/S_{\text{нт}})^2\tau+n\Delta P_{\text{хх}}T_{\text{н}}=(1,2)*18*(840/630)^2*200+2*3,6*8760=88592 [\text{кВт. с/год}]$$

Здесь, τ -максимальная потеря времени, берется из таблицы-10 и из графика $\tau=f(T)$

Теперь, чтобы выбрать провод линии электра передач выполняется следующие расчеты. Чтобы найти поперечное сечение провода воздушной линии и чтобы она соответствовала номинальному напряжению нужно найти максимальный рабочий ток.

$$I_{\max} = S_{\text{ввод}}^{\text{TP}} / \sqrt{3} U_{\text{н1}} = (823,2 + j654,04) / 35 \sqrt{3} = \sqrt{823,2^2 + 654,04^2} / 35 \sqrt{3} = 1051 / 35 \sqrt{3} = 17,3 \text{ [A]}$$

Если рабочий ток имеет двойную цепь, то будет в два раза меньше. Конечно же, площадь поперечного сечения провода и сам провод основывается на выборе максимального рабочего тока I_{\max} и выбранный провод сравнивается с разрешенным током и напряжением. Здесь выбранная проволока проверяется на следующих условиях:

$$I_{\text{раз}} \geq I_{\max} U$$

Площадь выбранного поперечного сечения и его паспортные данные пишут в таблицу-11.

Вычисляем активные и реактивные сопротивления линии:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell \text{ [OM]};$$

Зарядная реактивная мощность вычисляется таким образом:

$$Q_{\text{с}} = U^2 b_0 \ell \text{ [кВар]};$$

Если линии электропередач будет двух проводной, то расчет выполняется в следующем виде:

$$R_{\text{л}} = r_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad X_{\text{л}} = X_0 \ell / 2 \text{ [OM]}; \quad Q_{\text{с}} = 2 U_1^2 b_0 \ell \text{ [кВар]}.$$

Здесь: r_0, x_0, b_0 -берутся из таблицы в соответствии с видом проволоки.

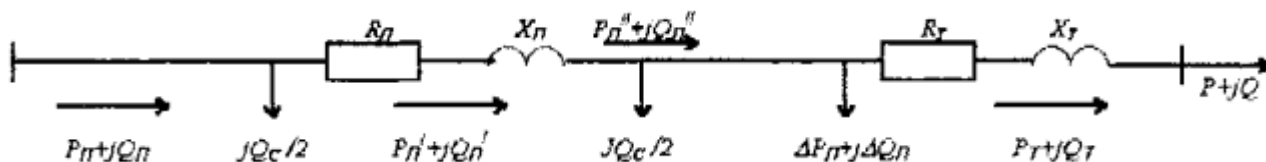


Рис-2.

Зная параметры линии электра передач, можно на основе схемы замещения вычислить мощность и потери, которые протекает по радиальным сетям и системам.

Из рисунка.2 видно, что активные и реактивные мощности в конце линии равны:

$$P_{\text{л}}^{11} = P_{\text{т}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^{11} = Q_{\text{т}} - Q_{\text{с}} / 2 \text{ [кВар]};$$

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) R_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВт]};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^{112} + Q_{\text{л}}^{112}) X_{\text{л}} / U_{1\text{н}}^2 \text{ [кВар]};$$

Учитывая потери линии, мощность на концах линии будет:

$$P_{\text{л}}^1 = P_{\text{л}}^{11} + \Delta P_{\text{л}} \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}}^1 = Q_{\text{л}}^{11} + \Delta Q_{\text{л}} \text{ [кВар]};$$

В результате, определяем начальную мощность линии:

$$P_{\text{л}} = P_{\text{л}}^1 \text{ [кВт]}; \quad Q_{\text{л}} = Q_{\text{л}}^1 - Q_{\text{с}} / 2 \text{ [кВар]};$$

Потеря электроэнергии на линии будет таковым: $\Delta A_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} \tau \text{ [кВт.с/год]}.$

Для выбранной линии электропередач потеря напряжения проволоки определяется с помощью формулы:

$$\Delta U_{\text{л}} = (P_{\text{л}}^1 R_{\text{л}} + Q_{\text{л}}^1 X_{\text{л}}) / U_{\text{л}} \text{ [кВ]};$$

Потеря напряжения в воздушных линиях $\Delta U_{\text{л}}$ должно быть до 5%.

$$\Delta U \% = \Delta U_{\text{л}} 100\% / U_{\text{л}}^{11} \leq 5\%.$$

Здесь: $U_{\text{л}}^{11}$ -напряжения линии в конечной области, это соответствует с напряжением U_1 , которая соединяется с верхней обмоткой трансформатора. В таком случае начальное напряжение линии:

$$U_{\text{л1}} = U_{\text{л}} + \Delta U_{\text{л}} \text{ [кВ]};$$

Определяем КПД линии и мощности:

$$\eta = P_{\text{л}}^{11} / P_{\text{л}} \quad \cos \varphi_{\text{л}} = P_{\text{л}} / S_{\text{л}};$$

здесь: $S_{\text{л}} = P_{\text{л}} + jQ_{\text{л}} \text{ [кВА]}$ -комплексный вид или $S = \sqrt{P_{\text{л}}^2 + Q_{\text{л}}^2} \text{ [кВа]}$;

Теперь вычисляем экономические показатели электрической сети и системы:

$$\sum K = \sum K_{п/ст} + \sum K_{л} \quad [\text{тыс. Сум}]$$

Здесь: $\sum K_{п/ст}$, $\sum K_{л}$ – цена трансформатора и линии. (берется из таблицы 9,11). Учитывая амортизации линии и определяем потери электрической сетей.

$$\sum G = G_{п/ст} + G_{л} + G_{\Delta A} \quad [\text{тыс. Сум}].$$

Здесь: $G_{п/ст} = \sum K_{п/ст} P_{э.тр}$ [тыс. Сум];

$$G_{л} = \sum K_{л} P_{а.л} \quad [\text{тыс. Сум}];$$

$$G_{\Delta A} = \beta \Delta A \quad [\text{тыс. Сум}];$$

$P_{а.тр}$; $P_{а.л}$ – Каждый год выделяющийся для трансформатора и линии амортизационный коэффициент. (таблица-12).

β – цена электрической энергии за 1 кВт/час. (свободная цена).

Приведенная затрата электрической сети и системы определяется следующим образом:

$$Z = E_n \sum K + \sum G \quad [\text{тыс. Сум}];$$

$E_n = 0,12 \div 0,15$ – нормативный коэффициент. Если контрольная работа вычисляется в двух или трех вариантах, тот самый оптимальный Z_{\min} .

Таблица-2.

| № | Вариант | S[кВА] | cosφ | U [кВ] | U [кВ] | ι [км] | T [час] |
|----|---------|--------|------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 01,51 | 1200 | 0,8 | 35 | 10 | 12 | 5000 |
| 2 | 12,52 | 2000 | 0,85 | 110 | 10 | 20 | 4000 |
| 3 | 03,53 | 5000 | 0,84 | 110 | 10 | 15 | 6000 |
| 4 | 04,54 | 7000 | 0,80 | 220 | 35 | 15 | 4500 |
| 5 | 05,55 | 4500 | 0,9 | 110 | 6,3 | 20 | 5500 |
| 6 | 06,56 | 8000 | 0,85 | 220 | 35 | 15 | 3500 |
| 7 | 07,57 | 1100 | 0,86 | 110 | 10 | 20 | 4000 |
| 8 | 08,58 | 4800 | 0,8 | 110 | 10 | 15 | 4500 |
| 9 | 09,59 | 9000 | 0,75 | 220 | 35 | 20 | 5000 |
| 10 | 10,60 | 1400 | 0,8 | 35 | 6,3 | 15 | 5500 |
| 11 | 11,61 | 4000 | 0,85 | 110 | 10 | 20 | 6000 |
| 12 | 12,62 | 9500 | 0,8 | 220 | 35 | 15 | 3000 |
| 13 | 13,63 | 8000 | 0,9 | 220 | 35 | 20 | 3500 |
| 14 | 14,64 | 6200 | 0,85 | 110 | 10 | 15 | 4000 |
| 15 | 15,65 | 10500 | 0,9 | 220 | 35 | 20 | 4500 |
| 16 | 16,66 | 1600 | 0,85 | 35 | 6,3 | 15 | 5000 |
| 17 | 17,67 | 2400 | 0,8 | 35 | 10 | 20 | 5500 |
| 18 | 18,68 | 9200 | 0,8 | 110 | 10 | 15 | 6000 |
| 19 | 19,69 | 3600 | 0,82 | 35 | 10 | 22 | 4500 |
| 20 | 20,70 | 8500 | 0,8 | 110 | 10 | 15 | 3000 |
| 21 | 21,71 | 1600 | 0,85 | 35 | 6,3 | 20 | 3500 |
| 22 | 22,72 | 12000 | 0,86 | 220 | 35 | 15 | 4000 |
| 23 | 23,73 | 3200 | 0,9 | 110 | 10 | 15 | 5000 |
| 24 | 24,74 | 1300 | 0,85 | 35 | 6,3 | 20 | 6000 |
| 25 | 25,75 | 1900 | 0,85 | 35 | 10 | 15 | 5500 |
| 26 | 26,76 | 2400 | 0,8 | 35 | 10 | 20 | 3000 |
| 27 | 27,77 | 6400 | 0,8 | 110 | 10 | 15 | 4500 |
| 28 | 28,78 | 12600 | 0,85 | 220 | 35 | 20 | 6000 |
| 29 | 29,79 | 10400 | 0,8 | 220 | 35 | 10 | 3500 |
| 30 | 30,80 | 8600 | 0,9 | 110 | 6,3 | 20 | 4000 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|--------|-------|------|-----|-----|----|------|
| 31 | 31,81 | 3200 | 0,85 | 35 | 6,3 | 15 | 5500 |
| 32 | 32,82 | 1800 | 0,9 | 35 | 10 | 20 | 3000 |
| 33 | 33,83 | 2400 | 0,8 | 35 | 10 | 15 | 5000 |
| 34 | 34,84 | 7600 | 0,85 | 35 | 10 | 20 | 4500 |
| 35 | 35,85 | 8200 | 0,9 | 110 | 6,3 | 20 | 4000 |
| 36 | 36,86 | 4200 | 0,85 | 110 | 10 | 15 | 6000 |
| 37 | 37,87 | 3400 | 0,8 | 35 | 6,3 | 20 | 5500 |
| 38 | 38,88 | 3200 | 0,8 | 35 | 10 | 15 | 4500 |
| 39 | 39,89 | 10200 | 0,85 | 110 | 10 | 20 | 3500 |
| 40 | 40,90 | 8400 | 0,8 | 110 | 10 | 15 | 3000 |
| 41 | 41,91 | 6200 | 0,9 | 35 | 10 | 20 | 4500 |
| 42 | 42,92 | 8200 | 0,85 | 35 | 6,3 | 15 | 6000 |
| 43 | 43,93 | 10400 | 0,9 | 35 | 10 | 20 | 5000 |
| 44 | 44,94 | 4600 | 0,85 | 35 | 6,3 | 15 | 4000 |
| 45 | 45,95 | 9400 | 0,9 | 35 | 10 | 20 | 5500 |
| 46 | 46,96 | 11400 | 0,8 | 110 | 10 | 15 | 3500 |
| 47 | 47,97 | 10400 | 0,75 | 35 | 6,3 | 20 | 3000 |
| 48 | 48,98 | 4100 | 0,9 | 35 | 10 | 15 | 6000 |
| 49 | 49,99 | 6300 | 0,85 | 110 | 10 | 15 | 4500 |
| 50 | 50,100 | 1800 | 0,9 | 35 | 6,3 | 20 | 5000 |

III. МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.

1. Цель выполнения курсового проекта.

Выполнение курсового проекта является заключительной частью предмета «Электрические сети и системы» и направлены на укрепление теоретических знаний студентов.

Требует особое внимание следующее, что:

- проектирование курсового проекта укрепляет практические знания;
- учат пользоваться нужной литературой;
- повышают внимание на вычисления и на технико-экономическую оценку;
- повышают способность, к самостоятельному решению упражнений инженера связанных с предметам по специальности;
- готовят себя к выполнению дипломного проектирования и дипломной работе.

2. Задание курсового проекта.

Разработать оптимальный вариант энергоснабжения для данного района.

Здесь курсовой проект состоит из следующего:

1. План проекта вместе с местом расположения потребителей.
2. Активная мощность (P_n) используемая в режиме более высокой нагрузки.
3. Повышение обеспечения электроэнергией потребителей и коэффициент соответствующей мощности ($\cos\phi$) на самое высокое время пользования (T_{max}).

Для этого схема электросетей обязана отвечать на следующие стандарты:

1. Повышения качества и бесперебойного обеспечения электроэнергией.
2. Удобность с экономической стороны обеспечения электроэнергией.

Потребители делятся на 3 категории для надёжности обеспечения электроэнергией.

Потребители категории 1, должны обеспечиваться 100% электроэнергией. Для этого желательно использовать источники энергии не связанные друг с другом, т. е. двух стороннее обеспечение энергией, двух проводную линию электропередач и подстанцию из двух трансформаторов.

Потребители категории 2, должны быть обеспечены электроэнергией с помощью подстанций из двух трансформаторов частичный коэффициент, которого $K_{\Sigma}=0,75$ и используется однопроводная линия электропередач надёжная при высоком напряжении.

Потребители категории 3, обеспечиваются с помощью подстанций из одного трансформатора и однопроводной линии передач. Здесь учитывается обмен запасного трансформатора за сутки. Выбранные провода при различной катастрофе могут быть удовлетворены.

При проектировании электросетей и системы сравниваются на основании несколько вариантов схем, итоги одинаковых вычислений с экономическими показателями, и принимаются малорасходный вариант.

3. Порядок оформления графической и объяснительной части в курсовом проекте.

Объяснительная работа по предмету «Электрические сети и системы» рекомендуется выполнять в качестве заключительного расчета в следующем виде:

1. Титульный лист.
2. Календарный план и данный проект.
3. Введение.
4. Основная часть расчета.
5. Пояснительная записка.
6. Используемые литературы при выполнении проекта.

Пояснительная записка пишется на белой бумаге формат 210x 297, 40-50 страницах и часть проекта в основном делят на следующие %:

- Устойчивость энергии и вычисление установки конденсатора 10%:
- Выбор схемы, выбор трансформатора и поперёчного сечения провода- 40%:
- Определение параметров провода и трансформатора 20%:
- Техничко-экономические расчеты и сопоставление вариантов 30%:

Текст курсового проекта должен быть краткий и яркий с технической точки зрения, желательно все способы и формулы указывать в последовательности.

Графическая часть проекта, чертится на двух ватманах объём 24, после росписи и утверждения преподавателя, курсового проект разрешается защита.

4. ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.

Министерство Высшего и Среднего специального образования
Республики Узбекистан.
Навоийский Государственный горный институт.
Факультет «Энергомеханика».
Кафедра «Электроэнергетика».

ЗАДАНИЕ № _____

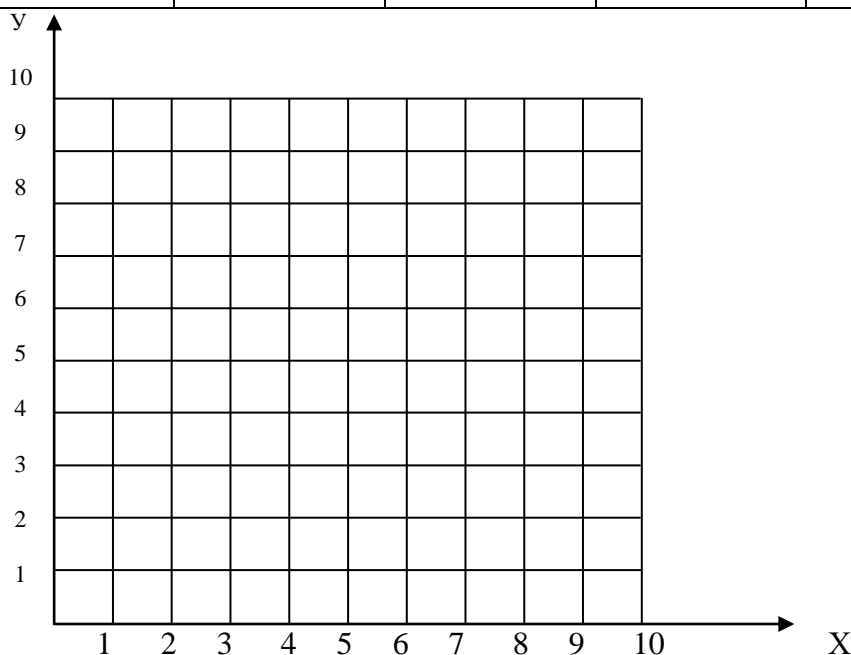
Курсовой проект по предмету «Электрические сети и системы».

Студент _____
группа _____

Дата получения задания « ____ » _____ 2017 год.

Тема проекта: «Электрические сети района»

| № | Р МВт | cosφ | x | y | U _n кВ |
|------|----------|------|---|---|----------------------|
| п/ст | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |



Время здачи задания: План _____ Фактический _____

| Этапы | | | | | Защиты |
|-------|---|---|---|---|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Руководитель проекта: _____

5. Ознакомление с заданием и расчет баланс мощностей

Один из основных показателей проектирования электрических сетей и систем, изучение рекомендации по обеспечению района электроэнергией.

Для этого:

Графическое место расположение потребителей.

Климатические условия:

Рекомендация и категория потребителей электроэнергии.

Понятия об электроэнергии.

Основные вычисления баланс мощности правильно подобрать схему и систему проектирования электрических сетей.

Определим баланс активное мощностей

$$\sum P_r = \sum P_{\text{нагр}} + \Delta P_{\text{сис}} + P_{\text{рез}} \quad [\text{МВт}]$$

Здесь $\sum P_r$ - сумма установленной генерационной мощности;

$\sum P_{\text{нагр}}$ - сумма активных мощностей нагрузок.

$\Delta P_{\text{сеть}}$ - потеря активной мощности в сети;

$P_{\text{рез}}$ - активная мощность в резерве.

Сумма нагрузок активной мощности определяется следующим образом:

$$\sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$ - активная мощность, данное потребителем.

Потеря активной мощности в сети: $\Delta P_{\text{сеть}} = (6+10)\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

А активная мощность в резерве: $P_{\text{рез}} = 10\% \sum P_{\text{нагр}} [\text{МВт}]$

Активная мощность в резерве вызывает доверие у потребителей в обеспечении энергией.

Баланс реактивной мощности

Особое внимание уделяется качеству обеспечения электроэнергией потребителей с дополнительным источником при выборе баланса реактивной мощности со схемой электрических сетей района.

Очень важно улучшить техника – экономического показателя районной электросети т.е для баланса реактивной мощности надо рассчитать с конденсаторными батареями.

Для этого нужно вычислить следующее равенство:

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь $\sum Q_r$ - сумма установленной генерационной реактивной мощности;

$\sum Q_k$ - сумма мощностей конденсаторной батареи;

$\sum Q_{\text{нагр}}$ - сумма нагрузочной реактивной мощности;

$\Delta Q_{\text{тр}}$ - потеря реактивной мощности в трансформаторе;

$Q_{\text{рез}}$ - реактивная мощность в резерве.

Сумма генерирующей реактивной мощности определяется через соответствующий коэффициент мощности районной электросети:

$$\sum Q_r = \sum P_{\text{нагр}} \text{tg} \varphi. \quad [\text{Мвар}]$$

$\text{tg} \varphi$ определяем через $\cos \varphi$.

А реактивная мощность нагрузки определяется таким образом:

$$\sum Q_{\text{нагр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad [\text{Мвар}]$$

Определение потери реактивной мощности в трансформаторе является основным показателем и определяется таким образом:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 10\% \sum S_{\text{нагр}} \quad [\text{Мвар}]$$

Здесь: $\sum S_{\text{нагр}}$ - полная мощность нагрузки

$$\sum S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j \sum Q_{\text{нагр}} = \sqrt{\sum P_{\text{нагр}}^2 + \sum Q_{\text{нагр}}^2} \quad [\text{MVA}]$$

Реактивная мощность в резерве определяется следующим образом:

$$Q_{\text{рез}} = 10\% \sum Q_{\text{нагр}} \quad [\text{Mвар}]$$

Чтобы определить реактивную мощность компенсации нужно вычислить мощность конденсаторной батареи:

$$\sum Q_{\text{к}} = \sum Q_{\text{нагр}} + \Delta Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - \sum Q_{\text{г}} \quad [\text{Mвар}]$$

$$\text{Или } \sum Q_{\text{к}} = \sum P_{\text{нагр}} (\text{tg} \varphi_{\text{ест}} - \text{tg} \varphi_{\text{н}})$$

$$\text{Здесь: } \text{tg} \varphi_{\text{ест}} = \sum P_{\text{нагр}} / \sum S_{\text{нагр}}$$

$$\text{Или, } \cos \varphi_{\text{ест}} = (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \varphi_3 \cos \varphi_4 \cos \varphi_5) / 5$$

Определяя коэффициент мощности, можно найти $\text{tg} \varphi_{\text{н}}$

$$\text{tg} \varphi_{\text{н}} = 0,328 \cos \varphi_{\text{н}} = 0,95 \quad \text{принимается таким образом.}$$

В результате, смотря на найденную мощность конденсаторной батареи $\sum Q$, из таблицы 8 выбирают конденсаторную батарею и определяют полную мощность потребителя.

$$S_{\text{нагр}} = \sum P_{\text{нагр}} + j (\sum Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{к}}^1) \quad [\text{MVA}] ;$$

$Q_{\text{к}}^1$ - мощность конденсаторной батареи, взято из таблицы.

Таким образом, покрытие реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи устанавливается ближе к месту потребителя. В нем, повышая реактивную мощность, уменьшает потери активной мощности, и технико-экономические показатели улучшает качество снабжения электро энергией.

6. Выбор схемы электрических сетей.

При выборе схемы электрических сетей чертится 10-12 вариантов, расстояние между подстанциями, смотря на надёжность варианта, выбираются 2 варианта. Эти 2 варианта сопоставляются с технически –экономическими показателями. Районные электрические сети в основном делятся на 3 схемы:

Радиальный (из открытых сетей).

Кольцевые (схема закрытой цепи).

Разбросанный. (смешанный).

Берутся во внимание схемы вышеуказанных соединений, смотря на группы потребителей, расстояния линий передач, потребителей резервной энергией, а также экономичность в цене цветного металла.

Выбранной схеме ставятся требования, такие как: надёжные, качественные и экономичные, важное место имеет коммутационные аппараты, количество трансформаторов и мощность в каждой подстанции.

Из 10-12 конфигураций нужно выбрать 2 оптимальных варианта, а от проектировщика требуется большие способности, мышление и знание .

Выбирать схемы желательно вместе с руководителем курсового проекта.

7. Определение точки распределения мощности в сети.

Для определения точки распределения мощности в сети делаем анализ простой кольцевой сети. Кольцевая сеть рассматривается потребитель с двух сторон. Для этого просмотрим выбранную схему. Здесь считается масштаб расстояния от одного потребителя к другому. Эту кольцевую сеть переводят в открытую систему, вычисляются по направлению мощности.

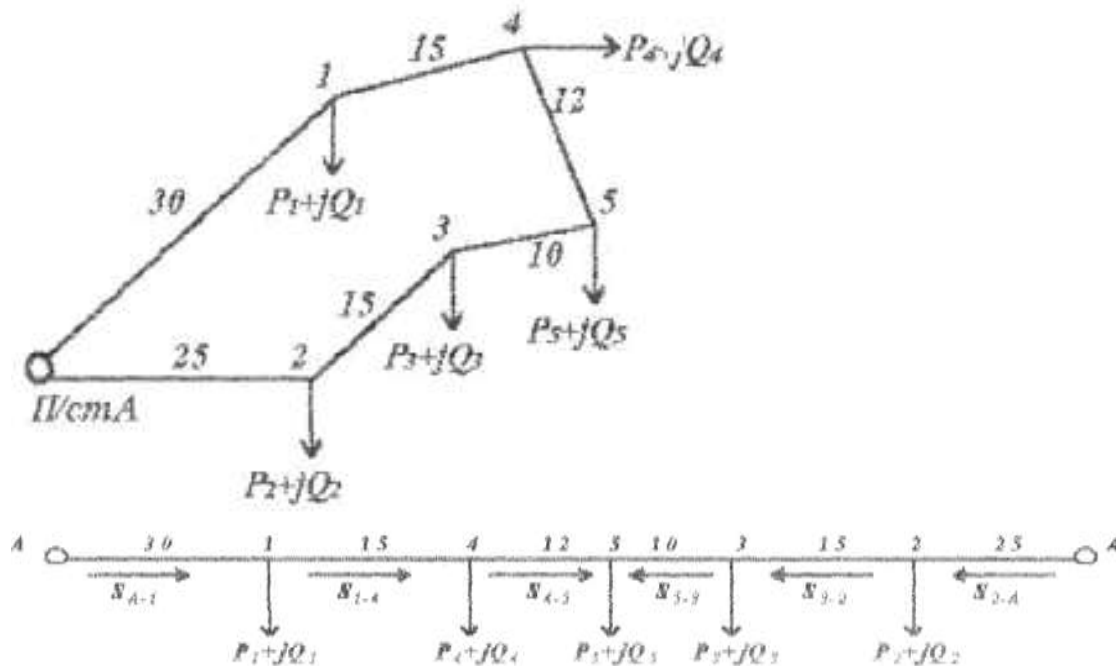


Рис- 3

$$S_{A-1} = \{(P_1+JQ_1)30+(P_4+JQ_4)45+(P_5+JQ_5)57+(P_3+JQ_3)67+(P_2+JQ_2)82\}/(\sum \ell = 107) = \{(R_1 30+JQ_1 30+P_4 45+JQ_4 45+P_5 57+JQ_5 57+P_3 67+JQ_3 67+P_2 82+JQ_2 82)\}/107 = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-1}+JQ_{A-1} \text{ [MBA]}$$

$$S_{1-4} = S_{A-1} - S_1 = P_{A-1} + JQ_{A-1} - (P_1 + JQ_1) \text{ [MBA]}$$

$$S_{4-3} = S_{1-4} - S_4 \text{ [MBA]}$$

$$S_{5-3} = S_{4-3} - S_5 \text{ [MBA]}$$

Если $S_{4-5} < S_1$, то вычисления ведутся со второй стороны, т.е.

$$S_{A-2}^1 = \{(P_2+JQ_2)25+(P_3+JQ_3)40+(P_5+JQ_5)50+(P_4+JQ_4)62+(P_1+JQ_1)77\}/\{\sum \ell = 107\} = \{\sum P+JQ\}/107 = P_{A-2}^1 + JQ_{A-2}^1 \text{ [MBA]}$$

$$S_{2-3} = S_{A-2}^1 - S_2 \text{ [MBA]}$$

$$S_{3-5} = S_{2-3} - S_3 \text{ [MBA]}$$

После этого вычисления прекращаются, т.к. если $S_{5-4} = S_{3-5} - S_5$ то будет $S_{5-4} < S_5$.

В итоге определена точка распределения мощности, после выполнения выше указанных вычислений текущая мощность с двух источников. На примере : на 5-точке с каждой двух сторон течение мощностей прекращается.

8. Выбор номинального напряжения в электрических сетях.

Выбор номинального напряжения в электрических сетях и системе играет большую роль для технико-экономических показателей. Через электрические сети подача мощности при различных стандартах можно принимать напряжение. В стандартные номинальные напряжения входят: 6,10,35,110,220,350,500,750 (кВ). При проектировании курсового проекта желательно пользоваться 13 таблицей.

| | | |
|---------------|---------------|-----------|
| 2÷10 [МВт] | 50÷20 [км] | 35 [кв.] |
| 10÷50 [МВт] | 150÷50 [км] | 110 [кв.] |
| 100÷150 [МВт] | 300÷200 [км] | 220 [кв.] |
| 400÷600 [МВт] | 500÷1000 [км] | 500 [кв.] |

Эти показатели в проектировании считаются заключительными в выборе напряжения. Выбор напряжения желательно после технико-экономических вычислений. При выборе номинального напряжения одно из основных предложений соблюдение для выбора оптимального провода воздушных линий.

Для этого провода с минимальной и максимальной площади поперечного сечения подходящий для мощности обязательно надо соединить с короной.

Для 220 кв. АС-240 мм²

Для 110 кв. АС-70 мм²

Для 35 кв. АС-50 мм² будет минимальным.

Максимальные показания:

Для 35 кв. АС-95 мм²

Для 100кв АС-240 мм²

Для 220 кв. АС-400-500 мм

При выборе мощности пользуйтесь формулой: $U = 4,34\sqrt{0,016/P}$, (кВ).

Здесь:

ℓ -является расстоянием от источника до потребителя.

P- протяженная активная мощность.

Вычисленную нагрузку и правильно подобранную напряжение пишут в таблицу.

| Меж.сетевые Части из рис. | Расстояние ℓ (км) | Вычисленная нагрузка | | Номинальное напряжение U (кВ) |
|------------------------------|---------------------------|----------------------|---------|-------------------------------------|
| | | P+jQ [кВа] | S [кВа] | |
| А-1 1-2 И т.д. | | | | |

9. Выбор силового трансформатора.

При выборе мощного трансформатора (автотрансформатора) немалую роль играет технико-экономическая выдержка мощности, взятая из источника потребителем и надёжное обеспечение. Номинальное напряжение трансформатора измеряется в Киловольт - амперах или Мегавольт - амперах, и выбирается на основе полной мощности потребителя. На практике для подстанции выбирается трансформаторы, смотря на категории потребителя, принимается один или два, трансформатора т.е. все нагрузки в номинальном положении до 40% при аварии 0,7+ 0,75 принимаются.

В результате коэффициент нагрузок на трансформаторы рекомендуются в следующем виде:

Если 1 категория, то $K_n=0,6\div 0,75$ будет.

2 категория, то $K_n=0,7\div 0,85$ будет.

3- категория, то $K_n=0,8\div 0,95$ будет.

Часто для потребителей категории-3 выбирается трансформаторная подстанция с напряжением $S_{нт}=6,3$ (МВА). Выбираемые трансформаторы регулируют под стандартные номинальные напряжения.

Трансформаторы и (автотрансформаторы) с напряжением 220/110/10,5/и 110/35/10,5 трёхфазные и трёхобмоточный обязаны нагружаться до следующего % отношения.

т.е. 100/100/100.

100/100/66,7

100/66,7/100

100/66,7/66,7.

Выбираемые трансформаторы для двух трансформаторных подстанций должны соответствовать следующим требованиям: граница его нагрузочного коэффициента 1,4 или 40% берётся во внимание нагрузка и приблизительное его напряжение определяется так:
 $S \geq S_{наг}/1,4$.

А нагрузочный коэффициент: $K_n=S_{наг}/S_{нт}=0,7\div 0,85$.

В связи с напряжением трансформатора и автотрансформатора, выбор номинальных мощностей берется из таблицы-9.

10. Определение и выбор воздушных линий и выбор площади поперечного сечения провода.

В воздушных электрических сетях с напряжением $U_n=35$ кВ и выше устанавливаются однопроводной и двухпроводной деревянный столб, железный, железобетонный столб. Опоры выбираются по климату планируемого района. Железобетонные опоры устанавливаются в основном в горных массивах, а мощность их больше $U_n=35$ кВ.

Деревянные опоры устанавливаются в районах с низким показателем влажности. Площадь поперечного сечения проводов определяется по формуле: $I_U = S_{\text{нар}} / \sqrt{3} U_n$.

Здесь:

I_U – рабочий ток на линии;

S_n - полное нагрузочное напряжение;

U_n - номинальное напряжение линии.

С определением рабочего тока выбираем поперечное сечение провода или определяем с заключительной формулой: $F = I_U / J_{\text{эк}}$

Здесь:

F- Площадь поперечного сечения провода;

$J_{\text{эк}}$ - Экономическая плотность тока.(А/мм²).

$$J_{\text{эк}} = 1,3 \div 1,5 \text{ [А/мм}^2\text{]}$$

По правилам вычисленного рабочего тока $F = I_U / J_{\text{эк}}$ и выбирается площадь поперечного сечения провода для воздушного двойного провода:

$$I_U = S_{\text{нар}} / 2 * \sqrt{3} U_n$$

Площадь поперечного сечения провода выбранной для каждой сети проверяется при аварии и должны отвечать следующим правилам:

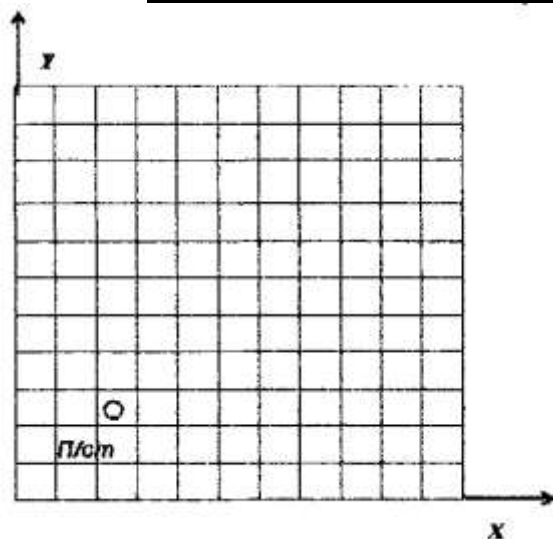
$$I_U \leq I_{\text{раз}} \text{ или } I_{\text{ав}} \leq I_{\text{раз}}.$$

$I_{\text{раз}}$ - разрешённый ток для выбранной проволоки.

11. Однолинейная схема и схема замещения электрических сетей

После вычисления курсового проекта нужно начертить однолинейную схему электрической сети и соответствующую схему замещения и на основе этих сделать анализ. В схеме указывается по ГОСТу подстанция трансформатора, воздушная линия, её длина, вид провода, площадь поперечного сечения. В схеме замещения указывается вычисленные значения параметров электрических сетей. Рекомендуются пользоваться 6 и 7 рис. Для черчения схемы.

12. Варианты курсового проекта и их выполнение



| № | № Потребитель | Р МВт | cosφ | X | Y | Категория % | | | U _н (кВ) | T _{мак} (с) | масштаб (км) |
|---|---------------|-------|------|----|----|-------------|----|-----|---------------------|----------------------|--------------|
| | | | | | | I | II | III | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | п/ст | | | 10 | 5 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 25 | 0,75 | 6 | 6 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,85 | 7 | 7 | 20 | 40 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 20 | 0,95 | 9 | 8 | 5 | 50 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,90 | 7 | 9 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,8 | 5 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| 2 | п/ст | | | 3 | 4 | | | | | 4100 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 3 | 8 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,95 | 5 | 8 | -- | 50 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 7 | 6 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 8 | 8 | 15 | 25 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 7 | 9 | 10 | 30 | 60 | 10 | | |
| 3 | п/ст | | | 1 | 10 | | | | | 4600 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,85 | 6 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 5 | 15 | 35 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 40 | 50 | 6 | | |
| 4 | п/ст | | | 1 | 9 | | | | | 4000 | + |
| | 1 | 16 | 0,90 | 3 | 5 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,95 | 5 | 6 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 3 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 4 | 0,85 | 5 | 4 | 15 | 25 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 4 | 2 | 10 | 30 | 60 | 6 | | |
| 5 | п/ст | | | 8 | 3 | | | | | 4700 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 8 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 25 | 0,90 | 9 | 8 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,87 | 16 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 4 | 12 | 0,95 | 7 | 9 | -- | 55 | 45 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 5 | 8 | 15 | 40 | 55 | 6 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|-------|----|----|----|----|----|----|------|----|
| 6 | п/ст | | | 8 | 3 | | | | | 4700 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 8 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 25 | 0,90 | 9 | 8 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,87 | 16 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 4 | 12 | 0,95 | 7 | 9 | -- | 55 | 45 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 5 | 8 | 15 | 40 | 55 | 6 | | |
| 7 | п/ст | | | 3 | 10 | | | | | 3100 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 5 | 6 | 10 | 45 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 8 | 0,9 | 6 | 5 | 15 | 35 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 3 | 5 | 15 | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 12 | 0,85 | 4 | 3 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 25 | 70 | 6 | | |
| 8 | п/ст | | | 8 | 7 | | | | | 5300 | + |
| | 1 | 12 | 0,85 | 7 | 3 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 2 | 14 | 0,90 | 6 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 8 | 0,95 | 4 | 4 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 5 | 0,75 | 5 | 2 | 15 | 40 | 45 | 6 | | |
| | 5 | 10 | 0,80 | 4 | 3 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| 9 | п/ст | | | 1 | 2 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 5 | 5 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 12 | 0,85 | 7 | 4 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 7 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,90 | 9 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 10 | п/ст | | | 6 | 1 | | | | | 4300 | |
| | 1 | 20 | 0,85 | 7 | 5 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,75 | 5 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 25 | 0,90 | 7 | 7 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,80 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,95 | 6 | 8 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |
| 11 | п/ст | | | 2 | 2 | | | | | 4900 | |
| | 1 | 12 | 0,75 | 4 | 5 | 20 | 45 | 35 | 6 | | |
| | 2 | 14 | 0,95 | 6 | 4 | 10 | 35 | 55 | 6 | | |
| | 3 | 16 | 0,90 | 7 | 6 | 5 | 45 | 50 | 10 | | |
| | 4 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 4 | 0,855 | 9 | 5 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| 12 | п/ст | | | 7 | 10 | | | | | 3900 | |
| | 1 | 25 | 0,85 | 5 | 5 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,75 | 2 | 5 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 20 | 0,90 | 6 | 3 | -- | 45 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,80 | 8 | 2 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,95 | 4 | 1 | 15 | 35 | 60 | 6 | | |
| 13 | п/ст | | | 5 | 2 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 28 | 0,80 | 4 | 5 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 12 | 0,90 | 6 | 5 | — | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 7 | 7 | 10 | 50 | 50 | 10 | | |
| | 4 | 15 | 0,90 | 5 | 7 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,85 | 8 | 6 | — | 45 | 55 | 10 | | |
| 14 | п/ст | | | 2 | 8 | | | | | 5900 | |
| | 1 | 22 | 0,75 | 5 | 5 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 2 | 16 | 0,90 | 4 | 3 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 18 | 0,87 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,95 | 7 | 3 | — | 45 | 55 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 5 | 2 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|------|----|----|----|----|----|----|------|----|
| 15 | п/ст | | | 2 | 7 | | | | | 5100 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 6 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,90 | 5 | 5 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 14 | 0,80 | 7 | 4 | - | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 12 | 0,87 | 8 | 6 | 15 | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 10 | 0,95 | 9 | 5 | 5 | 50 | 45 | 6 | | |
| 16 | п/ст | | | 4 | 2 | | | | | 5100 | |
| | 1 | 20 | 0,80 | 6 | 5 | 15 | 35 | 50 | 6 | | |
| | 2 | 25 | 0,75 | 4 | 6 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,85 | 8 | 6 | 5 | 45 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 15 | 0,90 | 6 | 7 | — | 40 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,95 | 5 | 8 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| 17 | п/ст | | | 8 | 9 | | | | | 5100 | |
| | 1 | 15 | 0,75 | 6 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 8 | 0,90 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,80 | 2 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 14 | 0,87 | 2 | 4 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,95 | 6 | 4 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| 18 | п/ст | | | 3 | 9 | | | | | 4500 | |
| | 1 | 16 | 0,85 | 5 | 6 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 24 | 0,90 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 18 | 0,95 | 4 | 4 | -- | 60 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 9 | 0,78 | 6 | 4 | 25 | 45 | 30 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 5 | 2 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| 19 | п/ст | | | 1 | 9 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 15 | 0,80 | 3 | 5 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,95 | 5 | 6 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 6 | 0,75 | 3 | 3 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 4 | 0,80 | 5 | 4 | 15 | 25 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 8 | 0,90 | 4 | 2 | 10 | 30 | 60 | 6 | | |
| 20 | п/ст | | | 3 | 9 | | | | | 4500 | |
| | 1 | 16 | 0,85 | 5 | 6 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 24 | 0,90 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 18 | 0,95 | 4 | 4 | -- | 60 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 9 | 0,78 | 6 | 4 | 25 | 45 | 30 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 5 | 2 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| 21 | п/ст | | | 2 | 10 | | | | | 4200 | |
| | 1 | 20 | 0,80 | 8 | 7 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 2 | 15 | 0,95 | 6 | 8 | 25 | 45 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 5 | 6 | 5 | 40 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 7 | 9 | 10 | 45 | 45 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,8 | 9 | 8 | 15 | 40 | 40 | 6 | | |
| 22 | п/ст | | | 10 | 2 | | | | | 4300 | |
| | 1 | 16 | 0,90 | 5 | 4 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 6 | 0,95 | 5 | 6 | -- | 50 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 2 | 0,75 | 4 | 5 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 7 | 6 | 15 | 25 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 4 | 0,80 | 3 | 7 | 10 | 30 | 60 | 10 | | |
| 23 | п/ст | | | 9 | 2 | | | | | 4600 | |
| | 1 | 18 | 0,95 | 5 | 3 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 2 | 24 | 0,75 | 7 | 6 | 20 | 40 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,90 | 5 | 6 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 10 | 0,90 | 3 | 4 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,85 | 3 | 6 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|-------|----|----|----|----|----|----|------|----|
| 24 | п/ст | | | 9 | 5 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 14 | 0,75 | 6 | 6 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 18 | 0,85 | 5 | 8 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 4 | 6 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| | 4 | 6 | 0,90 | 3 | 8 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,90 | 5 | 9 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| 25 | п/ст | | | 6 | 1 | | | | | 4300 | |
| | 1 | 20 | 0,85 | 7 | 5 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,75 | 5 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 25 | 0,90 | 7 | 7 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,80 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,95 | 6 | 8 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |
| 26 | п/ст | | | 3 | 10 | | | | | 3100 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 5 | 6 | 10 | 45 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 8 | 0,9 | 6 | 5 | 15 | 35 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 3 | 5 | 15 | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 12 | 0,85 | 4 | 3 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 25 | 70 | 6 | | |
| 27 | П/ст | | | 2 | 7 | | | | | 5100 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 6 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,90 | 5 | 5 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 14 | 0,80 | 7 | 4 | - | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 12 | 0,87 | 8 | 6 | 15 | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 10 | 0,95 | 9 | 5 | 5 | 50 | 45 | 6 | | |
| 28 | п/ст | | | 9 | 2 | | | | | 5400 | |
| | 1 | 15 | 0,90 | 6 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 2 | 9 | 0,85 | 8 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 6 | 7 | 15 | 35 | 50 | 10 | | |
| | 4 | 2 | 0,95 | 4 | 7 | - | 50 | 50 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,80 | 7 | 9 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |
| 29 | п/ст | | | 8 | 3 | | | | | 4700 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 8 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 25 | 0,90 | 9 | 8 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,87 | 16 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 4 | 12 | 0,95 | 7 | 9 | -- | 55 | 45 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 5 | 8 | 15 | 40 | 55 | 6 | | |
| 30 | п/ст | | | 2 | 2 | | | | | 4900 | |
| | 1 | 12 | 0,75 | 4 | 5 | 20 | 45 | 35 | 6 | | |
| | 2 | 14 | 0,95 | 6 | 4 | 10 | 35 | 55 | 6 | | |
| | 3 | 16 | 0,90 | 7 | 6 | 5 | 45 | 50 | 10 | | |
| | 4 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 4 | 0,855 | 9 | 5 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| 31 | п/ст | | | 7 | 10 | | | | | 5000 | |
| | 1 | 25 | 0,85 | 5 | 6 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,75 | 3 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 20 | 0,90 | 5 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,80 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,95 | 4 | 4 | 5 | 40 | 55 | 6 | | |
| 32 | п/ст | | | 9 | 2 | | | | | 5200 | |
| | 1 | 20 | 0,95 | 8 | 6 | 5 | 45 | 50 | 10 | | |
| | 2 | 24 | 0,80 | 7 | 8 | 15 | 50 | 35 | 10 | | |
| | 3 | 16 | 0,75 | 6 | 6 | 20 | 40 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,80 | 5 | 8 | 10 | 35 | 55 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,90 | 5 | 5 | -- | 50 | 50 | 6 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|------|---|----|----|----|----|----|------|----|
| 33 | п/ст | | | 9 | 5 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 14 | 0,75 | 6 | 6 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 18 | 0,85 | 5 | 8 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 4 | 6 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| | 4 | 6 | 0,90 | 3 | 8 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,90 | 5 | 9 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| 34 | п/ст | | | 7 | 9 | | | | | 5000 | |
| | 1 | 18 | 0,90 | 7 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 9 | 0,87 | 8 | 4 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 8 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 45 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,75 | 5 | 3 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 2 | 15 | 35 | 60 | 10 | | |
| 35 | п/ст | | | 1 | 10 | | | | | 4600 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,85 | 6 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 5 | 15 | 35 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 40 | 50 | 6 | | |
| 36 | п/ст | | | 9 | 8 | | | | | 3900 | |
| | 1 | 25 | 0,75 | 7 | 6 | 20 | 45 | 35 | 10 | | |
| | 2 | 20 | 0,95 | 9 | 4 | 10 | 35 | 55 | 10 | | |
| | 3 | 12 | 0,90 | 6 | 2 | 5 | 45 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 7 | 3 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,80 | 9 | 2 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 37 | п/ст | | | 8 | 10 | | | | | 5000 | |
| | 1 | 24 | 0,95 | 4 | 8 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 2 | 18 | 0,75 | 3 | 6 | 20 | 40 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,90 | 6 | 7 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 14 | 0,80 | 5 | 5 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,85 | 2 | 5 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| 38 | п/ст | | | 7 | 9 | | | | | 5000 | |
| | 1 | 18 | 0,90 | 7 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 9 | 0,87 | 8 | 4 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 8 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 45 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,75 | 5 | 3 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 2 | 15 | 35 | 60 | 10 | | |
| 39 | п/ст | | | 1 | 2 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 5 | 5 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 12 | 0,85 | 7 | 4 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 7 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,90 | 9 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 40 | п/ст | | | 9 | 10 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 18 | 0,95 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 2 | 9 | 0,75 | 6 | 5 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 8 | 0,90 | 4 | 6 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 10 | 0,80 | 5 | 4 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,88 | 3 | 5 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| 41 | п/ст | | | 9 | 10 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 18 | 0,95 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 2 | 9 | 0,75 | 6 | 5 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 8 | 0,90 | 4 | 6 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 10 | 0,80 | 5 | 4 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,88 | 3 | 5 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|------|----|----|----|----|----|----|------|----|
| 42 | п/ст | | | 2 | 9 | | | | | 6000 | |
| | 1 | 22 | 0,80 | 6 | 7 | 15 | 50 | 35 | 10 | | |
| | 2 | 25 | 0,95 | 8 | 9 | 5 | 45 | 50 | 6 | | |
| | 3 | 14 | 0,75 | 8 | 7 | 20 | 40 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 6 | 0,80 | 10 | 8 | 10 | 35 | 55 | 10 | | |
| | 5 | 8 | 0,90 | 9 | 5 | - | 50 | 50 | 10 | | |
| 43 | п/ст | | | 7 | 10 | | | | | 3900 | |
| | 1 | 25 | 0,85 | 5 | 6 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,75 | 3 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 20 | 0,90 | 5 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,80 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,95 | 4 | 4 | 5 | 40 | 55 | 6 | | |
| 44 | п/ст | | | 9 | 5 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 14 | 0,75 | 6 | 6 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 18 | 0,85 | 5 | 8 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 4 | 6 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| | 4 | 6 | 0,90 | 3 | 8 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,90 | 5 | 9 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| 45 | п/ст | | | 7 | 9 | | | | | 5000 | |
| | 1 | 18 | 0,90 | 7 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 9 | 0,87 | 8 | 4 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 8 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 45 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,75 | 5 | 3 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 2 | 15 | 35 | 60 | 10 | | |
| 46 | п/ст | | | 10 | 3 | | | | | 3800 | |
| | 1 | 12 | 0,80 | 6 | 5 | 40 | 30 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,75 | 5 | 6 | 45 | 40 | 25 | 10 | | |
| | 3 | 8 | 0,90 | 4 | 4 | 40 | 40 | 20 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,85 | 3 | 5 | 50 | 30 | 20 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,95 | 3 | 7 | -- | 45 | 25 | 6 | | |
| 47 | п/ст | | | 7 | 9 | | | | | 5000 | |
| | 1 | 18 | 0,90 | 7 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 9 | 0,87 | 8 | 4 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 8 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 45 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,75 | 5 | 3 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 2 | 15 | 35 | 60 | 10 | | |
| 48 | п/ст | | | 1 | 2 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 5 | 5 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 12 | 0,85 | 7 | 4 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 7 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,90 | 9 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 49 | п/ст | | | 8 | 10 | | | | | 5700 | |
| | 1 | 24 | 0,75 | 7 | 6 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 14 | 0,80 | 5 | 6 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 16 | 0,85 | 5 | 4 | 15 | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,90 | 3 | 5 | — | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,95 | 7 | 3 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| 50 | п/ст | | | 9 | 10 | | | | | 5800 | |
| | 1 | 18 | 0,95 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 2 | 9 | 0,75 | 6 | 5 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 8 | 0,90 | 4 | 6 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 10 | 0,80 | 5 | 4 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,88 | 3 | 5 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|------|----|----|----|----|----|----|------|----|
| 51 | п/ст | | | 1 | 2 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 5 | 5 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 12 | 0,85 | 7 | 4 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 7 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,90 | 9 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 52 | п/ст | | | 3 | 10 | | | | | 5200 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 5 | 6 | 10 | 45 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 8 | 0,90 | 6 | 5 | 15 | 35 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 3 | 5 | 15 | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 12 | 0,85 | 4 | 3 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 25 | 70 | 6 | | |
| 53 | п/ст | | | 1 | 10 | | | | | 4600 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,85 | 6 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 5 | 15 | 35 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 40 | 50 | 6 | | |
| 54 | п/ст | | | 10 | 8 | | | | | 5500 | |
| | 1 | 18 | 0,80 | 8 | 5 | 20 | 45 | 35 | 10 | | |
| | 2 | 8 | 0,75 | 6 | 5 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 9 | 0,95 | 7 | 3 | — | 40 | 60 | 10 | | |
| | 4 | 2 | 0,95 | 5 | 4 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,90 | 5 | 3 | 5 | 45 | 50 | 10 | | |
| 55 | п/ст | | | 10 | 2 | | | | | 4300 | |
| | 1 | 16 | 0,90 | 5 | 4 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 6 | 0,95 | 5 | 6 | -- | 50 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 2 | 0,75 | 4 | 5 | 20 | 35 | 45 | 10 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 7 | 6 | 15 | 25 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 4 | 0,80 | 3 | 7 | 10 | 30 | 60 | 10 | | |
| 56 | п/ст | | | 1 | 9 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 16 | 0,90 | 3 | 5 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,95 | 5 | 6 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 3 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 4 | 0,85 | 5 | 4 | 15 | 25 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 4 | 2 | 10 | 30 | 60 | 6 | | |
| 57 | п/ст | | | 7 | 10 | | | | | 3900 | |
| | 1 | 25 | 0,85 | 5 | 6 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,75 | 3 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 20 | 0,90 | 5 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,80 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,95 | 4 | 4 | 5 | 40 | 55 | 6 | | |
| 58 | п/ст | | | 10 | 5 | | | | | 4100 | |
| | 1 | 25 | 0,75 | 6 | 6 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,85 | 7 | 7 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 20 | 0,95 | 9 | 8 | 5 | 35 | 60 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,90 | 7 | 9 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 5 | 7 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 59 | п/ст | | | 7 | 10 | | | | | 3900 | |
| | 1 | 25 | 0,85 | 5 | 6 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,75 | 3 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 20 | 0,90 | 5 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,80 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,95 | 4 | 4 | 5 | 40 | 55 | 6 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|------|---|----|----|----|----|----|------|----|
| 60 | п/ст | | | 1 | 2 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 5 | 5 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 12 | 0,85 | 7 | 4 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 7 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,90 | 9 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 61 | п/ст | | | 7 | 9 | | | | | 5000 | |
| | 1 | 18 | 0,90 | 7 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 9 | 0,87 | 8 | 4 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 8 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 45 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,75 | 5 | 3 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 2 | 15 | 35 | 60 | 10 | | |
| 62 | п/ст | | | 3 | 4 | | | | | 4100 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 3 | 8 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,95 | 5 | 8 | -- | 50 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 7 | 6 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 8 | 8 | 15 | 25 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 7 | 9 | 10 | 30 | 60 | 10 | | |
| 63 | п/ст | | | 3 | 9 | | | | | 4500 | |
| | 1 | 16 | 0,85 | 5 | 6 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 24 | 0,90 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 18 | 0,95 | 4 | 4 | -- | 60 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 9 | 0,78 | 6 | 4 | 25 | 45 | 30 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 5 | 2 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| 64 | п/ст | | | 9 | 2 | | | | | 5400 | |
| | 1 | 15 | 0,90 | 6 | 5 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 2 | 9 | 0,85 | 8 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 6 | 7 | 15 | 35 | 50 | 10 | | |
| | 4 | 2 | 0,95 | 4 | 7 | - | 50 | 50 | 10 | | |
| | 5 | 4 | 0,80 | 7 | 9 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |
| 65 | п/ст | | | 1 | 2 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 20 | 0,75 | 5 | 5 | 20 | 50 | 30 | 10 | | |
| | 2 | 12 | 0,85 | 7 | 4 | 15 | 50 | 35 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 7 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,90 | 9 | 6 | 5 | 35 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 10 | | |
| 66 | п/ст | | | 6 | 8 | | | | | 3800 | |
| | 1 | 15 | 0,80 | 6 | 5 | 15 | 50 | 35 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,95 | 4 | 5 | 5 | 45 | 50 | 6 | | |
| | 3 | 6 | 0,75 | 6 | 3 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,80 | 4 | 3 | 10 | 35 | 55 | 10 | | |
| | 5 | 8 | 0,90 | 6 | 2 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| 67 | п/ст | | | 1 | 9 | | | | | 4000 | |
| | 1 | 16 | 0,90 | 3 | 5 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,95 | 5 | 6 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 3 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 4 | 0,85 | 5 | 4 | 15 | 25 | 60 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 4 | 2 | 10 | 30 | 60 | 6 | | |
| 68 | п/ст | | | 3 | 10 | | | | | 5200 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 5 | 6 | 10 | 45 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 8 | 0,90 | 6 | 5 | 15 | 35 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,95 | 3 | 5 | 15 | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 12 | 0,85 | 4 | 3 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 25 | 70 | 6 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|-------|----|----|----|----|----|----|------|----|
| 69 | П/СТ | | | 2 | 3 | | | | | 5100 | |
| | 1 | 24 | 0,75 | 6 | 5 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,80 | 6 | 7 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 14 | 0,85 | 8 | 5 | - | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 16 | 0,90 | 9 | 6 | 15 | 50 | 50 | 10 | | |
| | 5 | 8 | 0,95 | 9 | 7 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| 70 | п/СТ | | | 4 | 1 | | | | | | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 3 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,85 | 6 | 5 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 4 | 6 | 15 | 35 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,95 | 3 | 7 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| | 5 | 10 | 0,80 | 5 | 8 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |
| 71 | п/СТ | | | 8 | 3 | | | | | 4700 | |
| | 1 | 18 | 0,75 | 8 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 25 | 0,90 | 9 | 8 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,87 | 16 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 4 | 12 | 0,95 | 7 | 9 | -- | 55 | 45 | 6 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 5 | 8 | 15 | 40 | 55 | 6 | | |
| 72 | п/СТ | | | 9 | 3 | | | | | 4200 | |
| | 1 | 16 | 0,80 | 8 | 7 | 20 | 50 | 30 | 6 | | |
| | 2 | 25 | 0,87 | 6 | 8 | 25 | 45 | 30 | 6 | | |
| | 3 | 16 | 0,90 | 5 | 6 | 5 | 40 | 55 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,75 | 7 | 9 | 10 | 45 | 45 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,85 | 9 | 8 | 15 | 40 | 40 | 6 | | |
| 73 | п/СТ | | | 3 | 4 | | | | | 4100 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 3 | 8 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,95 | 5 | 8 | -- | 50 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 7 | 6 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 8 | 8 | 15 | 25 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 7 | 9 | 10 | 30 | 60 | 10 | | |
| 74 | п/СТ | | | 6 | 1 | | | | | 4300 | |
| | 1 | 20 | 0,85 | 7 | 5 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,75 | 5 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 25 | 0,90 | 7 | 7 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,80 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,95 | 6 | 8 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |
| 75 | п/СТ | | | 2 | 2 | | | | | 4900 | |
| | 1 | 12 | 0,75 | 4 | 5 | 20 | 45 | 35 | 6 | | |
| | 2 | 14 | 0,95 | 6 | 4 | 10 | 35 | 55 | 6 | | |
| | 3 | 16 | 0,90 | 7 | 6 | 5 | 45 | 50 | 10 | | |
| | 4 | 6 | 0,80 | 6 | 7 | 10 | 40 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 4 | 0,855 | 9 | 5 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| 76 | п/СТ | | | 3 | 4 | | | | | 4100 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 3 | 8 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,95 | 5 | 8 | -- | 50 | 50 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,75 | 7 | 6 | 20 | 35 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,85 | 8 | 8 | 15 | 25 | 60 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,80 | 7 | 9 | 10 | 30 | 60 | 10 | | |
| 77 | п/СТ | | | 1 | 10 | | | | | 4600 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,85 | 6 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 5 | 15 | 35 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 40 | 50 | 6 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------|----|------|---|----|----|----|----|----|------|----|
| 78 | п/ст | | | 6 | 8 | | | | | 3800 | |
| | 1 | 15 | 0,80 | 6 | 5 | 15 | 50 | 35 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,95 | 4 | 5 | 5 | 45 | 50 | 6 | | |
| | 3 | 6 | 0,75 | 6 | 3 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 4 | 4 | 0,80 | 4 | 3 | 10 | 35 | 55 | 10 | | |
| | 5 | 8 | 0,90 | 6 | 2 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| 79 | п/ст | | | 4 | 2 | | | | | 5900 | |
| | 1 | 24 | 0,87 | 3 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 18 | 0,75 | 6 | 6 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 10 | 0,90 | 5 | 7 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,95 | 4 | 9 | — | 50 | 50 | 10 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 9 | 5 | 40 | 55 | 6 | | |
| 80 | п/ст | | | 9 | 2 | | | | | 5200 | |
| | 1 | 20 | 0,95 | 8 | 6 | 5 | 45 | 50 | 10 | | |
| | 2 | 24 | 0,80 | 7 | 8 | 15 | 50 | 35 | 10 | | |
| | 3 | 16 | 0,75 | 6 | 6 | 20 | 40 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 8 | 0,80 | 5 | 8 | 10 | 35 | 55 | 10 | | |
| | 5 | 2 | 0,90 | 5 | 5 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| 81 | п/ст | | | 6 | 1 | | | | | 4300 | |
| | 1 | 20 | 0,85 | 7 | 5 | 15 | 40 | 45 | 10 | | |
| | 2 | 15 | 0,75 | 5 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 25 | 0,90 | 7 | 7 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,80 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,95 | 6 | 8 | 5 | 40 | 55 | 10 | | |
| 82 | п/ст | | | 8 | 9 | | | | | 5100 | |
| | 1 | 15 | 0,75 | 6 | 6 | 25 | 50 | 25 | 10 | | |
| | 2 | 8 | 0,90 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 6 | | |
| | 3 | 10 | 0,80 | 2 | 6 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 14 | 0,87 | 2 | 4 | 15 | 45 | 40 | 6 | | |
| | 5 | 5 | 0,95 | 6 | 4 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| 83 | п/ст | | | 1 | 10 | | | | | 4600 | |
| | 1 | 20 | 0,90 | 4 | 7 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 16 | 0,85 | 6 | 7 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 12 | 0,75 | 3 | 5 | 15 | 35 | 50 | 6 | | |
| | 4 | 10 | 0,95 | 5 | 5 | -- | 50 | 50 | 6 | | |
| | 5 | 6 | 0,80 | 6 | 3 | 5 | 40 | 50 | 6 | | |
| 84 | п/ст | | | 3 | 9 | | | | | 4500 | |
| | 1 | 16 | 0,85 | 5 | 6 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 24 | 0,90 | 7 | 5 | 10 | 50 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 18 | 0,95 | 4 | 4 | -- | 60 | 40 | 6 | | |
| | 4 | 9 | 0,78 | 6 | 4 | 25 | 45 | 30 | 10 | | |
| | 5 | 5 | 0,80 | 5 | 2 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |
| 85 | п/ст | | | 2 | 3 | | | | | 5100 | |
| | 1 | 24 | 0,75 | 6 | 5 | 15 | 45 | 40 | 10 | | |
| | 2 | 10 | 0,80 | 6 | 7 | 20 | 40 | 40 | 10 | | |
| | 3 | 14 | 0,85 | 8 | 5 | - | 40 | 45 | 6 | | |
| | 4 | 16 | 0,90 | 9 | 6 | 15 | 50 | 50 | 10 | | |
| | 5 | 8 | 0,95 | 9 | 7 | 5 | 50 | 45 | 10 | | |

Пример расчета курсового проекта

Если курсовой проект дан по вариантам, то он выполняется в следующем виде:
 Дано: $P_1=20$ [МВт]; $P_2=12$ [МВт]; $P_3=10$ [МВт]; $P_4=4$ [МВт]; $P_5=6$ [МВт]; $\cos\varphi_1=0,75$;
 $\cos\varphi_2=0,85$;
 $\cos\varphi_3=0,95$; $\cos\varphi_4=0,9$; $\cos\varphi_5=0,8$.

Определяем реактивную мощность.

$$Q=UI\sin\varphi$$

Если $S=UI$ то $Q=S\sin\varphi$

$$S_1=P_1/\cos\varphi_1=20/0,75=26,7 \text{ [MBA]}; Q_1=S_1\sin\varphi=26,7*0,52=17,6 \text{ [Mвар]}$$

Здесь: если $\cos\varphi=0,75$ то $\sin\varphi=0,52$;

Точно также: $S_2=14$ [MBA]; $S_3=10,5$ [MBA]; $S_4=4,4$ [MBA]; $S_5=7,5$ [MBA];

$$Q_2=7,3 \text{ [MВАР]}; Q_3=3,2 \text{ [MВАР]}; Q_4=2 \text{ [MВАР]}; Q_5=4,5 \text{ [MВАР]}.$$

Из вычисления можно определить полную мощность:

$$S_1=P_1+JQ_1=20+J17,6 \text{ [MBA]}; S_2=P_2+JQ_2=12+J7,3 \text{ [MBA]}; S_3=P_3+JQ_3=10+J3,2 \text{ [MBA]};$$

$$S_4=P_4+JQ_4=4+J2 \text{ [MBA]}; S_5=P_5+JQ_5=6+J4,5 \text{ [MBA]}$$

Теперь вычисляем равновесие активной и реактивной мощности:

$$\sum P_r = \sum P_n + \Delta P_{\text{сеть}} + P_{\text{рез}} = 52 + 4,2 + 5,2 = 61,4 \text{ [МВт]}$$

$$\text{Здесь: } \sum P_{\text{нагр}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 20 + 12 + 10 + 4 + 6 = 52 \text{ [МВт]}$$

$$\Delta P_{\text{сеть}} = (6 \div 10)\% \sum P_n = 8\% / 100 * 52 = 4,2 \text{ [МВт]};$$

$$P_{\text{рез}} = 10\% \sum P_n = 10\% / 100 * 52 = 5,2 \text{ [МВт]};$$

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_n + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}};$$

$$\text{Здесь: } \sum Q_n = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 17,6 + 7,3 + 3,2 + 2 + 4,5 = 34,6 \text{ [MВАР]};$$

$$\sum Q_{\text{тр}} = 10\% \sum S_n = 10\% / 100 * 62,4 = 6,2 \text{ [MВАР]};$$

$$S_n = P_n + JQ_n = \sqrt{P_n^2 + Q_n^2} = \sqrt{52^2 + 34,6^2} = 62,4 \text{ [MBA]};$$

$$Q_{\text{рез}} = 10\% \sum Q_n = 10\% / 100 * 34,6 = 3,5 \text{ [MВАР]};$$

$$\sum Q_r = \sum P_r \text{tg}\varphi_r = 61,4 * 0,64 = 39,2 \text{ [MВАР]};$$

$$\cos\varphi_r = (\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2 + \cos\varphi_3 + \cos\varphi_4 + \cos\varphi_5) / 5 = (0,75 + 0,85 + 0,95 + 0,9 + 0,8) / 5 = 0,84$$

или когда $\cos\varphi_r=0,84$ то $\text{tg}\varphi_r=0,64$;

$$Q_k = \sum Q_n + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}} - \sum Q_r = 34,6 + 6,2 + 3,5 - 39,2 = 5,1 \text{ [MВАР]}$$

$$\sum Q_r + \sum Q_k = \sum Q_n + \sum Q_{\text{тр}} + Q_{\text{рез}};$$

$$39,2 + 5,1 = 34,6 + 6,2 + 3,5 - 44,3 = 44,3 \text{ [MВАР]};$$

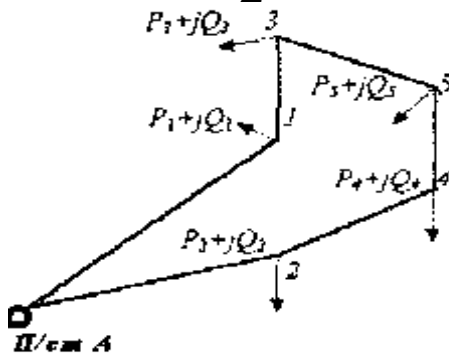
Определяем точек распространения мощности.

Для определения точки нужно начертить 10-12 конфигураций, учитывая нагрузку, расстояние, и категорию потребителя. Из них выбирают два оптимальных варианта.

Выборанную круглую сеть вычислим в расправленном виде:

$$L_{A-1}=35 \text{ км}; l_{1-3}=15 \text{ км}; l_{3-5}=25 \text{ км}; l_{5-4}=10 \text{ км}; l_{4-2}=20 \text{ км}; l_{2-A}=30 \text{ км};$$

$$\sum l = 135 \text{ км.}$$



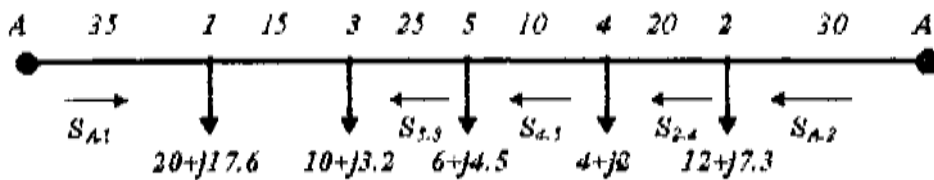


Рис -4.

$$S_{A-1} = \{(20+j17,6)35 + (10+j3,2)50 + (6+j4,5)75 + (4+j2)85 + (12+j7,3)105\} / 135 = (3250 + j2050) / 135 = 24,1 + j15,2 \text{ [MBA]};$$

Мощность, переходящая от первого к третьему пользователю: $S_{1-3} = S_{A-1} - S_1 = 24,1 + j15,2 - (20 + j17,6)$ если не удовлетворяет расчет, то вычисляется S_{A-2} мощность:

$$S_{A-2} = \{(12+j7,3)30 + (4+j2)50 + (6+j4,5)60 + (10+j3,2)85 + (20+j17,6)100\} / 135 = 3770 + j19,4 \text{ [MBA]};$$

$$S_{2-4} = S_{A-2} - S_2 = 27,9 + j19,4 - (12 + j7,3) = 15,9 + j12,1 \text{ [MBA]};$$

$$S_{4-5} = S_{2-4} - S_4 = 15,9 + j12,1 - (4 + j2) = 11,9 + j10,1 \text{ [MBA]};$$

$$S_{5-3} = S_{4-5} - S_5 = 11,9 + j10,1 - (6 + j4,5) = 5,9 + j5,6 \text{ [MBA]};$$

$$S_{3-1} = S_{5-3} - S_3 = 5,9 + j5,6 - (10 + j3,2).$$

Вычисление тоже не удовлетворяет.

Из-за этого, точки распространения мощности 1 и 3 будут у потребителя.

Выбираем номинальное напряжение для планируемой сети.

Пользуясь 13 таблицей, заполняем следующую таблицу.

| Расположение Потребителей. | Вычисленная нагрузка | | ℓ (км) | U_H (кВ) |
|----------------------------|----------------------|---------|-------------|------------|
| | P+JQ (MBA) | S (MBA) | | |
| A-1 | 24,1+j15,2 | 28,4 | 35 | 110 |
| A-2 | 27,9+j19,4 | 34 | 30 | 110 |
| 2-4 | 15,9+j12,1 | 20 | 20 | 110 |
| 4-5 | 11,9+j10,1 | 15,6 | 10 | 110 |
| 5-3 | 5,9+j5,6 | 8 | 25 | 110 |

Выбираем силовые трансформаторы.

Выбираем силовые трансформаторы для пользователей и вычисляем их потери.

$$P_{ст-1} S_H = P_1 + JQ_1 = 20 + j17,6 = 26,7 \text{ [MBA]}$$

Если $\cos\varphi = 0,75$; то $\operatorname{tg}\varphi = 0,88$ будет.

Здесь: $\cos\varphi < \cos\varphi_H = 0,95$

Из-за этого выбираем покрытие для реактивной мощности, конденсаторные батареи.

Определяем мощность покрытия реактивной мощности:

$$Q_K = P_1(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_H) = 20(0,88 - 0,33) = 1,1 \text{ [MVar]}$$

Как для найденной мощности, покрытие конденсатору выберем из 8 таблицы.

$$Q'_{к=2} * 500 = 10000 \text{ [KVar]}$$

Полная вычислительная мощность пользователя после компенсации: $S_X = \sqrt{P_1^2 + (Q_1 - Q_{кy}^1)^2} = \sqrt{20^2 + (17,6 - 10)^2} = 21,4 \text{ [MBA]};$

Его коэффициент мощности: $\cos\varphi = P_1 / S_X = 20 / 21,4 = 0,94.$

В соответствии с вычисленной полной мощности, выбираем понижающий трансформатор.

Особое внимание, уделяется на категорию потребителя при выборе трансформатора. С таб. 9 выберем двух обмоточный трех фазный трансформатор. ТДН-16/110.

Его коэффициент нагрузки:

$$K_H = S_H / nS_{HT} = 21,4 / 2 * 16 = 0,67.$$

Запишем паспортные данные выбранного трансформатора.

$S_{HT}=16$ [МВА]; $U_{HK}=110$ [КВ]; $U_{HK}=10$ [КВ]; $\Delta P_{KT}=19$ [КВТ]; $\Delta P_0=85$ [КВТ]; $I_0=0,7\%$;
 $U_K\%=10,5\%$; $R_T=4,38$ [ОМ]; $X_T=87$ [ОМ]; $K_T=63$ тыс. Сум. (свободная цена).

Вычисляем потери энергии и мощность выбранного трансформатора.

$$\Delta P_T = 1/n \Delta P_K (S_H/S_{HT})^2 + n \Delta P_0 = 1/2 * 85 (21,4/16)^2 + 2 * 19 = 0,11 \text{ [МВТ]};$$

$$\Delta Q_T = U_K\% S_H^2 / n 100 S_{HT} + n I_0\% S_{HT} / 100 = 10,5 * 21,4^2 / 2 * 100 * 16 + 2 * 0,7 * 16 / 100 = 1,5 \text{ [МВар]};$$

Потеря энергии:

$$\Delta \tau = 1/n \Delta P_K (S_H/S_{HT})^2 \tau + n \Delta P_0 T_{год} = 1/2 * 85 (21,4/16)^2 2000 + 2 * 19 * 8760 = 485 \text{ [Мвт.час/год]}.$$

Здесь: $T_{но} = 4000$ с; $\tau = 2000$ с; $T_{год} = 8760$ с. Берется из таблицы-10.

Полная потеря мощности:

$$\Delta S_{TP} = \Delta P_{TP} + J \Delta Q_{TP} = 0,11 + J 1,5 \text{ [МВТ]};$$

Принимая во внимание потребляемый мощность трансформатора и потери:

$$S_{TP}^{ввод} = S_H + \Delta S_{TP} = 20 + J 17,6 + 0,11 + J 1,5 = 20,1 + J 19,1 \text{ [МВТ]};$$

Выбор и вычисления других трансформаторов выполняется по 5 таб.

| Наимен. П/ст | Полная нагрузка | | Вид тр-ра и мощность | K_H | S_{H1} мва | ΔP_K КВТ | ΔP_0 КВТ | U_K % | I_0 % | R_1 ОМ | X_1 ОМ |
|---------------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------|-----------------|---------------------|---------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | $P+JQ$ мва | S_H мва | | | | | | | | | |
| n-1 n-2 n-3 n-4 n-5 | 20+J(17,6-10) | 21,4 | 2*ТДН-16/110 | 0,67 | 16 | 85 | 19 | 10,5 | 0,7 | 4,4 | 87 |

| Наим. Подст. | K_1 | ΔP_1 | ΔQ_1 | ΔA_1 | ΔS_1 | $S_{TP}^{ввод}$ |
|---------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|
| | тыс/сум | МВТ | Мвар | МВТ с/год | мва | мва |
| n-1 n-2 n-3 n-4 n-5 | 63 | 0,11 | 1,5 | 485 | 0,1+J1,5 | 20,1+J19,1 |
| | $\sum K_{TP}$ | | | $\sum A_{TP}$ | | |

Смотря на расчеты в таблице, цена и сумма потерь энергии трансформаторов

будет: $\sum K_{TP} = 300$ тыс.Сум; $\sum \Delta A_{TP} = 1855$ МВТ. с/год.

Выбираем площадь поперечного сечения провода для сетей и вычисляем потери у них.

Дорога электропередач А-1.

$$S_{ю} = 24 + J 15,2 = 28,4 \text{ [МВА]}$$

Вычислим рабочий ток потребителя:

$$I_U = S_{ю} / \sqrt{U_H} = 28,4 * 10^3 / 110 \sqrt{3} = 146 \text{ [А]}$$

Площадь поперечного сечения провода, который соответствует рабочему току, берем из 11 таб.

В процессе выбора принимаем железобетонные опоры. АС-70.

Его мощность $U_H = 110$ (кВ). Разрешенный ток $I_{раз} = 265$ [А]; $I_H < I_{раз}$ или $265 > 146$ [А]; удовлетворяет.

Паспортные данные выбранного провода записывают из 11 таб.

$$F=70 \text{ мм}^2 ; r_0=0,43 \text{ Ом/км} ; x_0=0,4 \text{ Ом/км} ; \tau=35 \text{ км} ;$$

Цена 1 км. провода $K=12$ тыс. Сум.

Общая цена $\sum K = \tau K = 35 * 12 = 420$ м Сум.

$$B_0 = 2,8 * 10^6 \text{ см/км} ; B = b_0 * \tau = 2,8 * 10^6 * 35 = 98 * 10^6 \text{ Ом/км} ;$$

Вычисляем потери напряжения :

$$\Delta U = (PR + QX) / U_H = (24 * 15,1 + 15,2 * 14) / 110 = 5,2 \text{ [кВ]} ;$$

Здесь: $R = R r_0 * \tau = 0,43 * 35 = 15,1 \text{ [Ом]} ;$

$$X_0 = x * \tau = 0,4 * 35 = 14 \text{ [Ом]} ;$$

$$\Delta U \% = 100 \% \Delta U / U_H = 100 \% 5,2 / 110 = 4,7 \% ; \Delta U \% = 4,7 \% < 5 \% ;$$

Вычисляем на линиях потери энергии и мощности:

$$S_{\text{тр}}^{\text{ввод}} = 20,1 + j19,1 \text{ [MBA]} ;$$

$$S_{\text{л}}^{\text{л}} = S_{\text{тр}}^{\text{ввод}} - \Delta Q_c = 20,1 + j19,1 - 1,2 = 20,1 + j19 \text{ [MBA]} ;$$

Здесь: $\Delta Q_c = B U_H^2 = 98 * 10^6 * 110^2 = 1,2 \text{ [Мвар]}$

Потеря активной мощности:

$$\Delta P_{\text{л}} = (P^{\text{л}2} + Q^{\text{л}2}) R / U_H^2 = 955 \text{ [кВт]} = 0,96 \text{ [МВт]} ;$$

Потеря реактивной мощности:

$$\Delta Q_{\text{л}} = (P^{\text{л}2} + Q^{\text{л}2}) X / U_H^2 = 885 \text{ [кВАР]} = 0,89 \text{ [Мвар]}$$

$$\Delta S_{\text{л}} = \Delta P_{\text{л}} + j \Delta Q_{\text{л}} = 0,96 + j0,89 \text{ [MBA]} ;$$

Вычисляем потери энергии на линии.

$$\Delta A = \Delta P_{\text{л}} \tau = 0,96 * 2000 = 1960 \text{ МВт.с/год.}$$

Вычисления и выбор провода для других линий выполняется по 6 таб.

| Линии электропередачи | Расчет нагрузки | | I_B | Марка провода | I_p А | r_0 Ом/км | x_0 Ом/км | L к м | R Ом | X Ом | К _л Тыс. сум |
|---|---------------------------------------|-----------------------|-------|---------------|------------|----------------|----------------|-------------|---------|---------|-------------------------------|
| | $P_{\text{л}} + jQ_{\text{л}}$ MBA | $S_{\text{л}}$ MBA | | | | | | | | | |
| A-1 A ¹ -2 2-4 4-5 5-3 | 24+j15,2 | 28,4 | 146 | АС-70 | 265 | 0,43 | 0,4 | 35 | 15,1 | 14 | 12 |
| | | | | | | | | | | | |

| Линии электропередачи | $\Sigma K_{л}$ | ΔU | b_0 | B | $\Delta Q_{л}$ | $S_{тр}^{ввод}$ | $\Delta P_{л}$ | $\Delta Q_{л}$ | $\Delta S_{л}$ | $\Delta A_{л}$ |
|---|----------------|------------|-------|-------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Тыс. сум | % | См/км | Ом/км | Мвар | Мва | мвт | мвар | мва | Мвт. ч/год |
| А-1 А ¹ -2 2-4 4-5 5-3 | 420 | 4,7 | 2,8 | 98 | 12 | 20,1+ j19,1 | 0,96 | 0,89 | 0,96+ 0,89 | 1960 |
| | ΣK | | | | | | | | | ΣA |

В результате вычисления сумма потери энергии и полная стоимость линии будет:

$$\Sigma K_{л}=2112 \text{ млн. Сум} \quad \Sigma \Delta A_{л}=10192 \text{ Мвт. час/год}$$

Проверка выбранного провода для сети на аварийное состояние.

Для проверки аварийного состояния провода нужно рассоединить дальнюю линию т.е.

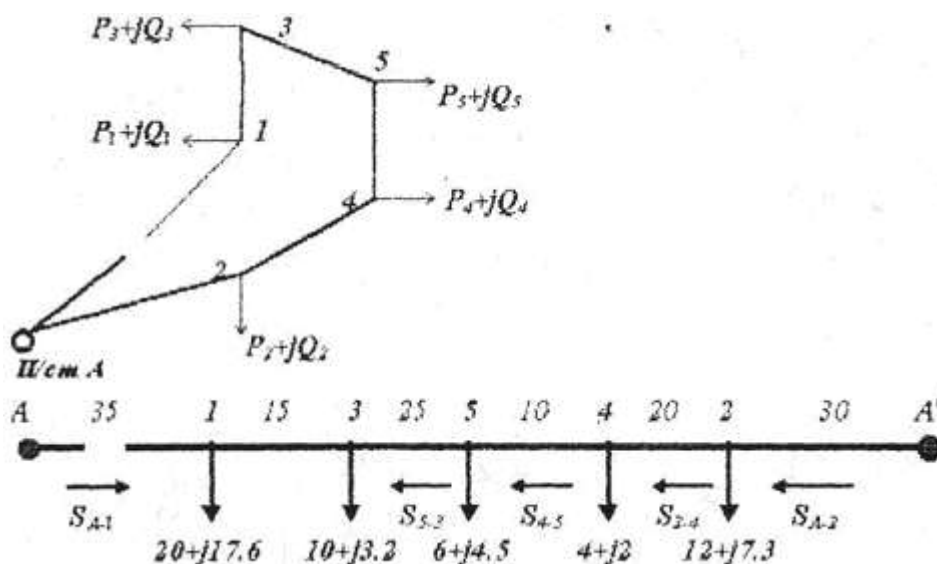


Рисунок-5

$$S_{A-2} = \{(12+j7,3)30 + (4+j2)50 + (6+j4,5)60 + (10+j3,2)85 + (20+j17,6)100\} / 100 = \\ = (3770 + j2621) / 100 = 37,7 + j26,2 = 45,9 \text{ МВА};$$

$$\text{Рабочий ток при аварии } I_U = S_{A-2} / \sqrt{3} U_H = 45,9 * 10^3 / 100 \sqrt{3} = 241 \text{ А.}$$

Смотря на итоги рабочего тока, выбирается провод АС-70. Разрешенный ток для выбранного провода:

$$I_{раз} = 265 \text{ А}; \quad I_{раз} \geq I_H \quad \text{или} \quad 265 \geq 241 \text{ А.}$$

Провод, выбранный при аварии, сопоставляется в нормальной линии. Если не подходит нужно выбрать другой стандартный провод.

Технически - экономические вычисления электрических сетей и системы.

Расходы потери в сети:

$$C_{\Delta A} = \Sigma \Delta A_{сеть} C_0 = 4441 * 10^3 * 2 = 8,9 \text{ млн. Сум.}$$

Здесь: $C_0 = 2$ Сум (свободная цена) цена 1 кВт. час электра энергии.

$\Sigma \Delta A_{лэп} \Sigma \Delta A_{п/ст}$ - значения берутся из 5,6 таблицы.

Потери по всей сети такие:

$$\sum C_{\text{сеть}} = C_{\Delta A} + C_{\text{лэп}} + C_{\text{п/ст}} = 8900 + 46 + 32 = 8,98 \text{ млн. Сум.}$$

$$\text{Здесь: } C_{\text{лэп}} = P \sum K_{\text{л}} = 2,8\% \cdot 1653 = 46 \text{ тыс. Сум;}$$

$$C_{\text{п/ст}} = P_{\text{п/ст}} \sum K_{\text{п/ст}} = 9,4 \cdot 343 = 32 \text{ тыс. Сум;}$$

$P_{\text{л}}$, $P_{\text{п/ст}}$ - выделенные средства для амортизаций; % берется из таблицы 12.

$\sum K_{\text{л}}$ $\sum K_{\text{п/ст}}$ - цена линии и подстанций берется из таблицы 9,11 .

Приведенные расходы: $Z = \sum C_{\text{сеть}} + E_{\text{н}} \sum K_{\text{сеть}} = 8980 + 0,15 \cdot 1996 = 9,3 \text{ млн. Сум.}$

$E_{\text{н}} = 0,12-0,15$ - нормативный коэффициент.

Вычисления при планировании курсового планирования в выше указанном порядке считаются оптимальным вариантом и в итоге технически - экономические показатели пишутся в 7 таб.

| | 1-вариант | 2-вариант |
|---|-----------|-----------|
| $\sum K_{\text{сеть}}$ млн.Сум $\sum \Delta A_{\text{сеть}}$ мВт. час/год $\sum \Delta U_{\text{сеть}}$ млн.Сум Z , млн. Сум | | |

На таблице-7 пишется, технико-экономические показатели проекта и сравнивается с 2-вариантом, и пишутся заключительные мысли проектора. И потом чертят однолинейную схему и схему замещения. Защищая, свой проект на основе чертежа получают оценку.

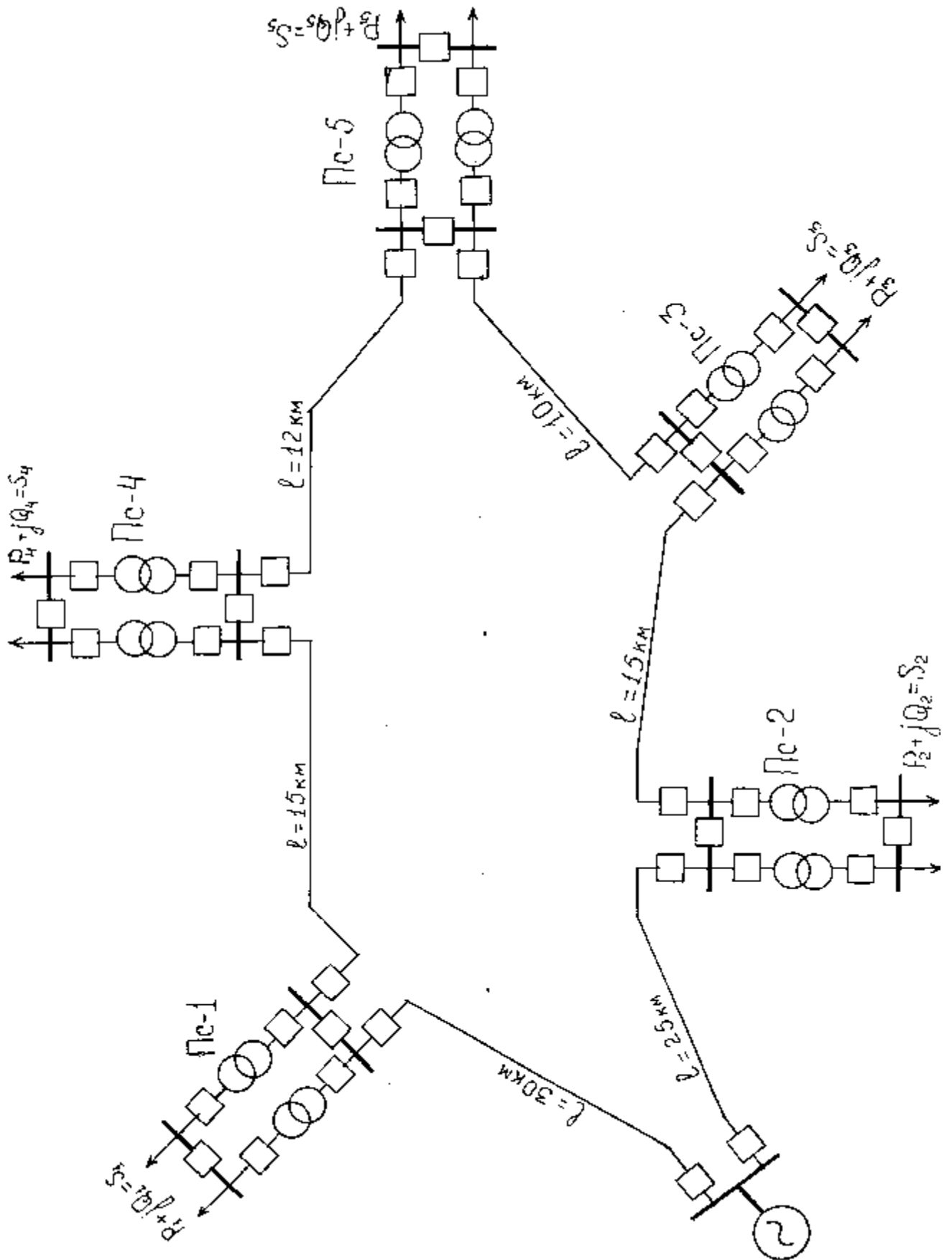


Рис – 6. Схема однолинейной замкнутой электрической сети.

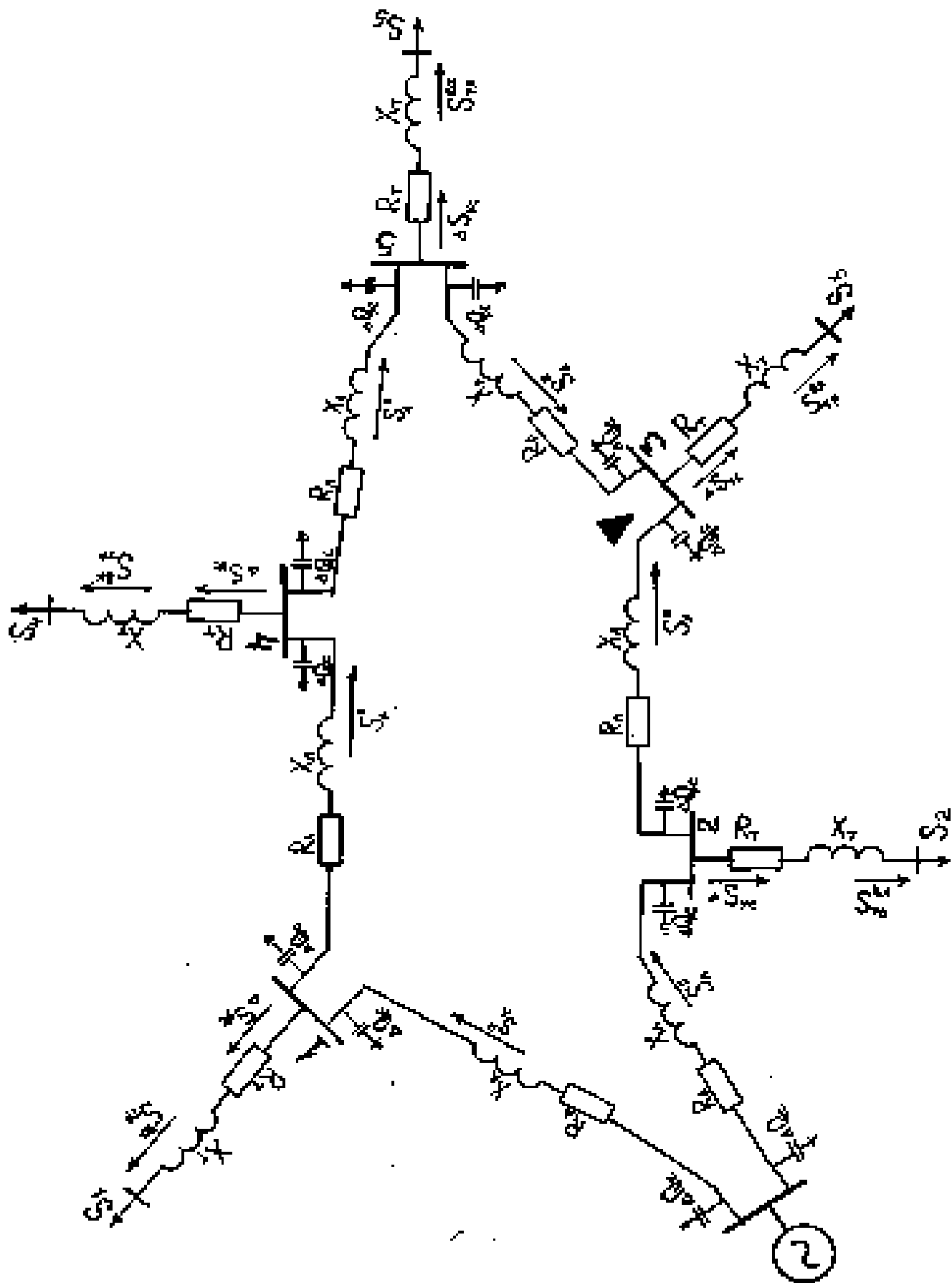


Рис – 7. Схема замещения замкнутой электрической сети.

**Дополнительные сведения о выполнении курсового проекта
Установка конденсатора.**

| Вид и мощность Q (кВар) | ЦЕНА К (Тыс. Сум) | Вид и мощность Q (кВар) | Цена К (Тыс. Сум) |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|
| ККУ-0,38-1;80 | 1,08 | КК-6-1;330 | 2,16 |
| ККУ-0,38-3;160 | 1,92 | КУ-6-2;500 | 3,06 |
| ККУ-0,38-5;260 | 2,96 | КУ-10-1;300 | 2,18 |
| ККН-6-2;420 | 2,22 | КУ-10-2;500 | 3,07 |
| КУН-10-2;400 | 2,32 | | |

Двух или трех обмоточные трансформаторы, автотрансформатор.

Таблица №9

| Вид | Ном. мощ- ность S _н | Номин. Напряжение. | | | Потеря мощности | | К.Т. напряжение | | | Ток хол ост ого ток а | Цена К Млн.Сум. |
|--------------|---|-----------------------|----------------|----------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------|-----|--------------------------------------|--------------------|
| | | U _н | U _у | U _п | ΔP | ΔP _{к.т} | U-ю | U-ў | U-п | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| ТМ-25/6-10 | 25 | 6;10 | - | 0,4 | 0,17 | 0,6 | - | 4,5 | - | 3,2 | 0,96 |
| ТМ-40/6-10 | 40 | 6;10 | - | 0,4 | 0,24 | 0,88 | - | 4,5 | - | 3,0 | 1,0 |
| ТМ-63/6-10 | 63 | 6;10 | - | 0,4 | 0,36 | 1,28 | - | 4,5 | - | 2,8 | 1,1 |
| ТМ-100/6-10 | 100 | 6;10 | - | 0,4 | 0,49 | 1,97 | - | 4,5 | - | 2,6 | 1,22 |
| ТМ-160/6-10 | 160 | 6;10 | - | 0,4 | 0,73 | 2,65 | - | 4,5 | - | 2,4 | 1,54 |
| ТМ-250/6-10 | 250 | 6;10 | - | 0,4 | 0,94 | 3,7 | - | 4,54,5 | - | 2,3 | 1,93 |
| ТМ-400/6-10 | 400 | 6;10 | - | 0,4 | 1,2 | 5,5 | - | 4,5 | - | 2,1 | 2,7 |
| ТМ-630/6-10 | 630 | 6;10 | - | 0,4 | 1,56 | 8,5 | - | 5,5 | - | 2,0 | 3,6 |
| ТМ-1000/6-10 | 1000 | 6;10 | - | 0,4 | 2,45 | 12,2 | - | 5,5 | - | 1,4 | 4,8 |
| ТМ-1600/6-10 | 1600 | 6;10 | - | 0,4 | 3,3 | 18 | - | 5,5 | - | 1,3 | 6,6 |
| ТМ-2500/6-10 | 2500 | 6;10 | - | 0,4 | 4,6 | 25 | - | 5,5 | - | 1,0 | 8,98 |
| ТМ-4000/6-10 | 4000 | 6;10 | - | 0,4 | 6,4 | 33,5 | - | 6,5 | - | 0,9 | 12,47 |
| ТМ-6300/6-10 | 6300 | 6;10 | - | 0,4 | 9,0 | 46,5 | - | 6,5 | - | 0,8 | 16,43 |
| ТМ-100/35 | 100 | 35 | - | 0,4 | 0,46 | 1,97 | - | 6,5 | - | 2,6 | 1,87 |
| ТМ-160/35 | 160 | 35 | - | 0,4 | 0,7 | 2,65 | - | 6,5 | - | 2,4 | 2,59 |
| ТМ-250/35 | 250 | 35 | - | 0,4 | 1,0 | 3,7 | - | 6,5 | - | 2,3 | 2,93 |
| ТМ-400/35 | 400 | 35 | - | 0,4 | 1,35 | 5,5 | - | 6,5 | - | 2,1 | 3,7 |
| ТМ-630/35 | 630 | 35 | - | 0,4 | 1,9 | 7,6 | - | 6,5 | - | 2,0 | 4,99 |
| ТМ-1000/35 | 1000 | 35 | - | 0,4 | 2,75 | 12,2 | - | 6,5 | - | 1,5 | 6,87 |
| ТМ-1600/35 | 1600 | 35 | - | 0,4 | 3,65 | 18,0 | - | 6,5 | - | 1,4 | 8,82 |
| ТМ-2500/35 | 2500 | 35 | - | 0,4 | 5,1 | 25 | - | 6,5 | - | 1,1 | 11,84 |
| ТМ-4000/35 | 4000 | 35 | - | 0,4 | 6,7 | 33,5 | - | 7,5 | - | 1,0 | 15,48 |
| ТМ-6300/35 | 6300 | 35 | - | 0,4 | 9,4 | 46,5 | - | 7,5 | - | 0,9 | 19,62 |
| ТМН-1000/35 | 1000 | 35 | - | 6,3-11 | 2,75 | 11,6 | - | 6,5 | - | 1,5 | 9,5 |
| ТМН-1600/35 | 1600 | 35 | - | 6,3-11 | 3,65 | 16,5 | - | 6,5 | - | 1,4 | 10,6 |
| ТМН-2500/35 | 2500 | 35 | - | 6,3-11 | 5,1 | 23,5 | - | 6,5 | - | 1,1 | 12,8 |
| ТМН-4000/35 | 4000 | 35 | - | 6,3-11 | 6,7 | 33,5 | - | 7,5 | - | 1,0 | 16,2 |
| ТМН-6300/35 | 6300 | 35 | - | 6,3-11 | 9,4 | 46,5 | - | 7,5 | - | 0,9 | 21 |
| ТМН-10000/35 | 10000 | 35 | - | 6,3-11 | 14,5 | 65 | - | 7,5 | - | 0,8 | 28,3 |

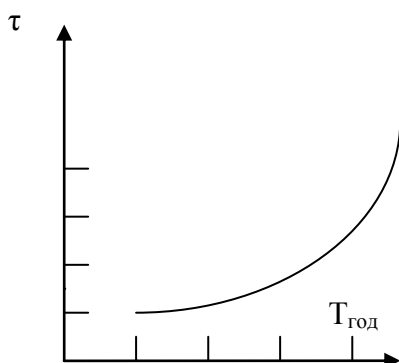
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------|--------|-----|------|-------------|------|-----|------|------|------|------|-------|
| ТМН-2500/110 | 2500 | 110 | - | 6,3-11 | 6,5 | 22 | - | 10,5 | - | 1,5 | 29,5 |
| ТМН-4000/110 | 4000 | 115 | - | 6,3-11 | 6,8 | 25 | - | 10,5 | - | 1,6 | 36,8 |
| ТМН-6300/110 | 6300 | 115 | - | 6,3-11 | 17,5 | 50 | - | 10,5 | - | 1,0 | 38,4 |
| ТДН-10000/110 | 10000 | 115 | - | 6,3-11 | 18 | 60 | - | 10,5 | - | 0,9 | 43,6 |
| ТДН-16000/110 | 16000 | 115 | - | 6,3-11 | 26 | 90 | - | 10,5 | - | 0,85 | 53 |
| ТРДН-25000/110 | 25000 | 115 | - | 6,3-10,5 | 30 | 120 | - | 10,5 | - | 0,75 | 65 |
| ТРДН-32000/110 | 32000 | 115 | - | 6,3-10,5 | 40 | 145 | - | 10,5 | - | 0,7 | 73,4 |
| ТРДН-40000/110 | 40000 | 115 | - | 6,3-10,5 | 50 | 160 | - | 10,5 | - | 0,65 | 82,2 |
| ТРДЦН-6300/110 | 63000 | 115 | - | 6,3-10,5 | 70 | 245 | - | 10,5 | - | 0,6 | 105 |
| ТРДЦН-80000/110 | 80000 | 115 | - | 6,3-10,5 | 85 | 310 | - | 10,5 | - | 0,55 | 118,2 |
| ТРДН-32000/220 | 32000 | 230 | - | 6,3-10,5 | 53 | 167 | - | 12 | - | 0,9 | 110 |
| ТРДЦН-63000/220 | 63000 | 230 | - | 6,3-10,5 | 82 | 300 | - | 12 | - | 0,8 | 153 |
| ТРДЦН-160000/220 | 160000 | 230 | - | 6,3-11 | 167 | 525 | - | 12 | - | 0,6 | 210 |
| ТМТН-6300/35 | 6300 | 35 | 10,5 | 6,3 | 12 | 55 | 7,5 | 7,5 | 16 | 1,2 | 31 |
| ТМТН-6300/110 | 6300 | 115 | 38,5 | 6,6-11 | 17 | 60 | 10,5 | 17 | 6 | 0,85 | 47,5 |
| ТДТН-10000/110 | 10000 | 115 | 38,5 | 6,6-11 | 23 | 80 | 10,5 | 17 | 6 | 1,1 | 56,3 |
| ТДТН-16000/110 | 16000 | 115 | 38,5 | 6,6-11 | 26 | 105 | 10,5 | 17 | 6 | 1,05 | 68,2 |
| ТДТН-25000/110 | 25000 | 115 | 38,5 | 6,6-11 | 45 | 145 | 10,5 | 17 | 6 | 1,0 | 75,4 |
| ТДТН-40000/110 | 40000 | 115 | 38,5 | 6,6-11 | 63 | 230 | 10,5 | 17 | 6 | 0,9 | 83,7 |
| ТДТН-63000/110 | 63000 | 115 | 38,5 | 6,6-11 | 70 | 310 | 10,5 | 17 | 6 | 0,85 | 107,2 |
| ТДТН-80000/100 | 80000 | 115 | 38,5 | 6,6-11 | 102 | 390 | 10,5 | 17 | 6,5 | 0,8 | 135 |
| АТДГН-32000/220 | 32000 | 230 | 121 | 6,3-11-38,5 | 30 | 200 | 10,9 | 16 | 10,3 | 0,35 | 210 |
| АТДЦГН-63000/220 | 63000 | 230 | 121 | 6,3-11-38,5 | 34 | 370 | 12,6 | 18,5 | 13,1 | 0,25 | 280 |
| АТДЦТН-125000/220 | 125000 | 230 | 121 | 6,3-11-38,5 | 85 | 290 | 11 | 31 | 19 | 0,5 | 320 |
| АТДЦТН-200000/220 | 200000 | 230 | 121 | 6,3-11-38,5 | 125 | 430 | 11 | 32 | 20 | 0,5 | 405 |

Таблица №10.

| Смена | Т _В с | Т _М с | τ ₀ | |
|-----------|---------------------|---------------------|----------------|-----------|
| | | | Сosφ=0,8 | Сosφ=1 |
| I | | | | |
| II | 2000 | 1500 | 650÷950 | 500÷700 |
| III | 4000 | 2500 | 1250÷2400 | 950÷2050 |
| He | 6000 | 4500 | 2900÷4550 | 2500÷4000 |
| переривно | 8760 | 6500 | 5200÷7500 | 4500÷7000 |

Определить на основе графика и формулы.

$$\tau = [0,124 + T_{н6} / 10000]^2 * T_{год}$$



| Вид АС | Номинал. | г ₀ | | |
|--|--------------------------------------|----------------|--------|--------|
| Площадь поперечного сечения Мм ² алюмин/сталь | Разрешенный ток. I _{дд} , А | Ом, км | 10 кв. | 35 кв. |
| | | | 16 | 105 |
| 25 | 130 | 1,27 | 2,2 | - |
| 35/6,2 | 175 | 0,91 | 2,3 | - |
| 50,8 | 210 | 0,63 | 2,5 | - |
| 70/11 | 265 | 0,45 | - | 8,2 |
| 95/16 | 330 | 0,33 | - | 9,4 |
| 120/19 | 380 | 0,27 | - | 10,3 |
| 150/19 | 445 | 0,21 | - | 10,9 |
| 185/24 | 510 | 0,17 | - | - |
| 240/32 | 610 | 0,13 | - | - |

| Тип провода А – алюминия | I _{дд} А | r ₀ Ом·км | k т.сум | k т.сум |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|------------|------------|
| 16 | 105 | 1,96 | 2,1 | - |
| 25 | 135 | 1,27 | 2,4 | - |
| 35 | 170 | 0,91 | 2,4 | 3,2 |
| 50 | 215 | 0,63 | 2,4 | 3,3 |
| 70 | 265 | 0,45 | 2,7 | 3,4 |
| 95 | 320 | 0,33 | 3,1 | 3,6 |

Коэффициент амортизации.

Таблица-12

| Название элементов сетей. | Амортизация P _a % | Услуга и Установка P _p +P ₀ | Общая сумма ΣP % |
|--|---------------------------------|---|------------------------|
| Железо и железобетонные воздушные опоры с напряжением 20 кв. | 3,6 | 0,3 | 3,9 |
| | 2,5 | 0,3 | 2,8 |
| От 30кв до220кв | | | |
| Электротехнические приборы принадлежн. (трансформатор) | | | |
| До 20 кв. | 6,4 | 4 | 10,4 |
| До 220 кв. | 6,4 | 3 | 9,4 |

Выбрать напряжение.

Таблица-13

| $l \backslash p$ | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1000 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 2000 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 110 |
| 3000 | 35 | 35 | 35 | 35 | 110 | 110 |
| 4000 | 35 | 35 | 35 | 110 | 110 | 110 |
| 5000 | 35 | 35 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 6000 | 35 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 7000 | 35 | 35 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 8000 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 9000 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 10000 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |

ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1.Идельчик Б.И. Электрические системы и сети. М: Энергоатомиздат 1989 г,592 с
- 2.Блок В.М. Электрические системы и сети. М:Высшая школа,1986 г,430 с
- 3.Электрические системы.1,2 Электрические сети.Под.ред В.А Веникова М:Высшая школа,1981 г,438 с
- 4.Солдаткина Л.А. Электрические системы и сети.М:Энергия 1978 г
- 5.Боровиков В.А,Косарев В.К,Ходот Г.А. Электрические сети энергетических систем.Л:Энергия 1977 г,391 с
- 6.Электрические системы и сети.Под ред.Г.И Денисенко,Киев,1986 г
7. Строев В.А. Электрические системы и сети. Учебник.-М., «Высшая школа», 512 с. 1998 г.
8. Электротехнический справочник: Т.3. Производство, передача и распределение электрической энергии. /Под общ.ред.профессоров МЭИ.-М.: Издательство МЭИ, 2004, 964 с.
9. Ғойибов Т.Ш. Электр тармоқлари ва тизимлари. Мисол ва масалалар тўплами . /ПодЎқув қўлланма.-Т.: ТошДТУ, 2006.

Дополнительные литературы

1. "Электр тармоқлари ва системалари" фанидан тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Ташкент:ТашПИ 1991,40 б.(Т.Ш Ғайибоев,А.М Мирбабаев)
2. Шайматов Б.Х. «Электр тармоқлари ва тизимлари» фанидан назорат ишлари ва курс лойихасини бажариш учун ўқув-услугий қўлланма. Навоий 2005й.
 1. Боровиков В.А., Косарев В.К., Ходот Г.А-Электрические энергетические системы.-Ленинград, Энергия ., 1977
 2. Каримов Х.Г., Таслимов А.Д., Мамарасулова Ф.С.-Электр тармоқлари, тажриба ишларини бажариш учун методик қўлланма. Тошкент, ТошДТУ, 2004.
 3. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов, В.В.Ежнов, Г.К.Зарудский, Э.И.Зуев под.ред. Строева В.А. М., «Высшая школа», 352 с, 1999г.
 4. Сайт: www.energystrategy.ru
 5. Сайт: www.uzenergy.uzpak.uz

Содержание

| | |
|--|----|
| Предисловие..... | 3 |
| 1.Контрольная работа №1..... | 4 |
| 2.Контрольная работа №2..... | 5 |
| 3.Методы выполнения курсового проекта..... | 9 |
| 4. Ознакомление с заданием и расчет баланс мощностей..... | 12 |
| 5.Выбор схемы электрических сетей..... | 13 |
| 6.Выбор номинального напряжения в электрических сетях..... | 14 |
| 7.Выбор силового трансформатора..... | 15 |
| 8.Варианты курсового проекта и их выполнение..... | 17 |
| 9.Пример расчета курсового проекта..... | 27 |
| 10.Дополнительные сведения о выполнении курсового проекта..... | 39 |
| 11. Основные и дополнительные литературы..... | 39 |
| 12.Содержание..... | 40 |