

**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.

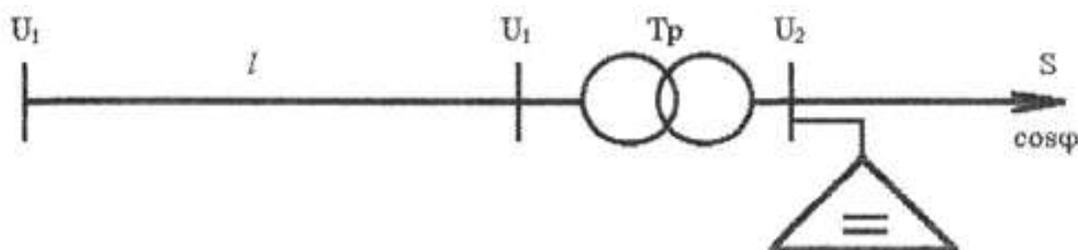


Рис.-1.

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.

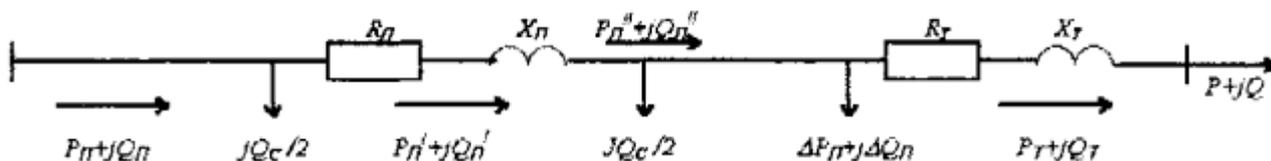


Рис-2.

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:

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

Определяем активную и реактивную мощность потери линии:

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

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

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.

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

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

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

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

$P_{а.тр}$; $P_{а.л}$ – 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. Использованные 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 № _____

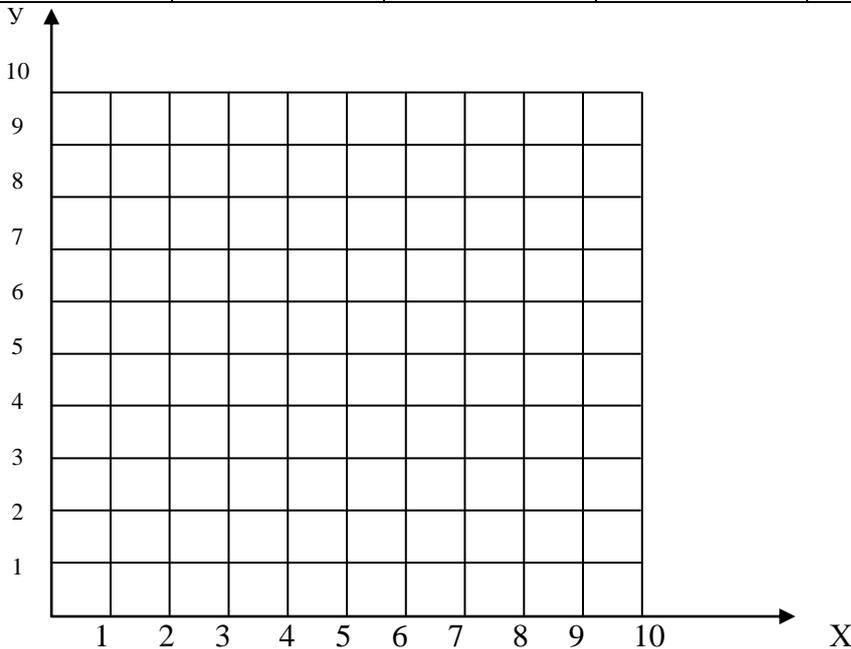
Курсовой проект по предмету «Электрические сети и системы».

Студент _____
группа _____

Дата получения задания « ____ » _____ 2017 год.

Тема проекта: «Электрические сети района»

№	P 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.

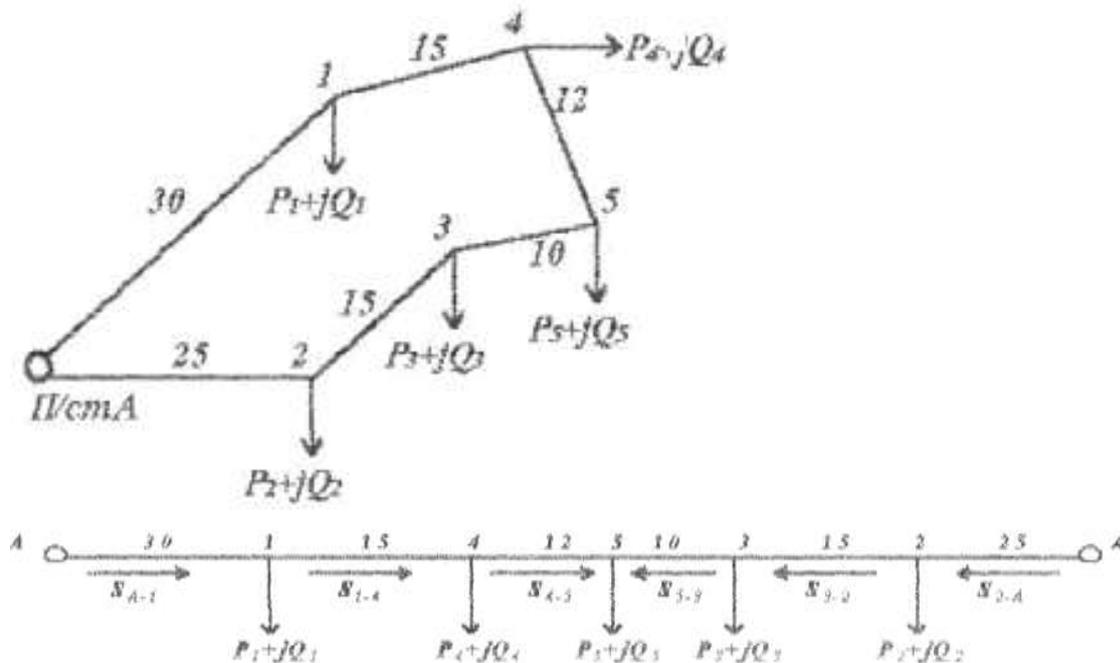


Рис- 3

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

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

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

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

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 техническо-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:

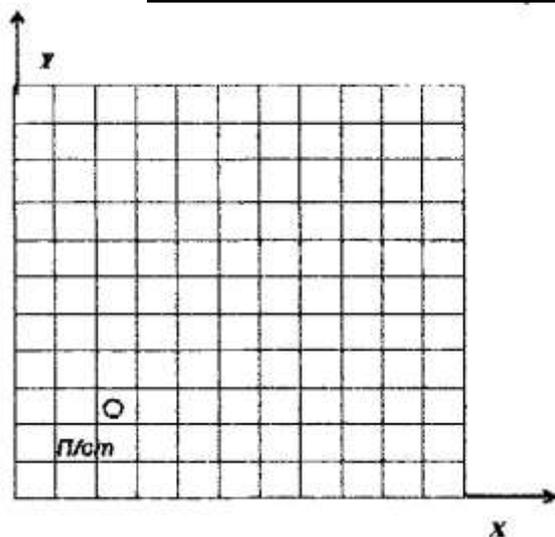
$$I_U \leq I_{\text{раз}} \text{ или } I_{\text{ав}} \leq I_{\text{раз}}.$$

$I_{\text{раз}}$ - 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 $\text{tg}\varphi_r=0,64$;

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

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

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

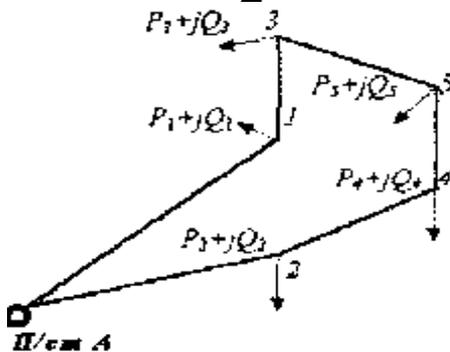
Определяем точек распространения мощности.

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:

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

$$\sum l = 135 \text{ км}.$$



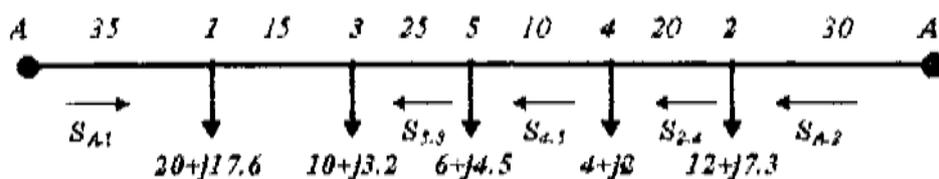


Рис -4.

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

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: $\cos\varphi = p / S_x = 20 / 21,4 = 0,94$.

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_n	$S_{н1}$ 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:

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

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

Потеря активной мощности:

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

Потеря реактивной мощности:

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

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

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
	$P_{\text{л}} + jQ_{\text{л}}$ МВА	$S_{\text{л}}$ МВА									
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.

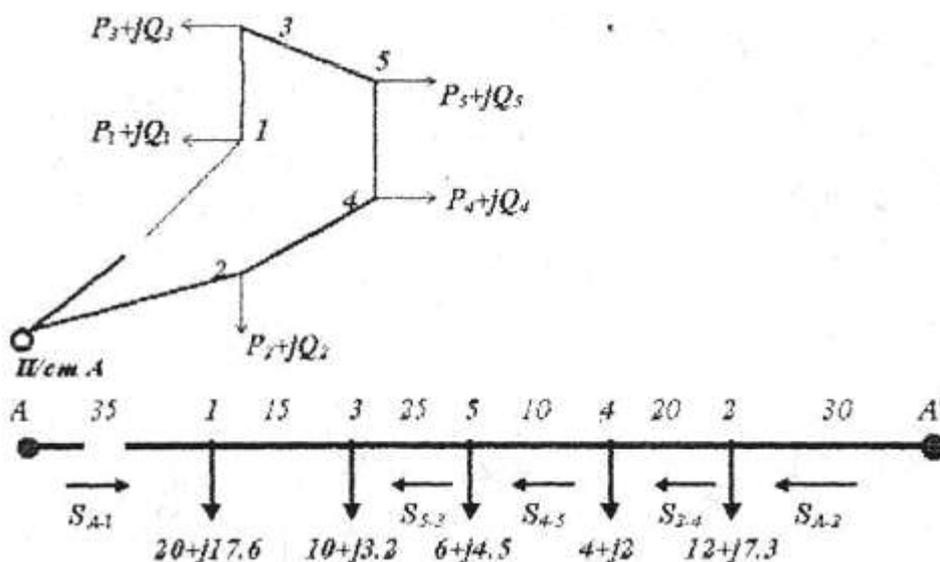


Рисунок-5

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

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

Смотря на итоги рабочего тока, выбирается провод АС-70. Разрешённый 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.

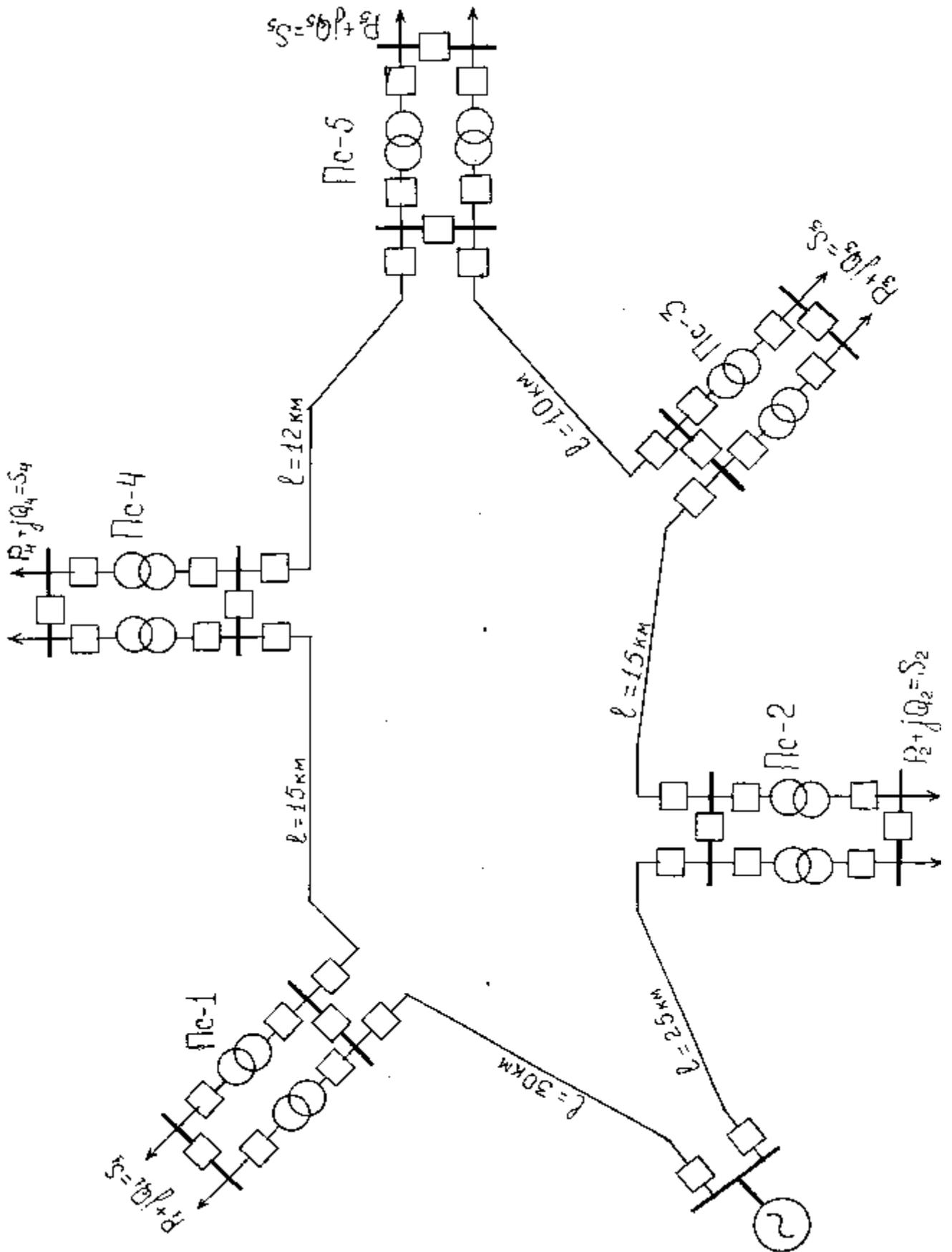


Рис – 6. Схема однолинейной замкнутой электрической сети.

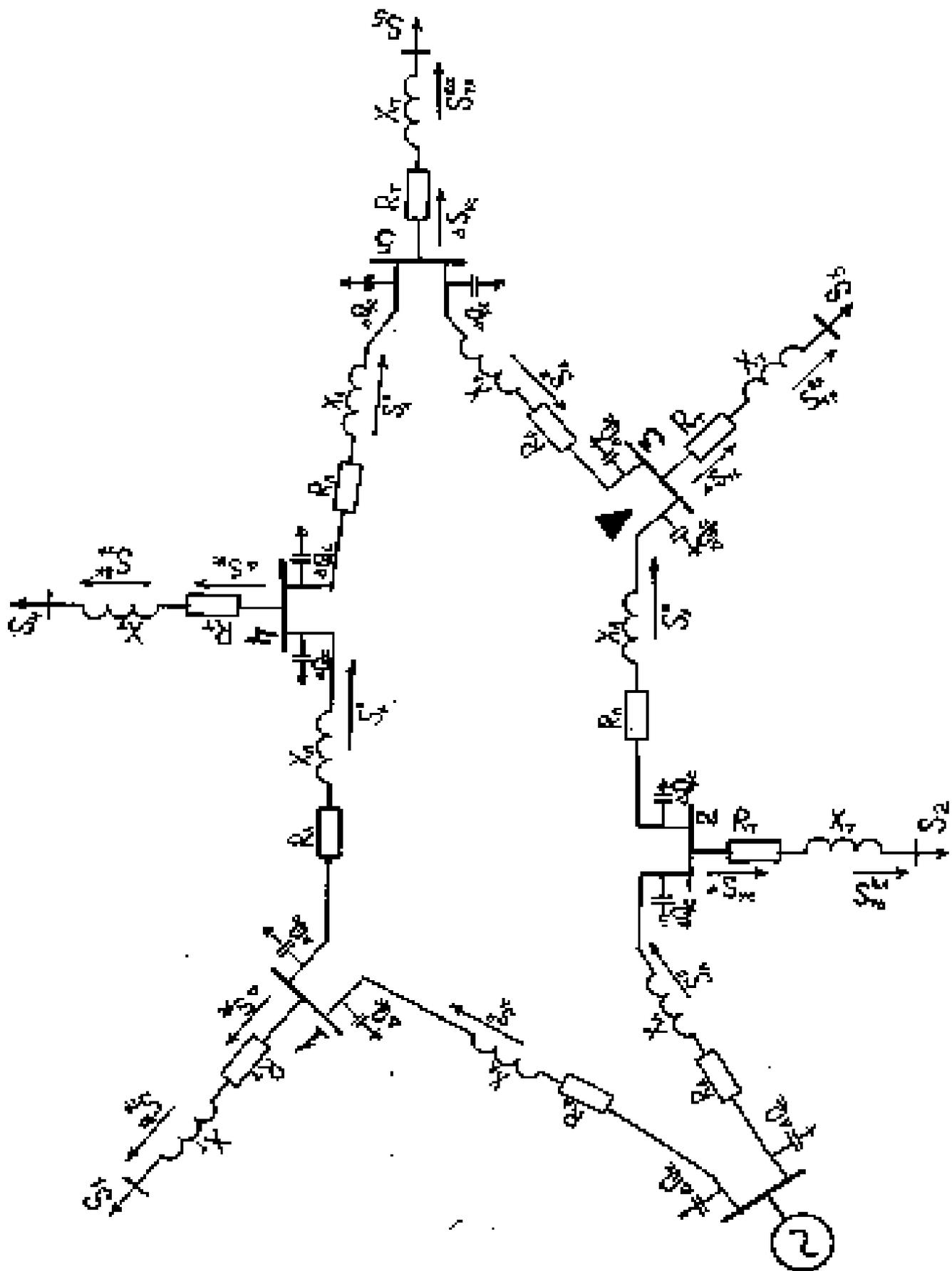


Рис – 7. Схема замещения замкнутой электрической сети.

**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

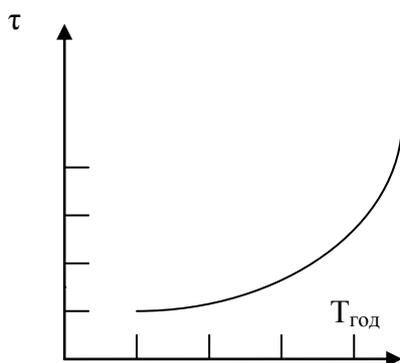
Вид	Ном. мощ- ность S _н	Номин. Напряжение.			Потеря мощности		К.Т. напряжение			Ток хол ост ого ток а	Цена К Млн.Сум.
		U _н	U _у	U _п	ΔP	ΔP _{к.т}	U-ю	U-ў	U-п		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТМ-25/6-10	25	6;10	-	0,4	0,17	0,6	-	4,5	-	3,2	0,96
ТМ-40/6-10	40	6;10	-	0,4	0,24	0,88	-	4,5	-	3,0	1,0
ТМ-63/6-10	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	-	4,5,4,5	-	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

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